รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2564

“นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ”

Proceedings of MJU Annual Conference 2021

การประชุมทางวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564

นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ




24-25 ธันวาคม 2564

ณ อาคารเรียนรวม 80 ปี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

จัดโดย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงของยุคปัจจุบันที่มีความรวดเร็วไปทุกอย่าง มีผลต่อการดำเนินชีวิตของทุกคน การเกษตรนับเป็นรากฐานของทั้งเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เช่นนั้นแล้วการประชุมวิชาการทางด้านนวัตกรรมทางการเกษตร อาหาร และสุขภาพ จึงมีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากในการขับเคลื่อนทั้งระบบของการทำงานทางการเกษตร การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564 ระหว่างวันที่ 24-25 ธันวาคม พ.ศ. 2564 ณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อเป็นเวทีในการนำเสนอความก้าวหน้าด้านการวิจัยในสาขาวิชาการต่างๆ ตลอดจนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความเคลื่อนไหวทางด้านวิชาการทั้งในปัจจุบันและอนาคต เนื้อหาของรายงานการประชุมวิชาการ ในเอกสารฉบับนี้ มีทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ รวมทั้งสิ้นจำนวน 124 เรื่อง ซึ่งประกอบด้วยผลงานวิชาการภาคบรรยาย จำนวน 85 เรื่อง และผลงานวิชาการภาคโปสเตอร์ จำนวน 39 เรื่อง จากนักวิจัยหลากหลายสาขาวิชาในหลายๆ สถาบัน

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขอขอบคุณคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ และคณะกรรมการฝ่ายวิชาการที่เสียสละเวลาในการตรวจประเมินผลงานวิชาการ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนคณะกรรมการฝ่ายเอกสารการพิมพ์ที่ดำเนินการในครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการวิจัยของไทยและผู้สนใจทั่วไป

(รองศาสตราจารย์ ดร. อภินันท์ สุวรรณรักษ์)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน
การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564

สารบัญ

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

Session 1

ภาคบรรยาย

การจัดการในระบบการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่
Management in Organic Farming Systems for Highland Farmers in Chiang Mai

กริช สุริยะชัยพันธ์[1*] พหล ศักดิ์คะทัศน์[1] สายสกุล ฟองมูล[1] และสถาพร แสงสุโพธิ์[2]
Krit Suriyachaipun[1*], Phahol Sakkatat[1], Saisakul Fongmul[1] and Sathaporn Sangsupho[2]
[1]สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2]วิทยาลัยบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[1]Resource Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production, Maejo University
Chiang Mai, Thailand 50290
[2]School of Administrative Studies, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
*Corresponding author: kritkrit02@gmail.com

Abstract

The objective of the study were to study management in organic farming systems for highland farmers in Chiang Mai and to study problems and obstacles of organic farming. Data collecting were interviewing and observation. Data analyzed by using content and descriptive analyzes. Validity of data was checked by using triangular check method.

From research findings, it was found that highland farming of farmers in Chiang Mai can be classified into 12 management methods: 1) topographic condition of organic farming area; 2) water management for organic farming; 3) plant varieties management for organic farming; 4) soil management for organic farming; 5) pest management for organic farming; 6) plant disease management for farming; 7) weed management for organic farming; 8) fertilizer management for organic farming; 9) harvest and postharvest management of organic farming; 10) organic agriculture processing; 11) transportation/delivery management of organic yields and 12) organic market management. The following were problems encountered:1) the production does not reach organic agriculture product standards; 2) the production area was in the reserved forest zone;3) a limitation in organic market and 4) inadequate organic agriculture extension agencies.

Keywords: organic farming, highland, Chiang Mai

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการในระบบการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ และเพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ เก็บข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์และแบบสังเกตการณ์จากกลุ่มตัวอย่าง 20 คน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและวิเคราะห์เชิงพรรณนา โดยการตรวจสอบความเที่ยงตรงของข้อมูลด้วยวิธีตรวจสอบแบบสามเส้า

ผลการวิจัยพบว่าการจัดการในระบบการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ สามารถแบ่งวิธีการจัดการ ได้แก่ 1) สภาพพื้นที่การทำเกษตรอินทรีย์ 2) การจัดการน้ำในการทำเกษตรอินทรีย์ 3) การจัดการพันธุ์พืชในการทำเกษตรอินทรีย์ 4) การจัดการดินในการทำเกษตรอินทรีย์ 5) การจัดการศัตรูพืชในการทำเกษตรอินทรีย์ 6) การจัดการโรคพืชในการทำเกษตรอินทรีย์ 7) การจัดการวัชพืชในการทำเกษตรอินทรีย์ 8) การจัดการปุ๋ยในการทำเกษตรอินทรีย์ 9) การจัดการเก็บเกี่ยวและจัดการผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวเกษตรอินทรีย์ 10) การจัดการแปรรูปเกษตรอินทรีย์ 11) การจัดการขนส่งเกษตรอินทรีย์ และ 12) การจัดการตลาดเกษตรอินทรีย์ ส่วนปัญหาและอุปสรรคในการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ 1) การผลิตไม่ได้ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ 2) พื้นที่ทำกินอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ 3) การตลาดมีอยู่อย่างจำกัด 4) หน่วยงานส่งเสริมเกษตรอินทรีย์มีอยู่อย่างจำกัด

คำสำคัญ: เกษตรอินทรีย์ พื้นที่สูง จังหวัดเชียงใหม่

คำนำ

เกษตรอินทรีย์ เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการพัฒนาการเกษตรของไทยอย่างยั่งยืน ซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองและพึ่งพากันเองได้ ปลอดภัยต่อสุขภาพ มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและมั่นคง โดยไม่ทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับความต้องการผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ที่มากขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งจะพัฒนาไปสู่การทำเกษตรอินทรีย์เชิงพาณิชย์ให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล นำไปสู่การแก้ไขปัญหาความยากจนและการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป (National Organic Agriculture Development Board, 2020)

จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่ที่มีการทำเกษตรอินทรีย์มากเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศ มีหน่วยงานที่ให้การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ทั้งหน่วยงานของภาครัฐ เอกชน และหน่วยงานในท้องถิ่นเข้ามาให้การรับรองแก่เกษตรกรหลายหน่วยงาน เพื่อสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภค โดยจังหวัดเชียงใหม่มีพื้นที่ซึ่งผ่านการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ได้แก่ มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.) มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ภาคเหนือ (มอน.) และการรับรองแบบมีส่วนร่วม (PGS) เป็นต้น โดยมีพื้นที่การทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงจังหวัดเชียงใหม่ ประมาณ 4,872 ไร่ (Institute for Sustainable Agriculture Community, 2019)

เกษตรอินทรีย์บนพื้นที่สูงจังหวัดจังหวัดเชียงใหม่ในปัจจุบัน พบว่า 1) เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการผลิตอย่างจำกัด เนื่องจากหน่วยงานรับผิดชอบในด้านการส่งเสริมเกษตรอินทรีย์ การรณรงค์ส่งเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจแก่เกษตรกรและผู้บริโภคยังอยู่ในวงจำกัด รวมถึงการพัฒนาและถ่ายทอดองค์ความรู้ (Knowledge)

และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ จากหน่วยงานต่าง ๆ ยังมีน้อย (National Organic Agriculture Development Board, 2020) เมื่อเกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจผลผลิตจึงไม่ได้ตามมาตรฐานของผู้รับซื้อ และไม่สามารถส่งจำหน่ายได้ ดังนั้น การขยายพื้นที่เกษตรอินทรีย์ในระยะเวลาอันสั้นเป็นจึงไปได้ยาก 2) ขาดองค์ความรู้และวิธีการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เนื่องจากไม่มีหน่วยงานหรือองค์กรที่มีองค์ความรู้เข้ามาถ่ายทอดความรู้ด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ให้แก่คนในชุมชน (National Organic Agriculture Development Board, 2020) 3) แหล่งตลาดผลผลิตเกษตรอินทรีย์มีจำกัด (Kaewlaima *et al.*, 2017) เพราะไม่มีการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาการตลาดของสินค้าเกษตรอินทรีย์ในชุมชนที่มากพอ ทำให้ต้องพึ่งแหล่งตลาดที่ห่างไกลจากชุมชนซึ่งต้องมีการขนส่งที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายและการเน่าเสียของผลผลิตต่าง ๆ เป็นสาเหตุให้เกษตรกรขาดแรงจูงใจในการทำเกษตรอินทรีย์ และกลับไปใช้สารเคมีอีกครั้ง เนื่องจากขายได้ราคาดีกว่า

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาการจัดการในระบบการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ รวมถึงปัญหาและอุปสรรคในการทำเกษตรอินทรีย์ ซึ่งผลจากวิจัยจะเป็นข้อมูลสำคัญให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพื้นที่สูง และเกษตรกรที่ทำเกษตรอินทรีย์บนพื้นที่สูงในเขตจังหวัดเชียงใหม่ รวมถึงบุคคลทั่วไปที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวการจัดการในระบบการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่และการนำข้อมูลปัญหาอุปสรรคไปปรับปรุงการทำเกษตรอินทรีย์บนพื้นที่สูงให้ดีขึ้นต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาการจัดการในระบบการทำเกษตรอินทรีย์ ปัญหา และอุปสรรคในการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ

การกำหนดกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. ผู้นำชุมชน ได้แก่ ผู้ใหญ่บ้าน ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน ผู้นำชุมชน และมีการประกอบอาชีพเกษตรอินทรีย์ในลักษณะเป็นอาชีพหลักหรือก็อาชีพรอง โดยใช้วิธีคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งผู้วิจัยทราบข้อมูลพื้นฐาน ผู้นำชุมชนจากเครือข่ายสถาบันชุมชนเกษตรกรรมยั่งยืนในอำเภอแม่แจ่ม อำเภอกัลยาณิวัฒนา อำเภอสะเมิง อำเภออมก๋อย และอำเภอแม่วาง จำนวนอำเภอละ 1 คน

2. ปราชญ์เกษตรกร ได้แก่ ปราชญ์เกษตรผู้มีความรู้ ประสบการณ์สูงทางเกษตรอินทรีย์ในชุมชนบนพื้นที่สูง โดยใช้การวิธีการคัดเลือกแบบแบบลูกโซ่ (Snowball sampling) ซึ่งอาศัยการแนะนำจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญในระดับเกษตรกรผู้นำชุมชนที่ได้คัดเลือกไปก่อนหน้านี้

3. เกษตรกรรุ่นใหม่ ได้แก่ ผู้นำเกษตรกรรุ่นใหม่ หรือเกษตรกรรุ่นใหม่ โดยใช้การวิธีการคัดเลือกแบบลูกโซ่ (Snowball sampling) ที่อาศัยการแนะนำจากหรือการบอกเล่าจากกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญในระดับเกษตรกรผู้นำชุมชน ในระดับปราชญ์เกษตรกรที่ได้คัดเลือกก่อนหน้า และเครือข่ายมูลนิธิอาสาสมัครเพื่อสังคม (มอส.)

4. ตัวแทนองค์กร/หน่วยงานที่ทำงานในพื้นที่ ได้แก่ นักวิชาการเกษตรอินทรีย์ของมูลนิธิโครงการหลวง โดยใช้การวิธีการคัดเลือกแบบแบบลูกโซ่ (Snowball Sampling) ที่อาศัยการแนะนำจากการโทรศัพท์สอบถามหัวหน้าศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่อยู่บนพื้นที่สูงจังหวัดเชียงใหม่

การเก็บรวบรวมข้อมูล

แหล่งข้อมูลที่รวบรวมเพื่อใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) ข้อมูลทุติยภูมิซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร ตำรา รายงานการวิจัยและวารสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 2) ข้อมูลปฐมภูมิโดยใช้แบบสัมภาษณ์ (Interview) ที่ใช้แบบที่ไม่มีโครงสร้าง (Unstructured interview) ทำให้ผู้วิจัยมีอิสระในการตั้งคำถาม ภายใต้กรอบเนื้อหาที่ต้องการทราบ ซึ่งผู้วิจัยได้ตั้งแนวประเด็นคำถามแบบกว้างๆ ภายใต้กรอบเนื้อหาเกี่ยวกับการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงจังหวัดเชียงใหม่ไว้ก่อนล่วงหน้า เพื่อเป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ควบคู่กับการสังเกตพฤติกรรมการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูง

การตรวจสอบข้อมูล

หลังจากได้ข้อมูลสภาพการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงจังหวัดเชียงใหม่ จากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญจำนวน 4 กลุ่ม คือ 1) เกษตรกรผู้นำชุมชน 2) ปราชญ์เกษตรกร 3) เกษตรกรรุ่นใหม่ และ 4) ตัวแทนองค์กร/หน่วยงาน จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลด้วยการตรวจสอบสามเส้า (Investigation triangulation) เพื่อพิจารณาความแม่นตรงหรือความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญทั้ง 4 กลุ่ม ในแต่ละประเด็น

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ด้วยวิธีการจัดประเภทและจัดกลุ่ม (Categorize and sort) ข้อมูลรูปแบบการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ ตามประเด็นที่ได้กำหนดไว้ คือ 1) การจัดการในระบบทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ และ 2) ปัญหาและอุปสรรคสำหรับการทำเกษตรอินทรีย์บนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการจัดการในระบบการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษา ดังนี้

1. สภาพพื้นที่ พบว่ามีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาและพื้นที่ราบเชิงเขา ลักษณะภูมิอากาศจะมีฤดูร้อนเริ่มต้นในเดือนมีนาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนเริ่มต้นในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวเริ่มต้นระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีความสูงจากระดับน้ำทะเล ตั้งแต่ 500-1,200 เมตร ส่วนอุณหภูมิในพื้นที่เฉลี่ยทั้งปี 25.4 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 31.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 20.1 องศาเซลเซียส ซึ่งสภาพป่าบนพื้นที่สูงมีความอุดมสมบูรณ์ประกอบด้วยต้นไม้ใหญ่ ต้นไม้เล็ก สัตว์ปีก สัตว์บก สัตว์น้ำ มีความชุ่มชื้น แหล่งน้ำสะอาด และมีระบบนิเวศที่เกื้อกูลกันระหว่างสิ่งมีชีวิตบนพื้นที่สูง เหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรม พื้นที่ส่วนใหญ่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ และส่วนน้อยลาดชันต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ และแทบจะไม่มีเอกสารสิทธิในการถือครองพื้นที่ มีเพียงส่วนน้อยมากโดยบางส่วนได้รับจัดสรรจากภาครัฐที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ เมื่อศึกษาใบรับรอง

มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ พบว่าเกษตรกรบนพื้นที่สูงส่วนใหญ่ได้รับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.) สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) เพราะได้รับการช่วยเหลือและประสานงานจากหน่วยงานที่ให้การส่งเสริม เช่น มูลนิธิโครงการหลวง ส่วนเกษตรกรที่ได้รับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ภาคเหนือ (มอน.) การรับรองแบบมีส่วนร่วม (PGS) ซึ่งได้รับการหนุนเสริมจากภาคีเครือข่าย เช่น สถาบันการศึกษา ภาคประชาสังคม และตัวเกษตรกรเอง

2. การจัดการน้ำ พบว่าเกษตรกรใช้แหล่งน้ำจากน้ำฝน แม่น้ำหรือลำห้วย ตาน้ำ ที่มีอยู่ในชุมชน โดยไม่มีค่าบริการการใช้น้ำ แต่จะมีค่าใช้จ่ายในการดูแลบำรุงซ่อมแซมระบบน้ำที่ตนเองได้ใช้ โดยมีวิธีการกักเก็บน้ำด้วยระบบเหมืองฝาย ระบบน้ำประปาภูเขา การทำบ่อเก็บน้ำ (บ่อดิน) บ่อเก็บน้ำ (คอนกรีต) ปลูกพืชดูดน้ำในพื้นที่ ขุดลำเหมืองรอบพื้นที่แปลง โคกหนองนา และขุดลำเหมืองขนาดเล็ก รวมถึงการใช้เครื่องสูบน้ำโดยท่อน้ำพีวีซีในการลำเลียงน้ำ ส่วนการตรวจคุณภาพน้ำจะมีการตรวจสอบความสะอาด คุณภาพและสารพิษ และระบบการกระจายน้ำแบบสปริงเกอร์ ปล่อยน้ำท่วมขัง เทปน้ำหยดมาสเตอร์ดริฟ รดน้ำแบบสายยาง เป็นต้น

3. การจัดการพันธุ์พืช พบว่าเกษตรกรนำพันธุ์พืชที่ใช้ปลูกมาจากร้านค้าทั่วไป เช่น ตลาดสด ร้านค้าทางการเกษตร เป็นต้น การแบ่งปันเมล็ดพันธุ์ในชุมชนจากเครือญาติหรือเพื่อนบ้านในชุมชน เก็บเมล็ดพันธุ์หรือขยายพันธุ์ด้วยตนเอง และได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานต่าง ๆ เป็นต้น โดยประเภทพันธุ์พืชที่ใช้ คือ พันธุ์พืชพื้นบ้าน เช่น ผักพื้นบ้าน ขิง ข่า ตะไคร้ และพันธุ์พืชจากภายนอก เช่น สลัด อะโวคาโด กาแฟ ซึ่งเป็นพันธุ์พืชที่มีความเหมาะสมต่อพื้นที่สูง โดยเกษตรกรจะปลูกแบบผสมผสานและพืชเชิงเดี่ยวควบคู่กันไป

4. การจัดการดิน พบว่าเกษตรกรตรวจวิเคราะห์คุณภาพและการปนเปื้อนสารเคมีในดินปีละ 1 ครั้ง ซึ่งชนิดของดินที่พบ คือ ดินร่วนปนทรายและดินแดงปนทราย เกษตรกรใช้ประโยชน์โดยการไถพรวนตามแนวระดับและการพักที่ดิน มีการปลูกพืชคลุมดิน ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ปลูกพืชหมุนเวียน ไถพรวนตามแนวระดับหรือขั้นบันไดและการไม่เผาเศษวัชพืชในพื้นที่แปลงปลูก เพื่อป้องกันการเสื่อมโทรมของดินและใช้หญ้าหรือฟางข้าวในการคลุมหน้าดินและการขุดเหมืองขนาดเล็กรวมถึงขุดบ่อพวงในบริเวณแปลงเพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่ดิน อีกทั้งเกษตรกรยังปลูกพืชตระกูลถั่ว ใช้ปุ๋ยคอก และใช้หญ้าปุ๋ยหมัก รวมถึงปุ๋ยพืชสดในพื้นที่ดินที่มีความเสื่อมโทรมเพื่อบำรุงดินอีกด้วย

5. การจัดการศัตรูพืช พบว่าเกษตรกรจะปลูกพืชให้โตเร็วด้วยการให้ปุ๋ย ให้น้ำ และทำให้ดินดี อนุรักษ์ศัตรูพืชธรรมชาติด้วยการไม่จับสัตว์ที่กินแมลงศัตรูพืช เช่น กบ เขียด มาเป็นอาหาร และเข้าสำรวจแปลงอย่างสม่ำเสมอเพื่อสังเกตความเสียหายจากแมลงศัตรูพืช พร้อมทั้งปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในแปลงปลูกให้มีความสะอาด ใช้กับดักล่อแมลง และใช้พืชที่มีกลิ่นไล่แมลง เช่น การปลูกโหระพา ตะไคร้ สะระแหน่ ดาวเรือง เบญจมาศ เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช

6. การจัดการโรคพืช พบว่าเกษตรกรจะหลีกเลี่ยงด้วยการไม่ปลูกพืชในพื้นที่ที่มีโรคระบาดมาก่อน และไม่ปลูกพืชในฤดูฝนที่มีความชื้นสูงเหมาะต่อการเกิดโรค โดยมีการป้องกัน คือ ปลูกพืชเป็นแนวกันลม ปลูกพืชในโรงเรือนกระจกและการปลูกพืชในโรงเรือนตาข่ายกันแมลง ร่วมกับการทำลายแหล่งสะสมเชื้อโรคโดยการตัดหรือถอนพืชที่เป็นโรคออกแล้วเผาทำลายนอกบริเวณแปลงเกษตรอินทรีย์ และการพ่นสารชีวภัณฑ์สามารถช่วยลดแหล่งสะสมของเชื้อโรคได้ นอกจากนั้นเกษตรกรยังใช้เมล็ดหรือต้นกล้าพันธุ์ที่ทราบแหล่งที่มา และมั่นใจว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่ดีมีคุณภาพเพื่อต้านทานโรค รวมถึงการใช้เชื้อราบิวเวอเรีย และเชื้อราไตรโคเดอร์ เพื่อรักษาโรคพืช

7. การจัดการวัชพืช พบว่าเกษตรกรดึงวัชพืชที่อยู่ในแปลงออกด้วยมือเปล่าโดยการรดน้ำให้ดินเปียกชุ่มทำให้ดึงออกง่ายทั้งต้นและรากช่วยลดการกระทบต่อรากพืชในแปลงปลูก ควบคู่กับการตัดหญ้าเป็นประจำเดือนละ 1 ครั้ง และ

การคลุมดินปิดแสงด้วยฟางข้าว เศษหญ้าหรือวัชพืช และพลาสติกอย่างหนา รวมถึงปล่อยให้น้ำท่วมขังในแปลงปลูก 2 สัปดาห์ เพื่อให้วัชพืชตายและไม่สามารถเจริญเติบโตได้

8. การจัดการปุ๋ย พบว่าเกษตรกรผลิตปุ๋ยใช้เองจากอินทรียวัตถุในฟาร์มและนอกฟาร์ม เช่น มูลสัตว์ พืชสด เศษวัชพืช ฟางข้าว ซากสัตว์ และการซื้อปุ๋ยจากภายนอก เช่น ปุ๋ยอินทรีย์พญานาคพ่นน้ำ จากการโฆษณาและได้รับสนับสนุนจากหน่วยงาน เช่น โครงการสร้างป่าสร้างรายได้ มูลนิธิโครงการหลวง พ่อค้ามาขายในชุมชน และกรมพัฒนาที่ดิน เป็นต้น ส่วนประเภทปุ๋ยที่ใช้ คือ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยอัดเม็ด เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดินให้ร่วนซุยจากองค์ประกอบของดินที่มี ดิน อินทรียวัตถุ น้ำ และอากาศ ในสัดส่วนที่เหมาะสม อีกทั้งเกษตรกรส่วนใหญ่เกือบจะไม่ใช้ฮอร์โมน มีเพียงส่วนน้อยที่ผลิตฮอร์โมนเพื่อใช้เองจากเปลือกไข่ไก่หรือวัสดุที่มีอยู่ในชุมชน

9. การเก็บเกี่ยวและจัดการผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าเกษตรกรแยกอุปกรณ์เก็บเกี่ยวที่ใช้ระหว่างอินทรีย์และเคมี และทำความสะอาดก่อนเก็บเกี่ยวอย่างชัดเจนเพื่อไม่ให้มีการปะปนกัน หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตสดมีการตัดแต่ง ทำความสะอาดและคัดเลือกผลผลิตที่ดีมีขนาดที่สม่ำเสมอกัน และจัดเก็บอย่างเป็นระเบียบเพื่อส่งไปยังโรงเก็บหรือแหล่งตลาด ส่วนการเก็บรักษาผลผลิตจะใช้พื้นที่โรงเก็บส่วนตัวหรือโรงเก็บของกลุ่มโดยแยกผลผลิตและบรรจุภัณฑ์ระหว่างเกษตรอินทรีย์ร่วมกับผลผลิตเกษตรเคมี โดยรักษาความสะอาด ทำให้โรงเก็บมีอากาศถ่ายเทและป้องกันนกหนูแมลงไม่ให้เข้ามาปนเปื้อน

10. การจัดการแปรรูป พบว่าวัตถุดิบที่ใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตเกษตรอินทรีย์เท่านั้น เช่น เคพกูสเบอร์รี่ กล้วย กาแฟ กุหลาบ อัญชัน โดยมีกระบวนการผลิตสินค้าแปรรูปโดยไม่ใช้สารเจือปนหรือสารต้องห้ามในการแปรรูปสินค้าและใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ในชุมชน มีสินค้าแปรรูปหลายชนิด เช่น กล้วยฉาบ เคพกูสเบอร์รี่กวน และเครื่องดื่ม เช่น น้ำบ๊วย น้ำกุหลาบ น้ำอัญชัน และชา จาก กาแฟ กุหลาบ อัญชัน โดยใช้บรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปเป็นขวดแก้ว ขวดพลาสติก ถุงพลาสติก ซองกระดาษ และถุงสุญญากาศ มีการออกแบบลวดลายที่สวยงามและใช้วัสดุที่ปลอดภัยตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อินทรีย์

11. การจัดการขนส่ง พบว่าใช้ยานพาหนะส่วนตัวในการขนส่ง เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ และมีการจ้างรถ โดยรถจักรยานยนต์ขนส่งได้ไม่เกิน 200 กิโลกรัม ส่วนรถยนต์ขนส่งได้ไม่เกิน 1,600–1,800 กิโลกรัม ส่วนระยะเวลาในการขนส่งผลผลิตจากแปลงปลูกมายังตลาดสินค้าชุมชน เช่น ตลาดมูลนิธิโครงการหลวง จะใช้เวลาไม่เกิน 30–60 นาที ส่วนการขนส่งไปสู่ตลาดนอกชุมชน เช่น ท็อปซุปเปอร์มาร์เก็ต ช่วงเกษตรอินทรีย์หรืองานแสดงสินค้า จะใช้เวลาประมาณ 1-3 ชั่วโมง โดยมีอัตราค่าขนส่งต่อตลาดที่อยู่ในชุมชนไม่เกิน 100 บาท ส่วนค่าขนส่งตลาดนอกชุมชนหรือมีระยะทางไกล เช่น ในเมืองเชียงใหม่นั้น มีค่าใช้จ่ายการขนส่งต่อครั้งประมาณ 500-1,000 บาท ระหว่างขนส่งจะแยกประเภทสินค้าเกษตรอินทรีย์และสินค้าที่ไม่ใช่เกษตรอินทรีย์อย่างชัดเจน และป้องกันการปนเปื้อนสารสังเคราะห์ต้องห้ามตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ รวมถึงจัดการพื้นที่เก็บรักษาสินค้าอย่างเป็นระบบและสะอาดตลอดกระบวนการขนส่ง

12. ระบบการตลาด จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรประชาสัมพันธ์สินค้าผ่านออนไลน์ เช่น เฟซบุ๊ก และไลน์ การบอกปากต่อปากเพื่อกระจายข้อมูลในชุมชน และใช้เครือข่ายเกษตรอินทรีย์ เช่น การประชุม การพบปะกัน ส่วนช่องทางการจัดจำหน่ายผลผลิต ได้แก่ ตลาดและร้านค้าในชุมชน หน้าร้านของตนเอง ตลาดพ่อค้าคนกลาง ตลาดเฉพาะ เช่น

ท็อปซุปเปอร์มาร์เก็ต ร้านกาแฟ และข่วงเกษตรอินทรีย์ ตลาดมูลนิธิโครงการหลวง ตลาดออนไลน์ ตลาดจากหน่วยงาน/องค์กรที่สนับสนุน/เครือข่าย รวมถึงร้านอาหาร เป็นต้น

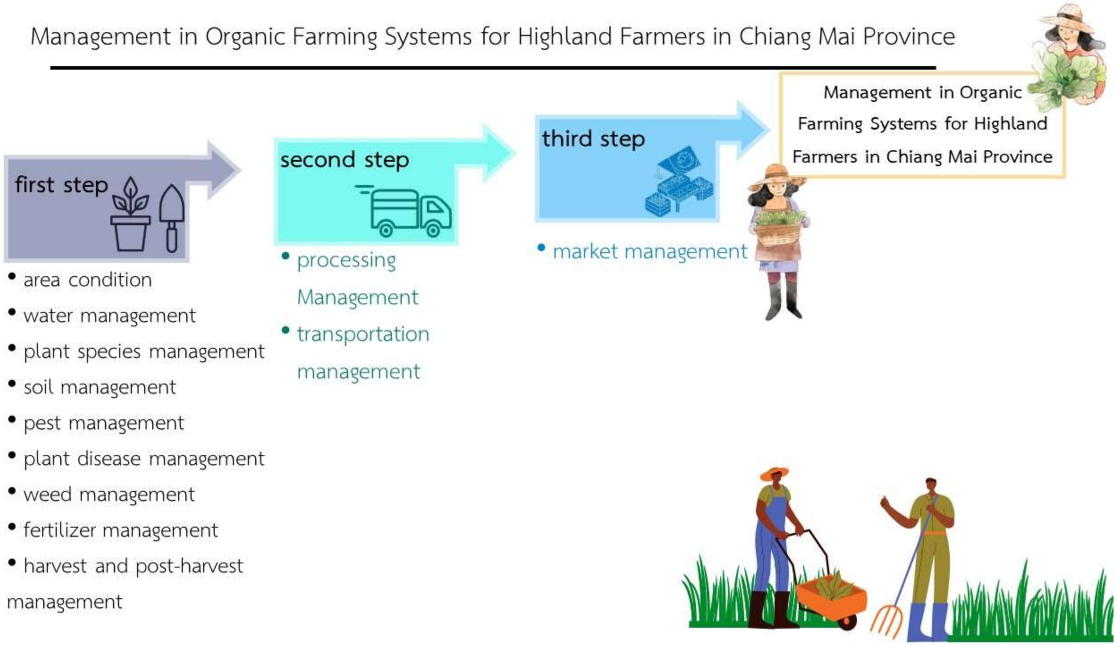


Figure 1 Management in organic farming systems for highland farmers in Chiang Mai

จากการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการทำเกษตรอินทรีย์บนพื้นที่สูง พบว่าผลผลิตเกษตรอินทรีย์ไม่ได้มาตรฐานตามที่แหล่งรับซื้อต้องการ เช่น ผลผลิตเล็กหรือใหญ่เกินไป จึงจำเป็นต้องขายผลผลิตที่ไม่ได้มาตรฐานนี้ในราคาต่ำ เกษตรกรขาดวัสดุอุปกรณ์ในการแปรรูป เช่น เครื่องอบ และโรงงานแปรรูป จึงไม่สามารถทำการแปรรูปได้ เกษตรกรมีพื้นที่ทำกินอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติจึงไม่มีเอกสารสิทธิ์ในที่ดิน อีกทั้งเกษตรกรยังได้เผาทำลายเศษวัชพืชส่งผลให้จุลินทรีย์ในดินบริเวณนั้นตายและเสื่อมสภาพ การขนส่งจากพื้นที่ห่างไกลจากแหล่งตลาด เช่น ตลาดในเมืองเชียงใหม่ ทำให้ผลผลิตเน่าเสียระหว่างขนส่งทำให้ขาดทุน และแหล่งตลาดเกษตรอินทรีย์มีจำกัดเพราะผู้บริโภคยังมีไม่มากทำให้การสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้งมีปริมาณน้อย ตลาดเกษตรอินทรีย์จึงขับเคลื่อนได้ช้าและไม่มีหน่วยงานกลางจัดการด้านการตลาด ส่งผลให้เสียโอกาสทางธุรกิจ รวมถึงหน่วยงานส่งเสริมเกษตรอินทรีย์มีอยู่อย่างจำกัด แหล่งน้ำที่ใช้ไม่เพียงพอและพื้นที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำ

Figure 2 Data are Collecting on highland in Chiang Mai

วิจารณ์ผลการวิจัย

การจัดการในระบบการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ มีสิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ 1) สภาพพื้นที่ที่มีลักษณะสภาพภูมิประเทศและลักษณะภูมิอากาศที่ดี ระดับน้ำทะเลและอุณหภูมิในพื้นที่เหมาะสมกับพืชที่ปลูก โดยมีแหล่งน้ำสะอาดที่มีความอุดมสมบูรณ์ปลอดภัยจากสารเคมี แม้ว่าแทบจะไม่มีเอกสารสิทธิในการถือครองที่ดินก็ตาม แต่ภาครัฐก็ยังมีมาตรการต่าง ๆ ช่วยเกษตรกร ให้สามารถทำเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ทำกินได้ สอดคล้องกับ (Maneechoti and Athinuwat, 2019) กล่าวว่า ที่ตั้งของพื้นที่ต้องมีความเหมาะสม ไม่ติดกับถนนหลวงและแปลงปลูกพืชที่ใช้สารเคมี 2) การจัดการน้ำที่มีแหล่งน้ำที่เพียงพอในชุมชนซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีค่าบริการการใช้น้ำก็ได้ เพราะเป็นแหล่งน้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น น้ำฝน แม่น้ำ โดยกักเก็บน้ำไว้ในระบบน้ำประปาภูเขา บ่อเก็บน้ำ เพราะง่ายและสะดวกต่อเกษตรกร สอดคล้องกับ (Onwan *et al*., 2013) กล่าวว่า ชาวบ้านใช้น้ำจากน้ำบ่อส่วนรวม น้ำบ่อส่วนตัว และน้ำฝน และแม้ว่าบนที่สูงจะมีคุณภาพน้ำที่ดีไม่จำเป็นต้องตรวจคุณภาพน้ำก็ได้ แต่เกษตรกรควรมีการตรวจคุณภาพน้ำเพื่อทราบถึงความสะอาด คุณภาพ และสารพิษในทุกปี และใช้ระบบการกระจายน้ำที่ง่ายและราคาวัสดุไม่แพง เช่น สปริงเกอร์ ปล่อยน้ำท่วมขัง เทปน้ำหยดมาสเตอร์ดริฟ สายยาง สอดคล้องกับ Pettong and Thanaphanyaratchawong (2009) กล่าวว่า ในขณะที่แหล่งน้ำที่เกษตรกรใช้อยู่เป็นประจำห่างไกลจากโรงงานหรือแหล่งน้ำเสียใดๆ จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจวิเคราะห์น้ำ 3) การจัดการพันธุ์พืช แม้ว่าจะมีแหล่งพันธุ์พืชที่ใช้ปลูกจากหลากหลายพื้นที่ทั้งจากในและนอกชุมชนตาม แต่สิ่งที่จำเป็นต้องคำนึงถึงก็คือต้องเป็นเมล็ดพันธุ์ในระบบเกษตรอินทรีย์เท่านั้น และมีความเหมาะสมต่อพื้นที่ปลูกรวมถึงการศึกษาเรียนรู้ถึงระบบการปลูกพืชที่เหมาะสมด้วย สอดคล้องกับ Maneechoti and Athinuwat (2019) กล่าวว่า เกษตรอินทรีย์ต้องใช้เมล็ดที่มาจากระบบเกษตรอินทรีย์ หากหาไม่ได้ให้ใช้เมล็ดพันธุ์ทั่วไป และต้องกำจัดสารเคมีที่ติดอยู่ที่เมล็ดออกก่อน และไม่ใช้เมล็ดพันธุ์หรือส่วนขยายพันธุ์ที่มีการตัดต่อทางพันธุกรรม (GMOs) 4) การจัดการดินด้วยการตรวจวิเคราะห์คุณภาพและการปนเปื้อนสารเคมีในดินปีละ 1 ครั้ง ช่วยให้เกษตรกรทราบถึงสภาพดินในแปลงปลูก และปลูกพืชคลุมดิน ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ปลูกพืชหมุนเวียน ไถพรวนตามแนวระดับหรือขั้นบันได และการไม่เผาเศษวัชพืชในพื้นที่แปลงปลูกช่วยการป้องกันการเสื่อมโทรมของดินและให้ความชุ่มชื้นแก่ดิน และการปรับปรุงบำรุงดินก็เป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก สอดคล้องกับ Tharanugool *et al*. (2009) พบว่าดินที่อุดมสมบูรณ์จะทำให้รากพริกแผ่กระจายได้ดีและเจริญเติบโตได้เต็มที่ทำให้ได้ผลผลิตและรายได้สุทธิมากขึ้น และ กล่าวว่า Ratneetoo (2009) กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยคอกลงไปในดินติดต่อกันเป็นระยะเวลานานทำให้คุณภาพของดินดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่อง และปุ๋ยคอกยังมีปริมาณ N ที่ค่อนข้างสูง พอที่จะส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงขึ้นเพราะคุณสมบัติของดินดี 5) การจัดการศัตรูพืช ซึ่งการทำพืชให้เจริญเติบโตเร็วและอนุรักษ์ศัตรูพืชธรรมชาติและสำรวจพื้นที่อย่างสม่ำเสมอเป็นการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชที่เข้ามาทำลายในแปลงพืช ส่วนการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในแปลงปลูกให้มีความสะอาดและใช้กับดักล่อแมลงในการควบคุมแมลงศัตรูพืชและใช้พืชที่มีกลิ่นไล่แมลงจะสามารถช่วยให้แมลงไม่เข้ามาในแปลงปลูก สอดคล้องกับ Benchasri (2010) กล่าวว่า การควบคุมแมลงที่เป็นศัตรูพืช ทำได้โดยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน อนุรักษ์แมลงที่มีประโยชน์ เช่น ตั๊กแตนตำข้าว ด้วงเต่า มวนเพชฌฆาต แมลงปอ และแมลงช้างปีกใส รวมทั้งมีการปลูกพืชที่มีกลิ่นฉุน เช่น ดาวเรือง กระเทียม ผักกาดหอม ตะไคร้ และ สารสะเดาเพื่อป้องกันแมลงเข้าทำลายพืชปลูก ซึ่งการจัดการต่าง ๆ เหล่านี้ ส่งผลต่อพื้นฐานการดำรงชีวิตของมนุษย์ 6) การจัดการโรคพืชนั้นจำเป็นต้อง

หลีกเลี่ยงโรค ด้วยการไม่ปลูกพืชในพื้นที่ที่มีเชื้อโรคระบาดมาก่อนเพราะอาจทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ หากมีการระบาดของเชื้อโรคในแปลงปลูก ต้องตัดหรือถอนพืชที่เป็นโรคออกแล้วเผาทำลายพืชที่เป็นโรคนอกบริเวณแปลงหรือการพ่นสารชีวภัณฑ์เพื่อกำจัดเชื้อโรคสามารถช่วยลดแหล่งสะสมหรือป้องกันและรักษาพืชที่เป็นโรคได้ 7) การจัดการวัชพืชด้วยการดึงออกด้วยมือเปล่าและการตัดหญ้าเป็นประจำเพื่อไม่ให้วัชพืชได้แย่งธาตุอาหาร สอดคล้องกับ Maneechoti and Athinuwat (2019) กล่าวว่า การควบคุมวัชพืชโดยถอน ขุด ตัด แทนการใช้สารเคมีควบคุมวัชพืช ส่วนการคลุมดินปิดแสงและปล่อยให้น้ำท่วมขังในแปลงเพื่อให้วัชพืชนั้นตายและไม่สามารถเจริญเติบโตได้ง่าย สอดคล้องกับ Benchasri (2010) กล่าวว่า การใช้วัสดุเหลือใช้คลุมดินโดยใช้เศษซาก อินทรียวัตถุพวกใบไม้ ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย มูลสัตว์ หรือปล่อยให้มีพืชขึ้นปกคลุมดินในบริเวณที่ต้องการเพื่อรักษาความชื้นและอุณหภูมิภายในดินเพื่อป้องกันการชะล้างของผิวดินที่เกิดจากน้ำและลมและเป็นการบำรุงดินรวมทั้งการควบคุมวัชพืช 8) การจัดการปุ๋ย ซึ่งจำเป็นต้องทราบแหล่งที่มาของปุ๋ยที่ใช้ไม่ว่าจะมาจากในชุมชนหรือนอกชุมชนหรือได้รับการส่งเสริมจากที่ใดก็ตาม เพราะสามารถทำให้ทราบถึงคุณภาพและความเป็นมาตรฐานของปุ๋ยที่ได้รับ ไม่ว่าจะเป็น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยอัดเม็ด เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดินให้ร่วนซุยจากองค์ประกอบของดินที่มี ดิน อินทรียวัตถุ น้ำ และอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสม สอดคล้องกับ Tantiatimongkol *et al*. (2005) ซึ่งการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดนั้นทำให้เพิ่มรายได้แก่เกษตรกร และเป็นอาชีพเสริมแก่ชุมชนได้เป็นอย่างดี ส่วนฮอร์โมนก็แทบจะไม่ใช้เพราะสภาพแวดล้อมที่ดียังเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่แล้ว 9) จัดการเก็บเกี่ยวต้องแยกอุปกรณ์เก็บเกี่ยวที่ใช้ระหว่างอินทรีย์และเคมี ทำความสะอาดก่อนเพื่อไม่ให้มีการปะปนกัน ส่วนการจัดการผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวคือการตัดแต่งผลผลิต ทำความสะอาดผลผลิต คัดเลือกผลผลิตที่ดีมีขนาดที่สม่ำเสมอกัน และจัดเก็บผลผลิตอย่างเป็นระเบียบเพื่อส่งไปยังโรงเก็บหรือแหล่งตลาด โดยป้องกันโรงเก็บให้เป็นไปตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ รักษาความสะอาดของโรงเก็บ ทำให้โรงเก็บมีอากาศถ่ายเทสะดวก ป้องกันนกหนู แมลงไม่ให้เข้ามาปนเปื้อนในโรงเก็บ สอดคล้องกับ (Maneechoti and Athinuwat, 2019) กล่าวว่าเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตอินทรีย์ต้องแยกไม่ให้ปะปนกับผลผลิตที่ไม่ใช่อินทรีย์และป้องกันการสัมผัสการปนเปื้อนจากวัสดุหรือสารสังเคราะห์ 10) การจัดการแปรรูปนั้นต้องใช้วัตถุดิบจากการผลิตในรูปแบบเกษตรอินทรีย์เท่านั้น และต้องไม่ใช้สารเจือปนหรือสารต้องห้ามในการแปรรูปสินค้า และใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ในชุมชนเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าบนพื้นที่สูง เช่น การฉาบ การกวน เครื่องดื่ม ชา และใช้บรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปที่มีความปลอดภัยเพราะเกษตรกรปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อินทรีย์และไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับ Maneechoti and Athinuwat (2019) กล่าวว่า สารที่ใช้ในการดำเนินการหลังการแปรรูปต้องเป็นสารจากธรรมชาติหรือสารที่ได้รับอนุญาตและ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Sakkatat and Kruekum, 2017) 11) การจัดการขนส่งจะใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ จะมีเกษตรกรบางส่วนไม่มีรถขนส่งจึงจำเป็นต้องจ้างรถขนส่งครั้งละ 200 ถึง 1,800 กิโลกรัม ใช้เวลา 30-60 นาที ไปตลาดชุมชน และใช้เวลาประมาณ 1-3 ชั่วโมง นอกชุมชน โดยมีอัตราค่าขนตั้งแต่ 100-1,000 บาท ขึ้นอยู่กับระยะทางและเวลาเกษตรกรมีวิธีการป้องกันสินค้าระหว่างขนส่งตลอดกระบวนการขนส่งเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ สอดคล้องกับ Pettong and Thanaphanyaratchawong (2019) กล่าวว่า การเก็บเกี่ยวและขนย้ายผลผลิตนั้นเกษตรกรนิยมจำหน่ายผลผลิตให้แก่พ่อค้าที่มารับซื้อถึงสวนซึ่งพ่อค้าจะทำการเก็บเกี่ยวและขนย้ายเองทั้งหมด 12) ระบบการตลาดใช้วิธีการโฆษณาประชาสัมพันธ์สินค้าผ่านระบบออนไลน์เพราะง่ายและสะดวก การบอกปากต่อปากเพื่อเป็นการกระจาย

ข้อมูลของคนในชุมชน และการใช้เครือข่ายเกษตรอินทรีย์ เพราะสามารถประชาสัมพันธ์และกระจายสินค้าออกไปสู่วงกว้าง และใช้ช่องทางการจัดจำหน่ายร้านค้าในชุมชน หน้าร้านของตนเอง ตลาดพ่อค้าคนกลาง ตลาดเฉพาะ เช่น ท็อปร้านกาแฟ และข่วงเกษตรอินทรีย์ ตลาดมูลนิธิโครงการหลวง ตลาดออนไลน์ ตลาดจากหน่วยงาน/ องค์กรที่สนับสนุน/ เครือข่าย รวมถึงร้านอาหาร เป็นต้น โดย Leksuit and Pituratjarurnkoon (2021) กล่าวว่า รูปแบบการตลาดเกษตรอินทรีย์ที่เหมาะสมคือการจัดทำตลาดนัดเพื่อจำหน่ายสินค้าเกษตรอินทรียในพื้นที่ต่าง ๆ ในแต่ละอำเภอจัดทำตลาดซื้อขายสินค้าแบบออนไลน์ และสนับสนุนให้แต่ละพื้นที่มีร้านอาหารอินทรีย์หรือเมนูอาหารอินทรีย์ประจำท้องถิ่น ประชาสัมพันธ์สินค้าเกษตรอินทรีย์โดยการสร้างเรื่องราว (Story) ให้กับตัวสินค้า ขยายช่องทางการตลาดไปสู่โรงเรียน โรงพยาบาล ธุรกิจโรงแรม ภัตตาคาร จัดให้มีการรวมหุ้นของสมาชิกเครือข่ายฯ สร้างเครือข่ายการตลาดต่างพื้นที่ต่างภูมิภาค

ปัญหาและอุปสรรคในการทำเกษตรอินทรีย์บนพื้นที่สูง คือ ผลผลิตไม่ได้ขนาดตามมาตรฐานเพราะขาดความรู้ในการจัดการผลผลิตให้ได้ตามมาตรฐานที่ต้องการของตลาด ทำให้ผลผลิตที่ไม่ได้มาตรฐานถูกขายในราคาต่ำ สอดคล้องกับ Kaewlaima *et al*. (2017) กล่าวว่าเกษตรกรมีความรู้น้อย การควบคุมศัตรูพืชทำได้ยาก และเกษตรกรขาดวัสดุอุปกรณ์ในการแปรรูป เช่น เครื่องอบ หรือโรงงานแปรรูป ทำให้ขาดโอกาสในการพัฒนาสินค้าแปรรูปออกจำหน่ายเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าจากชุมชน การที่มีพื้นที่ทำกินอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติยากต่อการได้ครอบครองที่ดิน และการเผาในแปลงปลูกโดยที่ไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เพื่อทำลายเศษวัชพืชนั้น ส่งผลให้จุลินทรีย์ในดินบริเวณนั้นตายและดินเสื่อมสภาพ การขนส่งจากพื้นที่ห่างไกลกับแหล่งตลาด เช่น แหล่งตลาดในเมืองเชียงใหม่ ทำให้ผลผลิตเน่าเสียและขาดทุนและแหล่งตลาดเกษตรอินทรีย์มีจำกัดเพราะผู้บริโภคยังมีไม่มากทำให้การสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้งมีปริมาณน้อย ตลาดเกษตรอินทรีย์จึงขับเคลื่อนได้ช้า และไม่มีหน่วยงานกลางจัดการเรื่องการตลาด ส่งผลให้เสียโอกาสทางธุรกิจ สอดคล้องกับ Wannawong (2012) กล่าวว่าการตลาดเกษตรอินทรีย์ที่ไม่แน่นอนควรให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาดูแลจัดการในด้านการตลาด หน่วยงานส่งเสริมเกษตรอินทรีย์มีอยู่อย่างจำกัด สอดคล้องกับ Thitisutthi and Kruekum (2019) กล่าวว่าเกษตรกรขาดความรู้ในการทำเกษตรอินทรีย์ และหน่วยงานที่เข้าไปส่งเสริมขาดการติดตามให้คำแนะนำอย่างต่อเนื่อง และแหล่งน้ำที่ใช้ของเกษตรกรไม่เพียงพอต่อการทำเกษตรกรรมเนื่องจากแปลงเกษตรอินทรีย์บางพื้นที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำ ทำให้มีความยากลำบากในการทำเกษตรอินทรีย์นอกจากฤดูฝน เกษตรกรหลายคนจึงได้ทำการแก้ไขโดยการขุดสระน้ำเพื่อสูบน้ำมาใช้ การประยุกต์โคกหนองนาโมเดล การต่อน้ำในระบบน้ำประปาภูเขาเพื่อใช้ในการทำเกษตรอินทรีย์ โดย Maneechoti and Athinuwat (2019) กล่าวว่าการทำเกษตรต้องมีแหล่งน้ำสะอาดที่ไม่มีสารพิษเจือปนและต้องมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

สรุปผลการวิจัย

การจัดการในระบบการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ สามารถแบ่งขั้นตอนการจัดการ ได้ดังนี้ 1) สภาพพื้นที่การทำเกษตรอินทรีย์ 2) การจัดการน้ำในการทำเกษตรอินทรีย์ 3) การจัดการพันธุ์พืชในการทำเกษตรอินทรีย์ 4) การจัดการดินในการทำเกษตรอินทรีย์ 5) การจัดการศัตรูพืชในการทำเกษตรอินทรีย์ 6) การจัดการโรคพืชในการทำเกษตรอินทรีย์ 7) การจัดการวัชพืชในการทำเกษตรอินทรีย์ 8) การจัดการปุ๋ยในการทำเกษตรอินทรีย์ 9) การจัดการเก็บเกี่ยวและจัดการผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวเกษตรอินทรีย์ 10) การจัดการแปรรูปเกษตรอินทรีย์

11) การจัดการขนส่งเกษตรอินทรีย์ และ 12) การจัดการตลาดเกษตรอินทรีย์ ภายใต้หลักการที่ถูกต้องตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์

ปัญหาและอุปสรรคการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ 1) การผลิตไม่ได้ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ 2) พื้นที่ทำกินอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ 3) การขนส่งที่ห่างไกลจากแหล่งตลาดและตลาดมีอยู่อย่างจำกัด 4) หน่วยงานส่งเสริมเกษตรอินทรีย์มีอยู่อย่างจำกัด และ 5) แหล่งน้ำที่ใช้ของเกษตรกรไม่เพียงพอต่อการทำเกษตรกรรม

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ต้องขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจในการเรียน และขอบคุณคณาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ภาควิชาส่งเสริมการเกษตร บุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้การสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณหน่วยงานและเกษตรกรทุกคนที่มีส่วนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Benchasri, S. 2010. Organic Agriculture in Thailand. **Thaksin Universities Journal** 13(1): 78-88. [in Thai]

Institute for Sustainable Agriculture Community. 2019. **Database of organic farmers in Chiang Mai.** [Online]. Available http: https://www.opsmoac.go.th/datacenter-news-preview-411391791192 (20 September 2019) [in Thai]

Kaewlaima, N., S. Sreshthaputra, B. Limnirankul and P. Kramol. 2017. Factors affecting farmers' adoption of organic agricultural practices, Mae Ho Phra subdistrict, Mae Taeng district, Chiang Mai province. **Journal of Agriculture** 33(3): 387-395. [in Thai]

Leksuit, S. and P. Pituratjarurnkoon. 2021. Development of an organic marketing model of sustainable agriculture network, Lamphun. **Journal of Humanities and Social Sciences Thonburi University** 4(2): 76-87. [in Thai]

Maneechoti, S. and D. Athinuwat. 2019. Success impacts on organic farming in small farmer community in Nakhon Sawan province. **Thai Journal of Science and Technology** 8(6): 597-608 [in Thai]

National Organic Agriculture Development Board. 2020. **National Organic Agriculture Development Strategic Plan No.1** Bangkok: Office of Agricultural Economics. 83 p. [in Thai]

Onwan, D., T. Wongmuangkaen and T. Bunmatha. 2013. **Community Consumption Water Management Improvement Ban Dong Sam Muen, Mae Dad Sub-district, Galyani Vadhana District, Chiang Mai Province.** Rajamangala University of Technology Lanna. 73 p. [in Thai]

Pettong, P. and J. Thanaphanyaratchawong. 2009. Adoption of good agricultural practices for rambutan of farmers in Ban Nasan district, Surat Thani province. **Suranaree Journal of Social Science** 3(2): 29-44. [in Thai]

Ratneetoo, B. 2009. Organic fertilizer improves deteriorated soil. **Princess of Naradhiwas University Jaurnal** 4(2): 115-127 [in Thai]

Sakkatat, P., and P. Kruekum. 2017. Factors affecting organic or chemical agricultural practice of farmers in Chiang Mai. **Journal of Agri. Research & Extension** 34(2): 66-770. [in Thai]

Tantiatimongkol, W., S. Katdacha, O. Katdacha and S. Boonsawan. 2005. Development of granular organic fertilizer from guano in Thambon Khoksahad, Srithep district, Phetchabun province**.** **Kamphaengsaen Academic Journal** 3(3): 11-19 [in Thai]

Tharanugool, P., Y. Phaidee, S. Surat and J. Asurin. 2009. Testing technologies to improve clay loam soil in chili planted area of Nakhon Ratchasima Province. **KHON KAEN AGR. J.** 42(2): 422-429. [in Thai]

Thitisutthi, S. and P. Kruekum. 2019. Factors affecting the farmers' need for organic vegetables promotion In the Maefaekmai sub-district, Sansai district, Chaing Mai province. **Journal of Agri. Research & Extension** 36(3): 86-95 [in Thai]

Wannawong, P. 2012. **Adoption of the Standard Organic Agricultural System of Farmers in Chiangmai**. Thesis. Maejo University. 124 p. [in Thai]

การสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกรในเขตเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

The Creation of Household Level Food Security for Farmers, Kham District, Xiengkhouang Province, Lao People's Democratic Republic (LAO P.D.R.)

Khantavanh Phlasaboud* พุฒิสรรค์ เครือคำ สายสกุล ฟองมูล และปิยะ พละปัญญา

Khantavanh Phlasaboud*, Phutthisun Kruekum, Saisakul Fongmul and Piya Palapanya

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Major of Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production

Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: khantavanh2009@gmail.com

Abstract

This study aimed to investigate problems and Management of household level food security for farmers, Kham District, Xiengkhouang province, LAO P.D.R. The sample were 279 farmers in Kham District, Xiengkhouang province, LAO P.D.R. Data Collecting were questionnaire Analysis using Statistical package for the social science research (SPSS) for find out. statistical technicalness used were percentage, mean and Standard deviation.

Results from research finding, it was found that the majority of farmers (83.9%) had a high level of the problem in food security at the household level. The following 2 problems were found at a high level: lack of the Capital for farming (41.9%) and clean water supply for consumption and farming (38.4%). however the problem in having a farming area was found at a low level (3.9%) and no problem (15.8%).

Focus group discussion related to guidelines for the management of the problem in food security creation at the household level, this included the following: 1) management of food availability through capital source creating, crop varieties and animal breed allocation, water supply management and protection and land holding allocation; 2) management of the problem in access to food; 3) management of the problem in food utilization through a training an knowledge about food nutrition; and 4) management of the problem in food stability particularly an knowledge transfer about food processing technology.

Keywords: household level food security, LAO P.D.R.

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัญหา และการจัดการ เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรในเขตพื้นที่เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จำนวน 279 คน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยใช้แบบสอบถามวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เป็นการวิจัยทางสงคมศาสตร์ สถิติที่ใช้คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 83.9) มีปัญหาเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนในด้านการมีอาหารถึงพร้อมอยู่ในระดับมากในด้านนี้ยังพบปัญหาอุปสรรคย่อยที่อยู่ในระดับมากที่มีปัญหาทางด้านการไม่มีทุนทำการเกษตร (ร้อยละ 41.9) ปัญหาย่อยรองลงมาคือ การมีแหล่งน้ำสะอาดเก็บไว้เพื่อบริโภคและทำการเกษตร (ร้อยละ 38.4) ส่วนการมีพื้นที่มีปัญหาอุปสรรคน้อยมาก (ร้อยละ 3.9) และเกษตรกรไม่มีปัญหาอุปสรรคเลย (ร้อยละ 15.8)

ผลการศึกษา การจัดการทางอาหารโดยผ่านการจัดสนทนากลุ่มพบว่า แนวทางการจัดการปัญหาด้านการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร โดยใช้องค์ประกอบของความมั่นคงด้านอาหาร ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) เป็นฐาน มีจำนวนทั้งหมด 4 แนวทางหลัก ได้แก่ 1) แนวทางการจัดการปัญหาด้านการมีอาหารถึงพร้อม โดยการสร้างแหล่งทุน มอบพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ การจัดการแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการเกษตร การคุ้มครองแหล่งน้ำ และการจัดสรรพื้นที่ถือครองให้แก่ครัวเรือน 2) แนวทางการจัดการปัญหาด้านการเข้าถึงอาหาร 3) แนวทางการจัดการปัญหาด้านการใช้ประโยชน์ของการอาหาร โดยการจัดฝึกอบรมเพื่อให้ความรู้ทางโภชนาการทางอาหารให้แก่เกษตรกร และ 4) แนวทางการจัดการปัญหาด้านความมีเสถียรภาพของอาหาร โดยเฉพาะการถ่ายทอดความรู้ด้านการใช้เทคโนโลยีในการแปรรูปอาหาร

คำสำคัญ: การสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

คำนำ

ในปัจจุบันสถานการณ์ความมั่นคงด้านอาหารและโภชนาการของโลกเป็นประเด็นที่นานาชาติให้ความสำคัญเนื่องจากจำนวนประชากรโลกที่กำลังเผชิญกับวิกฤตการณ์ขาดสารอาหารที่ทวีเพิ่มขึ้นสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2560 มีแนวโน้มคาดว่าจะมีจำนวนประชากรโลกขาดสารอาหาร 821 ล้านคน หรือประมาณ 1 ใน 9 ของประชากรโลกทั้งหมด โดยมีเหตุมาจากความแปรปรวน ความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศ และการเกิดข้อพิพาท หรือความรุนแรงขึ้นในหลายประเทศทั่วโลก (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018) และในระดับภูมิภาคสมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (อาเซียน) ได้จัดทำแผนนโยบายบูรณาการความมั่นคงด้านอาหารของอาเซียน และแผนกลยุทธ์ความมั่นคงด้านอาหารของอาเซียนได้การกำหนดเป้าหมายการสร้างความเชื่อมั่นในเรื่องความมั่นคงทางอาหารระยะยาว และยกระดับความเป็นอยู่ของเกษตรกรของภูมิภาคอาเซียน เพื่อนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตด้านอาหาร การลดความสูญเสียหลังจากการปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว การส่งเสริมการเข้าถึงตลาด สินค้าเกษตร และปัจจัย

การผลิต การสร้างความมั่นใจในเสถียรภาพด้านอาหาร การส่งเสริมการเข้าถึงและใช้ประโยชน์จากปัจจัยการผลิตทางการเกษตร และการจัดการเพื่อบรรเทาการขาดแคลนอาหารในกรณีฉุกเฉิน (The Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ) and ASEAN Sustainable Agrifood Systems (ASEAN SAS), 2016)

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวเป็นอีกประเทศหนึ่งในอาเซียน ที่มีสัดส่วนพื้นที่ทางการเกษตรคิดเป็น 3 ใน 4 ของพื้นที่ทั้งหมดในประเทศ ทำให้ประชากรเกือบร้อยละ 80 เป็นเกษตรกร อย่างไรก็ตามการประกอบอาชีพทางการเกษตรในพื้นที่ชนบทยังประสบกับปัญหาผลผลิตทางการเกษตรมีปริมาณน้อยราคาสินค้าเกษตรตกต่ำ และครัวเรือนเกษตรกรบางพื้นที่ยังขาดแคลนอาหาร (Buathong,2016) เมืองคำ ถือเป็นเมืองที่จัดได้ว่ามีครัวเรือนที่ประสบปัญหาความยากจนในอันดับต้น ๆ ของจังหวัดเชียงขวาง โดยพื้นฐานของประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักและมีสภาพของพื้นที่ 2 ใน 3 เป็นภูเขาหรือพื้นที่สูง เกษตรกรเมืองคำ แขวงเชียงขวาง มีรายได้จากการประกอบอาชีพเกษตรกรรมที่ค่อนข้างน้อย จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้ผลผลิตทางการเกษตรมีจำนวนและคุณภาพที่ลดลงและราคาผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำ ประกอบกับการอยู่ในพื้นที่ชนบทที่ห่างไกลจากเขตเมืองใหญ่ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อสภาพความเป็นอยู่ของประชาชนส่วนใหญ่ที่ต้องประสบกับการมีอาหารในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อการบริโภค การที่สถานะทางเศรษฐกิจไม่ดี ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีพได้ รวมถึงการขาดแคลนปัจจัยการผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะแหล่งเพื่อการเกษตรอันเป็นผลมาจากการเกิดภัยแล้ง (Sub-Committees of the General Assembly of Mueang Kham, 2019)

จากปัญหาที่กระทบต่อประชาชนในภาคการเกษตรในเขตเมืองคำ แขวงเชียงขวาง อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เสถียรภาพทางอาหาร รวมถึงความสามารถในการรับมือกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงทางสังคม และเศรษฐกิจลดลง หรือนำไปสู่การเกิดสภาวะความไม่มั่นคงทางอาหารขึ้นได้ ดังนั้นเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการส่งเสริมการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรของหน่วยงานต่าง ๆ ในพื้นที่เมืองคำ แขวงเชียงขวาง โดยเฉพาะการวิเคราะห์ปัญหาอุปสรรคของการสร้างความมั่นคงทางอาหาร ให้รู้ถึงปัญหาอุปสรรคที่แท้จริง เพื่อเป็นแนวทางข้อแก้ไขในอนาคตที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดทิศทางของนโยบาย แผนการพัฒนา และการจัดทำโครงการหรือกิจกรรมแนวทางการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนแก่เกษตรกรในเขตเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวทั้งในระยะสั้น และระยะยาวต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนในขั้นตอนที่ 1 เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ ในแต่ละขั้นตอนมีการดำเนิน ดังนี้

1. การศึกษาเชิงปริมาณ

การศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกรเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างวิเคราะห์สภาพปัญหา ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ เกษตรกรที่ทำการเกษตรและอาศัยอยู่ในเขตเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตย ประชาชนลาว เป็นการสุ่มหมู่บ้าน ที่ตั้งอยู่ใน 4 กลุ่มบ้านที่เป็นพื้นที่ดำเนินโครงการเกษตรโภชนาการ เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยกำหนดให้มีการสุ่มหมู่บ้านในแต่ละกลุ่มบ้านจำนวน 3 หมู่บ้าน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก ได้หมู่บ้านตัวอย่างจำนวน 12 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านและด่อ บ้านชายนาดู บ้านหีน บ้านเชียงเกี่ยว บ้านนาทอง บ้านม่วงไซ บ้านท่า บ้านนาไซ บ้านบวมพง บ้านสบนา บ้านสบเปิ้น บ้านสันแก้ว โดยแต่ละหมู่บ้านมีจำนวนเกษตรกรรวมทั้งหมด 925 คน จากนั้นคำนวณจากสูตร (Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และยอมให้มีความคาดเคลื่อนที่ระดับ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรจำนวน 279 คน

เครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้ใช้แบบสอบถามปัญหาเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรในเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวในปี พ.ศ. 2563 จำนวน 279 คน โดยแบ่งรายละเอียดการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร และตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือนของเกษตรกรโดยมีข้อคำถามจำนวนทั้งหมด 4 ด้าน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ช่วยในการวิเคราะห์ (Wanitbancha, 2018) การวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือนของเกษตรกร โดยจัดกลุ่มเกษตรกรตามระดับปัญหาเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือน ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. การศึกษาเชิงคุณภาพ

การศึกษาหาแนวทางการจัดการการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตย ประชาชนลาว โดยการกระบวนการสนทนากลุ่ม (Discussion)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับการเลือกกลุ่มตัวอย่างในการใช้กระบวนการสนทนากลุ่ม (Discussion) ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป้าหมาย กลุ่มสนทนาย่อย ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร จำนวน 8 คน เช่น ผู้ประสานงานโครงการโภชนาการขั้นแขวงและเมือง หัวหน้าห้องการเกษตรกรรมและป่าไม้เมืองคำแขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

เครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การจัดสนทนากลุ่ม จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามที่ใช้ในการตอบข้อคำถามเพื่อวิเคราะห์ปัญหาอุปสรรค ที่เกิดขึ้นในชุมชนมากำหนดวัตถุประสงค์และประเด็นคำถามสำคัญเพื่อการซักถามในการจัดการสนทนากลุ่ม แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลและตีความ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ด้วยวิธีจัดการข้อมูลที่ได้มาจากกระบวนการสนทนากลุ่มย่อย (Discussion) การวิเคราะห์แนวทางการจัดการความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร โดยแต่ละตอนกำหนดออกเป็น 4 ด้าน ตามองค์ประกอบการสร้างความมั่นคงทางอาหารขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้แก่ (1) ด้านการมีอาหารเพียงพอ (2) ด้านการเข้าถึงอาหาร (3) ด้านการใช้ประโยชน์ของอาหาร และ (4) ด้านความมีเสถียรภาพของอาหาร

ผลการวิจัย

ปัญหาเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกร

จากการศึกษาสภาพปัญหาความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกร เมืองคำ แขวงเชียงขวาง จากการสอบถามเกษตรกรเมืองคำ แขวงเชียงขวาง จำนวน 279 ครัวเรือน โดยกำหนดปัญหาไปตามองค์ประกอบการสร้างความมั่นคงทางอาหารของ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) เป็นฐานมีจำนวนทั้งหมด 4 ด้าน ดังผลการศึกษาต่อไปนี้ (Table 1)

ผลการศึกษาพบว่า เกินกว่าครึ่งหนึ่งของเกษตรกรตัวอย่าง (ร้อยละ 83.9) มีปัญหาอุปสรรคเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนในด้านการมีอาหารถึงพร้อมอยู่ในระดับมากในด้านนี้ยังพบปัญหาอุปสรรคย่อยอยู่ในระดับมากที่มีปัญหาทางด้านการไม่มีทุนทำการเกษตร (ร้อยละ 41.9) ปัญหาย่อยรองลงมาการมีแหล่งน้ำสะอาดเก็บไว้เพื่อบริโภคและทำการเกษตร (ร้อยละ 38.4) ส่วนการมีพื้นที่จะมีปัญหาอุปสรรคน้อยมาก (ร้อยละ 3.9) และไม่มีปัญหาอุปสรรคเลย (ร้อยละ 15.8) เนื่องจากเกษตรกรส่วนมากมีพื้นที่ทำการเกษตรมากเฉลี่ย 10.66 ไร่ แต่พื้นที่ 2 ใน 3 เป็นเนินเขาสูง ทำให้การทำเกษตรลำบาก (Sub-Committees of the General Assembly of Mueang Kham, 2019) และต้องได้ใช้ทุนการผลิตสูง ส่วนปัญหาด้านการเข้าถึงอาหาร ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 44.8) และด้านการใช้ประโยชน์ของอาหารและ ด้านความมีเสถียรภาพของอาหาร ในระดับน้อย (ร้อยละ 38.4) และ(ร้อยละ 37.3) ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรยังมีการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่า

Table 1 An average mean, percentage and standard deviation of farmer on the basis of a level of problems-threats for the food security at the household levels in Kham district, Xiengkoung province, Lao People Democratic Republic

A level of problems-threats for the food security at the household level	No Problems-threats	Problems-threats	$\bar{x}$	S.D.
Food availability	45 (16.1)	234 (83.9)	0.8387	0.36846
Food access	154 (55.2)	125 (44.8)	0.4480	0.49819
Utilization	172 (61.6)	107 (38.4)	0.3835	0.48712
Stability	175 (62.7)	104 (37.3)	0.3728	0.48441

การจัดการความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร เมืองคำ แขวงเชียวขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ผลการศึกษา จากการจัดเวทีการระดมความคิดเห็นเพื่อหาแนวทางการสร้างความมั่นคงทางอาหารโดยผ่านการจัดสนทนากลุ่มย่อยพบว่า แนวทางการจัดการปัญหาด้านการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร โดยใช้องค์ประกอบของความมั่นคงด้านอาหาร ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) เป็นฐานมีจำนวนทั้งหมด 4 แนวทางหลัก ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (Table 2)

1) การจัดการปัญหาด้านการมีอาหารเพียงพอในการสร้างความมั่นคงทางอาหาร แบ่งออกเป็น 3 แนวทางหลัก ได้แก่ (1) การสร้างแหล่งทุน โดยการส่งเสริมการสร้างกลุ่มผลิตทางการเกษตรของเกษตรกรเพื่อยกระดับความสามารถเข้าถึงปัจจัยการผลิตโดยการสนับสนุนให้เกษตรกรเข้าถึงพันธุ์พืช/ปศุสัตว์ หรือวัสดุสำหรับการทำการเกษตรที่มีคุณภาพและมีราคาย่อมเยา การส่งเสริมให้เยาวชนกลับเข้าสู่ภาคการเกษตรด้วยการสนับสนุนการเข้าถึงเทคโนโลยีและเครื่องจักรสมัยใหม่ที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่ และการสนับสนุนเกษตรกรสามารถเข้าถึงแหล่งเงินทุนสำหรับยกระดับการผลิต และส่งเสริมอบรมความรู้ในการนำใช้เงินทุนให้ไปตามเป้าหมายเพื่อให้ได้ประโยชน์มากที่สุด (2) แนวทางการจัดการแหล่งน้ำ ส่งเสริมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด และวิธีการรักษา คุ้มครองแหล่งน้ำ รักษาป่าต้นน้ำ และ การช่วยเหลือให้เกษตรกรเข้าถึงแหล่งน้ำสะอาดเพื่อดื่มกิน และใช้ทำการเกษตรโดยการสร้างระบบน้ำบาดาลและน้ำประปาให้หมู่บ้านเป็นเจ้าของในระบบน้ำประปา แต่ต้องได้ทำการเก็บค่าน้ำเพื่อนำมาใช้ในการบำรุงรักษาแหล่งน้ำ (3) แนวทางการจัดการพื้นที่ การแบ่งพื้นที่ถือครอง จัดสรรพื้นที่อย่างเหมาะสมให้เกษตรกรได้ทำการผลิตให้ถูกฤดูการผลิต และจัดฝึกอบรมเกี่ยวกับการทำการเกษตรให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่

2) การจัดการปัญหาด้านการเข้าถึงอาหาร ฝึกอบรมการผลิตแบบผสมผสานให้มีอาหารหลากหลายพอเพียงต่อความต้องการของสมาชิกในครัวเรือน และรัฐบาลต้องมีนโยบายสร้างเส้นทางไปยังที่ผลิตกับตลาดเพื่อทำให้เข้าหาอาหารง่ายขึ้น

3) การจัดการปัญหาด้านการใช้ประโยชน์ของอาหาร โดยการจัดฝึกอบรมให้ความรู้ทางโภชนาการทางอาหารให้แก่เกษตรกร อบรมองค์ความรู้ทางโภชนาการทางอาหารสำหรับเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 2 ขวบ และสตรีมีครรภ์ อบรมวิธีการแปรรูปอาหารอย่างถูกสุขอนามัยให้แก่เกษตรกร เพื่อการยกระดับโภชนาการและส่งเสริมการได้รับสารอาหารอย่างสมดุล และส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตแหล่งอาหารที่ให้โปรตีน และวิตามิน

4) การจัดการปัญหารด้านความมีเสถียรภาพของอาหาร ให้ความรู้ด้านผลการใช้เคมีเข้าในการผลิตอาหาร อบรมการทำเกษตรที่สะอาดปลอดภัย และให้ความรู้ผลเสียของการใช้เคมีในการผลิตทางการเกษตร

Table 2 Guidelines for development food security at the household level of the respondents

Problems encountered	Details	Guidelines for food security creating
1) Food availability	- Lack of capital - Lack of production factors - Lack of knowledge about household account	- Promotion of group farming for uplifting the ability to access to production factors - Promotion of a training on using capital to attain the goals for highest benefits
	- Lack of clean water supply to cape with consumption and farming	- Holding a training on water supply management - Preparing rules/regulations about water supply conservation - Conservation of watershed forest and check dam building - Building groundwater system to be the village water work
	Inappropriate topographic area (hills)	- Appropriate allocation of areas for farming
2) Food access	- Difficulty and inconvenience due to for food sources - Poor transportation to villages	- A training on mixed production for food diversity - Improvement of transportation routes between the market and food sources

Table 2 (Continued)

Problems encountered	Details	Guidelines for food security creating
3) Food utilization	- The farmers do not know correct methods of food processing - Only for eating	- A training on food nutrients for children of less than 2 years old and pregnant women - Promotion of protein and vitamin food sources
4) Food stability	- Most farmers still use chemicals to prevent diseases, pests and weeds	- A training on environmentally friendly farming - Extension of knowledge about disadvantage of chemical using in farming

วิจารณ์ผลการวิจัย

การนำข้อมูลปัญหาอุปสรรคด้านการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกรเมืองคำ แขวงเชียงขวาง ตามองค์ประกอบความมั่นคงทางอาหารขององค์กรอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018) นำไปจัดการสนทนากลุ่มร่วมกับผู้เชี่ยวชาญ 8 คน เพื่อหาแนวทางการพัฒนาการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร สามารถแบ่งสภาพปัญหาอุปสรรคและแนวทางการจัดการปัญหาอุปสรรคออกเป็น 4 ด้านหลัก ดังนี้ ด้านการมีอาหารเพียงพอในการสร้างความมั่นคงทางอาหารพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดปัจจัยการผลิตอย่างมาก เช่น เงินทุน พันธุ์พืช/ปศุสัตว์ หรือวัสดุสำหรับการทำการเกษตรที่มีคุณภาพ ขาดแหล่งน้ำหรือมีแหล่งกักเก็บน้ำ และพื้นที่ทำการผลิตที่เหมาะสม เนื่องจากพื้นที่ทำการผลิต 2 ใน 3 เป็นภูเขา (Sub-Committees of the General Assembly of Mueang Kham, 2019) โดยแนวทางในการจัดการปัญหา คือ (1) ส่งเสริมการสร้างกลุ่มผลิตของเกษตรกรเพื่อยกระดับความสามารถเข้าถึงปัจจัยการผลิตโดยการสนับสนุนให้เกษตรกรเข้าถึงแหล่งเงินทุน พันธุ์พืช/ปศุสัตว์ หรือวัสดุสำหรับการทำการเกษตรที่มีคุณภาพ และมีราคาย่อมเยา การส่งเสริมให้เยาวชนกลับเข้าสู่ภาคการเกษตรด้วยการสนับสนุนการเข้าถึงเทคโนโลยีและเครื่องจักรสมัยใหม่ที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่ และส่งเสริมอบรมให้ความรู้ในการใช้เงินทุนให้เป็นไปตามเป้าหมายเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด (2) ส่งเสริมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์ และวิธีการรักษา คุ้มครองแหล่งน้ำ รักษาป่าต้นน้ำ และการช่วยเหลือให้เกษตรกรเข้าถึงแหล่งน้ำสะอาดเพื่อดื่มกิน และใช้ทำการเกษตรโดยการสร้างระบบน้ำบาดาลและน้ำประปาให้หมู่บ้านเป็นเจ้าของในระบบน้ำประปา แต่ต้องทำการเก็บค่าน้ำเพื่อนำมาใช้ในการบำรุงรักษาแหล่งน้ำ (3) มีการแบ่งพื้นที่ถือครอง จัดสรรพื้นที่อย่างเหมาะสมให้เกษตรกรได้ทำการผลิตให้ถูกฤดูการผลิต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Imdee (2004) ซึ่งได้ทำการศึกษาว่า ความมั่นคงทางอาหารของชุมชนชนบทบ้านป่าคา อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ต้องประกอบด้วยการที่ชุมชน

มีที่ดินทำกินอย่างถาวร มีขนบธรรมเนียมประเพณีในการรักษาผืนป่าต้นน้ำ โดยยังมีความเชื่อของชุมชนที่จะต้องปลูกต้นไม้ทดแทนต้นไม้ที่ล้มลงไปเพื่อสร้างที่อยู่อาศัย และฝึกอบรมการทำเกษตรให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่

ในขณะที่ปัญหาด้านการเข้าถึงอาหาร เนื่องจากเกษตรกรไม่มีรายได้เพียงที่จะซื้ออาหารที่หลากหลายสำหรับบริโภคในครัวเรือน และ สิ่งเอื้ออำนวยในการเดินทางไปหาอาหารยังยากที่จะเข้าถึง การที่จะเดินทางไปหาอาหารจากเขตอาศัยไปหาที่ทำกินยังมีความยุ่งยากมาก ดังนั้นการแก้ไขให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงอาหารในแบบยั่งยืนนั้นจำเป็นต้องให้ความรู้ ทำการจัดอบรมการผลิตแบบผสมผสาน ผลิตแบบยั่งยืน เกษตรอินทรีย์ ผสมผสานกับภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดกันมาตั้งแต่อดีต มาปรับใช้เพื่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารของเกษตรกร ให้มีอาหารหลากหลายพอเพียงต่อความต้องการของสมาชิกในครัวเรือน และสามารถสร้างรายรับจากผลิตทางการเกษตรเพื่อรับประกันการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกรอย่างยั่งยืน สอดคล้องกับแนวคิดของ Sitthisuntikul *et al*. (2018) ที่ว่า ความมั่นคงทางอาหารในมุมมองของการทำเกษตรอินทรีย์ด้านการผลิต การแสวงหารายได้ วัฒนธรรม และทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กับความมั่นคงทางอาหารในแง่การเข้าถึงอาหารปลอดภัยอย่างพอเพียง ความพอเพียงด้านเศรษฐกิจ และความยั่งยืนของการผลิตอาหาร และรัฐบาลต้องมีนโยบายสนับสนุนสร้างเส้นทางไปยังที่ผลิตกับตลาดเพื่อทำให้เข้าถึงอาหารง่ายมากขึ้น สำหรับแนวทางการจัดการปัญหาอุปสรรคด้านการใช้ประโยชน์ของอาหาร โดยการจัดอบรมให้ความรู้ทางโภชนาการด้านอาหาร ฝึกวิธีการแปรรูปอาหารอย่างถูกสุขอนามัยให้เกษตรกร ส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตแหล่งอาหารที่ให้โปรตีน และวิตามิน และการยกระดับโภชนาการและส่งเสริมการได้รับสารอาหารอย่างสมดุล สอดคล้องกับการศึกษาของ Intarapoom (2017) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการขยายพื้นที่เพาะปลูกต่อความมั่นคงทางอาหารของเกษตรกร ผู้ปลูกอ้อย ว่าควรมีการส่งเสริมให้ความรู้แก่เกษตรกรเกี่ยวกับหลักโภชนาการ การรับประทานอาหารให้ครบ 5 หมู่ การผลิตอาหารในครัวเรือนให้มีความหลากหลายชนิดมากขึ้น จึงจะสร้างความมั่นคงทางอาหารได้อย่างยั่งยืน แนวทางการจัดการปัญหาอุปสรรคด้านความมีเสถียรภาพของอาหาร การเสริมสร้างพลังอำนาจให้แก่เกษตรกรเพื่อต่อสู้กับความเหลื่อมล้ำ จัดการอบรมการทำเกษตรที่สะอาดปลอดภัย และให้ความรู้เกี่ยวกับผลเสียของการใช้เคมีในการผลิตทางการเกษตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Khayankan *et al.* (2020) ได้ทำการศึกษาแนวแนวทางเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหารของชุมชนชายแดนในเขตเศรษฐกิจพิเศษจังหวัดเชียงราย ได้มีแนวทางเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหาร คือ ผู้ผลิตต้องมีการผลิตอาหารที่ปลอดภัย งดใช้สารเคมีเพื่อลดการปนเปื้อน ศึกษาหาความรู้อย่างสม่ำเสมอเพื่อพัฒนาผลผลิตให้ได้มาตรฐาน และต้องรวมกลุ่มผู้ผลิตเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า เกษตรกรเกินกว่าครึ่งหนึ่งมีปัญหาความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนด้านการไม่มีอาหารเพียงพออยู่ในระดับมาก และการที่ไม่มีอาหารเพียงพอ เนื่องมาจากการไม่มีทุนทำการเกษตร และแหล่งน้ำไม่เพียงพอต่อการทำเกษตร และไม่มีน้ำสะอาดเพื่อดื่ม ปัญหาในการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนรองลงมาคือ ปัญหาด้านการเข้าถึงอาหาร ด้านการใช้ประโยชน์ของอาหาร และมีปัญหาน้อยมากด้านความมีเสถียรภาพของอาหาร

จากปัญหาความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนใน 4 ด้าน ได้นำปัญหาอุปสรรคนั้นมาจัดสนทนากลุ่มเพื่อหาแนวทางการแก้ไข เพื่อหาแนวทางการจัดการทางอาหารในระดับครัวเรือนในด้านต่างๆได้ 4 แนวทาง ได้แก่ อันดับ 1 แนวทางการจัดการปัญหาการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนด้านการมีอาหารเพียงพอที่ดี ได้แก่ (1) การส่งเสริมการสร้างกลุ่มผลิตทางการเกษตรของเกษตรกรเพื่อยกระดับความสามารถ เข้าถึงปัจจัยการผลิตโดยการสนับสนุนให้เกษตรกรเข้าถึงพันธุ์พืช/ปศุสัตว์ หรือวัสดุสำหรับการทำการเกษตรที่มีคุณภาพ และมีราคาย่อมเยา และส่งเสริมจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ในการใช้เงินทุนให้ไปตามเป้าหมายเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด (2) ส่งเสริมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์ และวิธีการรักษา การคุ้มครองแหล่งน้ำ รักษาป่าต้นน้ำ การรักษาแหล่งน้ำและการจัดการกับสภาพการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร การอนุรักษ์และปกป้องความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศ และการช่วยเหลือให้เกษตรกรเข้าถึงแหล่งน้ำสะอาดเพื่อดื่มกิน และใช้ทำการเกษตรโดยการสร้างระบบน้ำบาดาลและน้ำประปาให้หมู่บ้านเป็นเจ้าของ (3) ส่งเสริมให้เกษตรกรมีสิทธิ์ในการถือครองที่ดินอย่างมั่นคงโดยการแบ่งพื้นที่ถือครอง จัดสรรพื้นที่อย่างเหมาะสมให้เกษตรกรได้ทำการผลิตให้ถูกฤดูการผลิต และจัดฝึกอบรมเกี่ยวกับการทำการเกษตรให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ให้แก่เกษตรกร อันดับ 2 แนวทางการจัดการปัญหาด้านการเข้าถึงอาหาร ได้แก่ การจัดฝึกอบรมเกี่ยวกับการผลิตแบบผสมผสานให้มีอาหารหลากหลายพอเพียงต่อความต้องการของสมาชิกในครัวเรือน รัฐบาลต้องมีแนวนโยบายสนับสนุนสร้างเส้นทางไปยังที่ผลิตกับตลาดเพื่อทำให้เข้าหาอาหารง่ายมากขึ้น อันดับ 3 แนวทางการจัดการปัญหาด้านการใช้ประโยชน์ของการอาหาร โดยจัดการอบรมให้ความรู้ทางโภชนาการทางอาหาร ฝึกวิธีการแปรรูปอาหารอย่างถูกสุขอนามัยให้แก่เกษตรกร ส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตอาหารที่ให้โปรตีน และ วิตามินครบทั้ง 5 หมู่ และการยกระดับโภชนาการและส่งเสริมการได้รับสารอาหารอย่างสมดุล อันดับ 4 แนวทางการจัดการปัญหาด้านความมีเสถียรภาพของอาหาร การเสริมสร้างพลังอำนาจให้แก่เกษตรกรเพื่อต่อสู้กับความเหลื่อมล้ำ จัดการอบรมเกี่ยวกับ การทำการเกษตรที่สะอาด ปลอดภัย และให้ความรู้เกี่ยวกับผลเสียจากการใช้สารเคมีในการผลิตทางการเกษตร เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การนำแนวทางการจัดการปัญหาความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ด้วยการจัดสนทนากลุ่มเพื่อหาแนวทางจัดการ และนำไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด หน่วยงานภาครัฐและเอกชนระดับท้องถิ่นควรมีการปฏิบัติ ดังนี้

1) หน่วยงานภาครัฐ เช่น หน่วยงานการเกษตรและป่าไม้ของภาครัฐ และโครงการเกษตรเพื่อโภชนาการเมืองคำ แขวงเชียงขวาง ควรมีการจัดทำช่องทางการประชาสัมพันธ์ข่าวสารเพื่อเพิ่มความรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารให้แก่เกษตรกร ตั้งแต่ความรู้ ทักษะเกี่ยวกับการเพิ่มศักยภาพการผลิต เช่น การบำรุงดิน การจัดการแหล่งน้ำ การคัดเลือกพันธุ์พืชและสัตว์ที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับพื้นที่ ด้วยการสนับสนุนการให้ความรู้ด้านการจัดการปัจจัยการผลิตอย่างคุ้มค่า เช่น การเข้าถึงแหล่งทุน แหล่งน้ำ แรงงาน และเทคโนโลยีต่าง ๆ เป็นต้น

2) หน่วยงานภาครัฐ เช่น หน่วยงานการเกษตรและป่าไม้ของภาครัฐ และโครงการเกษตรเพื่อโภชนาการเมืองคำ แขวงเชียงขวาง ควรส่งเสริมและถ่ายทอดองค์ความรู้ที่สามารถสนับสนุนให้เกษตรกร ทำการเกษตรให้มีประสิทธิภาพทั้งในเชิงการผลิตเป็นอาหารที่มีคุณภาพเพื่อการบริโภคในครัวเรือน สร้างรายได้อย่างสอดคล้องกัน โดยเฉพาะการสนับสนุน

ให้มีการปลูกพืชที่ให้ประโยชน์ด้านโภชนาการ เพื่อใช้ประกอบอาหาร เพื่อนำไปสู่การเพิ่มศักยภาพในการผลิตสินค้าทางการเกษตร และอาหารได้อย่างเพียงพอและมีคุณภาพต่อการบริโภคหรือการจำหน่ายให้มีรายได้เพิ่มขึ้น หรือมีรายได้ที่จะสามารถจัดหาอาหารที่จำเป็นให้แก่สมาชิกในครัวเรือนได้อย่างทั่วถึง

3) หน่วยงานภาครัฐ เช่น หน่วยงานการเกษตรและป่าไม้ของภาครัฐ ควรจัดทำช่องทางการประชาสัมพันธ์ข่าวสารเกี่ยวกับผลเสียของการทำเกษตรเคมี โดยการให้ความรู้ในการทำเกษตรที่ปลอดภัย เช่น การผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์ ผสมผสานกับการเลี้ยงสัตว์หรือเพาะปลูกพืชเชิงเศรษฐกิจต่าง ๆ

4) หน่วยงานภาครัฐ เช่น หน่วยงานการเกษตรและป่าไม้ของภาครัฐ เพิ่มองค์ความรู้ด้านการป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติและการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเกี่ยวกับ ปัญหาอุปสรรคและแนวทางพัฒนาการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกร เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือจากเกษตรกร ผู้นำชุมชนและเจ้าหน้าที่และผู้เชี่ยวชาญ ห้องการเกษตรและป่าไม้ และโครงการเกษตรโภชนาการเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการให้ข้อมูลและร่วมดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ทีนี้

เอกสารอ้างอิง

Buathong, C. 2016. **Agriculture in Lao People's Democratic Republic**. [Onling]. Available http://www.agri.ubu.ac.th/mis/course-article/upload/12.pdf (12 February 2021).

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. **The 45 th session of the Committee on World Food Security report**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Imdee, P. 2004. **Food Security of Rural Communities: A Case Study of Pakha Village No. 2 Nan District, Nan Province.** Master Thesis. Thammasat University. Bangkok.

Intarapoom, I. 2017. **Effects of Expanding Arable Land on Food Security of Framers Sugar Cane Growers in Khon Kaen Province.** Doctoral Dissertation. Mahasarakham University.

Khayankan, W., S. Leetrakul, C. Suwan and N. Promjaisa. 2020. The guidelines strengthening border community food security in special economic zone of Chiangrai province. **Journal of Educational Measurement** 37(102): 126-137.

Sitthisuntikul, K., K. Satienperakul and B. Jolanun. 2018. Approaches to develop food security in the organic communities Luang Neua sub-district, Doi-Saket district, Chiang Mai. **Journal of Agricultural Research and Extension** 35(3): 63-72.

Sub-Committees of the General Assembly of Mueang Kham. 2019. **Report on the 5-Year Economic and Social Report of Mueang Kham, XiengKhouang Province, Lao People's Democratic Republic.** XiengKhwang: Mueang Kham Governor's Office.

The Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ) and ASEAN Sustainable Agrifood Systems (ASEAN SAS). 2016. **Asean Integrated Food Security (Aifs) Framework and Strategic Plan of Action on Food Security in the Asean Region (Spa-Fs) 2015-2020**. Bangkok: Kaenchand Printing Center Co., Ltd.

Wanitbancha, K. 2018. **Advanced statistical Analysis with SPSS for Windows**. Bangkok: Chulalongkorn University Book Center.

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis (3rd.)** New york: Harper and Row Publication.

ตัวแบบโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงมวนพิฆาต (*Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) เพื่อสนับสนุนการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในการเกษตรอินทรีย์

A Modular Pilot Plant for Mass Rearing of Stink Bug (*Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) Enhancing Biological Control of Insect Pests in Organic Farming

ศมาพร แสงยศ[1*] รัชนียา บังเมฆ[2] มนตรี สิงหะวาระ[3] สุรเดช ไชยมงคล[4] และสมชาย อารยพิทยา[4]

Samaporn Saengyot[1*], Ratchaneeya Bangmek[2], Montri Singhavara[3]

Suradet Chaimongkol[4] and Somchai Arayapitaya[4]

[1]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[4]กองเทคโนโลยีดิจิทัล สำนักงานมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Faculty of Business Administration, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[3]Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[4]Digital Technology Division, Office of University, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: sama_mju@yahoo.com

Abstract

Development of a modular pilot plant for mass rearing of stink bug enhancing biological control of insect pests in organic farming purpose was conducted on the fiscal year 2019-2020, the operated pilot plant was developed at MJU- Biological Control Technology Learning Center located on Maejo university farm at latitude 18.9264 N longitude 99.0532 E. It was an adoption to insect natural enemy mass rearing standard of the International Organization for Biological Control (IOBC) as the input and output based on entomological, ecological and geographical analysis. The pilot plant produced predatory stink bug (*Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) as case study and found that production performances of the pilot plant were standardized base on IOBC by mean of quality and quantity control showed the productivity for *E. furcellata* in the egg stage at 236,861 eggs per day. The cost analysis associated with fixed and variable costs obtained showed that the Net Present Value (NPV) was positive. Accordingly, the Internal Rate of Return (IRR), Payback Period and Benefit Cost Ratio (BCR) were 14.52 percent, 4 years and 9 months, and 1.83, respectively. Development of monitoring and evaluation

system for the pilot plant operation conducted by means of Information Technology (IT) indicated high level of productivity and capacity of the commercial pilot plant.

Keywords: commercial biological, cost analysis model, IT evaluation tool, pilot plant insect natural enemies

บทคัดย่อ

การพัฒนาตัวแบบโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงมวนพิฆาต เพื่อสนับสนุนการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในการเกษตรอินทรีย์ ได้ดำเนินการตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2563 ณ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พิกัดเส้นรุ้ง (latitude) 18.9264 เส้นแวง (longitude) 99.0532 การศึกษาปัจจัยนำเข้า การวิเคราะห์เชิงกีฏวิทยา นิเวศวิทยา และเชิงพื้นที่ เพื่อพัฒนาระบบผลิตให้สอดคล้องกับระบบการผลิตตามมาตรฐานด้านการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติของ International Organization for Biological Control (IOBC) โดยใช้การเพาะเลี้ยงมวนพิฆาต (stink bug, *Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) เป็นกรณีศึกษา พบว่า โรงงานมีศักยภาพด้านการผลิตในเชิงปริมาณและคุณภาพทางชีววิทยาเทียบเคียงได้กับเกณฑ์มาตรฐาน IOBC โดยมีกำลังการผลิตมวนในระยะไข่ ได้เฉลี่ย 236,861 ฟองต่อวัน ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย ชี้ว่า โรงงานฯ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวก อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 14.52 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 4 ปี 9 เดือน อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.83 การใช้ต้นแบบเครื่องมือและกระบวนการประเมินผลการดำเนินกิจการของโรงงานโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ แสดงให้เห็นว่าต้นแบบโรงงานฯ มีผลิตภาพในการดำเนินงานระดับโรงงานต้นแบบเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีเชิงพาณิชย์ ตัวแบบการวิเคราะห์ต้นทุน เครื่องมือประเมินทางเทคโนโลยีสารสนเทศ โรงงานต้นแบบ แมลงศัตรูธรรมชาติ

คำนำ

การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี (Biological control of insect pests) เป็นศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยอาศัยหลักการใช้สิ่งมีชีวิตที่เรียกว่าศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ แมลงตัวห้ำ ตัวเบียน และเชื้อโรค ควบคุมประชากรของศัตรูพืชให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อความเสียหายทางเศรษฐกิจ และนับว่าเป็นวิธีการบริหารจัดการแมลงศัตรูพืชทางเลือกอย่างหนึ่งที่ช่วยลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงในการผลิตพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ ทั้งนี้มีรายงานอ้างอิงว่าการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี เป็นวิธีการที่สามารถใช้ทดแทนการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชได้ในหลายกรณี อีกทั้งมีต้นทุนที่ถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีในระยะยาว ทั้งในทางตรงด้านการผลิต และทางอ้อม เช่น ต้นทุนในส่วนของการดูแลสุขภาพของประชากร และด้านปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อม (Pimentel, 2005) อนึ่งการเพาะเลี้ยงเพิ่ม

ปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อนำมาใช้ควบคุมการระบาดของแมลงศัตรูพืชในเชิงพาณิชย์ได้มีประวัติอันยาวนานมากว่า 120 ปีแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในต่างประเทศ เช่นในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนือ โดยมีรายงานถึงการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น สวนผลไม้ ข้าวโพด ฝ้าย อ้อย ถั่วเหลือง องุ่น และพืชในเรือนกระจก และในปัจจุบันมีรายงานว่ามีการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงการค้าทั่วโลกถึง 230 ชนิด อีกทั้งมีส่วนแบ่งตลาดผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยประมาณร้อยละ 1 ครอบคลุมพื้นที่ในทวีปยุโรป อเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ แอฟริกา และเอเชีย (Van Lenteren, 2012) ทั้งนี้ในประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีมาใช้ในประเทศไทยมาแล้วตั้งแต่ พ.ศ. 2507 ในรูปแบบการจัดการเรียนการสอน การวิจัย และการบริการทางวิชาการ แม้ในประเทศจะมีเทคโนโลยีในการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติหลายชนิด เช่น มวนตัวห้ำ แมลงหางหนีบ แมลงช้างปีกใส และแตนเบียนชนิดต่างๆ ซึ่งทั้งหมดเป็นการดำเนินงานของหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งยังไม่มีการมุ่งเน้นการดำเนินงานในเชิงพาณิชย์ อาจเนื่องมาจากการขาดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการความเสี่ยงในกระบวนการผลิต เช่น ผู้เชี่ยวชาญด้านการเพาะเลี้ยง (นักกีฏวิทยา) การวิเคราะห์ด้านการตลาด และผลิตภัณฑ์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงและการปลดปล่อย การทดสอบประสิทธิภาพการใช้เมื่อปล่อยสู่แปลงปลูกในภาคสนาม การใช้ร่วมกับวิธีอื่น ข้อมูลด้านอนุกรมวิธาน และการควบคุมคุณภาพ เป็นต้น ประกอบกับข้อจำกัดด้านนโยบายที่มีการเปลี่ยนแปลงตามภาวะเศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งด้านงบประมาณที่จำกัด รวมทั้งความไม่พร้อมด้านต้นทุน และทักษะการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการผลิตเองของเกษตรส่วนใหญ่ เนื่องจากความซับซ้อนของขบวนการผลิตซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อย จึงเป็นเหตุให้การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีเป็นที่รู้จักและถูกนำไปใช้ประโยชน์ในวงจำกัด

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่า การผลิตและจำหน่ายแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ โดยอาศัยกลไกด้านการตลาดผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืช น่าจะเป็นอีกช่องทางหนึ่งในการที่จะขับเคลื่อนให้มีการขยายตัวของการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีด้านการควบคุมโดยชีววิธีทดแทนสารเคมีได้ในวงกว้างขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้มีการลดการใช้สารเคมีในระยะยาว มีความสอดคล้องกับกระแสเศรษฐกิจและสังคมสีเขียว (Green economy) และเศรษฐสังคม (Socioeconomic) จึงดำเนินการสังเคราะห์จากต้นแบบที่พัฒนาจากองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ โรงงานผลิต (Pilot plant) ระบบห่วงโซ่อุปทาน เครื่องมือและระบบการประเมินผลการดำเนินกิจการของโรงงาน โดยใช้การผลิตมวนพิฆาตให้สอดคล้องกับมาตรฐานด้านการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติของ International Organization for Biological Control (IOBC) เป็นกรณีศึกษา โดยการบูรณาการองค์ความรู้ด้านกีฏวิทยา นิเวศวิทยาประชากร เศรษฐศาสตร์ การบริหารธุรกิจ การบัญชี และเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการพัฒนาโปรแกรมการประเมินผล โดยเน้นข้อมูลการวิจัย 3 ด้าน ได้แก่ การบริหารจัดการด้านการผลิต ด้านการตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์เป็นหลัก ซึ่งสถานที่หลักในการวิจัย คือ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และแปลงปลูกพืชอินทรีย์ โดยมีเป้าหมายในการพัฒนาองค์ความรู้สู่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบเกษตรอินทรีย์ผ่านการวิจัยและการให้บริการทางวิชาการผ่านแหล่งเรียนรู้ตลอดชีวิตที่พัฒนาขึ้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การพัฒนาต้นแบบมาตรฐานของโรงงานต้นแบบการผลิตมวนพิฆาตตามมาตรฐานสากล

ในช่วงปี พ.ศ. 2562 ถึง 2563 การศึกษาได้ดำเนินการ ณ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พิกัดเส้นรุ้ง (Latitude) 18.9264 เส้นแวง (Longitude) 99.0532 มีพื้นที่รวมโดยประมาณ 6 ไร่ โดยเริ่มจากการกำหนดชนิดแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ได้แก่ มวนพิฆาต (Predatory stink bug) (*Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) ซึ่งมีการเก็บรวบรวมพ่อแม่พันธุ์จากสภาพธรรมชาติ และการขอความอนุเคราะห์จากศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการอารักขาพืช จังหวัดเชียงใหม่ ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมโดยการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ข้อมูลทางชีววิทยาเชิงประจักษ์ และประสิทธิภาพการกินของมวนตัวห้ำในห้องปฏิบัติการ เพื่อเตรียมการทดสอบในกระบวนการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณในโรงเพาะเลี้ยง จากนั้นพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน คัดเลือกและจัดหาวัสดุอุปกรณ์จำเป็นสำหรับการดำเนินงานของโรงงานต้นแบบฯ โดยบูรณาการความรู้ด้านกีฏวิทยา ชีววิทยา นิเวศวิทยา และข้อมูลอ้างอิงด้านมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาข้อมูลและการวางรูปแบบองค์ประกอบของโรงงานต้นแบบที่เหมาะสมกับสภาพอากาศ สภาพพื้นที่ และปัจจัยทางนิเวศวิทยา ของจังหวัดเชียงใหม่ โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้านนิเวศวิทยาประชากรของมวนตัวห้ำ ได้แก่ อัตราส่วนเพศ (Sex ratio) ผลการวิเคราะห์ตารางชีวิต (Life table analysis อัตราการอยู่รอด (Survival rate) ความยืนยาวของอายุ (Longevity), อัตราการฟักออกจากไข่ (Emergence rate) รวมทั้งการศึกษาคุณสมบัติทางชีววิทยาด้านอื่น ๆ ตามวิธีของ Dent and Walton (1997) และ Price (1975) จากนั้นนำผลการศึกษาไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับค่ามาตรฐานด้านการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติของ International Organization for Biological Control (IOBC) ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยการการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression) ตามวิธีของ Peterson (1964) โดยกำหนดให้ค่าตัวชี้วัดมาตรฐานของเป็นตัวแปรอิสระ และค่าที่วัดได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงนิเวศวิทยาประชากรของมวนตัวห้ำเป็นตัวแปรตาม

ศึกษาต้นทุนความเป็นไปได้ทางธุรกิจของการผลิตสายพันธุ์ของแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์

ควบคู่ไปกับโครงการการพัฒนาโรงงานต้นแบบสำหรับการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณศัตรูธรรมชาติในข้อ 1 ทำการศึกษาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติภายใต้ระบบห่วงโซ่มูลค่า โดยมุ่งเน้นที่การดำเนินการวิจัยแบบบูรณาการ โดยพัฒนาขั้นการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการสร้างโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ โดย 1) ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานที่ทดลองการเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติ และการเฝ้าสังเกตการณ์ภาคสนาม 2) การวิเคราะห์ข้อมูลจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ และวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการสร้างโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ โดยศึกษาภายใต้สภาพแวดล้อมการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการและโรงเพาะเลี้ยงของโรงงานต้นแบบ การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การศึกษาต้นทุนการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติและการวิเคราะห์ต้นทุนที่ได้จากการทดลอง ออกแบบการทดลองโดยใช้ประเภทของแมลงศัตรูธรรมชาติ 3 ชนิดเป็นสิ่งทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกแบบสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) มี 3 สิ่งทดลอง (Treatments) สิ่งทดลองละ 3 ชุดการทดลอง ชุดละ

5 ซ้ำ ผลการวิจัยครั้งนี้จึงจำกัดขอบเขตในการอ้างถึงผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลในงาน เพื่อการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรให้อยู่ในขอบเขตของการศึกษา และส่วนที่ 2 แสดงผลการศึกษาผลตอบแทนทางการเงินและเชิงเศรษฐกิจของการสร้างโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ โดยใช้การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ ประกอบด้วย ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Values: NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Returns: IRR) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost ratio: B/C ratio) และการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ของโครงการสร้างโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ

วิเคราะห์ทางสถิติ ใช้การวิเคราะห์ค่าสถิติเชิงพรรณนา สำหรับการศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ ใช้การวิเคราะห์ด้วยตัววัดค่าทางการเงิน (ได้แก่ NPV, IRR เป็นต้น) และวิธีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ วิเคราะห์ตัวแบบระบบห่วงโซ่อุปทานของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในภาคการผลิตพืชผลเกษตรอินทรีย์ เป็นการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาตัวแบบของระบบห่วงโซ่อุปทานของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ

การพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผลด้านการบริหารจัดการและศักยภาพการผลิต

พัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิตผลิตภัณฑ์สายพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ ซึ่งในการสร้างและพัฒนาระบบติดตามและประเมินผลนั้น จะพัฒนาโดยยึดข้อมูลการวิจัย 3 ด้าน ได้แก่ การบริหารจัดการและการผลิตในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยเก็บข้อมูลด้านผลกระทบของระบบการผลิตที่จำลองขึ้นต่อค่าตัวชี้วัดเชิงคุณภาพและปริมาณตามตัวชี้วัดในข้อ 1 นำข้อมูลมาพัฒนาระบบโดยใช้หลักการออกแบบเว็บไซต์เป็นแบบปรับอัตโนมัติ (Responsive web design) โดยแบ่งส่วนการทำงานไว้เป็นสองส่วน คือ 1) ส่วนสำหรับบริหารจัดการและส่วนสำหรับผู้ใช้ (ผู้ดูแลระบบและผู้ใช้ทั่วไป) 2) ส่วนจัดการข้อมูลการติดตามจากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องของแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยนำเข้า ข้อมูลการดำเนินงาน ข้อมูลผลการดำเนินงาน และการประเมินผลแบ่งตามช่วงเวลาของการประเมินเป็น 4 ส่วน ได้แก่ การประเมินปัจจัยนำเข้า (Input evaluation) การประเมินกระบวนการ (Process evaluation) การประเมินผลผลิต (Output/product evaluation) การประเมินผลกระทบ (Outcome/Impact evaluation) โดยใช้ระบบวัฏจักรพัฒนาระบบงาน (System Development Life Cycle หรือ SDLC) ซึ่งส่วนเนื้อหาฐานข้อมูลใช้วิธีการที่ประยุกต์จากการควบคุมทางบรรณานุกรม (Bibliographic control) ทางบรรณารักษศาสตร์ สังเคราะห์และออกแบบแบบประเมินผลความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิตตามคุณลักษณะทางชีววิทยาด้านนิเวศวิทยาประชากรของแมลง และมีการทดสอบระบบ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบประเมินความพึงพอใจฯ และกำหนดเกณฑ์ประเมินตามเทคนิคของของลิเคิร์ทตามลำดับ

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาต้นแบบมาตรฐานของโรงงานต้นแบบการผลิตมวนพิฆาตตามมาตรฐานสากล

ผลการพัฒนาโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์ ซึ่งได้พัฒนาโรงเพาะเลี้ยงแมลงสำหรับกิจกรรมการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ รวม 14 โรง โดยแต่ละโรงมีขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 3x8x5 เมตร พร้อมวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณมวนพิฆาต ตั้งอยู่ ณ

ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พิกัดเส้นรุ้ง (latitude) 18.9264 เส้นแวง (Longitude) 99.0532 มีพื้นที่รวมโดยประมาณ 6 ไร่ ซึ่งได้วางต้นแบบกระบวนการผลิตที่จำเป็น ประกอบด้วย การกำหนดชนิดและปริมาณแมลงในเป้าหมาย การศึกษาชีววิทยาและแนวทางเพิ่มปริมาณในระดับห้องปฏิบัติการ การเพาะเลี้ยงในระดับโรงเพาะเลี้ยง การวิจัยและพัฒนา การควบคุมคุณภาพ และการผลิตสู่ตลาด (Figure 1) กล่าวคือทำการผลิตและรักษาศักยภาพเชิงปริมาณและคุณภาพของแมลงศัตรูธรรมชาติ โดยสังเคราะห์จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางนิเวศวิทยา ได้แก่ จำนวนขั้นต่ำของพ่อแม่พันธุ์ระดับโรงงาน อัตราส่วนเพศ (Sex ratio) อัตราการฟัก (Emergence rate) และอัตราการอยู่รอด (Survival rate) เทียบเท่ากับมาตรฐานของ International Organization for Biological Control (IOBC) นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาตารางชีวิต (Life table analysis) พบว่าช่วงเวลาระยะสืบพันธุ์ ความยืนยาวของอายุ ระยะเวลาระหว่างชั่วอายุ และอัตราการการขยายพันธุ์สุทธิ ของมวน (Table 1) เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังการผลิตของโรงงานซึ่งควรนำมาพัฒนาเป็นมาตรฐานการผลิตในอนาคต ซึ่งค่าที่ปรากฏใน Table 1 มีผลทำให้การผลิตเชิงปริมาณภาพรวมต่อวันตลอดปีวิจัยเป็นระยะไข่ เฉลี่ย 236,860.93 ฟอง ตัวอ่อน 230,418.31 และตัวเต็มวัย 226,040.37 ตัว ต่อวันตามลำดับ อนึ่งจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ การบริหารจัดการปัจจัยนำเข้า สภาพการเพาะเลี้ยง และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ กับปริมาณการผลิตซึ่งมิได้นำเสนอรายละเอียดในรูปตาราง ณ ที่นี้ ในภาพรวมมีความสัมพันธ์กับมาตรฐาน IOBC ในเชิงบวก (R^2=0.35; p value<0.001)

Table 1 Productivity and capacity the pilot plant for mass production of predatory stink bug compared with International Organization for Biological Control

Qualitative and quantitative indicators	Pilot plant	Related IOBC standardization*
Minimum female Stock culture (insects)	700 ±22.36	500
sex ratio (percent)	50.62±0.28	50
emergence rate (percent)	97.28±1.42	80
survival rate (percent)	97.12±9.65	80
reproductive period (days)	38.54±2.35	NA
Longevity (day)	75.21±5.64	NA
generation time :T (days)	42.35±10.14	NA
capacity of increase (Rc)	1.34±0.36	NA

Qualitative and quantitative indicators related to other insect natural enemies based on Morales-Ramos (2014) were evaluated using multiple Linear regression (p value<0.001).

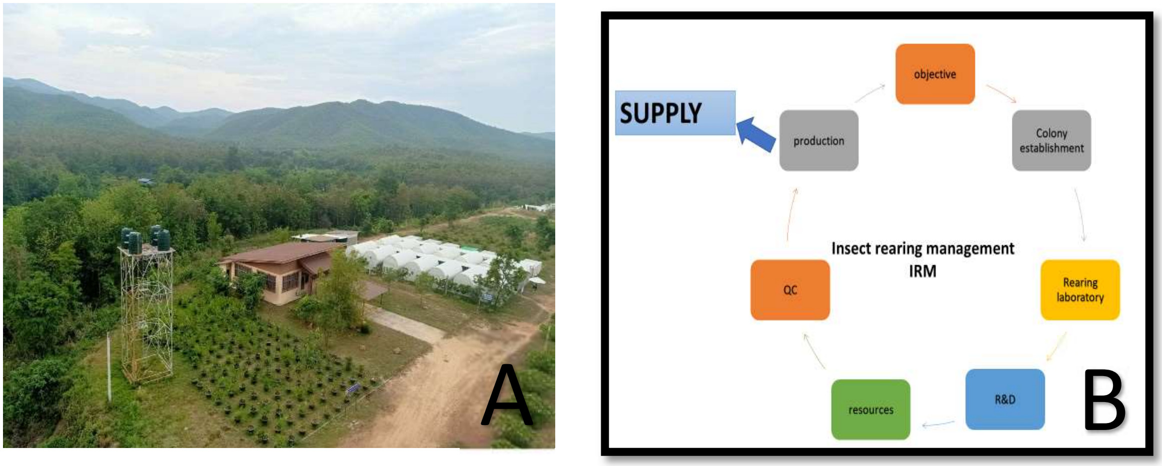


Figure 1 Overview of infrastructure and management system of pilot plant for mass rearing of insect natural enemies developed at MJU- Biological Control Technology Learning Center located on MaeJo university farm

2. ศึกษาต้นทุนความเป็นไปได้ทางธุรกิจของการผลิตสายพันธุ์ของแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการสร้างโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบฯ โดยศึกษาภายใต้สภาพแวดล้อมการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการและโรงเพาะเลี้ยง ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ และภาคสนาม พบว่าในแต่ละชนิดของแมลงศัตรูธรรมชาติมีต้นทุนการผลิตรวมและผลผลิตแตกต่างกันไป การศึกษาได้จำแนกต้นทุนตามประเภทของต้นทุนการผลิต และตามพฤติกรรมต้นทุน การจำแนกต้นทุนตามประเภทของต้นทุนการผลิต แบ่งออกเป็นวัตถุดิบทางตรง (Direct material) ได้แก่ ค่าอาหารของแมลงศัตรูธรรมชาติ คือ ค่าหนอนนก ค่าแรงงานตรง (Direct labor) ประกอบด้วย ค่าจ้างนักวิชาการเกษตรเพื่อทำกิจกรรมการเพาะเลี้ยงดูแลคุณภาพการผลิต และค่าใช้จ่ายการผลิต (Manufacturing overhead cost) ประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบทางอ้อม ได้แก่ ค่าบรรจุภัณฑ์ ค่าแรงงานทางอ้อม ได้แก่ ค่าจ้างในการดูแลโรงเพาะเลี้ยง และค่าใช้จ่ายการผลิตอื่นๆ ได้แก่ ค่าเช่าที่ดิน ค่าวัสดุสิ้นเปลือง ค่าเสื่อมราคา-เครื่องมือและอุปกรณ์ และค่าสาธารณูปโภค ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (ต่อตัวมวน หรือต่อจำนวนฟองไข่) พบว่าต้นทุนการผลิตตัวอ่อนมวนพิฆาตมีต้นทุนต่อหน่วย ต่ำที่สุด (เท่ากับ 2.97 บาทต่อหน่วย) รองลงมาคือ ตัวอ่อนมวนเพชฌฆาต (เท่ากับ 4.71 บาทต่อหน่วย) ตัวเต็มวัยมวนเพชฌฆาต (เท่ากับ 6.35 บาทต่อหน่วย) และตัวเต็มวัยมวนพิฆาต (เท่ากับ 6.63 บาทต่อหน่วย)

การวิเคราะห์ต้นทุนโดยจำแนกต้นทุนตามพฤติกรรมต้นทุนมีเกณฑ์ในการพิจารณาพฤติกรรมต้นทุน คือ การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนตามปริมาณหรือระดับของการทำกิจกรรมและเงื่อนไขของการทดลอง จำแนกต้นทุนเป็นต้นทุนผันแปร (Variable costs) และต้นทุนคงที่ (Fixed costs) การคำนวณจุดคุ้มทุนโดยใช้การวิเคราะห์ต้นทุน – ปริมาณ – กำไร (Cost – Volume – Profit analysis) เนื่องจากราคาของผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติยังขาดราคาตลาด (Market price) การวิจัยนี้จึงกำหนดราคาด้วยการตั้งราคาโดยบวกเพิ่มจากต้นทุน และใช้วิธีการตั้งราคาเพื่อให้ได้ผลตอบแทนจากการลงทุนตามเป้าหมาย (Target return pricing) กำหนดกำไรเป้าหมายร้อยละ 10 และคาดการณ์ปริมาณขายตามกำลังการผลิตที่มีประสิทธิภาพ พบว่าการผลิตตัวอ่อนมวนพิฆาตมีกำไรผันแปรต่อหน่วยสูงที่สุด จึงมีจุดคุ้มทุนเฉลี่ยต่ำที่สุด

ในขณะที่การผลิตไข่มวนเพชฌฆาตมีจุดคุ้มทุนเฉลี่ยสูงที่สุด ดังนั้น การผลิตตัวอ่อนมวนพิฆาตจึงมีกำไรผันแปรที่ไปชดเชยต้นทุนคงที่มากกว่า และสามารถทำปริมาณยอดขายให้บรรลุจุดคุ้มทุนด้วยปริมาณที่ต่ำกว่าการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นภายใต้สภาพแวดล้อมการผลิตเดียวกัน ส่วนผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการสร้างโรงงานการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ การวิจัยนี้กำหนดข้อสมมติว่าโครงสร้างการลงทุนมีเงินทุนมาจากส่วนของเจ้าของทั้งหมด มูลค่าของต้นทุนเงินทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average Cost of Capital: WACC) จึงมีค่าเท่ากับ 10.80 ผลการศึกษาพบว่าโครงการสร้างโรงงานการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เป็นบวก อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 14.52 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) เท่ากับ 4 ปี 9 เดือน สามารถคืนทุนได้ภายในอายุโครงการ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.83 จากผลการวิเคราะห์ทางการเงิน สรุปได้ว่าการลงทุนมีผลตอบแทนคุ้มค่าในการลงทุน

Table 2 Net Present Value (NPV) analysis

Year	Revenues	Expenses	PVIF	Present Value (Unt:Baht)		
	(in-flow)	(out-flow)	10.08%	Revenue	Expenses	Net
0	0	4,811,140.00	1.0000		4,811,140.00	(4,811,140.00)
1	29,383,572.17	28,377,338.33	0.9084	26,692,036.96	25,777,974.14	914,062.81
2	32,577,229.75	31,280,663.40	0.8252	26,882,729.99	25,812,803.44	1,069,926.54
3	38,056,484.76	36,261,804.32	0.7497	28,530,946.62	27,185,474.70	1,345,471.92
4	43,534,298.68	41,241,635.16	0.6810	29,646,857.40	28,085,553.55	1,561,303.85
5	48,980,645.12	46,192,859.20	0.6187	30,304,325.13	28,579,521.98	1,724,803.15
Total	**192,532,230.46**	**188,165,440.42**		**142,056,896.10**	**140,252,467.82**	**1,804,428.28**

NPV and Internal Rate of Return (IRR) = 41,221.03; IRR (Percentage) = 10.38

3. การพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผลด้านการบริหารจัดการและศักยภาพการผลิต

การพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิตผลิตภัณฑ์สายพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อใช้ในการตัดสินใจลงทุนโดยใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่าระบบประเมินการดำเนินกิจการของโรงงานในด้านศักยภาพการผลิตที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับสูงพอสมควร และสามารถนำไปใช้งานได้จริงผ่านระบบออนไลน์ https://mju-bctlc.mju.ac.th โดยในภาพรวมผลการศึกษาครั้งนี้ได้พัฒนาตัวแบบโรงงานต้นแบบสำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ ซึ่งประกอบด้วยต้นแบบโรงงานที่มีกำลังการผลิตเพียงพอกับความต้องการในพื้นที่ ตัวแบบการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ตัวแบบระบบห่วงโซ่อุปทานของการผลิต ต้นแบบกระบวนการนำไปใช้ประโยชน์เชิงนิเวศวิทยา และต้นแบบเครื่องมือและกระบวนการประเมินโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งเหล่านี้สามารถนำไปปรับใช้ในระบบการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ ซึ่งเป็นปัจจัยการควบคุมแมลงศัตรูพืชอย่างหนึ่งเพื่อทดแทนการใช้สารเคมีต่อไป

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการบูรณาการองค์ความรู้ด้านกีฏวิทยา นิเวศวิทยา เศรษฐศาสตร์และการเงิน และเทคโนโลยีสารสนเทศ ดำเนินงานวิจัยเพื่อพัฒนาตัวแบบของโรงงานต้นแบบในการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย ซึ่งได้แก่ มวนพิฆาต โดยเชื่อมโยงกิจกรรมการดำเนินการให้สอดคล้องกับผังวงจรการดำเนินงานของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในระดับโรงงานตามหลักของ International Organization for Biological Control (IOBC) (2019) ซึ่งระบุว่า โรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติควรมีผังวงจรการบริหารจัดการระบบผลิตสู่ความสำเร็จ ได้แก่ การจัดหาทรัพยากร การวิจัยและพัฒนา การผลิต และการควบคุมคุณภาพ ซึ่งในโครงการวิจัยนี้ได้วางกรอบและดำเนินการพัฒนาโรงงานตามกรอบที่วางไว้ โดยเริ่มตั้งแต่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ สำหรับการผลิตอาหาร และผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติองค์ประกอบสำหรับกิจกรรมการวิจัยพัฒนาและควบคุมคุณภาพ ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ต้นทุนและการพัฒนาระบบประเมินผลของระบบผลิต พบว่าโรงงานมีศักยภาพในการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งมวนพิฆาตที่จัดว่าเป็นสินค้าชีวภาพที่ใช้สำหรับกำจัดหนอนของแมลงศัตรูพืชชนิดต่างๆ ที่มีข้อดีกว่าสารเคมี กล่าวคือ ผลการวิเคราะห์ต้นทุน ที่พบว่าโรงงานต้นแบบมีระยะเวลาสำหรับระยะเวลาคืนทุน (Payback period) ในระยะเวลาไม่เกิน 5 ปี อีกทั้งมีความสามารถในการทำกำไร ซึ่งวัดจากอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit/Cost Ratio - BCR) เท่ากับ 14.52 และ 1.83 14.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ที่ทางด้านการลงทุนนับว่ามีความเป็นไปได้ในประกอบธุรกิจ โดยมีรายงานสนับสนุนว่าการใช้การควบคุมโดยชีววิธี เป็นวิธีควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชที่สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายสำหรับการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแปลงเกษตรและป่าไม้ทั่วโลกได้ถึง 80 และ 10 ล้านล้านดอลล่าร์สหรัฐ ตามลำดับ (Cracraft and Grifo, 1999; Gutierrez *et al*, 1999) และในอีกทางหนึ่ง Pimentel *et al*. (2009) ได้รายงานว่าควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยายที่สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตในระยะยาว และมีส่วนช่วยลดต้นทุนด้านการบริหารจัดการด้านสุขภาพและมลภาวะของสิ่งแวดล้อมของประชากรโลกอีกด้วย ทั้งนี้ในด้านการพัฒนาองค์ความรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติชนิดใหม่ๆ ที่สอดคล้องกับการระบาดของแมลงศัตรูพืชในท้องถิ่น รวมทั้งสำหรับประเด็นด้านความหลากหลายของสินค้านั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากในด้านการควบคุมโดยชีววิธี แมลงศัตรูธรรมชาติแต่ละชนิด จะมีความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดของแมลงศัตรูพืชที่กิน อีกทั้งแมลงศัตรูธรรมชาติแต่ละชนิดจะมีคุณลักษณะทางชีววิทยา และความต้องการด้านนิเวศวิทยา ในรายละเอียดที่แตกต่างกัน เป็นรายชนิดต่อชนิด ซึ่งในเรื่องนี้นับเป็นความยากยิ่งสำหรับการวางระบบการผลิต (Huffaker and Messenger, 1976) ซึ่งประเด็นเหล่านี้คณะผู้วิจัยเห็นว่าเป็นความท้าทายทางวิชาการเป็นอย่างยิ่ง ในการที่จะพัฒนาโรงงานต้นแบบให้รองรับศักยภาพการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติให้ได้หลากหลายชนิด และสามารถนำสู่เกษตรกรได้ตามสถานการณ์การแพร่ระบาดจริงในพื้นที่ โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์เหล่านี้ต้องมีการศึกษาวิจัยเป็นรายกรณี (Case by case) รายชนิด (Species by species) และการประเมินผลประกอบการนับเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่จะมีส่วนช่วยให้เกิดการพัฒนาและการดำเนินกิจการอย่างยั่งยืน ในการศึกษานี้ในส่วนย่อยซึ่งมิได้แสดงรายละเอียดในรายงานครั้งนี้ได้มีการพัฒนาระบบการประเมินผลิตภาพ และศักยภาพของโรงงานด้านการผลิตซึ่งพบว่าโรงงานมีความเป็นไปได้ในการผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อมซึ่งยังไม่มีรายงานชิ้นได้ที่มีการศึกษาในเรื่องนี้การวิจัยครั้งนี้จึงนับเป็นงานวิจัยแรกที่มีการพัฒนาระบบการประเมินดังกล่าว

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาตัวแบบโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์ ซึ่งเริ่มจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน ระบบการบริหารจัดการปัจจัยนำเข้า การวิเคราะห์ต้นทุน และการพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานของโรงงานต้นแบบฯ ในประเด็นผลิตภาพและศักยภาพด้านการผลิต ผลการศึกษาตัวชี้วัดทางชีววิทยาและปัจจัยนำเข้า พบว่าโรงงานต้นแบบมีศักยภาพในการผลิตทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานระดับสากล เทียบเคียงได้กับมาตรฐานด้านการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติของ International Organization for Biological Control (IOBC) อีกทั้งมีผลสนับสนุนทางด้านเศรษฐศาสตร์และการบริหารธุรกิจที่พบกิจการของโรงงานมีความคุ้มทุนและมีความสามารถในการทำกำไรได้ถึง 14. 52 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระบบประเมินประสิทธิภาพการผลิตซึ่งสามารถทดสอบระบบได้ ใน https://mju-bctlc.mju.ac.th ซึ่งระบบดังกล่าวจะเป็นตัวชี้วัดผลสำเร็จของกิจการโรงงาน อีกทั้งเป็นเครื่องมือในการประเมินสถานการณ์ (monitoring tool) ที่มีผลอย่างมากต่อการพัฒนาต่อยอด และความยั่งยืนของโรงงานต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการพัฒนาตัวแบบโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์ ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีงบประมาณ 2562-2563 ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. บรรพต ณ ป้อมเพชร ผู้ก่อตั้งศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และรองศาสตราจารย์ ขยัน สุวรรณ ที่ให้คำปรึกษาด้านการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี สำนักฟาร์ม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่สนับสนุนสถานที่สำหรับกิจกรรมการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Cracraft, J. and F.T. Grifo. (Eds.). 1999. **The Living Planet in Crisis: Biodiversity Science and Policy**. Chichester, NY: Columbia University Press. 394 p.

Dent, D.R. and M.P. Walton. 1997. **Methods in Ecological and Agricultural Entomology**. International, Wallingford. Oxon: CAB. 387 p.

Gutierrez, A.P., L.B. Caltagirone and W. Meikle. 1999. Evaluation of Results Economic of Biological Control. pp. 243-252. *In* Bellows, T.S., Jr. & T.W. Fisher (eds). **Handbook of Biological Control: Principles and Applications**. San Diego: Academic Press.

Huffaker, C.B. and P.S. Messenger (eds.). 1976. **Theory and practice of biological control**. New York: Academic Press. 788 p.

Morales-Ramos, J.A. 2014. **Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens**. San Diego: Elsevier Science Publishing Co Inc. 764 p.

Peterson, A. 1964. **Entomological Techniques**. Tenth edition. Ann Arbor: Edwards Brothers Co., Inc. 435 p.

Pimentel, D., A. Marklein, M.A. Toth, M.N. Karpoff, G.S. Paul, R. McCormack, J. Kyriazis and T. Krueger. 2009. Food versus biofuels: environmental and economic costs. [Online]. https://doi.org/10.1007/s10745-009-9215-8 (1 October 2019).

Price, P.W. 1975. **Insect Ecology**. New York: John Wiley & Sons. 514 p.

Pimentel, D. 2005. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. **Environment Development and Sustainability** 7(2): 229-252.

Van Lenteren, J.C. 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl** 57: 1–20. DOI 10.1007/s10526-011-9395-1. . (10 October 2019).

การพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อการผลิตพืชอินทรีย์

Development of Monitoring and Evaluation System for Production Management, Marketing and Services of the Insect Natural Enemies Product for Organic Agriculture

สุรเดช ไชยมงคล* และสมชาย อารยพิทยา

Suradet Chaimongkol* and Somchai Arayapitaya

กองเทคโนโลยีดิจิทัล สำนักงานมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Digital Technology Division, Office of University, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: surdet@gmail.com

Abstract

Development of monitoring and evaluation system for production management, marketing and services of the insect natural enemies product for organic agriculture. The objective was to develop a monitoring and evaluation system in production, marketing and service management of the insect natural enemies products to find out the major obstacles that arise and guidelines for solving problems and to create tools for executives or interested people used to decide to invest in insect natural enemies for organic plant production. The first phase will develop a monitoring and evaluation system for the production management of insect natural enemies.

The population used in the research was production management information. There were 3 types of insect natural enemies, including stink bugs, assassin bugs and trichogramma sp. from the modular pilot plant for mass rearing of insect natural enemies at the Biological Control Technology Learning Center Maejo University. The research tool was a set of instructions developed and used the method of system development life cycle and satisfaction questionnaire for system usage. Data were analyzed using mean and standard deviation.

The satisfaction questionnaires were applied to validate the systems. The results from 10 system users was shown that the satisfaction of the users was a high level ($\bar{x}$=3.90, SD=0.57). In conclusion, the developed system can be to work efficiently at a high level and can be applied into the operation.

Keywords: pilot scale, insect natural enemies, development of monitoring and evaluation system production management

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาดและการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผลการบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อหาปัญหาอุปสรรคสำคัญที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขปัญหา และเพื่อสร้างเครื่องมือสำหรับผู้บริหารหรือผู้ที่สนใจใช้ในการตัดสินใจลงทุนในผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ โดยระยะที่ 1 จะพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผลการบริหารจัดการด้านการผลิต ผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ

โดยประชากรที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ข้อมูลการบริหารจัดการด้านการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ มวนพิฆาต มวนเพชฌฆาต และแตนเบียนไข่ไตรโคแกรมม่า จากโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นใช้ระเบียบวิธีพัฒนาระบบแบบวงจรการพัฒนา (System Development Life Cycle) และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ได้ทำการประเมินความพึงพอใจของระบบจากผู้ใช้บริการด้วยวิธีการทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่าผู้ใช้บริการสารสนเทศนี้รวมทั้งสิ้น 10 คน มีระดับความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีคะแนนค่าเฉลี่ย 3.90 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 แสดงว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับมากและสามารถนำไปใช้งานจริงได้ต่อไป

คำสำคัญ: โรงงานต้นแบบ แมลงศัตรูธรรมชาติ ระบบติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต

คำนำ

การกำจัดแมลงศัตรูพืชนอกจากการใช้สารเคมีซึ่งมีอันตรายต่อทั้งเกษตรกรและผู้บริโภค อีกทั้งสารพิษที่ตกค้างก็เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมด้วยเช่นกัน ทำให้มีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี (Biological control of insect pests) เป็นเทคโนโลยีที่มีความปลอดภัยสำหรับเกษตรกรและผู้บริโภค เพราะใช้ศัตรูธรรมชาติของศัตรูพืชมาควบคุมประชากรของศัตรูพืช ได้แก่ แมลงตัวห้ำ ตัวเบียน และเชื้อโรค ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถทดแทนการใช้สารเคมีได้ แต่การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธียังจำกัดอยู่ในวงแคบไม่แพร่หลายเท่าที่ควร เพราะความยุ่งยากและซับซ้อนในการผลิตสำหรับเกษตรรายย่อย ทำให้ทางคณะผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการขับเคลื่อนโดยใช้ภาคเอกชนโดยการพัฒนาโรงงานต้นแบบสำหรับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ เพื่อเป็นแบบอย่างให้ภาคเอกชนที่สนใจผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติออกจำหน่ายเพื่อขยายฐานเกษตรกรผู้ใช้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

จากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ 38 ชนิด ซึ่งอาศัยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงซึ่งมีความแตกต่างกันไปในอเมริกาเหนือ พบว่ามีมูลค่าการขายต่อปีถึง 25-30 ล้านดอลลาร์สหรัฐ นอกจากนี้ยังมีผลการประเมินในปี ค.ศ. 1995 ที่สรุปได้ว่าในภาพรวมของตลาดผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชในส่วนของศัตรู

ธรรมชาติมีสัดส่วนอยู่ระหว่าง 16 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ของตลาดผลิตภัณฑ์สำหรับควบคุมศัตรูพืชโดยไม่ใช้สารเคมี และมีแนวโน้มเพิ่มสัดส่วนขึ้นตามเวลา อีกทั้งสามารถประเมินมูลค่าทางการตลาดทั่วโลกโดยประมาณ 180-240 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Warner and Getz, 2008) โดยในเรื่องนี้ Van Lenteren (2012) รายงานว่าการควบคุมโดยชีววิธีในเชิงพานิชย์มีมูลค่าทางการตลาดเพิ่มขึ้นโดยประมาณปีละ 15-20 เปอร์เซ็นต์ในทุกปี

จากแนวโน้มการใช้ผลิตภัณฑ์สำหรับควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีที่เพิ่มขึ้นและมูลค่าทางการตลาดที่เพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้ภาคเอกชนหรือผู้ที่สนใจผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติออกจำหน่ายมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อให้ผู้บริหารของภาคเอกชนหรือผู้ที่สนใจมีข้อมูลในการตัดสินใจลงทุนในธุรกิจดังกล่าว ทางคณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล ในด้านการบริหารจัดการด้านการผลิตผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลถึงปัญหาอุปสรรคสำคัญที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยคาดว่าผลที่ได้จากการวิจัยจะมีส่วนช่วยให้การบริหารจัดการด้านการผลิตผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น และเป็นเครื่องมือสำหรับผู้บริหารหรือผู้ที่สนใจใช้ในการตัดสินใจลงทุนในธุรกิจดังกล่าวต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยประยุกต์ทางวิทยาศาสตร์โดยพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสร้างฐานข้อมูล ทำการทดสอบการใช้งานกับกลุ่มประชากรที่เกี่ยวข้อง แล้วประเมินผลระบบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยใช้สถานที่ ณ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พิกัดเส้นรุ้ง (Latitude) 18.9264 เส้นแวง (Longitude) 99.0532 มีพื้นที่รวมโดยประมาณ 6 ไร่ ซึ่งได้พัฒนาโรงเพาะเลี้ยงแมลงสำหรับกิจกรรมการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ รวม 14 โรง ในการศึกษานี้ได้กำหนดชนิดแมลงศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ มวนพิฆาต (Predatory stink bug) สำหรับกิจกรรมการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ

ขั้นตอนและวิธีการในการวิจัย

ดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบระบบงานตามขั้นตอนวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle หรือ SDLC) ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลและความต้องการ 1) ดำเนินการสอบถามความต้องการของระบบจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในการบริหารจัดการด้านการผลิตผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ โดยเก็บข้อมูลด้านผลกระทบของระบบการผลิตที่จำลองขึ้นต่อค่าตัวชี้วัดเชิงคุณภาพและปริมาณในบริบทของ อัตราส่วนเพศ (Sex ratio) ผลการวิเคราะห์ตารางชีวิต (Life table analysis) และอัตราการเพิ่มภายในสุทธิ (Intrinsic rate of increase) ความสมบูรณ์พันธุ์ หรือจำนวนไข่หรือลูกที่ออกมาต่อตัวเมียหนึ่งตัว (Fecundity) ศักยภาพในการศึกษาอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ อัตราการอยู่รอด (Survival rate) ความยืนยาวของอายุ (Longevity) อัตราการฟักออกจากไข่ (Emergence rate) 2) ทำการสำรวจและจัดเก็บรายละเอียดข้อมูลและรูปภาพแมลงศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพืช เช่น แมลงตัวห้ำ แมลงตัวเบียน และเชื้อจุลินทรีย์ จากเอกสารและเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง 3) ทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวชี้วัดและค่าเป้าหมายการผลิตในด้านต่างๆ เช่น ข้อมูลตัวชี้วัดในด้านงานธุรการ/ทรัพยากรบุคคล ด้านวัตถุดิบ ด้านการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยง/มวนตัวห้ำ/ด้วงเต่าตัวห้ำ/แตน

เบียนไข่ไตรโคแกรมมา ด้านการสต๊อกสินค้า/มวนตัวห้ำ/ด้วงเต่าตัวห้ำ/แมลงช้างปีกใส/แตนเบียนไข่ไตรโคแกรมมา ด้านการควบคุมคุณภาพมวนตัวห้ำ และด้านปริมาณกำลังการผลิต/โรง เป็นต้น

2. วางแผนออกแบบและวิเคราะห์ระบบโดยการจัดทำแผนผังบริบท (Context diagram) สำหรับแสดงถึงภาพรวมของระบบและความสัมพันธ์ของระบบกับสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง และแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram หรือ DFD) สำหรับแสดงถึงกระบวนการทำงานต่างๆ ในระบบ ว่ามีผู้ใช้เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานใดบ้าง และแสดงการไหลของข้อมูลในกระบวนการ รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลลงในแฟ้มข้อมูล

3. พัฒนาระบบบนเว็บไซต์ โดยใช้ภาษา PHP ใช้โปรแกรมอาปาเช่ 2.2 (Apache 2.2) ทำหน้าที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ทำงานบนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) และระบบฐานข้อมูลใช้มายเอสคิวแอล (MySQL)

4. ทดสอบการทำงานของระบบ 1) โดยนำข้อมูลชุดทดสอบเข้าสู่ระบบและตรวจสอบความถูกต้อง 2) ทดสอบการใช้งานโดยเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

5. ทำการแก้ไขปรับปรุงระบบหลังทดสอบการใช้งานและพิจารณาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ใช้

6. ทำการประเมินผลการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับระบบแมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ จำนวน 5 คน และ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบงานคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 คน

ขอบเขตของโครงการวิจัย มีดังนี้

1. โครงการวิจัยนี้ได้กำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานรวม 3 ปีวิจัย โดยปีวิจัยแรก พัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต ผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ

2. พัฒนาระบบโดยใช้หลักการออกแบบเว็บไซต์เป็นแบบปรับอัตโนมัติ (Responsive web design)

3. พัฒนาส่วนการจัดการข้อมูลสมาชิกและตรวจสอบสิทธิ์เก็บข้อมูลสมาชิกผู้ใช้ระบบและผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับระบบ ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้ทั่วไป

4. พัฒนาส่วนการจัดการข้อมูลการติดตาม เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องของแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยนำเข้า ข้อมูลการดำเนินงาน ข้อมูลผลการดำเนินงาน

5. พัฒนาส่วนการประเมินผลแบ่งตามช่วงเวลาของการประเมินดังนี้ การประเมินปัจจัยนำเข้า (Input evaluation) การประเมินกระบวนการ (Process evaluation) การประเมินผลผลิต (Output/Product evaluation) การประเมินผลกระทบ (Outcome/Impact evaluation)

ผลการวิจัย

พัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิตผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้และติดตั้งระบบในเว็บไซต์ของศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้โดเมนเนม https://mju-bctlc.mju.ac.th/

ผลการพัฒนาระบบ

1) จัดทำแผนผังบริบท (Context diagram) ที่แสดงถึงภาพรวมของระบบและความสัมพันธ์ของระบบกับสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Figure 1) และจัดทำแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram หรือ DFD) ใช้แสดงถึงกระบวนการทำงานต่างๆ ในระบบว่ามีผู้ใช้เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานใดบ้าง และแสดงการไหลของข้อมูลในกระบวนการ รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลลงในแฟ้มข้อมูล (Figure 2)

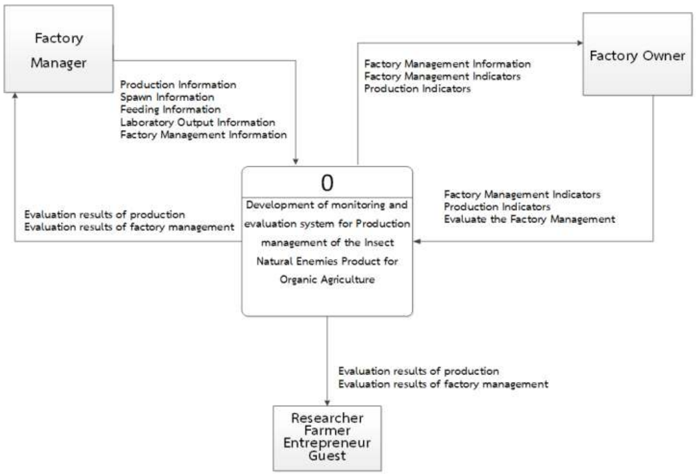


Figure 1 Context Diagram

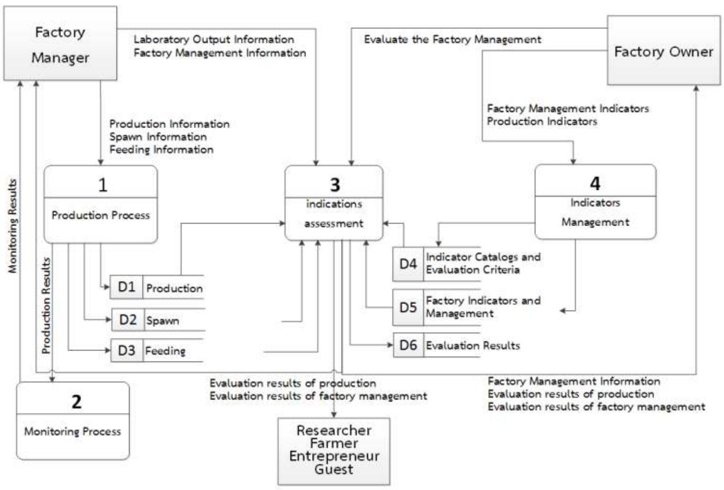


Figure 2 Data Flow Diagram

2) การพัฒนาระบบตามที่ได้วิเคราะห์และออกแบบ ดังนี้

การแสดงหน้าจอแสดงผลหลัก แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ A) ส่วนแสดงเมนูหลักของระบบ B) ส่วนแสดงเนื้อหา C) ส่วนกำหนดปีปฏิทินดำเนินการ (Figure 3)

Figure 3 Main display screen

การแสดงการบันทึกผลการให้อาหารแมลง แบ่งตามชุดการเลี้ยงแมลงและกล่อง ข้อมูลการบันทึก ได้แก่ วันที่ปฏิบัติงาน จำนวนอาหารเหลือตัว จำนวนอาหารเหลือกรัม จำนวนการให้อาหารตัวและน้ำหนักกรัม (Figure 4A) และการแสดงการบันทึกจำนวนการตายของแมลง โดยแสดงสถิติจำนวนมวนตาย จำนวนหนอนนกตาย อุณหภูมิและความชื้น ข้อมูลการบันทึก ได้แก่ วันที่ปฏิบัติงาน จำนวนมวนตาย จำนวนมวนเหลือ ระยะวงจรชีวิต จำนวนหนอนนกตาย จำนวนหนอนนกเหลือ อุณหภูมิและความชื้น (Figure 4B)

การแสดงการตั้งค่าหัวข้อการประเมิน ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผล ประกอบด้วย 1) การสร้างหัวข้อการประเมินผล (Figure 5A) และ 2) การกำหนดตัวชี้วัด ค่าเป้าหมายและเกณฑ์การประเมินผล (Figure 5B) สำหรับใช้ในการประเมินการบริหารจัดการและการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ

การแสดงการกำหนดหัวข้อการประเมินให้กับการประเมินด้านการบริหารจัดการ ประกอบด้วย 1) หัวข้อที่ถูกเลือกสำหรับการประเมิน (Figure 5C) 2) หัวข้อประเมินที่สามารถเลือกได้ (Figure 5D) และ 3) กำหนดค่าเป้าหมายให้กับตัวชี้วัด (Figure 5E)

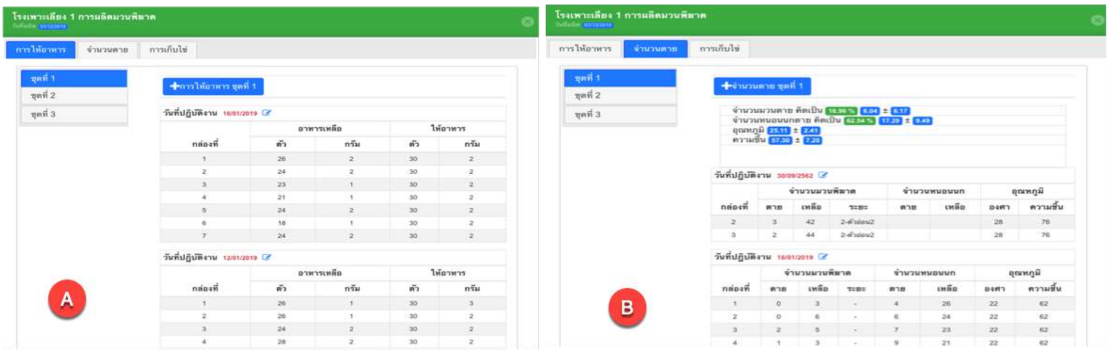


Figure 4 (A) insect feeding input screen and (B) insect death input screen

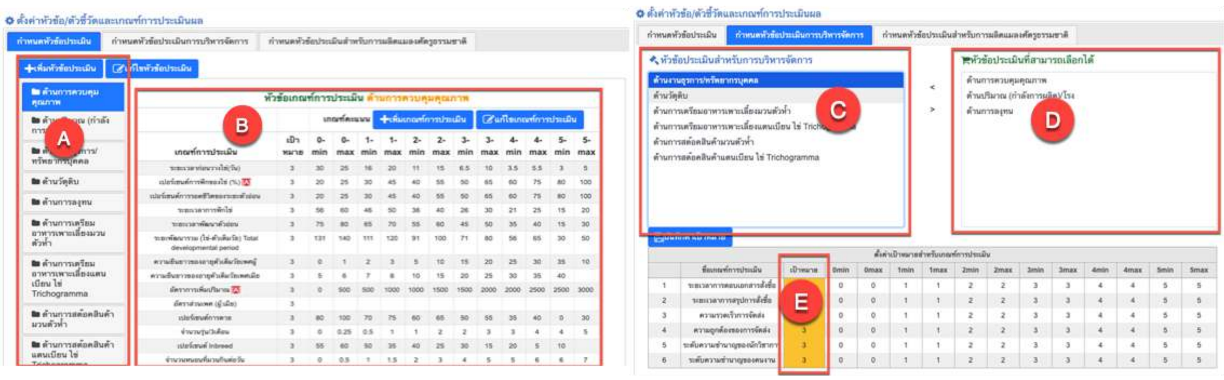


Figure 5 (A) creating an evaluation topic, (B) defining indicators target values and evaluation Criteria, (C) the topic selected for the evaluate, (D) evaluation topics that can be selected and (E) assign target values to indicators

การประเมินผลการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติของโรงเพาะเลี้ยงแต่ละโรง ประกอบด้วย 1) ตัวชี้วัดที่มีตัวอักษร A สีแดง หมายถึงตัวชี้วัดที่ประเมินผลโดยตรงจากระบบ (Figure 6A) จากการคำนวณค่าที่ได้บันทึกไว้ในกระบวนการการผลิต 2) ตัวชี้วัดที่ประเมินผลจากผู้ประเมิน (Figure 6B) 3) สถานะการแสดงผลการผ่านการประเมิน (Figure 6C) 4) สถานะแสดงผลการไม่ผ่านการประเมิน (Figure 6D) 5) คลิกเพื่อแสดงรายละเอียดการประเมินผล (Figure 6E) และแสดงรายละเอียดการประเมินผลสำหรับโรงเพาะเลี้ยง (Figure 6F)

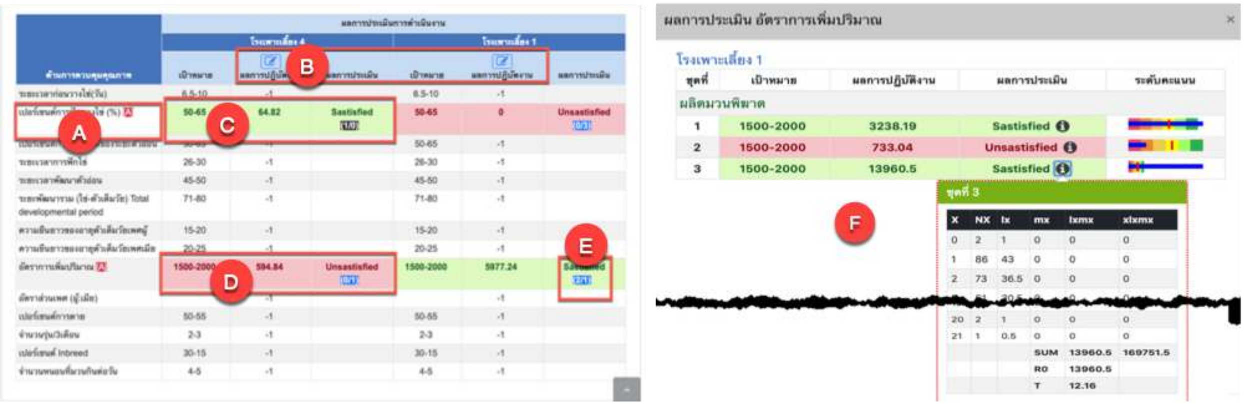


Figure 6 (A) indicators that are directly evaluated by the system, (B) indicators evaluated by the evaluator, (C) display status passing the evaluate, (D) display status failure the evaluate (E) click to show evaluation details and (F) shows the evaluation details

3) การประเมินผลความพึงพอใจในการใช้บริการเว็บไซต์

Table 1 แสดงจำนวนผู้ประเมินที่เป็นประชากรในการตอบแบบสอบถามพบว่า มีคุณวุฒิระดับปริญญาโท จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 50.0 คุณวุฒิระดับปริญญาตรี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 40.0 และมีคุณวุฒิระดับปริญญาเอก จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 10.0 ตามลำดับ

Table 1 Number and percentage of evaluator classified by qualifications

Qualifications	Frequency	Percent
Ph.D	1	10.0
Master	5	50.0
Bachelor	4	40.0
Total	**10**	**100.0**

จาก Table 2 แสดงทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์ระบบการติดตามและประเมินผล ด้านการประเมินความเหมาะสมในหน้าที่การทำงานของโปรแกรม (System requirement test) ในประเด็นของความสามารถของระบบในการประเมินผล มีค่าเฉลี่ย คือ 4.50 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก รองลงมาในประเด็นของความสามารถในการจัดเก็บและแก้ไขข้อมูล มีค่าเฉลี่ย คือ 4.10 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี และในประเด็นของความสามารถในการจัดการ กำหนดหัวข้อการประเมิน ตัวชี้วัด และเกณฑ์การประเมินผล พบว่ามีค่าเฉลี่ย คือ 4.00 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี

Table 2 System requirement test

No.	Item	Satisfied level					$\bar{x}$	S.D.	Satisfied level
		5	4	3	2	1			
1	The ability to evaluation	1 10%	7 70%	2 20%	0	0	4.50	0.53	Highly Satisfied
2	Management ability to define assessment topics, indicators, and evaluation criteria.	5 50%	2 20%	2 20%	1 10%	0	4.0	0.47	Satisfied
3	Ability to store and edit data	4 40%	6 60%	0	0	0	4.1	1.0	Satisfied

จาก Table 3 ผลการศึกษาพบว่า ผู้ใช้บริการมีระดับความพึงพอใจโดยรวมจากการเข้าใช้งานระบบการติดตามและประเมินผลอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.90 ซึ่งเมื่อแยกออกเป็นรายการประเมินความพึงพอใจในประเด็นต่างๆ พบว่า ผู้ประเมินมีความพึงพอใจโดยรวมจากการเข้าใช้งานระบบการติดตามและประเมินผลอยู่ในระดับดี คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.90 และประโยชน์ที่ได้รับจากการเข้าใช้บริการอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยคือ 4.00

Table 3 User satisfaction in the application

No.	Item	Satisfied level					$\bar{x}$	S.D.	Satisfied level
		5	4	3	2	1			
1	Overall satisfied	1 10%	7 70%	2 20%	0	0	3.90	0.57	Satisfied
2	Benefits by using this service	3 30%	4 40%	3 30%	0	0	4.0	0.82	Satisfied

วิจารณ์ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผลการบริหารจัดการด้านการผลิต ผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิตฯ มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการบริหารจัดการด้านการผลิตฯ ให้มากขึ้น และเป็นเครื่องมือสำหรับผู้บริหารหรือผู้ที่สนใจใช้ในการตัดสินใจลงทุนในธุรกิจดังกล่าวต่อไป จากผลการประเมินทัศนคติของผู้ประเมิน

ที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์ระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ด้านการประเมินความเหมาะสมในหน้าที่การทำงานของโปรแกรม (System requirement test) ในประเด็นของความสามารถของระบบในการประเมินผล มีค่าเท่ากับ 4.50 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก รองลงมาคือ ในประเด็นของความสามารถในการจัดเก็บและแก้ไขข้อมูลการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในโรงเพาะเลี้ยง เท่ากับ 4.10 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี และในประเด็นของความสามารถในการจัดการ กำหนดหัวข้อการประเมิน ตัวชี้วัด และเกณฑ์การประเมินผล เท่ากับ 4.00 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี สอดคล้องกับการศึกษาของ Srisamut (2017) พบว่าค่าประสิทธิภาพของระบบที่ได้รับการประเมินจากผู้ใช้ระบบจำนวน 5 คน อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 จากผลการประเมินดังกล่าวจึงอาจสรุปได้ว่า ระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามผลการตรวจสอบภายในเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการติดตามผลการตรวจสอบของงานตรวจสอบภายใน และจะช่วยให้งานตรวจสอบภายในสามารถดำเนินการติดตามผลการตรวจสอบได้อย่างครบถ้วนในทุกหน่วยรับตรวจ

ผลการประเมินค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ประเมินที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์ จากการเข้าใช้งานระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ในภาพรวมเท่ากับ 3.90 ซึ่งเป็นความพึงพอใจในระดับดี ซึ่งเมื่อแยกออกเป็นรายการประเมินความพึงพอใจในประเด็นต่างๆ พบว่าผู้ประเมินมีความพึงพอใจโดยรวมจากการเข้าใช้งานระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ในระดับดี คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 และประโยชน์ที่ได้รับจากการเข้าใช้บริการในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 สอดคล้องกับการศึกษาของ Lamdee (2020) ที่พบว่าระบบติดตามความก้าวหน้างานวิจัยสามารถใช้งานได้จริงโดยมีผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.72

สรุปผลการวิจัย

ระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิตเชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการบริหารจัดการด้านการผลิตเชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติให้มากขึ้นได้ และสามารถเป็นเครื่องมือสำหรับผู้บริหารหรือผู้ที่สนใจใช้ในการตัดสินใจลงทุนในธุรกิจดังกล่าว ได้ ซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินการของระบบที่พัฒนาขึ้นได้ ดังนี้

1. สามารถบันทึก/เพิ่ม/ลบ/แก้ไข ข้อมูลการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ ข้อมูลเกี่ยว กับการให้อาหารแมลงศัตรูธรรมชาติ จำนวนตาย/เหลือของแมลงฯ และจำนวนออกไข่ของแมลง

2. สามารถประเมินผลตัวชี้วัดได้โดยตรงจากระบบ จากการคำนวณค่าที่ได้บันทึกไว้ในกระบวนการการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติได้อย่างรวดเร็ว

3. สามารถประเมินผลตัวชี้วัดได้จากผู้ประเมิน

4. สามารถแสดงตารางการคำนวณผลลัพธ์การประเมินได้

5. สามารถเลือกประเมินโรงเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติที่ต้องการได้

6. หัวข้อการประเมินสามารถมีเป้าหมายหรือเกณฑ์การประเมินที่แตกต่างกันในแต่ละโรงเพาะเลี้ยงได้

7. โปรแกรมสามารถสร้างโรงเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติได้ไม่จำกัด

8. โรงเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในแต่ละโรงฯ สามารถสร้างแผนการผลิตเพื่อใช้บันทึกผลการผลิตได้ไม่จำกัด และในแต่ละแผนการผลิตสามารถมีจำนวนชุดและจำนวนกล่องตามต้องการได้ไม่จำกัด

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ (Development of monitoring and evaluation system for production management, marketing and services of the insect natural enemies product for organic agriculture) ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ผู้วิจัยขอขอบคุณกองเทคโนโลยีดิจิทัล ที่อนุเคราะห์พื้นที่ในการทดลอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศมาพร แสงยศ และครอบครัว ที่ช่วยสนับสนุนให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงานให้การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย

เอกสารอ้างอิง

Anonymous. n.d. **Tracking and Processing**. [Online]. Available http://www.hed.go.th/menuHome/file/93 (21 August 2017). [in Thai]

Lamdee, N. 2020. Research progress tracking system development. **Journal of Humanities and Social Sciences Thonburi University** 2(1): 33-43. [in Thai]

Srisamut, W. 2017. Information system Development for monitoring internal audit. **Mahidol R2R e-Journal** 4(1): 124-132. [in Thai]

Van Lenteren, J.C. 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl** 57: 1-20.

Warner, K.D. and C. Cetz. 2008. A socio–economic analysis of the North American commercial natural enemies industry and implications for augmentative biological control. **Biological Control** 45: 1-10.

ปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Factor Affecting Benefit Gaining of Farmers Producing Vegetables under Organic Agriculture System, Agriculture and Forestry Division Luangprabang Province, Lao P.D.R.

จันทวงค์ ลอจำเยอ พุฒิสรรค์ เครือคำ* พหล ศักดิ์คะทัศน์ และกอบลาภ อารีศรีสม

Chanthavong Lochamyeu, Phutthisun Kruekum*, Phahol Sakkatat and Koblap Areesrisom

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Major of Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production

Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: lochamyeu@gmail.com

Abstract

This study aimed to investigate benefit gaining and factors effecting the benefit gaining of farmers producing vegetables under organic agriculture system of Agriculture and Forestry Division, Luangprabang province, Lao P.D.R. A set of questionnaires was used for data collection administered with a sample group of 246 farmers. Obtained data were analyzed by using descriptive statistics and multiple regression. Findings showed that, as a whole, the respondents gained a high level of benefit from vegetable producing under organic agriculture system ($\bar{x}$=3.55) The following had a positive effect or benefit gaining of respondents with a statistics significance level at 0.05: educational attainment, frequency of information about organic agriculture and frequency of training/educational trip about organic agriculture. However, age was found to have a negative correlation to the benefit gaining of farmers producing vegetables under organic agriculture system of Agriculture and Forestry Division, Luangprabang province

Keywords: influence, factors benefit gaining, organic agriculture system

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ และปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป. ลาว) จากตัวอย่างเกษตรกรจำนวน 246 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา และการวิเคราะห์พหุถดถอย ผลการศึกษาพบว่า การได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.55 คะแนน) ปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ปลูกผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีจำนวนทั้งหมด 4 ปัจจัย โดยเป็นปัจจัยที่มีผลเชิงบวกจำนวน 3 ตัวแปร ได้แก่ ระดับการศึกษาสูงสุด จำนวนครั้งในการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตผักในระบบเกษตรอินทรีย์ และจำนวนครั้งการเข้าร่วมอบรมและการดูงานด้านการผลิตพืชผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ ในขณะที่มี 1 ปัจจัย ได้แก่ อายุ ที่มีผลต่อความสัมพันธ์ในเชิงลบต่อการได้รับประโยชน์ของเกษตรกรผู้ปลูกผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง

คำสำคัญ: ปัจจัยที่มีผล การได้รับประโยชน์ของเกษตรกร การปลูกผักในระบบเกษตรอินทรีย์

คำนำ

แขวงหลวงพระบางเป็นเมืองศูนย์กลางการคมนาคมขนส่งและเป็นเมืองท่องเที่ยวที่สำคัญอยู่ทางภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป. ลาว) ซึ่งเป็นแขวงที่มีความสำคัญทางยุทธศาสตร์เนื่องจากเป็นเมืองหน้าด่านในการคมนาคมขนส่งสินค้าไปยังแขวงต่าง ๆ ในภาคเหนือของ สปป.ลาว ซึ่งประกอบด้วย 6 แขวง คือ หลวงพระบาง อุดมไชย ไชยะบุรี พงสาลี หัวพัน บ่อแก้ว จะต้องผ่านเมืองหลวงพระบางแทบทั้งสิ้น ดังนั้นการผลิตเกษตรอินทรีย์ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการดำรงชีพของคนในสังคม และเป็นการสร้างหลักประกันด้านความมั่นคงทางอาหารปลอดภัยของแขวงหลวงพระบาง โดยการส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตผักที่มีการใช้สารเคมีปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตมาเป็นการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ รวมถึงการผลักดันนโยบายไปสู่การปฏิบัติอย่างแท้จริงและมีประสิทธิภาพ โดยการส่งเสริมให้ทุกภาคส่วนเข้ามามีส่วนร่วมและสนับสนุนนโยบายให้เกิดประสิทธิผลอย่างแท้จริง และสร้างความตระหนักรู้ถึงผลกระทบในการใช้สารเคมีทางการเกษตร โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องมีการเผยแพร่ความรู้ในการใช้สารเคมีทางการเกษตรให้ถูกต้องและเหมาะสมกับการผลิตของกลุ่มเกษตรกร รวมถึงการส่งเสริมการเรียนรู้และรณรงค์ให้เกษตรกรปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติเกษตรอินทรีย์ให้สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล ที่เน้นด้านการผลิตพืชผักอินทรีย์เพื่อสร้างหลักประกันความมั่นคงทางอาหารปลอดภัยของประเทศ โดยให้ผู้บริโภคได้บริโภคอาหารที่ปลอดภัย เนื่องจากแขวงหลวงพระบางเป็นเมืองมรดกโลกที่มีนักท่องเที่ยวทั้งภายในและนอกประเทศเข้ามาท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก ดังนั้นแผนกกสิกรรมและป่าไม้ของแขวงหลวงพระบาง จึงมีโครงการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตผักอินทรีย์ตามแผนพัฒนาความปลอดภัยทางด้านอาหาร โดยการผลิตผักอินทรีย์มีความสำคัญต่อการอนุรักษ์และ

ปรับปรุงสภาพแวดล้อมที่มีความเสื่อมโทรมให้มีความอุดมสมบูรณ์ และช่วยลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มรายได้แก่เกษตรกร ดังนั้นเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ที่ยากจนประสบปัญหาหนี้สินก็สามารถลดหนี้และปลดหนี้ได้ เนื่องจากผลผลิตผักอินทรีย์สามารถขายได้ราคาสูงกว่าผลผลิตที่ได้จากการผลิตที่ใช้สารเคมี สิ่งสำคัญคือผลผลิตมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ทำให้อัตราการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตของประชากรในประเทศลดลง และประชาชนมีสุขภาพพลานามัยแข็งแรง ช่วยให้รัฐลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลลงได้ และยังช่วยให้แขวงหลวงพระบางลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชลงได้ ช่วยลดปัญหาการนำเข้าสินค้าเกษตรอินทรีย์จากแขวงอื่น ๆ ที่นำเข้ามาใช้ในร้านอาหาร โรงแรมต่าง ๆ และช่วยลดภาระของรัฐในการดำเนินการควบคุมและตรวจวิเคราะห์สารพิษที่ตกค้างในผลผลิตการเกษตรลงได้

ดังนั้นในแผนพัฒนาของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ของแขวงหลวงพระบาง ได้กล่าวถึงความสำคัญของเกษตรกรในหลวงพระบางที่ได้ทำการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003 เป็นต้นมา โดยมี 3 เมืองที่เข้าร่วมโครงการ ได้แก่ เมืองหลวงพระบาง เมืองเชียงเงิน และเมืองโพนไชย หลังจากที่ได้ริเริ่มโครงการใน 3 เมืองดังกล่าวแล้วจึงได้มีการขยายโครงการไปสู่เมืองต่าง ๆ เช่น เมืองพูคูน เมืองปากอู และเมืองปากแซง จะเห็นได้ว่ากลุ่มเกษตรกรที่ผลิตผักอินทรีย์มีแนวโน้มในการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจและตระหนักถึงอันตรายจากสารพิษตกค้างในผลผลิตที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเจ็บป่วยจากการบริโภคผลผลิตที่มีสารพิษตกค้าง และสิ่งที่สำคัญคือเกษตรกรได้รับผลประโยชน์หรือผลตอบแทนจากการทำเกษตรอินทรีย์ที่ทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้น และสามารถลดหรือปลดหนี้ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) ว่าปัจจัยไหนที่มีผลทำให้เกษตรกรเข้าร่วมโครงการและผลิตผักอินทรีย์ดังกล่าวได้รับประโยชน์ และจะนำผลการศึกษาวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการผลิตการปลูกผักอินทรีย์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและขยายโครงการไปสู่เมืองอื่น ๆ ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) โดยมีมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีการดำเนินการศึกษาวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้ปลูกพืชผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) ซึ่งได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (Tow-stages sampling) (Suwatthi, 1998) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้ปลูกพืชผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง จาก 5 เมือง คือ เมืองเชียงเงิน เมืองนครหลวงพระบาง เมืองจอมเพ็ด เมือง

ปากอู และเมืองสาลาภูคูน ซึ่งมีประชากรทั้งหมด 639 ครัวเรือน ได้แก่ เมืองนครหลวงพระบาง 114 ครัวเรือน เมืองเชียงเงิน 123 ครัวเรือน เมืองปากอู 135 ครัวเรือน เมืองจอมเพ็ด 128 ครัวเรือน เมืองสาลาภูคูน 139 ครัวเรือน และได้ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของเกษตรกรผู้ปลูกผักภายใต้ระบบอินทรีย์ครัวเรือนละ 1 คน โดยใช้วิธีคำนวณจากสูตร Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยกำหนดให้มีความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้ตัวอย่างเกษตรกร จำนวน 246 คน

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสุ่มเกษตรกรตัวอย่างในแต่ละหมู่บ้าน โดยได้ทำการเทียบสัดส่วนของจำนวนเกษตรกรตัวอย่างทั้งหมดแต่ละหมู่บ้านกับขนาดตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณ เพื่อหาขนาดกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรแต่ละหมู่บ้าน เมื่อได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรแต่ละหมู่บ้านแล้วจึงทำการสุ่มเกษตรกรตัวอย่าง โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการใช้ตารางเลขสุ่มตามรายชื่อเกษตรกรแต่ละหมู่บ้าน

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการศึกษา ดังนี้ 1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) เป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถาม ซึ่งมีลักษณะคำถามแบบปลายปิด (Close-ended questions) และคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended questions) จากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรจำนวน 246 คน 2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) เป็นการรวบรวมข้อมูลโดยการศึกษาค้นคว้าจากตำรา หนังสือ บทความวิชาการ วารสาร สิ่งตีพิมพ์รายงานประจำปีของห้องการกสิกรรมและป่าไม้เมือง ของแต่ละเมืองที่ได้สุ่มตัวอย่างมา รวมถึงข้อมูลที่ค้นคว้าผ่านระบบออนไลน์ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบสอบถาม และจัดลำดับข้อมูล เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เพื่อทำการแจกแจงข้อมูลที่ได้ในแต่ละส่วนของลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ที่มีผลต่อการได้รับประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ในแขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) มีรายละเอียดดังนี้

1) วิเคราะห์หาระดับการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กำหนดการให้คะแนนแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 3=ได้รับผลประโยชน์มาก 2=การได้รับผลประโยชน์ปานกลาง 1=ได้รับผลประโยชน์น้อย

2) การวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง โดยการใช้สถิติอนุมาน คือ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป กับตัวแปรตาม 1 ตัว ว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีระดับมากน้อยเพียงใด โดยการวิเคราะห์ในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวแปรอิสระจากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมด 17 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส สมาชิกในครัวเรือน แรงงาน พื้นที่ถือครองในครัวเรือน จำนวนพื้นที่ทำการเกษตร รายได้จากภาคการเกษตร รายได้นอกภาคเกษตร การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตร การติดต่อกับเจ้าหน้าส่งเสริม การเข้าร่วมกิจกรรมการผลิตพืชผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ การเข้าร่วมอบรมและดูงานด้านการผลิตพืชผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ ประสบการณ์การปลูกผักภายใต้ระบบเกษตร

อินทรีย์ การเข้าร่วมกิจกรรมและประเพณีของหมู่บ้านหรือชุมชน การเข้าร่วมกิจกรรมเกี่ยวกับการเกษตรหรือการพัฒนาชุมชนอาชีพต่าง ๆ ซึ่งการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละคู่ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของ เพียร์สัน (Pearson correlation) (Saipatthana and Piyapimonsit, 2004) พบว่าไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดที่มีผลต่อค่า (r) สูงกว่า 0.80 ที่จะทำให้เกิดปัญหาระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเองสูง (Multicollinearity) และส่งผลให้เกิดการละเมิดเงื่อนไขของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Prasitratsin, 2003)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 64.2 อายุเฉลี่ย 47.8 ปี อยู่ในสถานภาพสมรส ร้อยละ 93.1 สำเร็จการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 35 มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5 คน แรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2 คน ร้อยละ 75.6 มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 2 ไร่ มีรายได้ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 60,383 บาทต่อปี มีรายได้นอกภาคการเกษตร 42,685 บาทต่อปี มีรายจ่ายในครัวเรือนเฉลี่ย 97,777 บาทต่อปี เกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เฉลี่ย 21.76 ครั้งต่อปี เกษตรกรตัวอย่างได้ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เฉลี่ย 0.68 ครั้งต่อปี เกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่เข้าร่วมกิจกรรมการผลิตพืชผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เฉลี่ย 10.72 ครั้งต่อปี เกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่ได้เข้าร่วมอบรมและดูงานด้านการผลิตพืชผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เฉลี่ย 2.05 ครั้งต่อปี เกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่มีประสบการณ์การปลูกผักภายระบบเกษตรอินทรีย์เฉลี่ย 12.45 ปี เกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่เข้าร่วมประเพณีของชุมชนเฉลี่ย 4.28 ครั้งต่อปี และเกษตรกรส่วนใหญ่เข้าร่วมกิจกรรมการเกษตรและพัฒนาชุมชนด้านต่าง ๆ เฉลี่ย 1.56 ต่อปี

การได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์

ผลการศึกษาการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) พบว่า การได้รับประโยชน์จากการปลูกผักในระบบอินทรีย์ของเกษตรกรอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 2.40) (Table1)

Table1 Number and percentage of farmers based on benefit gaining from vegetable growing under organic agriculture system of the respondents

Issues on benefit gaining under organic agriculture system of the respondents	$\bar{x}$	SD.	Description
1. Development of transportation system for convenient agricultural yield delivery	2.28	0.70	High
2. Having sources of safe food without chemicals	2.44	0.63	High
3. Water supply development for agricultural purposes	2.41	0.65	High
4. Income generating from chemical-free vegetable selling	2.48	0.67	High
5. Occurrence of eco-tourism spots in the area	2.31	0.72	High
6. Group farming of farmers in the area	2.37	0.71	High
7. Increased knowledge about organic crop growing	2.44	0.67	High
8. Reduction of toxic contamination in vegetables	2.42	0.65	High
9. Diverse purchase alternative due to increased agricultural product markets	2.41	0.66	High
10. Expansion of agricultural areas under the conservative system	2.49	0.68	High
11. Reduction of agricultural workforce unemployment	2.40	0.73	High
$\bar{x}$	**2.40**	**0.68**	**High**

Scale Limits		Descriptive Equivalents
2.34-3.00	=	High
1.34-2.33	=	Moderate
1.00-1.67	=	Low

ปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) พบว่าตัวแปรอิสระทั้ง 17 ตัวแปร สามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม คือ การได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว อยู่ร้อยละ 20.38 (R^2=20.38) และเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีผลต่อการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติพบว่ามีทั้งหมด 4 ตัวแปร โดยเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกมี 3 ตัวแปร ได้แก่ ระดับการศึกษา การได้รับข้อมูล

ข่าวสารการเกษตรการ การเข้าร่วมอบรมและดูงานด้านการผลิตพืชผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ส่วนตัวแปรที่มีผลในเชิงลบมี 1 ตัวแปร ได้แก่ อายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Table 2) สามารถอธิบายและวิจารณ์ผลการศึกษา ได้ดังนี้

1. จากผลการศึกษาพบว่า เมื่ออายุของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 1 ปี มีแนวโน้มให้เกิดการได้รับผลประโยชน์จากการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ลดลง 0.136 คะแนน เนื่องจากการทำการเกษตรตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ต้องมีองค์ความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีในการผลิตที่ไม่ใช้สารเคมี จึงทำให้เกษตรกรที่มีอายุมากซึ่งล้วนแต่มีประสบการณ์ในการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตเป็นทุนเดิม เช่น การบำรุงดินและการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีการจัดการง่ายและรวดเร็ว อันเป็นอุปสรรคในการปรับเปลี่ยนการผลิตสู่การปลูกพืชผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ประกอบกับการผลิตผักในมาตรฐานเกษตรอินทรีย์มีบางข้อกำหนดบางอย่างที่ยากต่อการปฏิบัติของเกษตรกร จึงทำให้การทำการเกษตรอินทรีย์ยังไม่ประสบความสำเร็จ หรือการได้ผลผลิตหรือรายได้จากการผลิตผักในระบบเกษตรอินทรีย์ยังไม่เป็นรูปธรรมเท่าที่ควร ซึ่งสอดคล้องกับ Lukrak *et al.* (2013) พบว่า การมีกระบวนการที่ซับซ้อนของเกษตรอินทรีย์ สร้างความลำบากให้กับเกษตรกร โดยเป็นหนึ่งในปัญหาและอุปสรรคในการปรับเปลี่ยนเพื่อการผลิตพืชผักอินทรีย์ของเกษตรกรจังหวัดราชบุรีที่ผ่านการอบรมโครงการพัฒนาระบบเกษตรอินทรีย์ และสะท้อนได้จากการศึกษาของ Kaewlaima *et al.* (2017) พบว่า อายุของเกษตรกรมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการยอมรับการทำเกษตรอินทรีย์ โดยเกษตรกรที่มีอายุมากมักจะยังคงทำการเกษตรโดยใช้รูปแบบหรือวิธีการแบบเดิม อีกทั้งยังไม่กล้ารับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมสมัยใหม่เท่าที่ควร

2. จากผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรที่มีการศึกษาตั้งแต่ระดับมัธยมขึ้นไปมีการได้รับผลประโยชน์จากการปลูกผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น 0.347 คะแนน กล่าวคือ การที่เกษตรกรที่มีระดับการศึกษามาก มีโอกาสที่จะได้รับผลประโยชน์จากการปลูกผักในระบบเกษตรอินทรีย์มากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการให้ความสำคัญในการสนับสนุนองค์ความรู้และทักษะทางด้านเกษตรอินทรีย์ในระบบการศึกษาของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เพื่อสร้างความได้เปรียบจากการมีทุนทางทรัพยากรที่ส่วนใหญ่ยังคงปนเปื้อนจากมลพิษ (Office of Agricultural Economics, 2013) ภายใต้การให้ความสำคัญการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยของกรมปลูกฝัง (Department of Agriculture, 2016) กระทรวงเกษตรและป่าไม้ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ได้ประกาศมาตรการด้านความปลอดภัยของผลผลิตทางการเกษตรสำหรับบริโภคในประเทศและส่งออก โดยมุ่งเน้นการควบคุมการผลิตใน 4 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบเกษตรอินทรีย์ ระบบปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ระบบผลิตพืชผักปลอดสารพิษ และระบบผลิตพืชผักเชิงอนุรักษ์ เพื่อนำไปสู่การเกิดความปลอดภัยและการยกระดับอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ให้เกิดความยั่งยืนในการผลิต (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2013)

3. จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อเกษตรกรได้รับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตผักในระบบอินทรีย์เพิ่มขึ้น 1 ครั้งต่อเดือน มีผลทำเกิดการได้รับผลประโยชน์จากการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น 0.061 คะแนน ซึ่งการรับรู้ข้อมูลข่าวสารด้านเกษตรอินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ ของเกษตรกรส่งผลให้เกิดการประมวลเป็นความรู้จนนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ให้ประสบความสำเร็จ และเกิดประโยชน์ตามที่เกษตรกรคาดหวังได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tangtungand and Nurittamont (2019) ที่พบว่า การรับรู้ข้อมูลข่าวสารด้านการเปิดรับข้อมูลข่าวสาร และด้านการเข้าถึงแหล่งข้อมูลข่าวสารมีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการทำเกษตรอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรอินทรีย์สนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01

4. จากผลการศึกษาพบว่าถ้าเกษตรกรเข้าร่วมอบรมหรือดูงานด้านการผลิตพืชผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น 1 ครั้งต่อปี จะทำให้ได้รับผลประโยชน์จากการปลูกผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น 0.045 คะแนน ทั้งนี้การฝึกอบรมถือเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถสนับสนุนองค์ความรู้ การฝึกทักษะ ตลอดจนการสนับสนุนปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ในระบบเกษตรอินทรีย์สู่เกษตรกรผู้ปลูกผักได้โดยตรง และเป็นวิธีการส่งเสริมการเกษตรที่เกษตรกรสามารถมีปฏิสัมพันธ์อย่างใกล้ชิด เช่น การสอบถาม และการแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกับผู้ที่ทำการส่งเสริม อาทิ นักวิชาการเกษตร หรือนักส่งเสริมการเกษตรในฐานะวิทยากรหรือผู้เชี่ยวชาญได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างนวัตกรรมสำหรับพัฒนาศักยภาพการผลิตของเกษตรกร ตำบลเขาดินเหนือ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ของ Karoowancharern (2011) ที่พบว่า หลังการฝึกอบรมเกี่ยวกับการทำเกษตรอินทรีย์ทำให้เกษตรกรมีความเข้าใจในเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยการทำการเกษตรแบบอินทรีย์สามารถลดค่าใช้จ่ายในการทำการเกษตร ทำให้เกษตรกรได้กำไรจากการทำการเกษตรแบบเกษตรอินทรีย์มากกว่าจากการทำเกษตรแบบเดิมที่เป็นอยู่

Table 2 Factors effecting benefit gaining of the respondents organic vegetables

Independences	Dependence variable		
	Benefit gaining		
	B	t	Sig.
1. Sex	0.077	1.289	0.199
2. Age	-0.136	-3.586	0.000**
3. Educational attainment	0.347	5.406	0.000**
4. Marital status	0.000	0.004	0.997
5. No. of household members	-0.065	-1.445	0.150
6. No. of workforce growing organic vegetable	0.030	0.454	0.650
7. Household land holding	-0.060	-1.249	0.213
8. Farmland holding	0.111	1.540	0.125
9. Incomes earned from the agricultural sector	-0.045	-0.899	0.370
10. Incomes earned from non-agricultural sector	-0.024	-0.480	0.632
11. Information perception about organic vegetable production	0.061	2.074	0.039*
12. Agricultural Extension worker contact	0.002	0.391	0.696
13. Activity participation in vegetable production	0.004	1.258	0.210

Table 2 (Continued)

Independences	Dependence variable		
	Benefit gaining		
	B	t	Sig.
14. Training/education trip on crop production under organic agriculture system	0.045	2.106	0.036*
15. Experience in organic vegetable growing	0.046	1.641	0.102
16. Participation in community activities/traditions	-0.006	-0.596	0.552
17. Participation in agricultural activities	-0.040	-1.822	0.070
Constant	**1.832**	**5.101**	**0.000**
R^2 = 0.238(20.38%) F = 4.192 Sig. F = 0.000**			

* Statistically significant level at 0.05; ** Statistically significant level at 0.01

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) อยู่ในระดับมากสำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับผลประโยชน์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีจำนวน 4 ตัวแปร โดยเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกจำนวน 3 ตัวแปร ได้แก่ ระดับการศึกษา การได้รับข้อมูลข่าวสาร และการเข้าร่วมในการฝึกอบรมและศึกษาดูงานด้านการเกษตร (Sig.<0.01) และ (Sig.<0.05) ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบมี 1 ตัวแปรได้แก่ อายุของเกษตรกร (Sig.<0.01)

ข้อเสนอแนะ

1) จากผลการศึกษาที่พบว่าเกษตรกรมีอายุมาก จะมีแนวโน้มให้เกิดการได้รับผลประโยชน์จากการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ลดลง ดังนั้น โรงเรียน วิทยาลัย และมหาวิทยาลัยในแขวงหลวงพระบาง ควรมีการสนับสนุนการสร้างเกษตรกรรุ่นใหม่ให้แก่นักเรียนและนักศึกษา โดยมุ่งเน้นการการปลูกฝังทำการเกษตรในระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อเป็นการวางรากฐานการพัฒนาการเกษตรที่ยั่งยืนในอนาคต ตลอดจนการพัฒนาศักยภาพเกษตรกรผู้สูงอายุให้มีความเข้าใจในมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และนำเอาภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการเกษตรมาหนุนเสริมการพัฒนาทักษะด้านเกษตรอินทรีย์ เช่น การนำเอาภูมิปัญญาการผลิตปุ๋ยคอกจากมูลสัตว์ หรือการทำปุ๋ยหมักจากเศษพืชต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นวัสดุบำรุงดินแทนการใช้ปุ๋ยเคมี หรือการใช้สารสกัดจากธรรมชาติเพื่อป้องกันและกำจัดวัชพืช เป็นต้น

2) จากผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษามาก จะมีโอกาสที่จะได้รับผลประโยชน์จากการปลูกผักในระบบเกษตรอินทรีย์มากขึ้นตามไปด้วย ด่งนั้น กระทรวงการศึกษาควรสร้างการมีส่วนร่วมกับกรมปลูกฝัง กระทรวงเกษตรและป่าไม้ แขวงหลวงพระบาง ในการพัฒนาหลักสูตร หรือการบูรณาการความรู้เกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์ และการบริโภคผลผลิตทางการเกษตรที่ปลอดภัยจากสารพิษให้แก่ผู้เรียนตั้งแต่ในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา อนุปริญญาจนถึงระดับมหาวิทยาลัย เพื่อเป็นการผลิตกำลังคนที่มีความเชี่ยวชาญในการทำเกษตรในระบบเกษตรอินทรีย์ หรือการขยายพื้นที่การทำเกษตรกรรมยั่งยืนในแขวงหลวงพระบาง

3) จากการศึกษาพบว่า เมื่อเกษตรกรได้รับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตผักในระบบเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้นจากกรมปลูกฝังมากขึ้น จะมีโอกาสที่จะได้รับผลประโยชน์จากการปลูกผักในระบบเกษตรอินทรีย์มากขึ้นตาม กระทรวงเกษตรและป่าไม้ควรมีการสร้างสื่อที่เกษตรกรเข้าถึงได้ง่ายและสะดวก โดยเฉพาะการมุ่งเน้นให้เกษตรกรเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และการปฏิบัติตามแต่ละข้อกำหนดของเกษตรอินทรีย์ ตลอดจนการผลิตสื่อที่นำเสนอเกี่ยวกับประโยชน์จากการทำการเกษตรอินทรีย์ทั้งในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมอย่างครบถ้วน และกระจายในสื่อทุกช่องทางที่เกษตรกรและประชาชนทั่วไปสามารถรับข้อมูลข่าวสารได้

4) นอกเหนือจากการการพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนแล้ว จากการศึกษาพบว่า ถ้าเกษตรกรเข้าร่วมอบรมหรือดูงานด้านการผลิตพืชผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น จะทำให้ได้รับผลประโยชน์จากการปลูกผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น หน่วยงานด้านการศึกษา โดยเฉพาะระดับมหาวิทยาลัย และกรมปลูกฝัง กระทรวงเกษตรและป่าไม้ ควรมีการจัดทำโครงการหรือหลักสูตรฝึกอบรมเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์โดยมุ่งตรงในการพัฒนาเกษตรกรทุกช่วงวัย เช่น การสร้างขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการทำการเกษตรอินทรีย์ในกลุ่มเกษตรกรรุ่นใหม่ การสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนการทำการเกษตรแบบเดิมสู่การทำการเกษตรในระบบเกษตรอินทรีย์แก่เกษตรกรวัยกลางคนหรือสูงอายุ โดยเฉพาะการสร้างตลาด และการยกระดับราคาสินค้าเกษตรอินทรีย์ให้สูงขึ้น เป็นต้น ภายใต้การสนับสนุนปัจจัยการผลิต เงินทุน หรือสินเชื่อดอกเบี้ยต่ำให้แก่เกษตรกรที่สนใจทำเกษตรอินทรีย์

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือจากเกษตรกร ผู้นำชุมชน และเจ้าหน้าที่แผนกกสิกรรมและป่าไม้แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) ที่ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือในการให้ข้อมูลร่วมดำเนินการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

Department of Agriculture. 2016. **Organic Farming Ministry of Agriculture and Forestry.** Vientiane Capital. 3 p.

Kaewlaima, N., S. Sreshthaputra, B. Limnirankul and P. kramol. 2017. Factors affecting farmers' adoption of organic agricultural practices Ho Phra subdistrict, Mae Taeng district, Chiang Mai province. **Journal of agriculture** 33(3): 387-395.

Karoowancharern, T. 2011. Innovation for production potential development of Tumbon Koundinneun Aumpur, Bankaud Bureerum Province's farmer. **Chandrakasem Rajabhat University Journal** 17(33): 20-30.

Lukrak, N., D. Athinuwat and T. Sindecharak. 2013. Problems and barriers in changing to organic vegetable production of Ratchaburi farmers who qualified in the organic farming development project. **Thai Journal of Science and Technology** 2(2): 125-133. [in Thai]

National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2013. **The importance of producing safe agricultural products in Laos.** [Online]. Available https://warning.acfs.go.th/en/early-warning/view/?page=4657 (22 August 2021). [in Thai]

Office of Agricultural Economics. 2013. **A Study of Agricultural Potential Analysis of Thailand Compared with ASEAN Members Case Study Cambodia, Laos and Myanmar.** Bangkok: Office of Agricultural Economics. 120 p. [in Thai]

Prasitratsin, S. 2003. **Social Research Methodoloy.** Bangkok: National Institute of Development Administration. 682 p. [in Thai].

Saipatthana, U and C. Piyapimonsit. 2004. Collinearity. **Parichart Journal** 17(1): 55-62. [in Thai].

Suwatthi, P. 1998 Principles of Statistics. **NIDA Development Journal.** 38(3) 103-130 [in Thai]

Tangtungand, K. and W. Nurittamont. 2019. Information perception and value creation of organic agriculture influence on organic agriculture success case in Sanam Chai Khet group, chachoengsao province, Thailand. **Panyapiwat Journal** 11(3): 42-54. [in Thai]

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis.** 3rd. New York: Harper and Row Publication. 1130 p.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกร แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Factors Relation to a Level of Knowledge about Kai Noi Rice Growing of Farmers in Xiang Khwang Province, Lao People’s Democratic Republic

พรแก้ว อานุศักดิ์* พุฒิสรรค์ เครือคำ สายสกุล ฟองมูล และกังสดาล กนกหงษ์

Phonekeo Anousack*, Phutthisun Kruekum, Saisakul Fongmul and Kangsadan Kanokhong

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Major of Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production, Maejo University

Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: phonekeo82@hotmail.com

Abstract

Kai Noi sticky rice varieties is wisely grown in Huaphan and Xiang Khwang provinces of northern Lao P.D.R due to its appropriate topographic and cool climate conditions. The objectives of this study was to investigate: 1) a level of knowledge about Kai Noi rice growing and 2) factors relating to knowledge of farmers about Kai Noi rice growing. The sample group consisted of 313 farmers growing Kai Noi rice in Xiang Khwang province and they were obtained by two-stage sampling. A set of questionnaires was used for data collection and analyzed by using descriptive statistics and multiple regression.

Result of this study revealed that most of the respondents (91.7%) has a high level of knowledge about Kai Noi rice growing whereas only 8.3 percent was found at a moderate level. The following factors selated to the knowledge marital status, education level, capital source, area, agricultural training, and ritual ceremony participation. Thus, the public sector should promote farmers to participate in agricultural production training. They should be extended knowledge about technology on standard Kai Noi rice growing yield processing and marketing. New body of knowledge about high efficiency in Kai Noi rice production planning should also be promoted.

Keywords: farmers’ knowledge, Kai Noi rice growing, Lao P.D.R

บทคัดย่อ

ข้าวเหนียวพันธุ์ไก่น้อยมีการปลูกมากในแขวงหัวพัน และเชียงขวาง ทางภาคเหนือของลาว ซึ่งมีความสัมพันธ์กับพื้นที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เป็นภูเขา และมีสภาพอากาศเย็น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกร ในแขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และ 2) ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ของเกษตรกรในการปลูกข้าวไก่น้อย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวไก่น้อย ในแขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จำนวน 313 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (Two-stage sampling) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา เพื่อหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการใช้สถิติเชิงอนุมาน คือ การวิเคราะห์ถดถอยพหุ

ผลการศึกษาพบว่า ระดับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกรในแขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีระดับความรู้อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 8.3 และมีความรู้ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 91.7 ส่วนปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกรมี 7 ปัจจัย ได้แก่ สถานภาพการศึกษา แหล่งทุน พื้นที่ทำการเกษตร การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร การเข้าร่วมอบรมหรือดูงานด้านการเกษตร และการเข้าร่วมพิธีกรรมต่าง ๆ ของเกษตรกร ดังนั้น ภาครัฐควรส่งเสริมให้เกษตรกรได้เข้าร่วมในการอบรมเกี่ยวกับการผลิตทางการเกษตร และให้ความรู้เกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเพาะปลูกข้าวไก่น้อยให้เป็นสินค้าที่ได้คุณภาพและมาตรฐาน รวมถึงการอบรมในเรื่องการแปรรูปผลผลิตและการตลาด และเกษตรกรควรมีการศึกษาเรียนรู้ มีองค์ความรู้ใหม่และมีความเข้าใจในการผลิต จึงจะทำให้เกษตรกรสามารถวางแผนการผลิตข้าวไก่น้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด

คำสำคัญ ระดับความรู้ของเกษตรกร การปลูกข้าวไก่น้อย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

คำนำ

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีพื้นที่ 236,800 ตารางกิโลเมตร และมีพื้นที่ทางการเกษตร 3/4 ของพื้นที่ทั้งหมด ประเทศลาวมีประชากรประมาณเจ็ดล้านกว่าคน ร้อยละ 80 มีอาชีพทางการเกษตร เนื่องจากมีพื้นที่ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก รายได้ส่วนมากมาจากผลผลิตทางการเกษตรเป็นหลัก (Buathong, 2016)

ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญในด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และวิถีชีวิตของคนในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป. ลาว) รายได้จากผลผลิตข้าวคิดเป็นร้อยละ 17.23 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) สปป. ลาว มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวประมาณ 5,455,600 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 80 ของพื้นที่ปลูกพืชทั้งหมดในประเทศ ได้ผลผลิตประมาณ 4.12 ล้านตันข้าวเปลือก ผลผลิตเฉลี่ย 768 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญสามารถสร้างรายได้นำเงินเข้าประเทศปีละหลายล้านบาท และยังเป็นพืชที่สร้างความมั่นคงทางด้านอาหารในประเทศอีกด้วย (Lao Statistics Bureau, 2015)

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2559–2563) ของ สปป. ลาว รัฐบาลได้กำหนดเป้าหมายในการผลิตข้าวให้ได้ 4.5 ล้านตันต่อปี เพื่อตอบสนองความต้องการอาหารของคนในประเทศ และส่วนที่เหลือจากการใช้บริโภคในประเทศจำนวน 1-1.5 ล้านตันต่อปี ใช้เพื่อการส่งออก ดั้งนั้น เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ รัฐบาลควรส่งเสริมให้เกษตรกรเน้นการทำการเกษตรที่ทันสมัยให้มีคุณภาพ และปรับปรุงระบบการผลิตของเกษตรกรในรูปแบบฟาร์มที่ได้มาตรฐาน สร้างกลุ่มการผลิตในรูปแบบวิสาหกิจชุมชน และครัวเรือนต้นแบบการผลิตทางการเกษตร นอกจากนี้ภาครัฐควรให้การช่วยเหลือเกษตรกรโดยการสร้างระบบชลประทานที่ดี ใช้เครื่องมือทางการเกษตรที่ทันสมัย สนับสนุนปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ย พันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง รวมถึงวิธีการเพิ่มผลผลิตข้าวในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ และตอบสนองต่อความต้องการในภาคอุตสาหกรรมแปรรูป ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพของผลผลิต เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่สินค้าเกษตร (Ministry of Planning and Investment, 2016)

ข้าวไก่น้อยจัดเป็นสินค้าหลัก 1 ใน 5 อันดับของแขวงเชียงขวาง ซึ่งมีการทำการเกษตรกรรมที่เป็นหลัก ได้แก่ การเลี้ยงสัตว์ใหญ่ และการผลิตข้าวไก่น้อย ตามแผนยุทธศาสตร์ของแขวงตั้งแต่ปี 2015–2020 มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งหมด 19,578 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่ถูกนำไปใช้เพาะปลูกข้าวไก่น้อยประมาณ 11,960 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 60 ของพื้นที่เพาะปลูกข้าว ได้ผลผลิตประมาณ 3,000,000 ถึง 4,000,000 ตันต่อปี เฉลี่ย 2.5 ถึง 3.2 ร้อยตันต่อตารางกิโลเมตร ราคาข้าวไก่น้อย 3,500 ถึง 4,000 กีบต่อกิโลกรัม หรือประมาณ 11.92-13.62 บาทต่อกิโลกรัม (ข้าวเปลือก) ผลผลิตที่ได้ใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ ปัจจุบันมีบริษัทเบียร์ลาวได้นำผลผลิตข้าวไก่น้อยไปใช้ผลิตเบียร์ลาวโกลด์ และเมืองที่มีการผลิตข้าวไก่น้อยมาก ได้แก่ เมืองแปก เมืองคูน เมืองผาไซ เมืองภูกูด ซึ่งเมืองดังกล่าวมีสภาพอากาศเย็นเหมาะแก่การเพาะปลูกข้าวไก่น้อยเป็นอย่างมาก ส่วนเมืองอื่น ๆ มีการเพาะปลูกได้แต่คุณภาพของผลผลิตไม่ดีเท่ากับเมืองดังกล่าว ข้าวไก่น้อยเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่ลักษณะเด่น คือ มีกลิ่นหอม อ่อนนุ่ม เป็นที่นิยมของผู้บริโภค และเป็นพันธุ์ข้าวที่อยู่เคียงคู่กับประชาชนชาวแขวงเชียงขวางมาเป็นเวลาช้านาน มีความสัมพันธ์กับวิถีการดำรงชีวิตประจำวันจนถึงปัจจุบัน ข้าวไก่น้อยมีความสัมพันธ์กับวัฒนธรรมประเพณีและการท่องเที่ยว โดยมีการจัดงานเทศกาลเฉลิมฉลองบุญข้าวไก่น้อยหลังสำเร็จฤดูกาลเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายนของทุก ๆ ปี การเพาะปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกรได้มีการเพาะปลูกตามประสบการณ์ที่มีอยู่ และวิถีปฏิบัติตามภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบต่อกันมาตั้งแต่โบราณของแต่ละชุมชน หมู่บ้าน และเมือง ในส่วนของวิธีการเพาะปลูกและวิธีการเก็บรักษาพันธุ์มีความแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ การเรียนรู้ของท้องถิ่น และความเคยชินในการผลิตข้าวไก่น้อย จึงถือได้ว่าการเพาะปลูกข้าวไก่น้อยเป็นวิถีชีวิต ขนบธรรมเนียมประเพณี วัฒนธรรมของเกษตรกรในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป. ลาว) (Ianlang, 2018) ดังนั้น ผู้วิจัยมีความสนใจในการที่จะอนุรักษ์วัฒนธรรมภูมิปัญญาการผลิตข้าวไก่น้อยของเกษตรกรในแขวงเชียงขวาง และศึกษาความรู้ของเกษตรกรในการปลูกข้าวไก่น้อย เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และองค์กรต่างๆ ที่สนใจในการส่งเสริมการผลิตข้าวไก่น้อย และเพื่อทำการวิจัยพัฒนาต่อยอดการผลิตข้าวไก่น้อยให้เป็นสินค้าคุณภาพที่ได้มาตรฐานส่งออกต่อไป

ดังนั้น เพื่อให้การผลิตข้าวไก่น้อยของเกษตรกรมีคุณภาพได้มาตรฐาน จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องทำการศึกษาถึงระดับความรู้ และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความรู้ของเกษตรกร เพื่อให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาประเทศ และเพื่อเตรียมความพร้อมที่จะเผชิญหน้ากับความท้าทายของประเทศ โดยสิ่งสำคัญที่สุดที่เกษตรกรจะต้องมีคือความรู้ความสามารถในการผลิตข้าวไก่น้อยให้มีคุณภาพได้มาตรฐานสินค้าส่งออกและเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) เพื่อศึกษาระดับความรู้ ของเกษตรกรในการปลูกข้าวไก่น้อย ในแขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2564 โดยมีการดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยการกำหนดกลุ่มประชากรด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบ 3 ขั้นตอน (Three- stages sampling) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการสุ่มเมืองในแขวงหลวงพระบางจำนวน 4 เมือง คือ เมืองแปก เมืองคูน เมืองผาไซ และเมืองภูกูด

ขั้นตอนที่ 2 ทำการสุ่มหมู่บ้านจาก 4 เมืองตัวอย่าง โดยกำหนดสุ่มหมู่บ้านจำนวน 5 หมู่บ้าน จากแต่ละเมืองตัวอย่าง รวมได้หมู่บ้านตัวอย่างทั้งหมด 20 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านคังเวียง บ้านโพน บ้านลาว บ้านยอน บ้านลาดบวก บ้านนาอู่ บ้านช้าง บ้านโพสี บ้านนาไซ บ้านนาโพ บ้านเคิง บ้านนาชายทอง บ้านหะงวม บ้านภูเวียง บ้านเพียงหลวง บ้านหอกาง บ้านเชียงดี บ้านนาธุ้ง บ้านนาโค้ง และบ้านนาหว้าน จากนั้นจึงทำการคำนวณขนาดตัวอย่าง โดยใช้ประชากรผู้ปลูกข้าวไก่น้อยรวมทั้งหมดจากแต่ละหมู่บ้านตัวอย่างด้วยการใช้วิธีคำนวณขนาดตัวอย่างของ Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และยอมให้ความคาดเคลื่อนที่ระดับ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 313 คน

ขั้นตอนที่ 3 ทำการสุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไก่น้อยแต่ละหมู่บ้านโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Sample random sampling) ด้วยการใช้ตารางเลขสุ่ม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) ที่เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม และแบบทดสอบความรู้ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไก่น้อย แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จำนวน 313 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม และการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความรู้เกี่ยวกับการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกรแขวงเชียงขวาง วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยได้กำหนดให้เกษตรกรเลือกตอบคำถามได้ 2 ทางเลือก ได้แก่ ถูกต้อง และผิด ซึ่งมีข้อคำถามจำนวน 21 ข้อ โดยเมื่อเกษตรกรตอบถูกต้องจะได้ 1 คะแนน และถ้าเกษตรกรตอบไม่ถูกต้องจะได้ 0 คะแนน จากนั้นทำการรวมคะแนนจากคำถามทั้งหมด 21 ข้อ โดยแบ่งช่วงคะแนนความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อย ได้ดังนี้

0 – 7	คะแนน	หมายถึง	ความรู้น้อย
8 – 14	คะแนน	หมายถึง	ความรู้ปานกลาง

15 – 21 คะแนน หมายถึง ความรู้มาก

ทั้งนี้การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน คือ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) ด้วยวิธีการแบบ Enter เพื่อหาค่าตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และมีความสัมพันธ์กันในทางใดกับตัวแปรตาม (เชิงบวกหรือเชิงลบ)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ระดับความรู้เกี่ยวกับการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกรแขวงเชียงขวาง

ผลการศึกษาระดับความรู้ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง พบว่ากลุ่มตัวอย่างเกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการปลูกข้าวไก่น้อยในระดับปานกลางคิดเป็นร้อยละ 8.3 และส่วนใหญ่เกษตรกรมีความรู้ในระดับมากคิดเป็นร้อยละ 91.7

Table 1 An average mean, percentage and standard deviation of farmers'level of knowledge about Kai Noi rice production of farmers, Xieng Khouang, Lao P.D.R.

(n=313)

A level of knowledge	No.	%
Low (0-7 scores)	0	0.0
Moderate (8-14 scores)	26	8.3
High (15-21 scores)	287	91.7
$\bar{x}$ = 16.75 Min-Max = 8–21 SD = 1.583		

ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความรู้ของเกษตรกรในการปลูกข้าวไก่น้อย

การวิเคราะห์ครั้งนี้ เพื่อหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกร โดยใช้สถิติการวิเคราะห์การถดถอยพหุ (Multiple regression analysis) ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม 1 ตัว กับตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีระดับความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใด โดยการวิเคราะห์ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวแปรอิสระจากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมด 16 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา แหล่งทุน ภาระหนี้สิน จำนวนสมาชิกในครัวเรือน รายได้ พื้นที่ทำการเกษตร ประสบการณ์ในการทำเกษตร การมีตำแหน่งทางสังคม การได้รับข้อมูลข่าวสาร การเข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มของชุมชน การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร การเข้าร่วมฝึกอบรมหรือดูงานด้านการเกษตร และการเข้าร่วมพิธีกรรมต่าง ๆ จากการศึกษาปัญหา Multicollinearity พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมด 16 ตัวแปร ไม่มีตัวแปรอิสระใดที่มีความสัมพันธ์กันสูงเกิน 0.08 เป็นการละเมิดข้อกำหนดของการวิเคราะห์การถดถอยพหุ

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกร พบว่าตัวแปรอิสระทั้ง 16 ตัวแปร มีอิทธิพลค่าความผันแปรของตัวแทน (ระดับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกร) ร้อยละ 49.30

(R^2=0.493) และเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับระดับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่ามีทั้งหมด 7 ตัวแปร ได้แก่ สถานภาพ การศึกษา แหล่งทุน พื้นที่ทำการเกษตร การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร การเข้าร่วมฝึกอบรมหรือดูงานด้านการเกษตร และการเข้าร่วมพิธีกรรมต่าง ๆ ของเกษตรกรทั้งหมดมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Table 1) สามารถวิจารณ์ผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. จากผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรที่มีสถานภาพสมรส จะมีความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยมากกว่า เกษตรกรที่มีสถานภาพอื่น แสดงให้เห็นว่าผู้ที่มีสถานภาพสมรสหรือแต่งงานแล้วอาจมีโอกาสในการปรึกษาหารือกับสมาชิกในครอบครัว โดยเฉพาะคู่ชีวิตเกี่ยวกับการดำเนินการผลิตข้าวไก่น้อย รวมถึงการมีสมาชิกในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ใหม่ ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการปลูกข้าวไก่น้อย

2. จากผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาที่สูงขึ้นจะมีความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยมากกว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากการปลูกข้าวไก่น้อยซึ่งเป็นพันธุ์ท้องถิ่นมีวิธีการที่มีความเฉพาะตลอดจนในปัจจุบันการปลูกข้าวมีการใช้ความรู้ทางเทคโนโลยีหรือวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้ ดังนั้นการที่เกษตรกรมีการศึกษาที่สูงขึ้นอาจทำให้มีศักยภาพ หรือมีฐานความรู้ที่สามารถรองรับความรู้เกี่ยวกับการปลูกข้าวไก่น้อยทั้งแบบดั้งเดิมและแบบประยุกต์ได้ดีกว่า ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mamudu Abunga Akudugu and Team (2012) ที่พบว่าการเข้าถึงบริการของการส่งเสริมการเกษตรเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยให้เกิดการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตทางการเกษตรที่ทันสมัย

3. จากผลการศึกษาพบว่า การที่เกษตรกรใช้เงินทุนตนเองในการปลูกข้าวไก่น้อยจะทำให้มีโอกาสเกิดความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่เกษตรกรมีเงินทุนเป็นของตนเองทำให้เกษตรกรมีศักยภาพในการเข้าถึงปัจจัยการผลิตต่าง ๆ มากขึ้นตามไปด้วย เช่น การมีความสามารถในการจัดการเงินทุนเพื่อเข้าถึงเครื่องมือสื่อสารสำหรับการหาข้อมูลด้านการเกษตรในการสนับสนุนการปลูกข้าวไก่น้อยให้มีคุณภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yaimuang (2012) พบว่าถ้าเกษตรกรมีรายได้มากขึ้นจะทำให้คนในครอบครัวสามารถมีต้นทุนในการเข้าถึงการศึกษาได้ดีกว่าครอบครัวที่มีรายได้ต่ำกว่า

4. จากผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกข้าวไก่น้อยมากขึ้นจะทำให้มีความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยมากขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกข้าวไก่น้อยเพิ่มมากขึ้นนั้นจำเป็นต้องมีการจัดการที่ดีและเหมาะสม เช่น การใช้เงินทุนเพื่อได้มาซึ่งปัจจัยการผลิตต่าง ๆ การบำรุงดิน การป้องกันศัตรูพืช และการตลาด เป็นต้น ดังนั้นการมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการการปลูกข้าวไก่น้อยในมิติต่าง ๆ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างโอกาสการได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chanphuang (2000) ที่ได้ศึกษาความรู้และการปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการข้าวโดยวิธีผสมผสานของเกษตรกรในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ สภาพการถือครองที่ดิน และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Pichitporn (2003) ที่ได้ศึกษาความรู้และการยอมรับการปฏิบัติเกี่ยวกับการเกษตรทฤษฎีใหม่ของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ขนาดของพื้นที่ และสอดคล้องกับการศึกษาความรู้ความเข้าใจและการปฏิบัติตน ของเกษตรกรเกี่ยวกับภัยพิบัติทางการเกษตรในตำบลข่วงเปา อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ การที่เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกมากจะมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับภัยพิบัติทางการเกษตรมากกว่าเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกน้อย (Intrakkamporn and Intharakong, 2018)

5. การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรพบว่า เกษตรกรที่มีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมเพิ่มขึ้นในรอบ 1 ปี จะมีผลทำให้เกิดความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยเพิ่มขึ้น โดยเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรถือเป็นบุคคลสำคัญในการถ่ายทอดความรู้ หรือเป็นตัวกลางในการเชื่อมความรู้ในด้านต่าง ๆ สำหรับการยกระดับการผลิตข้าวไก่น้อยให้มีคุณภาพและได้มาตรฐาน ดังนั้นการที่เกษตรกรได้มีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรอาจทำให้มีโอกาสรับความรู้และเรียนรู้เทคนิคมาปรับใช้ในการปลูกข้าวไก่น้อยได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rerklai (1984) พบว่าเกษตรกรที่มีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรหรือผู้นำการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ มากกว่า จะมีการยอมรับการเปลี่ยนแปลงในระดับที่รวดเร็วและมากกว่า ดังนั้นสิ่งสำคัญที่สุดในการนำเทคโนโลยีไปใช้ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรกับเกษตรกร โดยเฉพาะความสัมพันธ์ด้านจิตใจ ความเข้าใจ ความจริงใจที่จะปฏิบัติงาน ต้องมีอุดมการณ์ในการทำงาน มีความเชื่อใจ มีความศรัทธาต่อเจ้าหน้าที่ มีความสามารถในการถ่ายทอดข่าวสาร เช่น การพูด การเขียน ความมีเหตุผล ตลอดจนมีความสามารถในการรับข่าวสาร

6. จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การที่เกษตรกรได้เข้าร่วมฝึกอบรมเพิ่มขึ้นจะทำให้เกษตรกรมีความรู้มากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการปลูกข้าวไก่น้อยได้ดีขึ้น เนื่องจากเกษตรกรจะมีการรับฟังความคิดเห็นและคำติชมจากบุคคลอื่นเพื่อไปปรับปรุงตนเอง และมีการรวมกลุ่มกันเพื่อเสนอแนะวิธีการแก้ไขปัญหา มีองค์ความรู้เพื่อมาปฏิบัติในการปลูกข้าวไก่น้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Patcharavadee (2016) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ และพฤติกรรมเกี่ยวกับการจัดการความรู้ของเกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าเกษตรกรในเขตอำเภอเมืองจะมีการรับฟังความคิดเห็น คำติชมจากบุคคลอื่นเพื่อนำมาปรับปรุงตนเอง และมีการรวมกลุ่มกันเพื่อเสนอแนะวิธีการแก้ปัญหา เมื่อมีปัญหาเกี่ยวกับการเกษตรเกิดขึ้นในชุมชนมากกว่าเกษตรกรในอำเภอหนองหญ้าไซ ทั้งนี้ เนื่องจากเกษตรกรมีจำนวนน้อยกว่าทำให้มีความสนิทสนมและพร้อมที่จะเปิดใจพูดคุยกันมากกว่า

7. จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การที่เกษตรกรได้เข้าพิธีกรรมต่าง ๆ ในชุมชนเพิ่มขึ้น จะทำให้เกษตรกรมีความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรได้เรียนรู้การปฏิบัติจากปราชญ์ชาวบ้านผู้ที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ที่ถูกสั่งสมและสืบทอดกันมาเป็นเวลายาวนาน และได้ถ่ายทอดความรู้ผ่านความเชื่อและพิธีกรรมให้คนรุ่นหลังได้เรียนรู้และสืบทอดต่อไป

Table 2 Analysis of the factors underlying the Knowledge, Xiengkhoung Province, Lao

Independent variable	Dependent variable		
	knowledge about Kai noi rice production		
	B	T	Sig.
1. Sex	-0.163	-0.885	-0.163
2. Age	0.000	0.035	0.972
3. Status	0.822	2.560	0.001**
4. Education level	-0.476	-2.227	0.027**
5. Funding source	-0.527	-2.931	0.004**
6. debts	0.200	1.014	0.311
7. Family member	0.107	1.889	0.060
8. Family Income	0.000	0.344	0.731
9. Farming area	-0.100	-4.833	0.000**
10. Farming experience	-0.014	-1.012	0.312
11. Social occupation	0.134	0.369	0.712
12. Channels for receiving information	0.593	0.996	0.320
13. Agricultural group member	-0.085	-0.453	0.651
14. Contact with agricultural staffs	0.569	2.911	0.004**
15. Agricultural training/educational trip	0.875	4.538	0.000**
16. Participating in traditional rituals	-1.096	-4.323	0.000**
R^2 = 0.493 = 49.30%	**F = 5.928**	**Sig. of F = 0.000**	

* Statistically significant level at 0.05; ** Statistically significant level at 0.01

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาระดับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกรในแขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีระดับความรู้ในระดับมาก สำหรับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีทั้งหมด 7 ตัวแปร ได้แก่ สถานภาพ การศึกษา แหล่งทุน พื้นที่ทำการเกษตร การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร การเข้าร่วมฝึกอบรมหรือดูงานด้านการเกษตร และการเข้าร่วมพิธีกรรมต่าง ๆ ของเกษตรกร

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวไก่น้อย ซึ่งพบว่าการมีประสบการณ์ในการเข้าร่วมอบรมหรือดูงานเพิ่มขึ้นนั้นจะทำให้เกษตรกรมีระดับความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นควรส่งเสริมให้เกษตรกรได้เข้าร่วมในการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มความรู้เกี่ยวการผลิตข้าวไก่น้อย การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้อย่างเหมาะสมในการปลูกข้าวไก่น้อยให้กลายเป็นสินค้าที่ได้คุณภาพและมาตรฐาน เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย ตลอดจนองค์ความรู้เกี่ยวกับการตลาด นอกจากนี้จากผลการศึกษายังพบว่า การติดต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจำนวนครั้งมากขึ้นจะทำให้เกษตรกรมีความรู้ในการปลูกข้าวไก่น้อยมากขึ้น ดังนั้นหน่วยงานด้านการส่งเสริมควรจัดเจ้าหน้าที่ออกติดตามเยี่ยมเยียนเกษตรกรอย่างสม่ำเสมอและมีความต่อเนื่องมากขึ้น ถ้าเกษตรกรมีองค์ความรู้ความเข้าใจ มีการได้รับข้อมูลข่าวสาร ได้รับการเข้าร่วมฝึกอบรม เป็นการเพิ่มความรู้ให้เกษตรกร ดังนั้นควรมุ่งเน้นให้ทางพนักงานการเกษตรและป่าไม้ ตลอดจนผู้นำชุมชนทั้งภาครัฐและภาคเอกชนที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการสร้างองค์ความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีเกี่ยวกับการทำเกษตรที่ดีในการปลูกข้าวไก่น้อย เพื่อสร้างรายได้ให้เกษตรกรในระดับครัวเรือนเกษตรให้มีความเป็นอยู่ที่ดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความร่วมมือจากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไก่น้อยในพื้นที่แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ผู้นำชุมชน และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและป่าไม้ ที่ได้ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือในการให้ข้อมูลการวิจัย และร่วมดำเนินการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

Buathong, C. 2016. **Agriculture in Lao People's Democratic Republic.** [Online]. Available http://www.agri.ubu.ac.th/mis/course-article/upload/12.pdf (18 September 2020). [in Thai]

Chanphuang, T. 2000. **Knowledge and Practice about Handling Rice Using a Combination of Farmers in Bangkok**. Master Thesis. Chiang Mai University. 82 p. [in Thai]

Ianlang, P. 2018. Study on Khao Gai Noi Rice Production System in 4 Villages Paxay Districts, Xiengkhouang Province. Faculty of Agriculture and Forest Resource Souphanouvong University. 88 p.

Intrakkamporn, W. and R. Intharakong. 2018. Farmers' knowledge, understanding and practice about agricultural disasters in Khuang Pao Sub-district, Chom Thong District, Chiang Mai Province. **Journal of Community Development and Life Quality** 4(1): 98-108.

Lao Statistics Bureau. 2015. **Statistics Yearbook 2015.** Vientiane: Department of Planning Lao PDR. 230 p.

Mamudu Abunga Akudugu, Emelia Guo and Samuel Kwesi Dadzie. 2012. Adoption of Modern Agricultural Production Technologies by Farm Households in Ghana: What Factors Influence their Decisions? **Biology, Agriculture and Healthcare** 2(3): 1-14.

Ministry of Planning and Investment. 2016. **8th Five-Year National Socio-Economic Development Plan (2016–2020).** Vientiane: Department of Planning Lao PDR. 253 p.

Patcharavadee, S. 2016. Factor relating to farmer’s knowledge and behavior about knowledge management in Suphanburi province. **KHON KAEN AGR. J.** 44(4): 615-622.

Pichitporn, S. 2003. **Knowledge and Practice about Agriculture, the New Theory of Farmers, Lamphun Province.** Chiang Mai: Chiang Mai University. 77 p.

Rerklai, D. 1984. **Rural Development: Leading Change Emphasizes the Process of Diffusing Innovation**. Bangkok: Kasetsart University. **170 p.**

Yaimuang, S. 2012. **Indicators of food security at community level.** Nonthaburi: Biothai. [Online]. Available http://www.sem100library.in.th/medias/b7980.pdf.

Yamane, T. 1973. **Statistics, An Introductory Analysis.** 3rd Ed. New York: Harper and Row Publications. 886 p.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงเทคนิคการผลิตข้าวของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่และเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน

Comparison of Technical Efficiency of Large-scale Fields Member and Non-member in the Upper Northern Region

อารีย์ เชื้อเมืองพาน[1*] มนตรี สิงหะวาระ[1] และอัศวิน เผ่าอำนวยวิทย์[2]

Aree Cheamuangphan[1*], Montri Singhavara[1], and Aussawin Phaoumnuaywit[2]

[1]สาขาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ส่วนวางแผนและประเมินผล สำนักงานสรรพากรพื้นที่นครปฐม 2 นครปฐม 73210

[1]Department of Economics, Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Division of Planning and Evaluating, Revenue Office of Nakhonpathom, Nakhonpathom, Thailand 73210

*Corresponding author: areech@gmaejo.mju.ac.th

Abstract

In this study, the main objective of this study was to know the technical efficiency of large-scale rice field member and non-member in the upper northern region by using “Data Envelopment Analysis (DEA)” model to analyze production efficiency with 1 variable of production factor and 8 variables of production factors, divide the efficiency level into 5 levels (the least – the most). From this study, we found that economy of scale is in the phase of decreasing return to scale. large-scale rice field members have slightly higher than non-member (0.9213 > 0.9065), and most of production efficiency has the highest level of efficiency, but by the way rice cultivation in both groups should especially reduce the amount of labor for production and agricultural investment.

Keywords: efficiency, production, rice, farmer, large size of rice area

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบประสิทธิภาพเชิงเทคนิคการผลิตข้าวของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่และเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิก โดยใช้แบบจำลอง Data Envelopment Analysis (DEA) ด้วยปัจจัยด้านผลผลิต 1 ตัวแปร และปัจจัยการผลิต 8 ตัวแปร แบ่งระดับประสิทธิภาพออกเป็น 5 ระดับ (น้อยที่สุด – มากที่สุด) ผลการศึกษาพบว่า ผลได้ต่อขนาด (Economy of Scale) ในภาพรวมอยู่ในระยะผลได้ต่อขนาดที่ลดลง โดยเกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่มีประสิทธิภาพการผลิตสูงกว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ไม่ใช่สมาชิกเล็กน้อย (0.9213 > 0.9065) ซึ่งเกษตรกรทั้งสองกลุ่มส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพระดับมากที่สุด แต่การปลูกข้าวทั้งสองกลุ่มควรปรับลดปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต ได้แก่ จำนวนแรงงานคนในการผลิตและเงินลงทุนทางการเกษตร

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ การผลิต ข้าว เกษตรกร นาแปลงใหญ่

คำนำ

ข้าวเป็นธัญพืชอาหารและเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมาช้านาน มีการเพาะปลูกกันทั่วปะเทศ ในปีการเพาะปลูกนาปี 2561/62 มีพื้นที่ปลูกข้าวทั้งประเทศรวม 59.98 ล้านไร่ ได้ผลผลิตรวม 25.18 ล้านตันข้าวเปลือก ในขณะที่ปีการเพาะปลูกนาปี 2562/63 มีพื้นที่การเพาะปลูก 61.20 ล้านไร่ เพิ่มขึ้น 1.22 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.03 ส่วนผลผลิตรวมเท่ากับ 24.06 ล้านตันข้าวเปลือก ลดลง 1.12 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 4.45 และเป็นที่น่าสังเกตว่าผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ก็ลดลง โดยปีการเพาะปลูก 2561/62 ได้ผลผลิตเฉลี่ย 420 กิโลกรัม/ไร่ แต่ในปีการเพาะปลูก 2562/63 ได้ผลิตเฉลี่ย 393 กิโลกรัมต่อไร่ ลดลง 27 กิโลกรัม/ไร่ (Office of Agricultural Economics, 2019) สาเหตุที่ทำให้พื้นที่การเพาะปลูกลดลงน่าจะมาจากปัญหาการขาดทุน เพราะต้นทุนการผลิตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ราคาข้าวมีแนวโน้มลดลง เกษตรกรหลายรายหันไปประกอบอาชีพรับจ้างเพราะมีความแน่นอนในเรื่องของรายได้ ทำให้พื้นที่การปลูกข้าวของประเทศมีแนวโน้มลดลง

การประสบปัญหาการขาดทุนของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวนั้นมีสาเหตุดังนี้

1.ประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรต่ำ มีการใช้ปัจจัยการผลิตที่ไม่เหมาะสมทำให้ไม่เกิดการประหยัดต่อขนาด ซึ่งพบว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีการใช้ปัจจัยการผลิตมากเกินความจำเป็น เช่น เกษตรกรต้องลดการใช้ปุ๋ยเคมี 400.33 บาท/ไร่ สารเคมีไร่ละ 121.05 บาท/ไร่ และเมล็ดพันธุ์ไร่ละ 58.16 บาท/ไร่ ในภาพรวมเกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ถึง 579.54 บาท/ไร่ (Cheamuangphan *et al.*, 2016) สาเหตุที่เกษตรกรใช้ปัจจัยส่วนเกินมาก เพราะเกษตรกรผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยมีพื้นที่เพาะปลูกไม่มากนัก โดยเฉลี่ย 17.94 ไร่/ครัวเรือน และมีครัวเรือนเกษตรถึงร้อยละ 97.43 มีพื้นที่น้อยกว่า 10 ไร่

2. ผลผลิตไม่มีคุณภาพ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีพื้นที่ปลูกข้าวไม่มากและแต่ละรายก็มีเป้าหมายที่จะให้ได้ผลผลิตสูงสุดโดยไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพข้าว ผลผลิตที่ได้จึงเป็นข้าวคุณภาพต่ำซึ่งราคาจะต่ำด้วยเช่นกัน ส่งผลทำให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวประสบผลขาดทุน

ภาคเหนือก็เป็นอีกภาคหนึ่งที่เกษตรกรมีพื้นที่การปลูกข้าวและได้รับผลผลิตมากเป็นอันดับสองรองจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในปีการเพาะปลูก 2562/63 มีพื้นที่การเพาะปลูกรวมทั้งสิ้น 14.14 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นจากปีการเพาะปลูก 2561/62 จำนวน 0.33 ล้านไร่ ในขณะที่ผลิตปีการเพาะปลูก 2561/62 ได้รับผลผลิตรวม 7.85 ล้านตัน ในขณะที่ปีการเพาะปลูก 2562/63 ได้รับผลผลิตมีจำนวน 7.52 ล้านตัน ลดลง 0.33 ล้านตัน (Office of Agricultural Economics, 2019) อย่างไรก็ตามปัญหาของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในเขตภาคเหนือก็เช่นเดียวกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวภาคอื่นคือ ประสิทธิภาพการผลิตและราคาข้าวเปลือกที่ต่ำ ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาการขาดทุน มีภาระหนี้สินเพิ่มขึ้นทุกปี และจำนวนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ไม่มีความสามารถในการชำระหนี้คืนแห่งเงินกู้ก็เพิ่มสูงขึ้น

เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวทั้งระบบการปลูกข้าว รัฐจึงได้กำหนดยุทธศาสตร์ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตข้าว โดนส่งเสริมให้เกษตรกรกรรวมกลุ่มกันทำเกษตรแปลงใหญ่ โดยรัฐมีเป้าหมายดังนี้

1. เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตการปลูกข้าว
2. ลดต้นทุนการผลิตโดยยึดหลักการประหยัดต่อขนาด
3. เพิ่มผลผลิตและอำนาจการต่อรอง

แต่ที่ผ่านมาการดำเนินงานให้เกษตรกรรวมตัวกันเพื่อทำเกษตรกรปลูกข้าวนาแปลงใหญ่ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร โดยปัจจุบันมีเกษตรแปลงใหญ่มีจำนวน 208 แปลง คิดเป็นพื้นที่ 0.17 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.29 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด ด้วยเหตุนี้จึงเป็นประเด็นคำถามว่าประสิทธิภาพการผลิตข้าวของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่มีประสิทธิดีกว่าเกษตรที่ไม่ใช่สมาชิกหรือไม่ หากประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่สูงกว่าเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกจะทำให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ไม่ใช่สมาชิกสนใจและจะเข้าร่วมโครงการมากขึ้น อันจะส่งผลให้เกิดแนวทางในการพัฒนาศักยภาพการผลิตข้าวของพื้นที่ภาคเหนือตอนบนเพิ่มมากขึ้นและทำให้เป้าหมายการปฏิรูปการผลิตข้าวของรัฐประสบความสำเร็จ

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดเชียงราย และพะเยา ซึ่งถือเป็นจังหวัดที่มีเพาะปลูกข้าวมากที่สุดสองอันดับแรกของภาคเหนือตอนบน โดยสุ่มตัวอย่างจะใช้วิธีการสุ่มแบบจงใจ (Purposive Sampling) จากฐานข้อมูลทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวของศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดเชียงรายและจังหวัดพะเยา จำนวน 1,200 ราย แบ่งเป็นเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่จำนวน 600 ราย และเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ 600 ราย โดยกระจายกลุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนของเกษตรกรในแต่ละอำเภอ ทั้งนี้เป็นการสำรวจข้อมูลในรอบปีการเพาะปลูก 2562/2563 ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าประสิทธิภาพของการผลิตข้าว (TEF) วิเคราะห์โดยการใช้เทคนิคของ non-parametric ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของ DEA (Coelli and Battese., 1996) เนื่องจากสามารถวิเคราะห์การใช้ปัจจัยส่วนเกินโดยเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างอื่น มีตัวแปร output คือ ผลผลิตข้าว (กิโลกรัม) สำหรับตัวแปร input ได้แก่ จำนวนที่ดิน เงินลงทุนส่วนตัว เงินกู้ ปริมาณเมล็ดพันธุ์ ปริมาณปุ๋ยเคมี มูลค่าสารเคมี มูลค่าทรัพย์สินที่ใช้ลงทุนในการผลิต และจำนวนแรงงาน

(Omonona *et al*.,2010; Bates and Flordeliza., 2010; Jabbar and Akter, 2008; Saima *et al*., 2010) ดังแบบจำลองต่อไปนี้

$$\max_{\mu} Z = \sum_{r=1}^{s} \mu_r y_{rj} \quad (1)$$

ข้อจำกัด $$\sum_{r=1}^{s} \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} \nu_i x_{ij} \leq 0 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^{s} \mu_r y_{rj} = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{m} \nu_i x_{ij} = 1 \quad (4)$$

$$\mu_r, \nu_j \geq 0 \quad (5)$$

โดยที่ Z คือ คะแนนประสิทธิภาพการผลิตรวมของเกษตรกรทั้งหมด Y_{rj} คือ ผลผลิตชนิดที่ r ของเกษตรกรรายที่ j และ r คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของผลผลิตชนิดที่ r เมื่อ r = 1, 2, ..., s ส่วน X_{rj} คือ ปัจจัยการผลิตชนิดที่ i ของครัวเรือนเกษตรกรที่ j และ i คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยการผลิตชนิดที่ i เมื่อ i = 1, 2, ..., m โดยในขั้นตอนนี้นอกจากจะทราบระดับประสิทธิภาพการผลิตแล้วยังทราบถึงจำนวนปัจจัยการผลิตส่วนเกิน (Input slack) ที่ได้จากแบบจำลองภายใต้เป้าหมายคือ ได้รับผลผลิตเท่าเดิม (Output Oriented)

ขั้นตอนที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรในแต่ละกลุ่ม โดยจะพิจารณาการใช้ปัจจัยการผลิต ปัจจัยส่วนเกิน ผลผลิตส่วนเพิ่ม รวมถึงผลได้ต่อขนาดของการผลิต เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเหมาะสมของการใช้ปัจจัยการผลิต และจำแนกตามระดับประสิทธิภาพ 5 ระดับ ได้แก่ ประสิทธิภาพมากที่สุด (0.8001-1.0000 คะแนน) ประสิทธิภาพมาก (0.6001-0.8000 คะแนน) ประสิทธิภาพปานกลาง (0.4001-0.6000 คะแนน) ประสิทธิภาพน้อย (0.2001-0.4000 คะแนน) และประสิทธิภาพน้อยที่สุด (0.0000-0.2000 คะแนน)

ผลการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตข้าวระหว่างเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่และเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกจะใช้ตัวแปรด้านผลผลิตจานวน 1 ตัวแปร คือ ปริมาณผลผลิตข้าว (Y) ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรเบื้องต้นทำให้ทราบว่า เกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่มีผลผลิตรวมสูงสุดเท่ากับ 26,400 กิโลกรัม ปริมาณผลผลิตรวมต่ำสุดเท่ากับ 1,000 กิโลกรัม คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย 6,188.62 กิโลกรัม ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่มีปริมาณผลผลิตรวมสูงสุด 69,000 กิโลกรัม ปริมาณผลผลิตรวมต่ำสุดเท่ากับ 800 กิโลกรัม คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย 6,094.06 กิโลกรัม และใช้ตัวแปรด้านปัจจัยการผลิตจานวน 8 ตัวแปร ได้แก่ ขนาดที่ดิน (X_1) ใช้พื้นที่ปลูกข้าวสูงสุดถึง 115 ไร่ และใช้พื้นที่น้อยที่สุดเท่ากับ 1.75 ไร่ ซึ่งเป็นปริมาณการใช้ของเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ โดยคิดเป็นขนาดพื้นที่เฉลี่ย 11.31 ไร่ เงินลงทุน (X_2) มีมูลค่าเงินลงทุนสูงสุดเท่ากับ 327,000 บาท ขณะที่เกษตรกรบางรายไม่มีการใช้เงิน

ลงทุนเริ่มต้น ทำให้มีมูลค่าเงินลงทุนเฉลี่ยเท่ากับ 21,118.50 บาท เงินกู้เพื่อการเกษตร (X_3) มีมูลค่าการกู้เงินสูงสุดเท่ากับ 1,000,000 บาท ขณะที่เกษตรกรบางรายไม่มีการกู้เงินมาเพื่อใช้ทำการเกษตร ทำให้มีมูลค่าเงินกู้เฉลี่ยเท่ากับ 19,948.75 บาท มูลค่าทรัพย์สิน (X_4) มีมูลค่าสูงสุดเท่ากับ 4,596,400 บาท มูลค่าทรัพย์สินเฉลี่ย เท่ากับ 130,448.63 บาท ปริมาณเมล็ดพันธุ์ข้าว (X_5) ใช้ปริมาณสูงสุดถึง 1,600 กิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณการใช้ของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ ขณะที่ปริมาณการใช้ต่ำที่สุดเท่ากับ 20 กิโลกรัม โดยคิดเป็นปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 120.38 กิโลกรัม ปริมาณปุ๋ยเคมี (X_6) มีปริมาณการใช้สูงสุดเท่ากับ 5,250 กิโลกรัม ขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวบางรายไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีเลย ทำให้มีปริมาณปุ๋ยเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 348.06 กิโลกรัม มูลค่าสารเคมี (X_7) มีมูลค่าการใช้สูงสุดเท่ากับ 7,800 บาท ขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวบางรายไม่มีต้นทุนดังกล่าว ทำให้มีมูลค่าสารเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 219.05 บาท และจำนวนแรงงาน (X_8) มีการใช้แรงงานสูงสุด 51 คน ขณะที่เกษตรกรบางรายได้มีการใช้แรงงานนั่นคือเป็นการจ้างทุกขั้นตอน ทำให้จำนวนแรงงานในการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 9.53 คน (Table 1)

Table 1 Variables of technical efficiency analysis

Variables	Maximum	Minimum	Average	S.D.
Output				
Y_1: Rice yields (kg)	69,000.00	800.00	6,141.34	5,812.17
Input				
X_1: Land (rai)	115.00	1.75	11.31	9.66
X_2: Investment (Baht)	327,000.00	0.00	21,118.50	24,914.96
X_3: Loan for agriculture (Baht)	1,000,000.00	0.00	19,948.75	77,191.89
X_4: Value Assets (Baht)	4,594,400.00	0.00	130,448.63	330,803.07
X_5: Seed (kg)	1,600.00	20.00	120.38	173.07
X_6: Chemical Fertilizer (kg)	5,250.00	0.00	348.06	434.04
X_7: Chemical substance (Baht)	7,800.00	0.00	219.05	687.36
X_8: Labor (person)	51.00	0.00	9.53	7.52

Source: Calculation

ประสิทธิภาพการผลิตข้าว

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตข้าวระหว่างเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่และไม่ใช่สมาชิก พบว่า การผลิตข้าวของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่มีประสิทธิภาพมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพ (TE) ของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่เท่ากับ 0.9213 ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่มีค่าประสิทธิภาพ (TE) เฉลี่ยเท่ากับ 0.9065 โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ของการปลูกข้าวแต่ละกลุ่มมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคืออยู่ในระดับมากและปานกลาง ตามลำดับ

แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพ (TE) จำนวนเกษตรกรหรือสัดส่วนของเกษตรกรในแต่ละระดับประสิทธิภาพ เกษตรกรทั้งสองกลุ่มมีค่าประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน แสดงว่าประสิทธิภาพของเกษตรกรนั้นไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ดี เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาการผลิตของเกษตรกรทั้งสองกลุ่มร่วมกันในภาพรวม ทำให้ทราบว่าเกษตรกรในภาคเหนือตอนบนมีประสิทธิภาพการผลิตในระดับมากที่สุดด้วยค่า TE เฉลี่ยเท่ากับ 0.9139 (Table 2)

Table 2 Level of Efficiency

Efficiency		Average Technical Efficiency		
Level of Score	Meaning	Large-scale Rice Field member	Large-scale Rice Field non-member	Total
0.8001-1.0000	Highest	0.9527	0.9465	0.9497
0.6001-0.8000	High	0.7216	0.7382	0.7303
0.4001-0.6000	Medium	0.5093	0.5291	0.5232
0.2001-0.4000	Low	0.3950	0.2400	0.3175
Total		**0.9213**	**0.9065**	**0.9139**

Source: Calculation

ปัจจัยส่วนเกินในการผลิต

จากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิต พบว่าเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ควรลดปัจจัยการผลิตส่วนเกินลงจำนวน 405 ราย คิดเป็นร้อยละ 67.50 โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ควรปรับลดปัจจัยส่วนเกิน 2 ปัจจัย และ 3 ปัจจัย มีจำนวน 120 ราย และ 129 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 20.00 และ 21.50 ตามลำดับ ทั้งนี้เกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ควรปรับลดปัจจัยมากที่สุดถึง 6 ปัจจัย มีจำนวน 6 ราย คิดเป็นร้อยละ 1.00 ทำให้เหลือเกษตรกรที่ไม่ต้องปรับลดปัจจัยส่วนเกินเพียง 195 ราย คิดเป็นร้อยละ 32.50

สำหรับเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ส่วนใหญ่ควรปรับลดปัจจัยส่วนเกินจำนวน 2 ปัจจัย และ 3 ปัจจัย เช่นเดียวกับกลุ่มนาแปลงใหญ่ ซึ่งมีเกษตรกรที่ต้องปรับลดจำนวน 186 ราย และ 108 ราย คิดเป็นร้อยละ 31.00 และ 18.00 ตามลำดับ โดยจำนวนปัจจัยส่วนเกินที่ต้องลดมากที่สุดคือจำนวน 5 ปัจจัยเท่านั้น จึงเหลือเกษตรกรที่ไม่ต้องปรับลดปัจจัยการผลิตส่วนเกินเพียง 138 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 23.00 เท่านั้น

ดังนั้นในภาพรวมของเกษตรกรในภาคเหนือตอนบนจะต้องลดปัจจัยการผลิตส่วนเกินลงถึง 5 ปัจจัย และส่วนใหญ่จะต้องลดปัจจัยการผลิตส่วนเกิน 2 ปัจจัย ซึ่งมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 306 ราย คิดเป็นร้อยละ 25.50 รองลงมาคือลดปัจจัยการผลิตส่วนเกิน 3 ปัจจัย จำนวน 237 ราย คิดเป็นร้อยละ 19.75 ถัดมาคือลดปัจจัยส่วนเกิน 4 ปัจจัย จำนวน 177 ราย คิดเป็นร้อยละ 14.75 ทำให้มีเกษตรกรที่ไม่ต้องปรับลดปัจจัยการผลิตส่วนเกินจำนวน 333 ราย คิดเป็นร้อยละ 27.75 (Table 3)

Table 3 Number of input slack

Number of Input slack	Large-scale Rice Field member		Large-scale Rice Field non-member		Total	
	NO.	%	NO.	%	NO.	%
1 input slack	54	9.00	60	10.00	114	9.50
2 input slack	120	20.00	186	31.00	306	25.50
3 input slack	129	21.50	108	18.00	237	19.75
4 input slack	81	13.50	96	16.00	177	14.75
5 input slack	15	2.50	12	2.00	27	2.25
6 input slack	6	1.00	0	0.00	6	0.50
Farmer need to reduce	**405**	**67.50**	**462**	**77.00**	**867**	**72.25**
Farmer don't to reduce	**195**	**32.50**	**138**	**23.00**	**333**	**27.75**

Source: Calculation

การลดปัจจัยส่วนเกินในการผลิต

จากการประเมินระดับประสิทธิภาพการผลิตข้าวของเกษตรกรด้วยการเปรียบเทียบการใช้ปัจจัยการผลิตของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างด้วยกันเองนั้น ทำให้ทราบว่ามีเกษตรกรควรปรับลดปัจจัยการผลิตลงโดยให้ได้รับผลผลิตเท่าเดิม เกษตรกรในแต่ละระดับประสิทธิภาพจึงควรปรับลดขนาดของปัจจัยการผลิต ดังนี้

1) ที่ดิน มีเกษตรกรที่ต้องปรับลดขนาดที่ดินสำหรับการเพาะปลูกลงร้อยละ 18.75 ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจำนวน 87 ราย คิดเป็นร้อยละ 14.50 ควรปรับลดขนาดพื้นที่เพาะปลูกลงเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ไร่ ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพการผลิตระดับมากที่สุดจำนวน 111 ราย คิดเป็นร้อยละ 18.50 ควรปรับลดปัจจัยส่วนเกินเฉลี่ย 3.50 ไร่

2) เงินลงทุน มีเกษตรกรที่ต้องปรับลดเงินลงทุนลงร้อยละ 36.75 ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจำนวน 162 ราย คิดเป็นร้อยละ 27.00 ควรปรับลดเงินลงทุนลงเฉลี่ยเท่ากับ 5,299.45 บาท กลุ่มที่มีประสิทธิภาพการผลิตระดับมาก จำนวน 15 ราย คิดเป็นร้อยละ 2.50 ต้องปรับลดเงินทุนลงเฉลี่ย 13,698.73 บาท ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพการผลิตระดับมากที่สุดจำนวน 219 ราย คิดเป็นร้อยละ 36.50 ควรปรับลดเงินทุนเฉลี่ย 7,171.93 บาท

3) เงินกู้ มีเกษตรกรที่ต้องปรับลดจำนวนเงินกู้ลงร้อยละ 10.00 ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจำนวน 72 ราย คิดเป็นร้อยละ 12.00 ควรปรับลดจำนวนเงินกู้ลงเฉลี่ยเท่ากับ 30,878.44 บาท ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพการผลิตระดับมากควรปรับลดเงินกู้เฉลี่ยสูงถึง 175,555.56 บาท รองลงมาคือเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพการผลิตระดับมากที่สุดควรปรับลดเงินกู้เฉลี่ย 19,915.61 บาท

4) มูลค่าทรัพย์สินทางการเกษตร มีเกษตรกรที่ต้องปรับลดทรัพย์สินลงร้อยละ 29.25 ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจำนวน 168 ราย คิดเป็นร้อยละ 28.00 ควรปรับลดทรัพย์สินทางการเกษตรลงเฉลี่ยเท่ากับ 283,153.99 บาท เกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพระดับมากควรปรับลดปัจจัยการผลิตลงเฉลี่ย 207,173.86 บาท ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพการผลิตระดับมากที่สุดจำนวน 147 ราย คิดเป็นร้อยละ 24.50 ควรปรับลดทรัพย์สินส่วนเกินลง 141,705.12 บาท

5) ปริมาณเมล็ดพันธุ์ มีเกษตรกรที่ต้องปรับลดปริมาณเมล็ดพันธุ์ลงร้อยละ 19.50 ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจำนวน 111 ราย คิดเป็นร้อยละ 18.50 ควรปรับลดเมล็ดพันธุ์ลงเฉลี่ยเท่ากับ 107.99 กิโลกรัม เกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพระดับมากจำนวน 15 ราย คิดเป็นร้อยละ 2.50 ควรปรับลดเมล็ดพันธุ์ลงเฉลี่ย 5.94 กิโลกรัม ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพการผลิตระดับมากที่สุดจำนวน 90 ราย คิดเป็นร้อยละ 15.00 ควรปรับลดเมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 61.73 กิโลกรัม เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพระดับมากจำนวน 18 ราย คิดเป็นร้อยละ 3.00 ควรปรับลดเมล็ดพันธุ์ลงเฉลี่ย 115.15 กิโลกรัม

6) ปริมาณปุ๋ยเคมี สำหรับการเพาะปลูกของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพระดับมากที่สุดจำนวน 108 ราย คิดเป็นร้อยละ 18.00 ควรปรับลดเฉลี่ยเท่ากับ 166.60 กิโลกรัม ขณะที่เกษตรกรที่มีประสิทธิภาพการผลิตระดับมากจำนวน 3 ราย คิดเป็นร้อยละ 0.50 ควรปรับลดปริมาณปุ๋ยเคมีเฉลี่ยเพียง 0.50 กิโลกรัม สำหรับเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพการผลิตระดับมากที่สุด จำนวน 81 ราย คิดเป็นร้อยละ 13.50 ควรปรับลดปริมาณปุ๋ยเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 174.32 กิโลกรัม ขณะที่เกษตรกรที่มีประสิทธิภาพระดับมากควรปรับลดปุ๋ยเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 217.06 กิโลกรัม โดยภาพรวมเกษตรกรทั้งหมดควรปรับลดปุ๋ยเคมีเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 180.89 บาท

7) ค่าสารเคมี เกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่จำนวน 75 ราย คิดเป็นร้อยละ 12.50 ควรปรับลดต้นทุนการกำจัดวัชพืชที่เป็นสารเคมี โดยเป็นเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพระดับมากที่สุด ซึ่งควรลดต้นทุนค่าสารเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 656.43 บาท ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจำนวน 102 ราย คิดเป็นร้อยละ 17.00 ควรลดค่าสารเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 831.31 บาท เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพระดับมากจำนวน 9 ราย คิดเป็นร้อยละ 1.50 ควรปรับลดค่าสารเคมีเฉลี่ย 554.02 บาท

8) จำนวนแรงงานคนในการผลิต เป็นปัจจัยการผลิตที่มีความจำเป็นจะต้องปรับลดเนื่องจากมีมูลค่าในการปรับลดที่ค่อนข้างสูง โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพในระดับมากควรปรับลดลงมากถึง 12.89 คน รองลงมาคือ เกษตรกรที่มีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุดควรปรับลดต้นทุนแรงงานเฉลี่ยเท่ากับ 6.61 คน ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ที่มีประสิทธิภาพระดับมากควรปรับลดจำนวนแรงงานการผลิตลงเฉลี่ยเท่ากับ 8.37 คน รองลงมาคือ เกษตรกรที่มีประสิทธิภาพระดับมากที่สุดควรปรับลดเฉลี่ยเท่ากับ 6.21 คน ส่วนเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพระดับปานกลางควรปรับลดเพียง 2.93 คน

ผลได้ต่อขนาด (Economy of Scale) ของการผลิต

จากการวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตระหว่างเกษตรกรผู้ปลูกข้าวทั้งสองกลุ่ม (Table 4) พบว่า เกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่จำนวน 255 ราย คิดเป็นร้อยละ 42.50 มีการผลิตอยู่ในช่วงของผลได้ต่อขนาดที่ลดลง (DRS) โดยเป็นเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพการผลิตอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด จำนวน 231 และ 24 ราย ตามลำดับ รองลงมาคือเกษตรกรมีผลได้ต่อขนาดในระยะที่เพิ่มขึ้น (IRS) จำนวน 207 ราย คิดเป็นร้อยละ 34.50 ซึ่งกระจายตัวอยู่ในระดับน้อยจนถึงมากที่สุด ขณะที่เกษตรกรที่มีผลได้ต่อขนาดที่คงที่ (CRS) มีจำนวน 138 ราย คิดเป็นร้อยละ 23.00 ซึ่งเป็นเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพการผลิตอยู่ในระดับมากที่สุด

ทำนองเดียวกันเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่จำนวน 279 ราย คิดเป็นร้อยละ 46.50 มีการผลิตอยู่ในช่วงของผลได้ต่อขนาดที่ลดลง (DRS) โดยเป็นเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพการผลิตอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด จำนวน 249 และ 30 ราย ตามลำดับ รองลงมาคือเกษตรกรมีผลได้ต่อขนาดในระยะที่เพิ่มขึ้น (IRS) จำนวน 237 ราย คิดเป็นร้อยละ 39.50 ซึ่งกระจายตัวอยู่ในระดับน้อยจนถึงมากที่สุด ขณะที่เกษตรกรที่มีผลได้ต่อขนาดที่คงที่ (CRS) มีจำนวน 84 ราย คิดเป็นร้อยละ 14.00 ซึ่งเป็นเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพการผลิตอยู่ในระดับมากที่สุด

จะเห็นได้ว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีการผลิตอยู่ในช่วงของผลได้ต่อขนาดที่ลดลง (DRS) แสดงให้เห็นถึงการใช้ปัจจัยการผลิตส่วนเกินที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์หรือไม่ก่อให้เกิดผลผลิตที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

Table 4 Economy of scale (unit: number of farmer)

Level of Efficiency	Large-scale Rice Field member			Large-scale Rice Field non-member			Total		
	CRS	IRS	DRS	CRS	IRS	DRS	CRS	IRS	DRS
Highest	138	162	231	84	180	249	222	342	480
High	0	33	24	0	33	30	0	66	54
Medium	0	9	0	0	21	0	0	30	0
Low	0	3	0	0	3	0	0	6	0
Lowest	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**138**	**207**	**255**	**84**	**237**	**279**	**222**	**444**	**534**
Percent	**23.00**	**34.50**	**42.50**	**14.00**	**39.50**	**46.50**	**18.50**	**37.00**	**44.50**

Source: Calculation

วิจารณ์ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพเชิงเทคนิคการผลิตข้าวของเกษตรกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.9139 อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Rayasawath (2018) ที่พบว่าประสิทธิภาพทางเทคนิคการผลิตเฉลี่ย 0.9167 อยู่ในระดับสูงมาก อีกทั้งยังระบุว่าการลดต้นค่าแรงงาน ลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง จะช่วยให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้น สำหรับระดับผลได้ต่อขนาดของการผลิตของเกษตรกรในภาคเหนือตอนบนอยู่ในระยะที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sansri *et al*. (2014) ที่ศึกษาประสิทธิภาพการผลิตเชิงเทคนิคของการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่พบว่าประสิทธิภาพการผลิตข้าวของเกษตรกรมีระดับสูง ได้คะแนนประสิทธิภาพเท่ากับ 0.8018 และผลได้ต่อขนาดของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอยู่ในระยะลดลงเช่นกัน และยังสอดคล้องกับ Tanavang *et al*. (2015) ที่ระบุว่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตเป็นแบบยืดหยุ่นน้อย นั่นคือ การเพิ่มปัจจัยการผลิตร้อยละ 1 ผลผลิตข้าวต่อไร่จะเพิ่มน้อยกว่าร้อยละ 1 ทั้งนี้เกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่แม้ว่าการรวมกลุ่มเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่แต่ควรปรับลดขนาดพื้นที่เพาะปลูกเนื่องจากการบริหารจัดการสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ยังไม่ดีนักและเป็นกลุ่มที่ไม่เข้มแข็งเท่าที่ควร ขณะที่ปริมาณปุ๋ยเคมีและสารเคมีของเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ควรปรับลดมากกว่าเกษตรกรนาแปลงใหญ่เนื่องจากพื้นที่น้อยกว่าทำให้ซื้อปัจจัยการผลิตในราคาที่สูงประกอบกับการใช้ปัจจัยการผลิตตามความเคยชินด้วยการคาดคะเนทำให้ปัจจัยการผลิตเกินความเหมาะสมกับพื้นที่

สรุปผลการวิจัย

เกษตรกรส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพการผลิตอยู่ในระดับมากที่สุด โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่มีประสิทธิภาพการผลิตสูงกว่าเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ ทำให้จำนวนเกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกต้องปรับลดปัจจัยการผลิตส่วนเกินมากกว่าเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ แต่เกษตรกรกลุ่มนาแปลงใหญ่ต้องลดปัจจัยการผลิตส่วนเกินสูงสุดถึง 6 ปัจจัย ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ใช่สมาชิกควรลดปัจจัยส่วนเกินลง 5 ปัจจัย ซึ่งเกษตรกรทั้งสองกลุ่มส่วนใหญ่ต้องปรับลดปัจจัยส่วนเกิน 2-3 ปัจจัย สำหรับปัจจัยการผลิตที่ควรปรับลดมากที่สุดคือจำนวนแรงงานคนในการผลิตเนื่องจากการใช้ปริมาณแรงงานที่สูงเกินความจำเป็นทำให้เกิดต้นทุนส่วนเกินขึ้น โดยแรงงานที่ควรปรับลดเฉลี่ยสูงสุดถึง 10.18 คน และปัจจัยด้านจำนวนเงินลงทุนของเกษตรกรควรปรับลดเฉลี่ยสูงสุด 11,284.48 บาท เป็นของเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพระดับมาก ส่วนการวิเคราะห์ถึงผลได้ต่อขนาดนั้นแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการผลิตข้าวของเกษตรกรมีผลได้ต่อขนาดที่ลดลง (DRS) ดังนั้น หน่วยงานของภาครัฐ ได้แก่ สำนักงานเกษตรจังหวัด ศูนย์วิจัยข้าวจังหวัด ควรส่งเสริมให้เกษตรกรที่เป็นเกษตรกรรายย่อยเข้าร่วมกลุ่มเพื่อเป็นสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยให้ข้อมูลสนับสนุนเกษตรกรที่เป็นสมาชิกถึงการใช้ปัจจัยการผลิต ได้แก่ มีขนาดที่ดิน 11 ไร่ต่อคน ใช้เมล็ดพันธุ์ 29.76 กิโลกรัมต่อไร่ ใช้ปุ๋ยเคมี 52.98 กิโลกรัมต่อไร่ ใช้แรงงานในการผลิตเพียง 4 คน

กิตติกรรมประกาศ

บทความเรื่องนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่องประสิทธิผลการผลิตข้าวแปลงใหญ่ของเกษตรกรในเขตภาคเหนือตอนบน ซึ่งยังได้รับการสนับสนุนจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จึงทำให้การศึกษาสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จนกระทั่งสามารถทำให้เกิดองค์ความรู้ต่างๆ และนำมาเสนอเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Bates, M.B. and A.L. Flordeliza. 2010. Factors affecting yield performance of banana farms in Oriental Mindoro, Phlippines. **Journal of International Society for Southeast Asian Agriculture Science** 1: 1-7.

Cheamuangphan, A., R. Kongtanajaruanun and A. Phaoumnuaywit. 2016. **Effectiveness of rice production between transplanting and direct seeded method for rice in upper northern region.** 52 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Coelli, T. and G. Battese. 1996. Identification of factors which influence the technical inefficiency of Indian farmers. **Australian Journal of Agricultural Economics** 40: 103-128.

Jabbar, M.A. and S. Akter. 2008. Market and other factors influencing farm specific production efficiency in pig production in Vietnam. **International Journal of Food and Agribusiness Marketing** 20: 29-54.

Office of Agricultural Economics. 2019. **Agricultural use area**. [Online]. Available https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/major%20rice%2061%20dit.pdf (24 November 2021).

Omonona, B.T., O.A. Egbetokun and A.T. Akanbi. 2010. Farmers resource use and technical efficiency in cowpea production in Nigeria. **Econ. Anal. Policy** 40: 1-5.

Rayasawath, C. 2018. Technical Efficiency Analysis of Rice Production in Nakhon Ratchasima. **NRRU Community Research Journal** 12(2): 63-70. [in Thai]

Saima, A., H. Zakir and H. Maqbool. 2010. Role of credit on production efficiency of farming sector in Pakistan. **International Scierre Index** 4(6): 880-885.

Sansri, B., O. Srisompun, S. Chitchamnong and P. Siritrakulsak. 2014. Technical efficiency of Khao Dawk Mali 105 rice production in Roi-Et province. **KHON KAEN AGR. J.** 42(Suppl.1): 136-141. [in Thai]

Tanavang, P., M. Chaowakul and S. Nettayanun. 2015. An Efficiency analysis of rice production in the beneficial area of the Kwae Noi Bum Roong Dan Dam using panel data crop year 2008, 2010 and 2012. **Journal of Business, Economics and Communications** 11(1): 112-137. [in Thai]

Session 1

ภาคโปสเตอร์

การจัดการเรียนรู้เชิงรุกบนแพลตฟอร์มออนไลน์ กรณีศึกษา ดินสำหรับปลูก–เพาะกัญชงกัญชา ของนักศึกษาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

Active Learning Platform Online Case Studies: Soil Planting Hemp and Cannabis of Plant Science Program, Faculty of Natural Resources Rajamangala University of Technology ISAN Sakon Nakhon Campus

วุฒิพงษ์ ฮามวงศ์

Wuttipong Hamvong

สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร 47160

Thai Traditional Medicine Department, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology ISAN Sakon Nakhon, Thailand 47160

*Corresponding author: wuttipong.ha@gmail.com

Abstract

The research aims to manage active learning instruction to response in 21th century that reduce the role of teacher but increase the role of students. Active Learning is the methods for practicing and thinking for students by doing to construct their experiences. Students will interact with their friends and teachers by doing activities in and out classroom, then in the form of learning management as a case study (case-based learning) on an online platform. Through the computer program Line, Google Classroom, Meet, progress reports and collect data. Perform assessments 360 degree review of a real assessment (360-degree review) in the form on morality, ethics, knowledge, intellectual skills in interpersonal skills numerical analysis skills, communication until a body of knowledge soil planting hemp and cannabis cultivation what the student group called "Phu Phan Soil", for a hemp and cannabis planting that rich nutrients suitable for planting that uses local agricultural waste. Developed according to the planting-cultivation material formula of Sakon Nakhon Thai traditional medicine knowledge. Combined with new knowledge arising from further studies, experiments and hands-on practice.

Keywords: active learning, project-base learning, case studies, planting material

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดการเรียนรู้ที่สามารถตอบสนองต่อการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ลดบทบาทของครูผู้สอน แต่เพิ่มบทบาทของผู้เรียนให้มากยิ่งขึ้น เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำและได้คิดในสิ่งที่ทำลงไปเพื่อเป็นการสร้างประสบการณ์ตรงให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน มีปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มผู้เรียนและครูผู้สอน ด้วยการลงมือทำกิจกรรมร่วมกันทั้งในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน ในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบกรณีศึกษา (Case-based learning) บนแพลตฟอร์มออนไลน์ ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Line, Google Classroom, Meet รายงานความก้าวหน้าและเก็บข้อมูล เพื่อทำการประเมินผลในลักษณะการประเมินผลรอบทิศ แบบ 360 องศา (360-degree review) ตามสภาพจริง (Formative assessment) ในด้านคุณธรรม จริยธรรม ด้านความรู้ ด้านทักษะทางปัญญา ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร จนเกิดองค์ความรู้เรื่องดินสำหรับปลูก-เพาะกัญชงกัญชา ที่กลุ่มผู้เรียนให้ชื่อเรียกว่า “ภูพานซอยล์” ซึ่งเป็นดินสำหรับปลูก–เพาะกัญชงกัญชาที่มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ เหมาะแก่การปลูกกัญชง-กัญชา เป็นดินที่ใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในท้องถิ่น พัฒนาขึ้นตามสูตรดินสำหรับปลูก-เพาะจากองค์ความรู้แพทย์แผนไทยสกลนคร ผสมผสานกับองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม การทดลอง ลงมือปฏิบัติจริงของผู้เรียน

คำสำคัญ: การเรียนรู้เชิงรุก วิธีการจัดการการเรียนรู้โดยใช้โครงงาน กรณีศึกษา วัสดุสำหรับปลูก–เพาะกัญชงกัญชา

คำนำ

การศึกษาในยุคศตวรรษที่ 21 ที่เน้นเรื่องความก้าวหน้าในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ข้อมูลข่าวสารที่สามารถสื่อสารถึงกันได้อย่างไร้พรมแดน ง่าย รวดเร็ว เกิดการเรียนรู้และแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่องและต้องขวนขวายแสวงหาความรู้ตลอดเวลา ขณะเดียวกันต้องรู้จักกลั่นกรองข้อมูลข่าวสารที่ได้รับ สามารถใช้วิจารณญาณไตร่ตรองถึงความน่าเชื่อถือและพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของข้อมูลสารต่างๆ ได้เป็นอย่างดีด้วย ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้แบบเดิมที่เน้นการรับจากครูผู้สอนอย่างเดียว อาจจะพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถได้อย่างพอเพียง

จากสถานการณ์ในปัจจุบัน ความเป็นโลกาภิวัฒน์ถูกทำลายเพราะโรคระบาดไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (2019-nCoV) มีความเป็นไปได้สูงที่สถานการณ์โรคระบาดจะยืดเยื้อไปอีกนาน การศึกษารูปแบบเดิมที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะต่างๆ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน กลายเป็นเพียงการมีชีวิตอย่างมีความสุขของผู้เรียนและครอบครัว แน่นอนว่าเป้าหมาย ปรัชญา กรอบแนวคิด นโยบาย และกระบวนการต่างๆ ก็ต้องเปลี่ยนไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของทักษะการคิดวิเคราะห์สร้างสรรค์ที่ต้องเพิ่มมากขึ้น ครูผู้สอนจำเป็นจะต้องปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับภาวะปัจจุบัน เพื่อส่งเสริมให้สามารถวิเคราะห์ศักยภาพของตัวเอง อันนำไปสู่การสร้างอาชีพใหม่เหมาะสมกับตนเองและบริบท รวมถึงความสามารถในการเรียนรู้ปรับตัวกับสถานการณ์ที่ผกผันได้อย่างรวดเร็ว ล้วนเป็นสมรรถะใหม่ที่ผู้เรียนในปัจจุบันจำเป็นต้องมี (Wichianphan, 2020)

กลไกการศึกษาจะต้องเป็นลักษณะของการจัดการศึกษาทางไกล ที่มีทั้งในรูปแบบอนาล็อค (Analog) สำหรับผู้ด้อยโอกาส และในรูปแบบของแพลตฟอร์มดิจิตอล ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และการใช้แอพพลิเคชั่นต่างๆ เพื่อพัฒนาบทเรียน และรูปแบบการถ่ายทอดความรู้ของผู้สอนไปสู่ผู้เรียนด้วยวิธีการออนไลน์ ตระหนักในมิติของการจัดการเรียนรู้ที่ "ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง" บนแพลตฟอร์มออนไลน์ หรือการจัดการเรียนรู้แบบ Active learning ในห้องเรียนเสมือนจริง (Virtual classroom) การจัดการศึกษาออนไลน์ แบบ Active learning ให้เป็นห้องที่มีประสิทธิภาพสูงทั้งกระบวนการและผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน (High functioning classroom) ได้ต้องคำนึงถึงธรรมชาติผู้เรียนผู้สอน และบริบทต่างๆ รวมถึงสภาพแวดล้อม ภูมิสังคมของผู้เรียน และสถานการณ์ของโลกปัจจุบันเพื่อการออกแบบโครงสร้างเนื้อหาที่สอดคล้องสามารถนำไปใช้ได้จริง การออกแบบรายวิชาต้องควบรวมรายวิชาในลักษณะของการบูรณาการให้น้ำหนักไปกับวิชาสัมมนา วิชาค้นคว้าอิสระ วิชาวิทยาการวิจัย และวิชาการสร้างสรรค์นวัตกรรม การเรียนรู้และการมอบหมายงานให้กับผู้เรียนในแต่ละหน่วย จะเป็นการจัดการเรียนรู้รวมกับบุคคลรอบข้างของผู้เรียนไม่ว่าจะเป็นผู้ปกครองหรือครอบครัวของผู้เรียน ซึ่งบุคคลรอบข้างต้องรับรู้ว่าผู้เรียนกำลังเรียนสิ่งใด และกำลังทำสิ่งใด ผู้ปกครองหรือบุคคลรอบข้างจะต้องเข้ามามีส่วนร่วมเสมือนเป็นพี่เลี้ยงให้กับผู้เรียนในระหว่างที่ผู้เรียนกำลังลงมือเรียนรู้ด้วยตนเอง (Wichianphan, 2020)

หลักสูตรพืชศาสตร์ เป็นหลักสูตรระดับปริญญาตรี 4 ปี ของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปรัชญาของหลักสูตร คือ มุ่งผลิตบัณฑิตสู่นักปฏิบัติการเกษตรที่มีคุณธรรม จริยธรรม มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถประยุกต์ศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมทางการเกษตรอินทรีย์มาพัฒนาหรือจัดการนวัตกรรมทางการเกษตรเพื่อพัฒนาอาชีพ สร้างความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม มีการบูรณาการการเรียนการสอนระหว่างรายวิชา การบริการทางวิชาการและงานวิจัย สร้างกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติผ่านโครงงาน หรือการทำกิจกรรมภายในฟาร์ม เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านทักษะการปฏิบัติจริง (Faculty of Natural Resources Rajamangala University of Technology ISAN, 2020) ได้มีการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการการเรียนรู้แบบกรณีศึกษา (Case-based learning) ซึ่งเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้อ่านกรณีตัวอย่างที่ต้องการศึกษา จากนั้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์แลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือแนวทางแก้ปัญหาแล้วนำเสนอ (Pruitthikul, 2005) เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิดและสืบค้นข้อมูลเรียนรู้ผ่านกิจกรรม ฝึกให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต และให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิด สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ มีการจัดกิจกรรมโดยให้ผู้เรียนทุกคนได้เรียนรู้ร่วมกัน (Phakdee Chit, 2014)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบ Active learning บนแพลตฟอร์มออนไลน์ กรณีศึกษา ดินสำหรับปลูก–เพาะกัญชงกัญชา ของนักศึกษาพืชศาสตร์คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ศึกษากรณีตัวอย่างดินสำหรับปลูก–เพาะกัญชงกัญชา จากวัตถุดิบในท้องถิ่นที่ใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ จากนั้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์ สร้างกระบวนคิด และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือแนวทางแก้ปัญหาภายในกลุ่มแล้วนำเสนอความคิดเห็นต่อผู้เรียนทั้งหมดผ่านระบบออนไลน์แพลตฟอร์มแล้วนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ลงมือปฏิบัติจริง ในการเลือกวัสดุปลูก-เพาะกัญชงกัญชาที่หาได้ในท้องถิ่น ดังนั้นผู้เขียนจึงขอนำเสนอประเด็นของแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกบนออนไลน์ แพลตฟอร์ม กรณีศึกษาดินสำหรับปลูก-เพาะกัญชงกัญชา ของนักศึกษาพืชศาสตร์คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องในการนำไปปฏิบัติให้เกิดผลอย่างมีประสิทธิภาพได้ต่อไป การจัดการเรียนรู้แบบเน้นการให้ความรู้จากครูผู้สอนอย่างเดียว มิอาจพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเกิดคุณลักษณะสำคัญต่อการผู้เรียนได้ ครูผู้สอนต้อง

ปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการสอนให้สอดคล้องกับสภาพปัจจุบัน การจัดการเรียนรู้เชิงรุกบนแพลตฟอร์มออนไลน์กรณีศึกษาน่าจะเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่สามารถตอบโจทย์แห่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี (Phoyen, 2021)

Active learning เป็นการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบหนึ่งที่มีคำจำกัดความเป็นภาษาไทยแตกต่างกันออกไป ได้แก่ การเรียนรู้เชิงรุก การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม การเรียนรู้แบบใฝ่รู้ การเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ การเรียนรู้จากประสบการณ์ การจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการ การเรียนรู้แบบกระตือรือร้น และการเรียนรู้แบบศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ภาระหน้าที่ของครูควรมาจากรากลึกของสำนึกและเข้าใจที่จะเสริมสร้างประสิทธิภาพ ยกระดับคุณภาพการเรียนการสอน บทบาทและลักษณะงานของครูผู้สอนต้องครอบคลุมถึงการร่วมแรงร่วมใจระหว่างผู้เรียนและผู้สอน (Collaborator) ยืดหยุ่น (Flexible) มีภาวะผู้นำ (Leadership) มีวิสัยทัศน์ (Vision) สร้างแรงบันดาลใจ (Empower) กล้าได้กล้าเสีย (Risk Taking) ต้องเรียนรู้ตลอดเวลา (Learning) เป็นผู้ที่มี “Adaptive growth mindset” คือ เป็นผู้ที่มีความคิดแบบเติบโตก้าวหน้าที่พร้อมจะปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง และเป็นต้นแบบ ให้แก่ผู้เรียนทุกขณะ (Kuha *et al*., 2019)

ปิรามิดแห่งการเรียนรู้ คือ การแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของมนุษย์ผ่านวิธีการต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ คือ

1. การเรียนรู้เชิงรับ (Passive learning)

   การอ่าน การท่องจำ ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ 10%

   การฟังบรรยายอย่างเดียว ผู้เรียนไม่มีโอกาสได้ทำกิจกรรม ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ 20%

   การมีภาพประกอบการบรรยายด้วย ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ 30%

   การจัดประสบการณ์ เช่น การสาธิต การศึกษาดูงาน ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ 50%

2. การเรียนรู้เชิงรุก (Active learning)

   การให้ผู้เรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้ มีปฏิสัมพันธ์ มีการร่วมอภิปราย ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ 70%

   การจำลองสถานการณ์ การเรียนรู้กรณีศึกษา การฝึกปฏิบัติ การนำเสนอ ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ 90% (Hom Pathum, 2021)

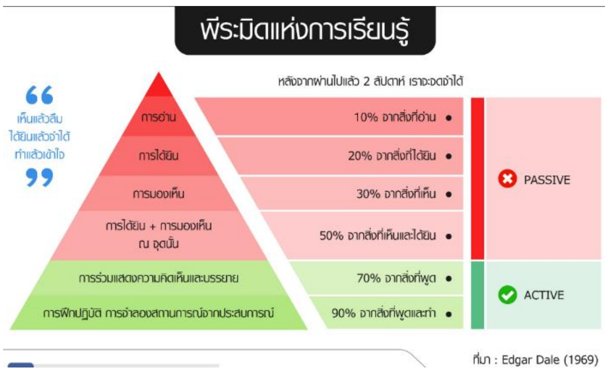


Figure 1 Learning pyramid

(Available https://touchpoint.in.th/cone-of-learning/)

ลักษณะกระบวนการเรียนรู้แบบ Active learning มีดังนี้

1. เป็นการเรียนการสอนที่พัฒนาศักยภาพทางสมอง ได้แก่ การคิด การแก้ปัญหา การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้
2. เป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้
3. ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้และจัดระบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง
4. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน มีการสร้างองค์ความรู้ การสร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน และร่วมมือกันมากกว่าการแข่งขัน
5. ผู้เรียนได้เรียนรู้ความรับผิดชอบร่วมกัน การมีวินัยในการทำงาน และการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ
6. เป็นกระบวนการสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนอ่าน พูด ฟัง คิด
7. เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นทักษะการคิดขั้นสูง
8. เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนบูรณาการข้อมูล ข่าวสาร สารสนเทศ และหลักการสู่การสร้างความคิดรวบยอด
9. ผู้สอนจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติด้วยตนเอง
10. ความรู้เกิดจากประสบการณ์ การสร้างองค์ความรู้ และการสรุปทบทวนของผู้เรียน

(Rungsuwan, 2010)

การจัดการเรียนรู้แบบ Active learning สามารถสร้างให้เกิดขึ้นได้ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน สามารถใช้ได้กับผู้เรียนได้ทุกระดับ ทั้งการเรียนรู้เป็นรายบุคคล การเรียนรู้แบบกลุ่มเล็ก และการเรียนรู้แบบกลุ่มใหญ่ รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบ Active learning ได้ดี ได้แก่

1. การเรียนรู้แบบแลกเปลี่ยนความคิด (Think-Pair-Share) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนคิดเกี่ยวกับประเด็นที่กำหนดแต่ละคน ประมาณ 2-3 นาที (Think) จากนั้นให้แลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนอีกคน 3-5 นาที (Pair) และนำเสนอความคิดเห็นต่อผู้เรียนทั้งหมด (Share)
2. การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative learning group) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น โดยจัดเป็นกลุ่มๆ ละ 3-6 คน
3. การเรียนรู้แบบทบทวนโดยผู้เรียน (Student-led review sessions) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้และพิจารณาข้อสงสัยต่างๆ ในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้โดยครูจะคอยช่วยเหลือกรณีที่มีปัญหา
4. การเรียนรู้แบบใช้เกม (Games) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนนำเกมเข้าบูรณาการในการเรียนการสอน ซึ่งใช้ได้ทั้งในขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน การสอน การมอบหมายงาน และหรือขั้นการประเมินผล
5. การเรียนรู้แบบวิเคราะห์วิดิโอ (Analysis or reactions to videos) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ดูวิดิโอ 5-20 นาที แล้วให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น หรือสะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้ดู อาจโดยวิธีการพูดโต้ตอบกัน การเขียน หรือการร่วมกันสรุปเป็นรายกลุ่ม
6. การเรียนรู้แบบโต้วาที (Student debates) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดให้ผู้เรียนได้นำเสนอข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์และการเรียนรู้ เพื่อยืนยันแนวคิดของตนเองหรือกลุ่ม

7. การเรียนรู้แบบผู้เรียนสร้างแบบทดสอบ (Student generated exam questions) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนสร้างแบบทดสอบจากสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว
8. การเรียนรู้แบบกระบวนการวิจัย (Mini-research proposals or project) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่อิงกระบวนการวิจัย โดยให้ผู้เรียนกำหนดหัวข้อที่ต้องการเรียนรู้ วางแผนการเรียน เรียนรู้ตามแผน สรุปความรู้หรือสร้างผลงาน และสะท้อนความคิดในสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรืออาจเรียกว่าการสอนแบบโครงการ (Project-based learning) หรือการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning)
9. การเรียนรู้แบบกรณีศึกษา (Case study) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้อ่านกรณีตัวอย่างที่ต้องการศึกษา จากนั้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือแนวทางแก้ปัญหาภายในกลุ่ม แล้วนำเสนอความคิดเห็นต่อผู้เรียนทั้งหมด
10. การเรียนรู้แบบการเขียนบันทึก (Keeping journals or logs) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจดบันทึกเรื่องราวต่างๆ ที่ได้พบเห็น หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน รวมทั้งเสนอความคิดเพิ่มเติมเกี่ยวกับบันทึกที่เขียน
11. การเรียนรู้แบบการเขียนจดหมายข่าว (Write and produce a newsletter) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนร่วมกันผลิตจดหมายข่าว อันประกอบด้วย บทความ ข้อมูลสารสนเทศ ข่าวสารและเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น แล้วแจกจ่ายไปยังบุคคลอื่นๆ
12. การเรียนรู้แบบแผนผังความคิด (Concept mapping) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนออกแบบแผนผังความคิด เพื่อนำเสนอความคิดรวบยอด และความเชื่อมโยงกันของกรอบความคิด โดยการใช้เส้นเป็นตัวเชื่อมโยง อาจจัดทำเป็นรายบุคคลหรืองานกลุ่ม แล้วนำเสนอผลงานต่อผู้เรียนอื่นๆ จากนั้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคนอื่นได้ซักถามและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม

การจัดการเรียนรู้เชิงรุกบนแพลตฟอร์มออนไลน์ กรณีศึกษาดินสำหรับปลูก-เพาะกัญชงกัญชา ของนักศึกษาหลักสูตรนวัตกรรมเกษตรอินทรีย์ สาขาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ให้เป็นห้องเรียนที่มีประสิทธิภาพสูงทั้งกระบวนการและผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน (High functioning classroom) ผู้สอนจะต้องคำนึงถึงธรรมชาติของผู้เรียน และบริบทต่างๆ รวมถึงสภาพแวดล้อม ภูมิสังคมที่ผู้เรียนเติบโตมา และสถานการณ์ของโลกปัจจุบันเพื่อการออกแบบโครงสร้างเนื้อหาที่สอดคล้องสามารถนำไปใช้ได้จริง และการออกแบบการเรียนรู้กรณีศึกษาดินสำหรับปลูก-เพาะกัญชา จะต้องควบรวมรายวิชาในลักษณะของการบูรณาการให้น้ำหนักไปกับวิชาการสัมมนา วิชาค้นคว้าอิสระ วิชาวิทยาการวิจัย และวิชาการสร้างสรรค์นวัตกรรม โดยการเรียนรู้และมอบหมายงานวัสดุปลูก-เพาะกัญชงกัญชาที่หาได้และมีในท้องถิ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

กรอบการเรียนรู้แบบกรณีศึกษา ดินสำหรับปลูก–เพาะกัญชงกัญชา ของนักศึกษาหลักสูตรนวัตกรรมเกษตรอินทรีย์ สาขาพืชศาสตร์ ชั้นปีที่ 1 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ในปีการศึกษา 1/2564 มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง ชั้นเรียนออนไลน์

1. ประชุมกลุ่มเพื่อวางแผนการทำงานและการเตรียมวัสดุ และจัดหาวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตร เพื่อนำมาทำปุ๋ยหมัก น้ำหมัก น้ำจุลินทรีย์ และดิน โดยให้ผู้เรียนแต่ละคนสลับกันอภิปรายถึงวัสดุที่ใช้ในการปลูก–เพาะกัญชงกัญชา ที่มีในท้องถิ่นของผู้เรียน และที่ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมมาได้ วิเคราะห์ศักยภาพตัวเองให้กลุ่มเพื่อนฟังถึงข้อดีข้อด้อยของวัสดุที่ใช้ และแนวความคิดที่อยากจะทำ ให้เกิดการแลกเปลี่ยน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Line สำหรับการนัดหมายและสร้างสมาชิกกลุ่มดินปลูก-เพาะกัญชงกัญชา Google classroom สำหรับนำเสนอคำอธิบายเนื้อหาเอกสารวิชาการ ข้อมูลทางพฤษศาสตร์ของกัญชงกัญชา ข้อมูลข้อกฎหมายของกัญชงกัญชา งานที่มอบหมายแต่ละหน่วย Google Meet และ Zoom สำหรับการนำเสนองานที่ถูกมอบหมายให้นักศึกษาทำ แลกเปลี่ยนความคิด เพื่อการวิเคราะห์ สังเคราะห์ แก้ไขปัญหาร่วมกันภายในกลุ่ม โดยมีครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินรายการ

Figure 2 Active learning platform online: Use Google Classroom Application

2. หามติที่ประชุมตกลงร่วมกันในกระบวนการเตรียมวัสดุ จัดหาวัสดุ การผลิตปุ๋ยหมัก น้ำหมัก น้ำจุลินทรีย์ ก่อนที่จะนำไปผสมกับส่วนประกอบอื่นๆ เศษวัสดุทางการเกษตร เศษอาหาร เศษปลา จากตลาดชุมชน แกลบดำ ถ่านไบโอชาล์ ขุยมะพร้าว ฟางข้าว ผักตบชวา จอกแหน แหนแดง น้ำหนักรวม 1,000 กิโลกรัม มูลสัตว์ ได้แก่ มูลวัว มูลควาย มูลสุกร มูลไก่ มูลค้างคาว มูลไส้เดือน น้ำหนักรวม 200 กิโลกรัม สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 จำนวน 1 ซอง ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Google Meet และหรือ ZOOM และให้ใช้สัญลักษณ์ (อิโมจิ) แทนลงมติเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย ประเมินผลด้วยคะแนนมติเสียงข้างมาก สมาชิกภายในกลุ่มจะมอบหมายภาระหน้าที่กันเองให้สมาชิกในกลุ่มไปเตรียมวัสดุ โดยมีครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินรายการ

Figure 3 Active learning platform online: use Google Meet Application

ขั้นตอนที่สอง ผู้เรียนพัฒนาศักยภาพของตนเอง

1. ครูผู้สอนได้เข้าใจศักยภาพของนักศึกษาผู้เรียนจากผลงานที่ได้มอบหมายให้ในขั้นตอนที่หนึ่งมานำเสนอผ่านระบบออนไลน์ Google Meet และหรือ ZOOM ด้วยคะแนนลงมติเสียงข้างมากในที่ประชุม ต่อมาจึงเป็นขั้นตอนนำเข้าสู่เนื้อหาการเรียนรู้ โดยครูผู้สอนนำสื่อมัลติมีเดียต่างๆ จากการสืบค้นจากแหล่งต่างๆ ด้วยโปรแกรม Google Search ที่จะใช้เพื่อสร้างแรงบันดาลใจและความตระหนักเพื่อเปิดทาง ด้วยการนำเอาองค์ความรู้เรื่องการใช้วัสดุปลูกกัญชงกัญชาของหมอพื้นบ้านการแพทย์แผนไทยจังหวัดสกลนคร คือ จอมดินไส้เดือน ปุ๋ยไส้เดือน แหนแห้ง มูลควาย มูลค้างคาว เปลือกหอยเชอรี่ ปูป่น และแกลบดำ มานำเสนอและแสดงให้เห็นวัสดุต่างๆ ที่มีในท้องถิ่นสกลนคร ด้วยรูปภาพผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ออนไลน์ CANVA ครูผู้สอนอธิบายหลักการของการเตรียมการ คือ ดินปลูก–เพาะกัญชงกัญชาต้องร่วนซุยชื้นแต่ไม่แฉะ มีความเป็นกรดเล็กน้อย (ค่า pH 5.6-6.5) ดินต้องไม่เป็นพิษ จากนั้นให้นักศึกษาผู้เรียนเสนอความคิดสิ่งที่ตัวเองมีอยู่ และลงมือทำหรือคิดค้นด้วยตนเอง โดยใช้โปรแกรม Line สำหรับการนัดหมายสมาชิกภายในกลุ่มดินเพาะ-ปลูกกัญชงกัญชา, Google Meet และ Zoom สำหรับการนำเสนองานที่ถูกมอบหมายให้นักศึกษาทำ แลกเปลี่ยนความคิด เพื่อการวิเคราะห์ สังเคราะห์ แก้ไขปัญหาร่วมกันภายในกลุ่ม โดยมีครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินรายการ

2. ดำเนินการทำปุ๋ยหมัก ตามวิธีการของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เริ่มต้นด้วยการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตร มากองรวมกันให้กว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 50 ซม. ย่ำให้แน่นแล้วโรยด้วยมูลสัตว์ที่ผิวหน้าเศษวัสดุและราดด้วยสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 ให้ทั่ว โดยแบ่งใส่เป็นชั้นๆ หลังจากนั้นนำเศษพืชมากองทับเพื่อทำเป็นชั้นต่อไป ทำเช่นนี้ 3-4 ชั้น ชั้นบนสุดจะปิดทับด้วยเศษพืช ส่วนการดูแลจะกลับปุ๋ยทุกสัปดาห์และรดน้ำรักษาความชื้นไม่ให้แห้ง หมักวัสดุทั้งหมดไว้เป็นเวลา 5 เดือนจึงนำมาใช้ในขั้นตอนต่อไป มีการแชร์ลิงค์ขั้นตอนการทำปุ๋ยหมักผ่านโปรแกรม Line ให้กับกลุ่มสมาชิก

3. ดำเนินการทำน้ำหมักปลาชีวภาพ ตามวิธีการของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เริ่มต้นด้วยการนำเศษอาหาร/เศษปลาที่เหลือจากการชำแหละในตลาดชุมชนมาใส่ถังขนาด 200 ลิตร ราดด้วยสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 คนให้เข้ากัน หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 5 เดือน จึงนำมาใช้ในขั้นตอนต่อไป มีการแชร์ลิงค์ขั้นตอนการทำน้ำหมักปลาหมักผ่านโปรแกรม Line ให้กับกลุ่มสมาชิก

ขั้นตอนที่สาม ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง

1. ให้ผู้เรียนแยกย้ายกันลงมือศึกษาค้นคว้า ประดิษฐ์คิดค้นด้วยตนเอง โดยอาศัยเพื่อนสมาชิก คนใกล้ชิดเป็นผู้ช่วยเหลือ และนัดพบปะพูดคุยกันผ่านโปรแกรม Line และโปรแกรม Google Meet สำหรับรายงานความก้าวหน้า แชร์วิดิโอที่ถ่ายทำขั้นตอนการทำงานของนักศึกษา และเก็บข้อมูลจากการจดบันทึกลงในโปรแกรม Excel เพื่อทำการประเมินผลในลักษณะการประเมินตามสภาพจริง Formative assessment โดยรูปแบบการประเมินเป็นแบบ 360 องศา (360-degree review) ทวนซ้ำการประเมิน 1 รอบ โดยมีเพื่อนๆ ในกลุ่ม เข้าร่วมรับฟังแลกเปลี่ยนและร่วมกันประเมินแบบออนไลน์ โดยมีครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินรายการทุกครั้ง
2. การเปรียบเทียบสูตรดินปลูกสูตรที่ 1 ของ ผศ.ดร. สมชาย แก้ววังชัย (Kaew Wangchai, 2021) สูตรที่ 2 องค์ความรู้หมอพื้นบ้านแพทย์แผนไทยสกลนคร (Bud Pha Phrom, 2021) สูตรที่ 3 ของอาจารย์วุฒิพงษ์ ฮามวงศ์ (Hamvong, 2018) สูตรที่ 4 กลุ่มผู้เรียน รายละเอียดดัง Table 1

Figure 4 Learners real practice

Figure 5 Soil for planting–cannabis hemp cultivation from local materials

Table 1 Soil Planting formulas for growing cannabis

Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
mold 20%	mold 20%	mold 20%	mold 20%
Peat moss 20%	Perlite 10%	Earthworm soil 20%	Termite soil 20%
Coco peat 15%	Compost 5%	Perlite 20%	Compost 10%
Pumice 5%	Coco peat 10%	Peat moss 30%	Bio-fermented 10%
Husk 5%	Vermicompost 20%	Gravel 5%	Pig manure 5%
Vermicompost 5%	Bat Guano 5%	Black chaff 10%	Chicken manure 5%
Bat Guano 70 g	Black chaff 5%	Compost 10%	Cow manure 5%
Water 1 liter	Water 1 liter	Dried duckweed 10%	Bat Guano 2%
		Buffalo manure 5%	Vermicompost 5%
		Vermicompost 5%	Coco peat 10%
		Bat Guano 2%	Black chaff 10%
		Chitosan 5%	Biochar 5%
		Water 1 liter	Photosynthetic microorganisms 5%
			Azolla 5%
			Water 1 liter

3. นำปุ๋ยหมักชีวภาพ และน้ำหมักปลาชีวภาพที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในห้องปฏิบัติการ แล้วนำมาผสมกับวัตถุดิบอื่นๆ เช่น แกลบเผา กาบมะพร้าวสับ จอกแหนแห้งสับ กากอ้อย โดโลไมต์ 5% และหินฟอสเฟต 10% บ่มเป็นเวลา 28 วัน (Somchan and Shutsrirung, 2014)

4. นำมาผสมตามอัตราส่วนก่อนที่จะนำไปทดลองปลูกและเพาะกัญชาสายพันธุ์หางกระรอกในถุงบิ๊กแบค ขนาด 80 กิโลกรัม เปรียบเทียบสูตรดินปลูกที่ 1, 2, 3 และ 4 ของผู้เรียน

5. นำดินปลูกแต่ละสูตรไปวิเคราะห์สมบัติของดินปลูกในห้องปฏิบัติการได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง (1:25; soil:H_2O) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (1:5; soil:H_2O) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (NH_4OAc 1M pH7), (Chapman, 1965) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen: Kjeldahl method ตามมาตรฐาน AOAC ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Vanado-molybdate) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II) (Bray and Kurtz, 1945) และวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (NH_4OAc 1M pH7) (Jones, 2001) วิเคราะห์หาค่าอินทรียวัตถุ (Laeadon, 2019)

6. การเตรียมต้นกล้ากัญชาสายพันธุ์หางกระรอก โดยนำเมล็ดมาแช่ในน้ำร้อน 70^{0}ซ. นาน 2 นาทีเพาะในถาดหลุมจนต้นกล้ามีความสูงประมาณ 5 ซม. โดยคัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดเท่ากัน เพื่อไปปลูกในถุงบิ๊กแบ๊คในแต่ละหน่วยทดลอง จำนวน 4 กรรมวิธี (Treatment) วิธีละ 4 ซ้ำ (ต้น) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD)

7. การเตรียมเข่งเบอร์ 1 ปากเข่งหรือถุงบิ๊กแบค ขนาด 68 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 52 ซม. มีปริมาตรประมาณ 120 ลิตร สามารถใส่ดินสำหรับปลูกได้ 80 ลิตร จำนวน 16 ใบ ปลูกแบบ OUTDOOR เว้นระยะห่างระหว่างต้น 1-1.5 เมตร และระยะระหว่างแถว 1.5-2 เมตร คลุมแปลงด้วยผ้าสแลน 50% ทั้งวัน เป็นเวลา 5 วันหลังจากนั้น จึงค่อยเปิดรับแดดเต็มที่ในช่วงเช้า (คลุมเฉพาะช่วงบ่าย) อีก 5 วัน ก่อนที่จะเปิดผ้าสแลนออกทั้งหมด (ไม่คลุมทั้งวัน) การกำจัดวัชพืชจะใช้การถอนและการป้องกันแมลงจะใช้น้ำส้มควันไม้ฉีดพ่น (อัตราส่วนต่อน้ำ 1:20 ลิตร)

8. การบันทึกข้อมูล โดยจัดเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของกัญชาสายพันธุ์หางกระรอก ด้วยโปรแกรม Excel ในดินปลูกแต่ละสูตรได้แก่

   a. ความสูง โดยใช้ไม้บรรทัดหรือตลับเมตรหรือสายวัด วัดความสูงของต้นกัญชาจากโคนต้นถึงส่วนยอด เมื่ออายุได้ 7 วัน, 14 วัน, 21 วัน, 28 วัน, 35 วัน และทุกๆ เดือน หลังจากย้ายปลูกในเข่ง
   b. จำนวนใบ โดยนับจำนวนใบทุกใบเมื่ออายุได้ 30 วัน หลังจากที่ย้ายปลูกในเข่ง
   c. ความกว้างของใบ โดยวัดความกว้างของใบทุกใบเมื่ออายุได้ 30 วัน หลังจากที่ย้ายปลูกในเข่ง
   d. น้ำหนักต้นสด เมื่อต้นกัญชามีอายุได้ 6 เดือนหลังปลูกลงเข่ง ทำการถอนออกจากแปลงทดลองแล้วนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่ง
   e. น้ำหนักแห้ง นำต้นกัญชาไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปชั่งน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่ง

9. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range test ที่ความเชื่อมั่น 95%

Figure 6 Hands-On

Figure 7 Test soil for planting-cultivating hemp, cannabis

ขั้นตอนที่สี่ การประเมินผล

ประเมินจากกระบวนการทำงานและชิ้นงาน ครูผู้สอนประเมินชิ้นงาน ซึ่งเป็นดินสำหรับปลูก-เพาะกัญชา โดยกลุ่มผู้เรียนได้ใช้ชื่อ "ภูพานซอยล์ Phu Phan Soil" ซึ่งใช้วัสดุปลูกที่มีในท้องถิ่นสกลนคร คือ ดินหัวเชื้อ ปุ๋ยน้ำหมักอินทรีย์มูลควาย มูลหมู มูลไก่ไล่ทุ่ง มูลค้างคาว ขุยมะพร้าว แกลบดำ มูลไส้เดือน ถ่านไบโอชาล์ ดินจอมปลวก เปลือกหอย จากการตรวจสอบพบกระบวนการในการจัดเตรียมวัสดุที่มีในท้องถิ่น และการผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้

1. การประเมินด้านคุณธรรมจริยธรรม พบว่ากลุ่มผู้เรียนเข้าร่วมกิจกรรมทุกครั้งที่มีการนัดหมายด้วยโปรแกรม Line ผ่านโปรแกรม Google Meet มีพฤติกรรมการส่งงานที่ได้รับมอบหมายทุกครั้ง คุณภาพของงานที่ส่งอยู่ในเกณฑ์ดี เพราะจากการสังเกตของครูผู้สอนได้เห็นวัสดุต่างๆ ผ่านโปรแกรมนำเสนอ PowerPoint และคลิปวิดิโอที่นักศึกษานำเสนอส่วนใหญ่มาจากเศษเหลือจากภาคการเกษตร เครื่องมือในการสื่อสารมีความเหมาะสมทันสมัย การใช้ภาษาในการสื่อสารถูกต้อง เหมาะสม ชัดเจน

2. การประเมินด้านความรู้ พบว่าผู้เรียนมีทักษะการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Line, Google Classroom, Google Meet โดยมีครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินรายการ ผู้เรียนมีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ได้อย่างเหมาะสม มีการรายงานให้ทราบถึงความก้าวหน้าของงานที่ได้รับมอบหมาย การสืบค้นข้อมูลในฐานข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ประกอบการทำงาน ผู้เรียนมีทักษะการใช้ภาษาไทยในการเขียนและพิมพ์เอกสารเพื่อส่งให้กับครูผู้สอนได้อย่างถูกต้อง มีการเลือกใช้คำที่เหมาะสม

3. การประเมินทักษะทางปัญญา พบว่าผู้เรียนมีเอกสารประกอบทุกครั้งที่มีการนัดประชุมผ่านระบบออนไลน์ สื่อสไลด์ต่างๆ ที่นำเสนอให้ครูผู้สอนได้รับรู้ถูกต้อง จัดเรียงลำดับความสำคัญได้อย่างเหมาะสม

4. การประเมินทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ พบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีผลสัมฤทธิ์กับชิ้นงานต่างๆ ที่ครูผู้สอนมอบหมาย เช่น การจัดหาวัสดุเหลือจากภาคเกษตร การสืบค้นข้อมูลวิธีการทำปุ๋ยหมัก การทำน้ำหมัก การทำน้ำจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง เป็นต้น นอกจากนั้นยังพบว่าผู้เรียนมีการนัดประชุมกลุ่มย่อยผ่านระบบออนไลน์ในการทำงานร่วมกัน เช่น การทำปุ๋ยหมัก การทำน้ำหมัก การทำน้ำจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง การทำสื่อสไลด์นำเสนอ และการทำเอกสารประกอบให้กับครูผู้สอน

5. การประเมินทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร การใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ พบว่าผู้เรียนมีการเลือกใช้สื่อนำเสนอได้อย่างเหมาะสมตามสถานการณ์ COVID-19 สามารถนำเสนอสื่อสไลด์ให้ครูผู้สอนได้รับฟัง เข้าใจง่าย อย่างถ่องแท้ ตอบคำถามได้อย่างชัดเจน และแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้อย่างเหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

การจัดการเรียนรู้เชิงรุกบนแพลตฟอร์มออนไลน์ กรณีศึกษาดินสำหรับปลูก–เพาะกัญชงกัญชา ของนักศึกษาพืชศาสตร์คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ เน้นการสอนตามความถนัด ความสามารถ และความสนใจของผู้เรียนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ได้เรียนรู้สิ่งต่างๆ รอบตัว เป็นประสบการณ์ตรง และเรียนรู้จากการกระทำของตนเอง สามารถหาวิธีการเรียนรู้ด้วยกระบวนการของตนเอง มีปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มผู้เรียนและครูผู้สอนในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบกรณีศึกษา (Case-based study) บนแพลตฟอร์มออนไลน์ ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Line, Google Classroom, Google Meet รายงานความก้าวหน้าผ่านโปรแกรมออนไลน์ CANVA, Power Point และเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรม Excel ครูผู้สอนทำการประเมินผลการเรียนรู้ในลักษณะการประเมินผลรอบทิศ แบบ 360 องศา (360-degree review) ตามสภาพจริง (Formative Assessment) ในด้านคุณธรรมจริยธรรม ด้านความรู้ ด้านทักษะทางปัญญา ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ครูผู้สอนเป็นผู้รอบรู้และมีประสบการณ์ โดยได้ทำการซักถามตั้งคำถามที่สามารถกระตุ้นให้นักศึกษาผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดอยู่ตลอดเวลาตั้งแต่เริ่มต้น ระหว่างดำเนินกระบวนการ จนถึงสิ้นสุดกระบวนการ และหาข้อสรุป ทำให้กลุ่มผู้เรียนสามารถเรียนรู้ภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติได้ในช่วงที่เกิดการระบาดของเชื้อไวรัส สถาบันทางการศึกษาและหน่วยงานต่างๆ ปิดทำการชั่วคราวจนกว่าสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัสจะดีขึ้น การจัดการเรียนรู้เชิงรุกบนแพลตฟอร์มออนไลน์ กรณีศึกษาฯ จึงช่วยให้ผู้เรียนและครูผู้สอนยังสามารถสร้างกระบวนการจัดการเรียนการสอนได้ตามปกติ

กลุ่มผู้เรียนเป็นนักศึกษาหลักสูตรนวัตกรรมเกษตรอินทรีย์ อายุระหว่าง 20-70 ปี สาขาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภายหลังการเข้าสู่การจัดการเรียนรู้เชิงรุกบนแพลตฟอร์มออนไลน์ กรณีศึกษาดินสำหรับปลูก–เพาะกัญชงกัญชา ได้ลงมือปฏิบัติจริงจนได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นดินสำหรับปลูก-เพาะกัญชา โดยใช้ชื่อ “ภูพานซอยล์ Phu Phan Soil” ซึ่งใช้วัสดุปลูกที่มีในท้องถิ่นสกลนคร คือ ดินหัวเชื้อ ปุ๋ยน้ำหมักอินทรีย์ มูลควาย มูลหมู มูลไก่ไล่ทุ่ง มูลค้างคาว ขุยมะพร้าว แกลบดำ มูลไส้เดือน ถ่านไบโอชาร์ ดินจอมปลวก เปลือกหอย การผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ นำไปบรรจุถุงละ 10 กิโลกรัม จำหน่ายให้กับวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์ ประชาชนทั่วไป ราคาถุงละ 160 บาท สามารถสร้างรายได้ให้กลุ่มผู้เรียนเดือนละ 288,000 บาท (1,800 ถุง/เดือน)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากคณบดี คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่ได้ให้โอกาสกับผู้วิจัย และให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ไข

ข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจน ความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง คอยติดตาม และสนับสนุน จนงานวิจัยสำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ จากใจจริง

ขอขอบคุณกลุ่มนักศึกษาในหลักสูตรนวัตกรรมเกษตรชั้นปีที่ 2 สาขาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ทั้ง 7 ท่าน ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการจัดการเรียนรู้เชิงรุกบนแพลตฟอร์มออนไลน์ กรณีศึกษาดินสำหรับปลูก–เพาะกัญชงกัญชา ของนักศึกษาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ความสำเร็จในการทำงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระคุณบิดามารดาที่ได้ส่งเสริมสนับสนุน และได้รับกำลังใจที่เป็นอย่างดีจากครอบครัว และขอรำลึกถึงครูอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัยตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน

ท้ายสุดนี้คุณประโยชน์ใดที่ได้จากงานวิจัยฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านและขอขอบพระคุณผู้ที่เป็นเจ้าของแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ ของงานวิจัย วารสาร และบทความ ที่ผู้วิจัยนำมาอ้างอิงในการทำวิจัยฉบับนี้ไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 9: 243

Bud Pha Phrom, B. 2021. **Interview Indigenous Sakon Nakhon knowledge Ban Wang Wen, Tumbol Kamtaka, Kamtaka district, Sakon Nakhon Province.** (Interview). (30 April 2021).

Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. **Agronomy** 9: 891-901.

Faculty of Natural Resources Rajamangala University of Technology Isan Sakonnakhon Campus. 2020. **Self-Assessment Report (SAR): Bachelor of Science Program in lant Science 1(1).** Sakon Nakorn: Faculty of Natural Resources Press. 120 p.

Hamvong, W. 2018. **Indigenous Sakon Nakhon knowledge.** Sakon Nakhon: Faculty of Natural Resources Press. 80 p.

Hom Pathum, E. 2021. **Application of Active Learning in teaching and learning.** [Online]. Available http://www.edbathai.com/Main2/ (20 July 2021)

Jones, J.B.Jr. 2001. **Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis.** Boca Raton: CRC Press. 384 p.

Kaew Wangchai, S. 2021. **Hemp cultivation tips that anyone can do.** [Online]. Available https://www.technologychaoban.com/bullet-news-today/article_177311 (20 July 2021).

Kuha, A., S. Puti and H. Nochi. 2019. Transformative Changing World, Learning through Active Learning. **Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus** 30(2): 1-13. [in Thai]

Laeadon, K. 2019. Production and formulation development of soilbased from agricultural waste materialfor distribution ,case study of housewife group's Nongtadsubdistrics. **Journal of Agri. Research and Extension** 36(3): 66-77. [in Thai]

Phakdee Chit, Y. 2014. **Active learning with 21st century student development.** [Online]. Available http://apr.nsru.ac.th/Act_learn/myfile/ 27022015155130_article.docx (20 July 2021). [in Thai]

Phoyen, K. 2021. Active learning: learning management that meets the needs of education in the 21st century. **Journal of Education** 19(1): 11-28. [in Thai]

Pruitthikul, S. 2005. Quality of students derived from active learning process. **Journal of Education Administration** 6(2): 1-13. [in Thai]

Rungsuwan, C. 2010. **Active learning.** [Online]. Available https://www.pharmacy.cmu.ac.th/ unit/2011-06-2211-53-ActiveLearning.doc. (20 June 2020). [in Thai]

Somchan, N. and A. Shutsrirung. 2014. Leonardite quality improvement for soil amendment. **Research and Development Kingmogkut Journal** 37(1): 33-43. [in Thai]

Wichianphan, T. 2020. **Active learning education management on online platform in the time of COVID-19.** [Online]. Available https://www.starfishlabz.com/blog/ 158-active-learning-online-platform-covid-19 (20 June 2021). [in Thai]

การประเมินคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์บางชนิด: องค์ประกอบทางเคมี และกรดอะมิโน

Nutritional Evaluation of Some Organic Feed Ingredients: Chemical Composition and Amino Acid Profile

ทองเลียน บัวจูม สุรีรัตน์ ถือแก้ว* และบัวเรียม มณีวรรณ์

Tonglian Buwjoom, Sureerat Thuekeaw* and Buaream Maneewan

[1] คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: S.thuekeaw@gmail.com

Abstract

Nutritional value of feed ingredients is crucial as a base for the development of feed formulation. Organic livestock production is lack of this information. To increase knowledge of organically produced feed materials, the present trial was conducted to compare nutritive values and amino acid profiles of organic (O) and conventional (C) feed ingredients. These consisted of corn (OC, CC), full fat soybean (OFFSB, CFFSB), rice bran (ORB, CRB), broken rice (OBR, CBR) and *Leucaena* (OL, CL). The findings indicated that OC had crude protein (CP) ether extract (EE) crude fiber (CF) gross energy (GE) phosphorus (P) and calcium (Ca) similar to a reference range of CC. The CP of OFFSB and CFFSE ranged from 38 - 39%. Two sources of rice bran and *Leucaena* had variation of nutrient composition, especially CP and CF. OL had higher CP than CL (5.18%), but no significant difference was found (P>0.05). Likewise, there was no difference between ORB and CRB (P>0.05). The similar amino acid was indicated in this study, whereas methionine and lysine were relatively low. These findings provide useful information for developing organic feed formulation.

Keywords: amino acid, organic feed ingredient, chemical composition

บทคัดย่อ

คุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการพัฒนาสูตรอาหารสัตว์ การผลิตปศุสัตว์อินทรีย์ยังคงขาดข้อมูลเหล่านี้ เพื่อเพิ่มองค์ความรู้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ งานวิจัยนี้จึงทำการประเมินองค์ประกอบทางเคมี และกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ เปรียบเทียบกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั่วไป วัตถุดิบอาหารสัตว์ประกอบด้วย ข้าวโพด ถั่วเหลืองไขมันเต็ม รำ ปลายข้าว และกระถิน ผลการศึกษาพบว่าข้าวโพดอินทรีย์มีโปรตีน ไขมัน เยื่อใย พลังงานรวม แคลเซียม และฟอสฟอรัสใกล้เคียงกับข้อมูลอ้างอิงของข้าวโพดทั่วไป โปรตีนในถั่วเหลืองไขมันเต็มอินทรีย์ และถั่วเหลืองทั่วไปอยู่ในช่วง 38-39% รำ และกระถินจากทั้งสองแหล่งมีความแปรปรวนของโภชนะโดยเฉพาะอย่างยิ่ง โปรตีน และเยื่อใย กระถินอินทรีย์มีโปรตีนสูงกว่ากระถินทั่วไป (5.18%) แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับองค์ประกอบทางเคมีของปลายข้าวอินทรีย์ และปลายข้าวทั่วไป ($P>0.05$) ปริมาณกรดอะมิโนในวัตถุดิบอินทรีย์ และวัตถุดิบทั่วไปมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีเมธไอนีนและไลซีนค่อนข้างต่ำ จากการศึกษานี้ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีและกรดอะมิโนจะเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาสูตรอาหารสัตว์อินทรีย์ต่อไป

คำสำคัญ: กรดอะมิโน วัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ องค์ประกอบทางเคมี

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่มีคุณภาพดี ไม่มีสารเคมี และยาปฏิชีวนะตกค้าง เนื่องจากความกังวลเรื่องสุขภาพในระยะยาว อีกทั้งผู้บริโภคยังคำนึงถึงกระบวนการผลิตที่สามารถลดผลเสียหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งสามารถปกป้องสวัสดิภาพสัตว์ได้ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่กำลังจะเพิ่มขึ้นในอนาคต การผลิตปศุสัตว์ปลอดภัย หรือปศุสัตว์อินทรีย์จึงเป็นอีกทางเลือก สำหรับการพัฒนาอาหารปลอดภัยในห่วงโซ่อาหาร แนวคิดของระบบการผลิตปศุสัตว์อินทรีย์มุ่งเน้นลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดสารเคมีตกค้างในผลิตภัณฑ์ควบคู่ไปกับมาตรฐานสวัสดิภาพสัตว์ (Sundrum, 2014) อาหารสัตว์เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตสัตว์ นอกเหนือจากจะส่งเสริมการเจริญเติบโต สร้างผลผลิต และยังเป็นต้นทุนหลักในการผลิตอีกด้วย อาหารสัตว์อินทรีย์ต้องมีการปรับให้เหมาะสมกับสัตว์ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000 เล่ม 2-2554) (Thai Agricuture Standard, 2011) วัตถุดิบที่ใช้ต้องได้รับการรับรองมาตรฐานอินทรีย์ หรือเป็นวัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติ พื้นที่ปลูกไม่เคยใช้ทำการเกษตร หรือใช้สารเคมีอย่างน้อย 3 ปี วัตถุดิบที่ใช้ต้องไม่มาจากกระบวนการดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically Modified Organisms, GMO) จึงทำให้การปลูกพืชอาหารสัตว์อินทรีย์มีค่อนข้างน้อย ส่งผลต่อปริมาณ และความหลากหลายของวัตถุดิบไม่เพียงพอต่อความต้องการ วัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ที่มีการผลิตในปัจจุบัน ได้แก่ ข้าวโพด ถั่วเหลือง รำ ปลายข้าว และกระถิน เป็นต้น อย่างไรก็ตามสูตรอาหารสัตว์อินทรีย์ยังคงต้องพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาสูตรอาหารต้องการความรู้เกี่ยวกับค่าพลังงาน องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างมาก สำหรับการพัฒนาสูตรอาหารให้ตรงตามความต้องการของสัตว์แต่ละชนิด และแต่ละช่วงอายุ เพื่อให้ได้ผลผลิตและผลลัพธ์ทางเศรษฐกิจสูงสุด (Kyntäjä *et al.*, 2014) อีกทั้งยังคงมีการตั้ง

คำถามเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างการปลูกพืชในระบบทั่วไป กับระบบอินทรีย์ต่อคุณค่าโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์ องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณกรดอะมิโนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาของร่างกาย ระบบสืบพันธุ์ การให้ผลผลิต และสุขภาพของสัตว์ (Li *et al.*, 2011) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ เปรียบเทียบกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั่วไป ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับมีฐานข้อมูลสำหรับการผลิตอาหารสัตว์อินทรีย์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาการเลี้ยงสัตว์ในระบบอินทรีย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบอาหารสัตว์

ทำการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะ และปริมาณกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั่วไป (Conventional feed ingredients) และวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ (Organic feed ingredients) ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย ข้าวโพด (Conventional - organic corn; CC, OC) ถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Conventional - organic full fat soybean, CFFSB, OFFSB) รำ (Conventional Organic rice bran, CRB, ORB) ปลายข้าว (Conventional - organic broken rice, CBR, OBR) กระถิน (Conventional -organic *Leucaena*, CL, OL) ได้รับความอนุเคราะห์จากโครงการผลิตอาหารสัตว์และปศุสัตว์อินทรีย์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยวัตถุดิบอินทรีย์ได้รับรองมาตรฐานอินทรีย์ ดังนี้ OC และ OL มาตรฐานเกษตรอินทรีย์จากสหพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (International Federation of Organic Agriculture Movements, IFOAM) OFFSB มาตรฐานการพัฒนาเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคเหนือ (มอน.) ORB และ OBR มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.) โดยวัตถุดิบอินทรีย์ได้ผ่านการวิเคราะห์สารตกค้างจากยากำจัดศัตรูพืช 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate group), กลุ่ม ออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine group) กลุ่มฟอสฟอรัสฟอสเฟต (Organophosphate group) และกลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroid group) แสดงใน Table 1

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ทำการสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบอาหารจากกระสอบ 10 กระสอบ กระสอบละ 5 จุด จนได้ตัวอย่างละ 2 กิโลกรัม จากนั้นนำตัวอย่างมาวิเคราะห์วัตถุแห้ง (Dry matter; DM) โปรตีนโดยรวม (Crude Protein; CP) เยื่อใยโดยรวม (Crude fiber; CF) ไขมันโดยรวม (Ether extract; EE) และเถ้า (Ash) โดยวิธีของ Proximate analysis ของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016) วิเคราะห์พลังงานรวม (Gross energy; GE) ด้วยเครื่องวิเคราะห์หาพลังงานอัตโนมัติ (IKA® Calorimeter system C000, Germany) ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีวัตถุดิบอินทรีย์ และวัตถุดิบทั่วไปถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Two independent samples t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 กลุ่ม

วิเคราะห์กรดอะมิโน

นำตัวอย่างมาย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 6 โมลาร ปริมาณ 5 มล. ด้วยวิธีรีฟลักซ์ที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติม internal standard และทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่น นำไปผสมกับ Acco-fluor derivatization buffer และ Acco-fluor reagent ให้ความร้อนที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (Li *et al.*, 2011; Espinosa *et al.*, 2021) นำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาวิเคราะห์กรดอะมิโนตามวิธี In-house method โดยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ใช้คอลัมน์ Hypersil Gold column 18 ขนาด 4.6*150 มม. ตรวจสอบสารโดยใช้ Jasco FP 2020 fluorescence Detector ความยาวคลื่น 395 นาโนเมตร ฉีดตัวอย่าง 5 ไมโครลิตร เข้าเครื่อง HPLC จากนั้นทำการศึกษาลักษณะของพีกที่เปลี่ยนไป เทียบกับลักษณะของกราฟมาตรฐานของกรดอะมิโน

Table 1 Pesticides residue analysis in organic feed ingredients

Item[1]	Organic feed ingredient[2]					LOD (mg/kg)[3]
	OC	OFFSB	ORB	OBR	OL	
Carbamate group	ND	ND	ND	ND	ND	0.01
Organochlorine group	ND	ND	ND	ND	ND	0.005
Organophosphate group	ND	ND	ND	ND	ND	0.01
Pyrethroid group	ND	ND	ND	ND	ND	0.005

[1]**Carbamate group** = Oxamyl, Methomyl, Carbaryl, Isoprocarb, Fenobucarb, Methiocarb, Promecarb, Total Aldicarb, Aldicarb, Aldicarb Sulfoxide, Aldicarb Sulfone, Total Carbofuran, Carbofuran and Carbofuran-3-hydroxy; **Organochlorine group** = Total BHC, Alpha BHC, Beta BHC, Gamma BHC (Lindane), Heptachlor & Heptachlor epoxide, Heptachlor, Heptachlor epoxide, Aldrin & Dieldrin, Aldrin, Dieldrin, Total DDT, Total Endosulfan, Beta Endosulfan, Endosulfan Sulfate, Total Chlordane, Alpha Chlordane, Endrin and Dicofol; **Organophosphate group** = Methamidophos, Mevinphos, Diazinon, Dicrotophos, Monocrotophos, Dimethoate, Pirimiphos-methyl, Chlorpyrifos, Parathion-methyl, pirimiphos-ethyl, Malathion, Fenitrothion, Prothiofos, Profenofos, Triazophos, Dichlorvos (DDVP), Omethoate, Parathion ethyl, Methidathion, Ethion, Phosalone and Azinphos; **Pyrethroid group** = Bifenthrin, Permethrin, L-Cyhalothrin, Cypermethrin, Cyfluthrin, Fenvalerate and Deltamethrin

[2] Organic corn, OC; Organic full fat soybean, OFFSB; Organic rice bran, ORB; Organic broken rice, OBR; Organic *Leucaena*, OL;

[3] LOD; Limit of detection.

ND = Not detected

ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมี

วัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษานี้ไม่พบสารตกค้างจากยากำจัดศัตรูพืช 4 กลุ่ม การประเมินค่าพลังงานรวม และองค์ประกอบทางเคมีในวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์แสดงใน Table 2 พบว่า CC และ OC มีวัตถุแห้ง

โปรตีน ไขมัน เยื่อใย แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานรวมไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ในส่วนของ FFSB มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ในช่วง 38-39% ไม่พบความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะของปลายข้าว พบว่า ORB มีโปรตีนและไขมันสูงกว่า CRB ประมาณ 5-6% แต่ไม่พบความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับองค์ประกอบทางเคมีของ OBR และ CBR อีกทั้งยังไม่พบแคลเซียมในทั้งสองตัวอย่าง สำหรับ OL มีโปรตีนสูงกว่า CL 5.18% อย่างไรก็ตามยังไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

กรดอะมิโน

ปริมาณกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ และวัตถุดิบทั่วไปแสดงใน Table 3 และ 4 พบกรดอะมิโนจำเป็น (Indispensable amino acid) 10 ชนิด และ กรดอะมิโนไม่จำเป็น (Dispensable amino acid) 7 ชนิด จากการศึกษากรดอะมิโนใน OC พบปริมาณเมทไธโอนีน และไลซีนต่ำกว่า CC ประมาณ 0.3 และ 0.2 ก/กก. ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม OC พบปริมาณเซอรีนสูงกว่า CC 0.8 ก/กก. ส่วนกรดอะมิโนชนิดอื่นมีค่าที่ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.05-0.3 ก/กก. OFFSB มีปริมาณกรดกลูตามิกสูงที่สุด ตามด้วยกรดแอสพาร์ติก และอาร์จินีนตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ CFFSB พบว่า OFFSB มีกรดอะมิโนจำเป็นสูงกว่า CFFSB อยู่ในช่วง 0.8 ถึง 1 ก/กก. ยกเว้น ไลซีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน และฟีนิลอะลานีน จากผลการศึกษาเห็นได้ชัดว่าปริมาณกรดอะมิโนใน ORB สูงกว่า CRB โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรดอะมิโนจำเป็น ใน CBR มีทรีโอนีนสูงกว่า OBR (0.9 ก/กก.) อย่างไรก็ตามกรดอะมิโนไม่จำเป็นยังคงพบมากใน OBR ขณะที่ OL พบกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ในช่วง 1.9 ถึง 12.7 ก/กก. โดยกรดอะมิโนจำเป็นที่มีปริมาณสูงที่สุด คือ ลิวซีน (12.7 ก/กก.) และที่พบน้อยที่สุดคือเมทไธโอนีน (1.9 ก/กก.) เมื่อเทียบกับ CL พบว่าปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ในช่วง 1.9 ถึง 13.2 ก/กก. ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

Table 2 Chemical composition of organic and conventional feed ingredients (as-fed basis, %)

Ingredient[1]	Chemical composition (%)[2]							
	DM	CP	EE	CF	Ash	Ca	P	GE (Cal/g)
CC	89.81 ± 0.51	8.35 ± 0.13	4.72 ± 0.12	2.54 ± 0.15	1.10 ± 0.10	0.05 ± 0.02	0.27 ± 0.03	3,822.33 ± 64.08
OC	86.41 ± 1.27	8.31 ± 0.16	3.88 ± 0.07	2.42 ± 0.38	1.44 ± 0.09	0.03 ± 0.01	0.28 ± 0.03	3,882.33 ± 76.07
P-value	0.28	0.80	0.57	0.26	0.93	0.15	0.86	0.83
CFFSB	90.79 ± 0.79	39.19 ± 0.19	17.62 ± 0.53	4.72 ± 0.25	5.39 ± 0.19	0.06 ± 0.01	0.55 ± 0.05	4,462.33 ± 87.21
OFFSB	90.78 ± 1.88	38.77 ± 0.55	19.75 ± 0.33	5.02 ± 0.12	5.08 ± 0.37	0.27 ± 0.02	0.56 ± 0.08	5,184.33 ± 34.50
P-value	0.28	0.20	0.54	0.38	0.41	0.14	0.57	0.27
CRB	90.75 ± 0.30	10.77 ± 0.65	12.02 ± 0.21	8.37 ± 0.82	9.20 ± 0.26	0.17 ± 0.03	1.33 ± 0.06	4,392.00 ± 50.71
ORB	90.51 ± 1.17	15.77 ± 0.21	18.88 ± 0.64	6.50 ± 0.27	7.38 ± 0.45	0.18 ± 0.01	1.76 ± 0.05	4,610.00 ± 68.42
P-value	0.12	0.19	0.20	0.19	0.52	0.21	0.83	0.71
CBR	89.65 ± 0.55	13.21 ± 0.66	3.86 ± 0.09	1.44 ± 0.10	2.02 ± 0.10	ND	0.29 ± 0.03	3,871.67 ± 22.55
OBR	89.97 ± 1.12	10.25 ± 0.34	3.31 ± 0.17	1.52 ± 0.09	1.70 ± 0.18	ND	0.28 ± 0.03	3,763.33 ± 70.95
P-value	0.38	0.42	0.43	0.95	0.52		0.81	0.18
CL	90.85 ± 0.63	19.19 ± 0.94	5.38 ± 0.13	13.16 ± 0.20	6.02 ± 0.04	1.26 ± 0.07	0.18 ± 0.02	4,201.00 ± 157.33
OL	90.82 ± 1.10	24.37 ± 1.10	4.65 ± 0.35	13.41 ± 0.50	8.02 ± 0.15	2.01 ± 0.02	0.36 ± 0.04	4,221.67 ± 66.02
P-value	0.49	0.84	0.22	0.28	0.10	0.11	0.30	0.29

[1] Organic corn, OC; Organic full fat soy bean, OFFSB; Organic rice bran, ORB; Organic broken rice, OBR; Organic *Leucaena*, OL; Conventional corn, CC; Conventional full fat soy bean, CFFSB; Conventional rice bran, CRB; Conventional broken rice, CBR; Conventional *Leucaena*, CL; [2] Dry matter, DM; Crude protein, CP; Ether extract, EE; Crude fiber, CF; Crude ash, ash; Calcium, Ca; Phosphorus, P; Gross energy, GE, ND = not detected

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษานี้คำนึงถึงการเพิ่มองค์ความรู้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนของการทำปศุสัตว์อินทรีย์ในอนาคต วัตถุดิบที่ใช้มาจากเครือข่ายเกษตรกรของโครงการผลิตอาหารสัตว์และปศุสัตว์อินทรีย์ จากการศึกษาพบว่าคุณทางโภชนะของวัตถุดิบทั่วไป และวัตถุดิบอินทรีย์ไม่แตกต่างกัน ในสูตรอาหารสัตว์ข้าวโพดถือว่าเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานหลักประมาณ 50-60% มีโปรตีน 8% และมีสารที่ช่วยก่อให้เกิดสีเหลือง-เหลืองส้มในไข่ไก่ ดังนั้นปริมาณข้าวโพดในอาหารไก่ไข่จึงมีผลต่อสี และคุณภาพไข่ไก่อินทรีย์ ถั่วเหลืองถือเป็นแหล่งโปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญ ปริมาณกรดอะมิโนใน CFFSB และ OFFSB ใกล้เคียงกัน และสอดคล้องกับรายงานของ Kyntäjä *et al.* (2014) ในสูตรอาหารทั่วไปมักใช้กากถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดน้ำมันโดยการใช้สารเคมี ซึ่งไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์อินทรีย์ ดังนั้นการเอ็กซ์ทรูชั่น (extrusion) จึงถูกนำเอามาใช้เพื่อลดสารต้านการใช้ประโยชน์ของโภชนะ เช่น ลดทริปซินอินฮิบิเตอร์ (Espinosa *et al.*, 2021) การศึกษาเบื้องต้นทำการเปรียบเทียบทริปซินอินฮิบิเตอร์ในถั่วเหลืองอินทรีย์ และถั่วเหลืองทั่วไป พบว่าถั่วเหลืองอินทรีย์มีการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซินที่ต่ำกว่าถั่วเหลืองทั่วไป (ไม่แสดงข้อมูล) ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าถั่วเหลืองอินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีกว่าถั่วเหลืองทั่วไป รำละเอียดมีความแปรปรวนสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนและเยื่อใย ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากกระบวนการขัดสีที่แตกต่างกัน และ/หรือ สิ่งเจือปน เช่น แกลบ ดอกหญ้า รำข้าวอินทรีย์หลังจากการขัดสีจะได้รำประมาณ 10% และมักถูกนำไปใช้ผลิตน้ำมันรำข้าว การเลือกใช้ในสูตรอาหารอาจจะประสบปัญหาปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ ปลายข้าวเป็นอีกหนึ่งวัตถุดิบจากการผลิตข้าวอินทรีย์ ไม่พบแคลเซียมในปลายข้าวทั้งสองชนิด โดยทั่วไปปลายข้าวจะมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในช่วง 0.03 ถึง 0.06 % (Zhang *et al.*, 2021) อย่างไรก็ตามความแปรปรวนของโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สายพันธุ์ พื้นที่ปลูก อายุการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยว ร่วมไปถึงสภาพภูมิอากาศ ฯลฯ กระถินเป็นวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีโปรตีนอยู่ในช่วง 20-25% ขึ้นอยู่กับปริมาณใบกระถิน การเจือปนของก้าน และกรรมวิธีการผลิต ปริมาณกรดอะมิโนในวัตถุดิบสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นในรำละเอียดเห็นได้ชัดว่าใน ORB มีกรดอะมิโนสูงกว่า CRB ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณโปรตีนที่พบใน ORB มากกว่า CRB ถึง 5% อย่างไรก็ตามความแปรปรวนของกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารอาจจะขึ้นอยู่กับปริมาณเยื่อใย สารต้านการใช้ประโยชน์ของโภชนะ และกระบวนการแปรรูป ในวัตถุดิบอาหารสัตว์มีปริมาณกรดอะมิโนเมทไธโอนีน และไลซีนค่อนข้างต่ำ ไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์

Table 3 Amino Acid Analysis of organic feed ingredients[1]

Item, g/kg	OC	OFFSB	ORB	OBR	OL
Indispensable amino acid (IAA)					
Histidine (His)	1.7	8.8	2.5	1.3	3.5
Arginine (Arg)	3.1	22.3	10.0	4.1	7.8
Threonine (Thr)	2.1	12.7	4.9	2.2	7.0
Tyrosine (Tyr)	2.1	10.5	4.2	1.9	5.9
Valine (Val)	2.7	13.3	6.8	2.9	7.8
Methionine (Met)	0.6	3.6	2.0	0.9	1.9
Lysine (Lys)	0.6	7.5	2.7	1.4	4.0
Isoleucine (Ile)	1.4	9.7	3.4	1.7	4.9
Leucine (Leu)	5.3	20.5	8.8	4.3	12.7
Phenylalanine (Phe)	2.7	14.2	5.5	2.9	8.1
Dispensable amino acid (DAA)					
Aspartic acid (Asp)	4.3	33.7	11.0	5.8	19.9
Glutamic acid (Glu)	11.2	60.1	19.2	11.3	18.8
Serine (Ser)	3.4	17.4	7.1	3.3	9.0
Glycine (Gly)	2.8	12.9	6.3	2.8	8.4
Alanine (Ala)	4.4	13.7	8.6	3.8	9.3
Proline (Pro)	4.9	15.5	5.2	2.6	8.7
Cystine (Cys)	1.6	4.0	1.5	0.8	1.2

[1]Organic corn, OC; Organic full fat soy bean, OFFSB; Organic rice bran, ORB; Organic broken rice, OBR; Organic *Leucaena*, OL;

ในสูตรอาหารทั่วไปจึงมีการเติมกรดอะมิโนสังเคราะห์ (synthetic amino acid) ซึ่งการนำมาใช้ขึ้นอยู่กับมาตรฐานปศุสัตว์อินทรีย์ของแต่ละประเทศ มีงานวิจัยก่อนหน้าศึกษาการนำปลา Bighead carp มาผ่านวิธีการ dry extrusion ถูกพัฒนาเป็นแหล่งเมทไธโอนีนจากธรรมชาติในการผลิตสัตว์ปีกอินทรีย์ (Upadhyaya *et al.*, 2019) ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งที่พบในการศึกษานี้คือ วัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์มีอายุในการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น ในการศึกษาต่อไปควรพิจารณาศึกษาพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy) และการย่อยได้ของโภชนะ (Nutrient digestibility) ในวัตถุดิบแต่ละชนิด รวมไปถึงวิธีการยืดอายุการเก็บรักษา

Table 4 Amino Acid Analysis of conventional feed ingredients [1]

Item, g/kg	CC	CFFSB	CRB	CBR	CL
Indispensable amino acid (IAA)					
Histidine (His)	1.6	8.0	1.6	1.3	3.7
Arginine (Arg)	3.3	21.3	5.5	4.3	7.8
Threonine (Thr)	2.2	11.6	2.8	3.1	6.6
Tyrosine (Tyr)	2.0	9.5	2.2	1.9	5.6
Valine (Val)	2.7	12.4	3.6	2.2	7.4
Methionine (Met)	0.9	3.5	1.2	0.9	1.9
Lysine (Lys)	0.8	9.5	1.6	1.5	4.1
Isoleucine (Ile)	1.3	11.5	2.1	1.8	4.4
Leucine (Leu)	5.7	22.8	5.2	4.9	13.2
Phenylalanine (Phe)	2.7	15.0	3.3	3.1	8.2
Dispensable amino acid (DAA)					
Aspartic acid (Asp)	4.3	32.3	7.0	4.5	19.0
Glutamic acid (Glu)	10.9	57.0	12.0	10.2	18.4
Serine (Ser)	2.6	16.1	3.9	3.5	8.5
Glycine (Gly)	2.7	12.0	3.7	2.5	8.0
Alanine (Ala)	4.5	12.7	4.8	3.2	9.7
Proline (Pro)	4.95	14.49	3.26	2.41	8.54
Cystine (Cys)	1.35	3.26	1.02	0.75	1.54

[1]Conventional corn, CC; Conventional full fat soy bean, CFFSB; Conventional rice bran, CRB; Conventional broken rice, CBR; Conventional *Leucaena*, CL;

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของข้าวโพด ถั่วเหลืองไขมันเต็ม รำ ปลายข้าว และกระถินอินทรีย์ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในสูตรอาหาร วัตถุดิบอาหารอินทรีย์มีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างจากวัตถุดิบทั่วไป และมีกรดอะมิโนใกล้เคียงกัน รำ และกระถินเป็นวัตถุดิบที่มีความแปรปรวนสูงการนำไปใช้ควรมีการตรวจสอบคุณค่าทางโภชนะ จากผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการผลิตอาหารสัตว์อินทรีย์ที่เหมาะสมกับความต้องการของสัตว์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการผลิตอาหารสัตว์และปศุสัตว์อินทรีย์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับการสนับสนุนวัตถุดิบอาหารสัตว์

เอกสารอ้างอิง

AOAC International. 2016. Official methods of analysis of association of official analytical chemists International, 17 th, AOAC International, Rockville, MD, USA.

Espinosa, C.D., M.S.F. Oliveira, J.K. Htoo and H.H. Stein. 2021. Concentrations of digestible amino acids in co-products from threonine and tryptophan fermentation are greater than in soybean meal. **Anim. Feed Sci. Tech.** 277: 1-9.

Kyntäjä, S., K. Partanen, H. Siljander-Rasi and J. Taina. 2014. **Tables of composition and nutritional values of organically produced feed materials for pigs and poultry.** [Online].Available http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti164.pdf (23 January 2015)

Li, X., R. Rezaei, P. Li and G. Wu. 2011. Composition of amino acids in feed ingredients for animal diets. **Amino Acids** 40: 1159-1168.

Sundrum, A. 2014. Organic Livestock Production. pp. 287-303. *In* **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**,

Thai Agriculture Standard. 2011. Organic Agriculture PART 2: Organic Livestock. pp. 6-7 *In* **LIVESTOCK** (ed.). Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]

Upadhyaya, I., K. Arsi, A. Fanatico, B.R. Wagle, S. Shrestha, A. Upadhyay, C.N. Coon, M. Schlumbohm, J. Trushenski, C. Owens-Hanning, M.N. Riaz, M.B. Farnell, D.J. Donoghue and A.M. Donoghue. 2019. Bigheaded Carp-Based Meal as a Sustainable and Natural Source of Methionine in Feed for Ecological and Organic Poultry Production. **J. Appl. Poultry Res.** 28: 1131-1142.

Zhang, Y., M. Luo, X. Fang, F. Zhang and M. Cao. 2021. Energy value of rice, broken rice, and rice bran for broiler chickens by the regression method. **Poultry Sci.** 100: 1-8.

Session 2

ภาคบรรยาย

การเจริญเติบโตและการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของลูกปลากัดป่าภาคใต้ (*Betta imbellis* Ladiges, 1975)

Growth and Morphological Development of Crescent Betta (*Betta imbellis* Ladiges, 1975) Larvae

โดมม์ ลิมปิวัฒน[1] และสันติ พ่วงเจริญ[1,2*]

Domes Limpivadhana[1] and Santi Poungcharean[1,2*]

[1]พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2]ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Kasetsart University Natural Histories Museum of Fisheries, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

[2]Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author: ffisstpr@ku.ac.th

Abstract

The crescent betta's (*Betta imbellis* Ladiges, 1975) growth and morphological development, performed by Takua Pa subdistrict, Takua Pa district, Phangnga province, the type locality broodstock collection. They were bred and reared for a size series of larval collection. Based on the reared 20 age and size series of 65 specimens, the larva has size at new hatching 2.37±0.02 mm of notochord length (NL), develops to flexion stage within 12 days (3.68±0.03 mm NL), and develops to juvenile stage within 40 days (12.88±1.03 mm of standard length [SL]). The linear regression relationship between age and body size at pre-flexion stage was NL=0.0.0820Age+2.2.7282 (r^2=0.8694) and post-flexion stage was SL=0.3855Age-2.9679 (r^2=0.9873). The pre-flexion larva having an elongate and slightly compressed body with 18.66-18.98%NL, moderate and rounded head with head length (HL) 13.43%NL, a large and rounded eye with 52.00-73.32%HL, stellated spots scattered on 3/4 posterior region of the yolk sac, coiled gut and opens at 39.81%NL, 29-30 myomere. The post-flexion larva and juvenile having dorsal, central, and ventral stripes but lacking sub-orbital and sub-opercular bars.

Keywords: *Betta imbellis*, fish larva, morphological development

บทคัดย่อ

การเจริญเติบโตและการพัฒนาทางสัณฐานวิทยาของลูกปลากัดป่าภาคใต้ *Betta imbellis* Ladiges, 1975 โดยรวบรวมพ่อแม่พันธุ์จากแหล่งที่พบตัวอย่างดั้งเดิมจากตำบลตะกั่วป่า อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา มาเพาะอนุบาลเพื่อเก็บตัวอย่างลูกปลาตามระยะการพัฒนา จากตัวอย่าง 20 ลำดับขนาด 65 ตัวอย่าง พบว่าลูกปลาแรกฟักมีความยาวโนโตคอร์ด (NL) 2.37±0.02 มม. พัฒนาสู่ระยะวัยอ่อนขั้นหลังเมื่ออายุ 12 วัน มีความยาวโนโตคอร์ด 3.68±0.03 mm พัฒนาสู่ระยะวัยรุ่นเมื่ออายุ 40 วัน มีความยาวมาตรฐาน (SL) 12.88±1.03 มม. มีสมการเชิงเส้นแบบถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุ (Age) และความยาวของลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นแรก คือ NL=0.0.0820Age+2.2.7282 (r^2=0.8694) และลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นหลัง คือ SL=0.3855Age-2.9679 (r^2=0.9873) ลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นแรกมีลำตัวเรียวยาวและแบนข้างเล็กน้อยโดยมีความลึกลำตัว 18.66-18.98%NL หัวกลมมนขนาดปานกลางมีความยาวหัว (HL) 13.43%NL ตากลมโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 52.00-73.32%HL มีจุดสีแบบกิ่ง (Stellated spot) กระจายอยู่บริเวณ ¾ ของถุงไข่แดงส่วนท้าย ทางเดินอาหารขดแน่นเปิดบริเวณ 39.81%NL มัดกล้ามเนื้อลำตัว 29-30 มัด ในระยะวัยอ่อนขั้นหลังและระยะวัยรุ่นมีแถบสีข้างลำตัวบริเวณส่วนหลัง ส่วนกลาง และส่วนล่าง และไม่พบแต้มสีใต้ตาและกระพุ้งแก้มส่วนล่าง

คำสำคัญ: ปลากัดป่าภาคใต้ ลูกปลา การพัฒนาทางสัณฐานวิทยา

คำนำ

ปลากัดป่าภาคใต้ *Betta imbellis* Ladiges, 1975 เป็นหนึ่งในห้าชนิดของปลากัดป่าก่อหวอดที่พบในประเทศไทย มีการแพร่กระจายบริเวณภาคใต้ตั้งแต่จังหวัดสุราษฎร์ธานีไปจนจังหวัดนราธิวาส รวมถึงแหล่งน้ำบนเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเกาะภูเก็ต (Panijpan *et al.*, 2017) มีลักษณะเด่นที่แตกต่างจากปลากัดชนิดอื่น คือ สีพื้นลำตัวน้ำตาลอ่อนหรือน้ำตาลแกมแดง กระพุ้งแก้มมีสีเขียวเหลือบฟ้า มีจุดสีเขียวแกมเหลือบเงินขนาดเล็กที่ขอบเกล็ดข้างลำตัวเรียงขนานเป็นแนวยาวและเยื่อระหว่างก้านครีบหาง มีแต้มสีแดงเฉพาะปลายครีบก้น และมีแถบสีแดงสดบริเวณส่วนท้ายของขอบครีบหาง เกล็ดหน้าฐานครีบหลัง 22-23 เกล็ด (Tan and Ng, 2005; Jaroensutasinee and Jaroensutansinee, 2005) ปัจจุบันมีการนำปลากัดป่าภาคใต้มาเพาะเลี้ยงและพัฒนาสายพันธุ์เป็นปลากัดสวยงามแข่งขัน และส่งออกเช่นเดียวกับปลากัดชนิดอื่นๆ ทำให้มีการจับและเคลื่อนย้ายปลากัดบางประชากรจากแหล่งที่อยู่อาศัยดั้งเดิมและมีการผสมข้ามชนิดและประชากร รวมถึงการปล่อยปลาที่เพาะพันธุ์แล้วกลับไปสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือที่เรียกว่า “ลูกสาด” ทำให้เกิดการปนเปื้อนทางพันธุธรรมและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา โดยเฉพาะในเรื่องสีสัน ลักษณะครีบ รวมทั้งพฤติกรรมบางประการให้ผิดแผกไปจากลักษณะดั้งเดิม (Thongprajukeaw, 2013) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างฐานข้อมูลด้านการการพัฒนาประกอบการวาดภาพและบรรยายลักษณะ และสร้างฐานข้อมูลด้านชีวประวัติวัยอ่อนบางประการจากปลากัดป่าภาคใต้ที่รวบรวมจากแหล่งน้ำธรรมชาติและนำมาเพาะอนุบาล รวมถึงจัดเก็บตัวอย่างลูกปลาชนิดนี้เป็นตัวอย่างอ้างอิงตามสารบบงานพิพิธภัณฑ์ ซึ่งถือเป็นองค์ความรู้ใหม่ทางด้าน

ชีวประวัติช่วงวัยอ่อนของปลาชนิดนี้ อีกทั้งยังเป็นข้อมูลทางวิชาการเพื่อใช้สนับสนุนในเรื่องความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของปลากลุ่ม Anabantoids ได้อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การรวบรวม การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์และการเพาะอนุบาล

ตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์ครั้งนี้รวบรวมจากหนองน้ำ (ป่าเสม็ด) ในพื้นที่ตำบลตะกั่วป่า อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา เนื่องจากเป็นแหล่งใกล้เคียงกับตัวอย่างปลากัดป่าภาคใต้ที่ถูกรายงานว่าพบเป็นครั้งแรก (Type locality) ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีลักษณะทางสัณฐานวิทยาตรงกับลักษณะที่รายงานไว้ตามเอกสารต้นฉบับ (Original description) ตาม Jaroensutasinee and Jaroensutansinee (2005) (figure 1) จากนั้นคัดเลือกและจับคู่พ่อแม่พันธุ์ที่มีความสมบูรณ์ 3 คู่ แยกใส่ตู้พักเลี้ยงโดยใช้แผ่นกระจกหรือกรอบแก้วใสกั้นพ่อแม่ปลาออกจากกันและใส่ไม้น้ำจำพวกหญ้าที่มีเรือนยอดโผล่พ้นน้ำ (ผักบุ้ง) ให้อาหารสดจำพวกหนอนแดง ไส้เดือนน้ำ หรือลูกน้ำอย่างเพียงพอ พ่อปลาจะก่อหวอดติดตามกอไม้น้ำ เมื่อสังเกตแม่ปลาที่พร้อมจะผสมพันธุ์จาก “ติ่งเพศ หรือ Genital papillae” บริเวณช่องใต้ช่องท้องชัดเจนแล้วและจากพฤติกรรมเกี้ยวพาราสีของพ่อปลา จากนั้นนำกรอบแก้วออกเพื่อให้พ่อปลาเข้ารัดผสมพันธุ์ เมื่อปลาผสมพันธุ์แล้วจะสังเกตได้จากไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิแล้วติดอยู่ที่แพหวอด แม่ปลาจะถูกกัดและบอบช้ำหลังจากการผสมพันธุ์และถูกพ่อปลาไล่ออกจากหวอด ตักแม่ปลาออกเพื่อป้องกันการติดเชื้อและไม่ให้กินไข่ตัวเองและปล่อยให้พ่อปลาดูแลไข่ ปลากัดแต่ละครอกจะมีไข่ประมาณ 150-200 ฟอง ไข่ปลาจะฟักเป็นตัวภายในระยะเวลา 30-36 ชั่วโมง หลังจากฟักได้ 2 วัน ลูกปลาจะยังไม่กินอาหารเพราะยังได้รับสารอาหารจากไข่แดงที่ยังเหลืออยู่ โดยเริ่มให้ตัวอ่อนไรแดงเป็นอาหารอย่างเพียงพอเมื่อลูกปลาอายุได้ 3 วัน เปลี่ยนเป็นไรแดงโตเต็มวัยเมื่อลูกปลาอายุได้ 2 สัปดาห์ และเปลี่ยนไรทะเลหรือลูกน้ำเมื่อลูกปลาอายุได้ 4 สัปดาห์

Male broostock

Female broodstock

Figure 1 Broodstock locality and live broodstocks in incubated aquarium of the *B. imbellis*

2. การเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามระยะการพัฒนา

การศึกษาการพัฒนาของลูกปลากัดกำหนดให้มีการเก็บตัวอย่างตามลำดับอายุตาม Termvidchakorn (2003; 2005) จำนวน 20 ลำดับ (Size series) ดังนี้ ระยะแรกฟัก อายุ 6 และ 12 ชั่วโมง, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 15, 19, 21, 24, 29,35, 40, 45 และ 50 วัน ตามลำดับ สำหรับการสุ่มตัวอย่างลูกปลาแต่ละ Series จะใช้ครั้งละ 3-5 ตัว จากนั้นตรึงตัวอย่างลูกปลาด้วยน้ำยาฟอร์มาลิน 10% ในขวดแก้ว จากนั้นถ่ายน้ำยาและเก็บรักษาด้วยน้ำยาฟอร์มาลินที่มีฤทธิ์เป็นกลาง 4% สำหรับตัวอย่างลูกปลากัดที่ใช้สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ลงทะเบียนจัดเก็บตามสารบบงานพิพิธภัณฑ์ ณ พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หมายเลขทะเบียน KUMF 7766 จำนวน 20 ระยะ 65 ตัวอย่าง

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของตัวอย่างลูกปลาภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ โดยถ่ายภาพและวัดลักษณะต่าง ๆ ตาม Termwichakorn (2005) ได้แก่ ความยาวโนโตคอร์ด (Notochord Length [NL]) ความยาวมาตรฐาน (Standard Length [SL]) ความยาวหัว (Head Length [HL]) ความลึกหัว (Head Depth [HD]) เส้นผ่านศูนย์กลางตา (Eye Diameter [ED]) ความยาวหน้าช่องทวาร (Pre-anal Length [PreAL]) และความลึกลำตัว (Body Depth [BD]) และวาดภาพลายเส้นโดยการเชื่อมต่อกับเครื่องช่วยวาดภาพ (Camera lucida) เพื่อแสดงลักษณะและตำแหน่งของจุดสี จำนวนมัดกล้ามเนื้อ ตำแหน่งทางเดินอาหารและก้านครีบตาม Schindler and Schmidt (2006) แบ่งระยะการพัฒนาของลูกปลาตาม Balon (1985) ได้แก่ ระยะแรกฟัก (New hatching) ระยะวัยอ่อนขั้นแรก (Pre-flexion) ระยะเริ่มพัฒนาครีบหาง (Flexion) ระยะวัยอ่อนขั้นหลัง (Post-flexion) และระยะวัยรุ่น (Juvenile)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

รายงานขนาดความยาวของตัวอย่างลูกปลาแต่ละระยะการพัฒนาด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ขนาดเล็กที่สุด (smallest size) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Diviation [SD]) ศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปลาด้วยการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอายุ (วัน) และความยาวเฉลี่ย (NL และ SL) ของลูกปลาด้วยแผนภูมิเชิงเส้นและสมการเชิงเส้นแบบถดถอย (Linear regression) เปรียบเทียบสัดส่วนร่างกายของลูกปลาระยะแรกฟักถึงวัยอ่อนขั้นแรกซึ่งเป็นระยะที่ยังไม่พัฒนาการครีบหางให้เปรียบเทียบด้วยค่าร้อยละของความยาวโนโตคอร์ด (%NL) ส่วนลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นหลังขึ้นไปซึ่งพัฒนาครีบหางแล้วให้เปรียบเทียบด้วยค่าร้อยละของความยาวมาตรฐาน (%SL)

ผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโตและการเปลี่ยนระยะการพัฒนา

จากตัวอย่างลูกปลากัดป่าภาคใต้ที่เพาะอนุบาลครั้งนี้ พบว่าลูกปลามีความยาวแรกฟักเฉลี่ย±SD เท่ากับ 2.37±0.02 mm NL (ขนาดเล็กที่สุด 2.36 mm NL) ลูกปลาจะพัฒนาเข้าสู่ระยะวัยอ่อนขั้นหลังเมื่ออายุ 12 วัน โดยมีขนาด 3.68±0.03 mm NL (ขนาดเล็กที่สุด 3.65 mm SL) และจะพัฒนาเข้าสู่ระยะวัยรุ่นเมื่ออายุ 40 วัน โดยมีขนาด 12.88±1.03 mm SL (ขนาดเล็กที่สุด 11.55 mm SL) จากแผนภูมิเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ระหว่างอายุ (Age)

และขนาดความยาว (NL หรือ SL) ตามช่วงอายุของลูกปลา (Figure 2) พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรงทั้งลูกปลาในระยะวัยอ่อนขั้นแรกดังสมการ NL=0.0.0820Age+2.2.7282 (r^2=0.8694) และระยะวัยอ่อนขั้นหลังดังสมการ SL=0.3855Age-2.9679 (r^2=0.9873)

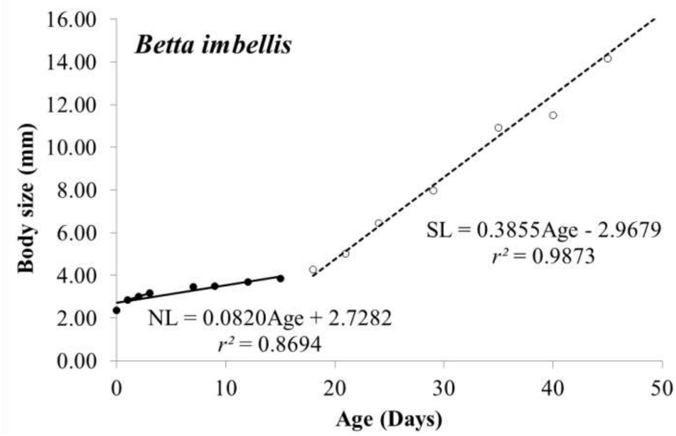


Figure 2 Relationship between age (day) and body size (mm) of the larval *B. imbellis*. Where; NL=notochord length and SL=standard length

2. การเจริญเติบโตสัมพัทธ์

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยการวัด พบว่าลูกปลากัดภาคใต้พัฒนาความยาวหัวอย่างรวดเร็วในช่วงระยะวัยอ่อนขั้นแรกจากระยะแรกฟักถึงระยะสร้างครีบหางเมื่ออายุ 9 วัน ในช่วง 11.16-36.18%NL และเมื่อลูกปลาพัฒนาเข้าสู่ระยะวัยอ่อนขั้นหลังตั้งแต่อายุ 12 วัน ขึ้นไป จะมีสัดส่วนความยาวหัวค่อนข้างคงที่คือ 29.76-37.94%SL (Figure 3a) ส่วนสัดส่วนความยาวหน้าช่องทวารและความลึกลำตัวของลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นแรกมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือ 40.56-47.30%NL และ 16.79-23.04%NL ตามลำดับ และเมื่อพัฒนาเข้าสู่ระยะวัยอ่อนขึ้นหลังจะมีสัดส่วนค่อนข้างคงที่ คือ 40.65-53.29%SL และ 25.65-29.33%SL ตามลำดับ (Figure 3b,c) ส่วนสัดส่วนของตากลับมีการเปลี่ยนแปลงลดลง โดยระยะแรกฟักมีสัดส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางตาถึง 73.32%HL และมีสัดส่วนลดลงก่อนพัฒนาเข้าสู่ระยะวัยอ่อนขั้นหลังไปจนถึงระยะวัยรุ่นโดยมีสัดส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางตาอยู่ในช่วง 30.00-35.00%HL (Figure 3d)

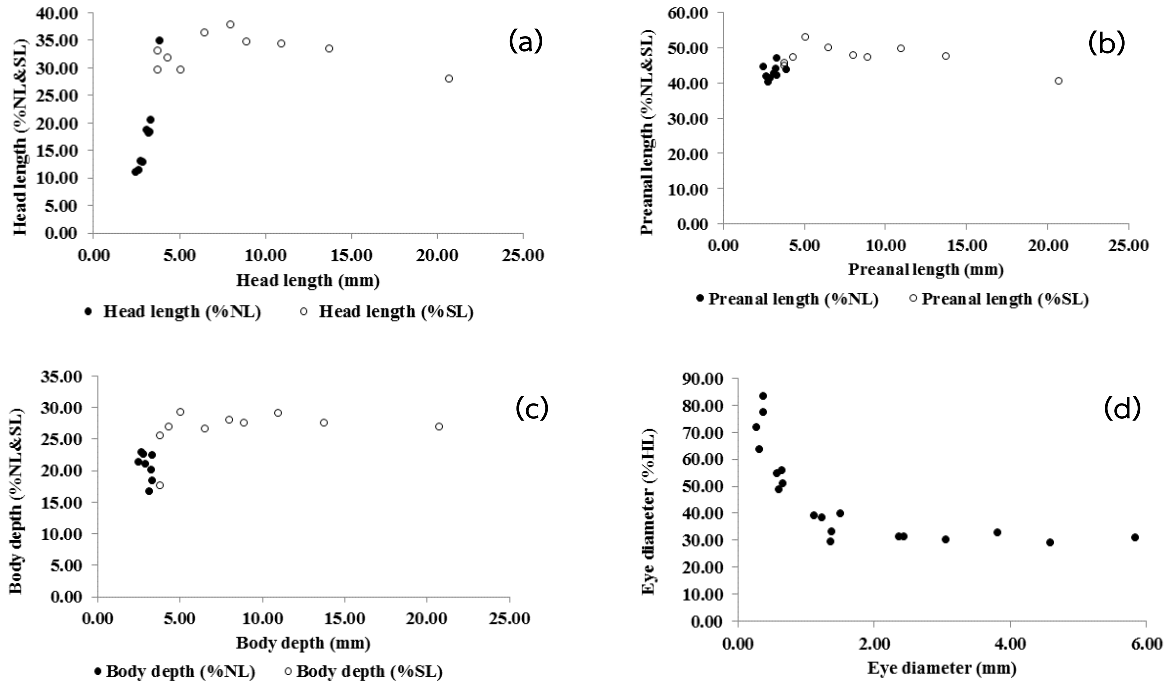


Figure 3 Four body dimensions exprexssed the relative growths of *B. imbellis*: head length (a), preanal length (b), body depth (c), and eye diameter (d)

3. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามระยะการพัฒนา

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาจากตัวอย่างลูกปลากัดป่าภาคใต้ หมายเลขทะเบียน KUMF 7766 จำนวน 20 ระยะ 65 ตัวอย่าง และคัดเลือกตัวอย่างบางช่วงอายุเป็นตัวแทนในการบรรยายลักษณะจำนวน 8 ระยะ คือ ระยะแรกฟัก, ระยะ Yolk sac อายุ 1 วัน, ระยะ Pre flexion อายุ 3 และ 9 วัน ระยะ flexion อายุ 12 วัน ระยะ Post flexion อายุ 18 และ 31 วัน และระยะ Juvenile อายุ 40 วัน สำหรับลักษณะที่ได้จากการนับ (meristic characters) ได้แก่ จำนวนมัดกล้ามเนื้อลำตัว จะเริ่มศึกษาจากตัวอย่างลูกปลาระยะ Pre flexion ช่วงอายุ 3-12 วัน จำนวน 22 ตัวอย่าง เนื่องจากลูกปลาพัฒนามัดกล้ามเนื้อลำตัวครบสมบูรณ์แล้วและจะเริ่มสังเกตได้ยากหลังจากลูกปลาโตขึ้นเมื่อลำตัวหนาขึ้นและมีจุดสีสะสมที่ลำตัวมากขึ้น ส่วนจำนวนก้านครีบจะศึกษาจากลูกปลาระยะวัยรุ่นซึ่งมีการพัฒนาก้านครีบครบสมบูรณ์แล้ว จำนวน 12 ตัวอย่าง โดยลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามระยะการพัฒนาของลูกปลากัดป่าภาคใต้มีดังนี้

ระยะแรกฟัก ขนาด 2.38 mm NL (Figure 4a) ลำตัวยาวเรียวยาวและแบนข้างเล็กน้อยโดยมีความลึกลำตัว 18.66%NL หัวกลมขนาดปานกลางมีความยาวหัว 13.43%NL ตากลมโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตา 73.32%HL ยังไม่มีจุดสีสะสมที่ลูกตา ทางเดินอาหารเปิดบริเวณ 47.76%NL มัดกล้ามเนื้อลำตัวยังพัฒนาไม่ครบสมบูรณ์และยังไม่พัฒนาครีบอกและครีบท้อง ส่วนครีบอื่น ๆ ยังเป็นแผ่นครีบอ่อน จุดสีลักษณะเป็นกิ่ง (Stellated spot) กระจายบริเวณ 3/4 ส่วนของถุงอาหารสำรอง ไม่พบจุดสีบริเวณส่วนหลังหัว **ระยะ Yolk sac** ลูกปลาอายุ 1 วัน ขนาด 2.37 mm NL (Figure 4b) ลำตัวส่วนหน้าลึกและแบนข้างขึ้นเล็กน้อยโดยมีความลึกลำตัวที่หน้าฐานครีบอก 18.98%NL ความยาวหัว 15.74%NL ปากเริ่มพัฒนาและเคลื่อนมาบริเวณส่วนล่างของหัว ตากลมโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตา 52.00%HL มีการ

สะสมจุดสีที่ตาแล้ว ทางเดินอาหารเปิดบริเวณ 39.81%NL มัดกล้ามเนื้อลำตัวพัฒนาครบสมบูรณ์นับได้ 29-30 มัด (ส่วนใหญ่ 30 มัด) แบ่งเป็นมัดกล้ามเนื้อหน้าช่องทวาร 8-10 มัด (ส่วนใหญ่ 9 มัด) มัดกล้ามเนื้อหลังช่องทวาร 20-22 มัด (ส่วนใหญ่ 21 มัด) เริ่มพัฒนาแผ่นครีบอกเริ่มเป็นแผ่นครีบอ่อนแต่ยังไม่สร้างก้านครีบ จุดสีกระจายบริเวณส่วนหลังหัว พบแถบสีหลังตา ส่วนบนของกระเพาะลม ขอบบนและล่างถุงอาหารสำรอง

ระยะ Pre flexion ลูกปลาอายุ 3 วัน ขนาด 2.98 mm NL (Figure 4c) ถุงไข่แดงยุบเกือบหมด แถบสีแนวหลังตาพาดตามยาวผ่านกระพุ้งแก้มต่อเนื่องไปสิ้นสุดที่ส่วนบนของฐานครีบอก พบจุดสีกระจายอย่างหนาแน่นบริเวณส่วนบนและขอบล่างของทางเดินอาหารส่วนท้าย ลูกปลาอายุ 9 วัน (Figure 4d) ขนาด 3.39 mm NL ปากขนาดเล็กเฉียงลงเคลื่อนมาบริเวณส่วนปลายจะงอยปากมีความยาวขากรรไกรบน 24.49%HL **ระยะ Flexion** ลูกปลาอายุ 12 วัน ขนาด 3.68 mm NL (Figure 3e) ปลายกระดูกสันหลังข้อสุดท้ายยกงอขึ้นด้านบนและเริ่มสร้างก้านครีบที่แผ่นครีบหางส่วนล่าง

ระยะ Post flexion อายุ 18 ขนาด 3.86 mm SL (Figure 4f) ทางเดินอาหารเปิดบริเวณแนวกึ่งกลางลำตัวโดยมีความยาวหน้าช่องทวาร 52.04 %NL ก้านครีบหางพัฒนาครบสมบูรณ์ และกำลังพัฒนาก้านครีบก้น ส่วนครีบหลังและครีบอกยังเป็นแผ่นครีบอ่อน มีการสะสมของจุดสีกระจายทั่วไปตามหัวและลำตัว และเริ่มปรากฏแถบสีพาดในแนวตามยาวลำตัว (Dorsal and central stripes) บริเวณส่วนหน้าลำตัวสองแถบ ลูกปลาอายุ 31 ขนาด 10.20 mm SL (Figure 4g) ครีบอก ครีบหาง ครีบก้น และครีบหาง พัฒนาจนครบสมบูรณ์ ส่วนครีบท้องกำลังพัฒนาก้านครีบ เริ่มปรากฏจุดสีรูปวงกลม (Caudal spot) ที่โคนฐานครีบหาง

ระยะ Juvenile ลูกปลาอายุ 40 วัน ขนาด 12.88 mm SL (Figure 4h) ก้านครีบต่าง ๆ พัฒนาครบสมบูรณ์ แถบสีพาดตามยาวลำตัวยาวส่วนหาง และมีแถบสีพาดเป็นแนวตามยาวตลอดแนวฐานครีบก้น มีจุดเรียงเป็นแนวเส้นประตลอดแนวขอบครีบก้น ไม่พบแต้มสีใต้ตาและกระพุ้งแก้ม ครีบหลังมีก้านครีบแข็ง 2 ก้าน ก้านครีบอ่อน 7-8 ก้าน (ส่วนใหญ่ 8), ก้านครีบอก 11-12 ก้าน (ส่วนใหญ่ 12), ครีบท้องมีก้านครีบแข็ง 1 ก้าน ก้านครีบอ่อน 4-5 ก้าน (ส่วนใหญ่ 5), ครีบท้องมีก้านครีบแข็ง 4 ก้าน ก้านครีบอ่อน 22-24 (ส่วนใหญ่ 23 ก้าน) และมีก้านครีบหาง 11-12 ก้าน (ส่วนใหญ่ 11)

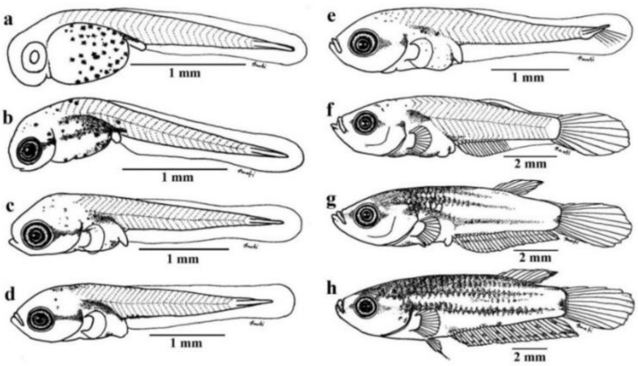


Figure 3 Drawing illustrations of *B. imbellis* (KUMF 7066): new hatching larva (2.37 mm NL) (a); yolk sac larva (day 1, 2.82 mm NL) (b); pre-flexion larva (day 3, 2.98 mm NL) (c); pre-flexion larva (day 9, 3.39 mm NL) (d); flexion larva (day 12, 3.68 mm NL) (e); post-flexion larva (day 18, 3.86 mm SL) (f); post-flexion larva (day 31, 10.20 mm SL) (g); juvenile (day 40, 12.88 mm SL) (h)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ลูกปลากัดป่าภาคใต้มีขนาดแรกฟัก 2.37±0.02 mm NL มีถุงไข่แดงขนาดใหญ่และยุบลงภายในเวลา 5 วัน และเริ่มพัฒนาเข้าสู่ระยะวัยอ่อนขั้นหลังเมื่ออายุ 12 วัน ขนาด 3.68±0.03 mm SL ซึ่งจัดว่ามีขนาดค่อนข้างเล็กและมีการพัฒนาช้ากว่าปลากัดชนิดอื่นในสกุลเดียวกันที่รายงานไว้โดย Termvidchakorn (2003) คือ ลูกปลากัดป่าภาคอีสาน *B.smaragdina* มีขนาดแรกฟัก 2.70 mm NL พัฒนาสู่ระยะวัยอ่อนขั้นหลังเมื่ออายุ 9 วัน ขนาด 5.00 mm SL และลูกปลากัดหม้อ *B.splendens* มีขนาดแรกฟัก 2.0 mm NL พัฒนาสู่ระยะวัยอ่อนขั้นหลังเมื่ออายุ 9 วัน ขนาด 4.70 mm SL สำหรับความยาวแรกฟักหรือ Size at new hatching หรือ $L_{t=0}$ ซึ่ง เป็นหนึ่งในพารามิเตอร์การเจริญเติบโตตามทฤษฎีการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำโดย von Bertalanffy (1938) ซึ่งนักชีววิทยาประมงให้ความสนใจ เพื่อใช้ในการประเมินประชากรของสัตว์น้ำในธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม ขนาดแรกฟักและช่วงเวลาการพัฒนาของลูกปลาแต่ละระยะนั้นอาจมีความผันแปรแตกต่างกันไปด้วยสาเหตุอันเนื่องมาจากความสมบูรณ์ของพ่อแม่ปลา ปริมาณและคุณภาพอาหารของลูกปลา (Escaffre and Bergot, 1984; Ninness *et al*., 2006) นอกจากนี้อุณหภูมิน้ำยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อขนาด อายุ และการพัฒนาเข้าสู่ระยะต่าง ๆ ของลูกปลาในเขตร้อนด้วย กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีผลทำให้ลูกปลาเจริญเติบโตและพัฒนาได้เร็วขึ้น (Kucharczyk *et al*., 1997; Ninness *et al*., 2006)

ความสัมพันธ์ระหว่างอายุและขนาดความยาวของลูกปลากัดป่าภาคใต้มีลักษณะเป็นเส้นตรงแบบถดถอย (Linear regression) โดยแยกวิเคราะห์เป็น 2 ช่วงจากฐานความยาวความยาวโนโตคอร์ด (NL) ในลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นแรกและความยาวมาตรฐาน (SL) ในลูกปลาวัยอ่อนขั้นหลัง เนื่องจากลูกปลามีการพัฒนาปลายกระดูกสันหลังไปเป็นกระดูกฐานครีบหาง โดยสมการความสัมพันธ์ของระยะวัยอ่อนขั้นแรก คือ สมการที่ 1 (NL=0.0.0820Age+2.2.7282 [r^2=0.8694]) และระยะวัยอ่อนขั้นหลัง คือ สมการที่ 2 (SL=0.3855Age-2.9679 [r^2=0.9873]) ซึ่งทั้งสองสมการนี้สามารถนำมาใช้ประมาณค่าอายุของลูกปลากัดป่าภาคใต้ได้โดยการนำเข้าข้อมูลความยาวโนโตคอร์ด (สำหรับลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นแรก) และความยาวมาตรฐาน (สำหรับลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นหลัง) ลงในสมการดังกล่าว การเจริญเติบโตของปลาและสิ่งมีชีวิตทั่วไปโดยเปรียบเทียบกับอายุและขนาดความยาวร่างกายจะมีลักษณะเป็นแบบ Asymptotic curve หรือเป็นโค้งรูปตัว “S” โดยในช่วงแรกจะมีการเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ จากนั้นจะเจริญเติบโตขึ้นในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้นและจะมีสัดส่วนลดลงเมื่อปลาเข้าสู่ระยะโตเต็มวัย (Pauly and Morgan, 1987) ดังนั้นสมการที่ 1 จึงมีความจำเพาะต่อการประมาณค่าอายุของลูกปลากัดภาคใต้ระยะแรกฟักถึงอายุ 12 วัน และสมการที่ 2 จึงมีความจำเพาะต่อการประมาณค่าอายุลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นหลังถึงระยะวัยรุ่นหรืออายุระหว่าง 12-50 วัน ปัจจุบันยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับอายุ ขนาด และการเปลี่ยนแปลงระยะการพัฒนาของลูกปลากัดภาคใต้ ซึ่งเรื่องดังกล่าวนี้เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่เชื่อมโยงและทำให้สามารถประเมินค่าอายุและทราบถึงการดำรงชีวิตของปลาทั้งในด้านการพฤติกรรมการกินอาหาร การย้ายหรือเปลี่ยนแหล่งอาศัยและการทำหน้าที่ของปลาในระบบนิเวศตามช่วงอายุอีกด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การเพาะอนุบาล การอนุรักษ์และบริหารจัดการทรัพยากรปลากัดป่าภาคใต้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

แม้ว่าการเจริญเติบโตตามขนาดความยาวลำตัวของลูกปลากัดป่าภาคใต้จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปตามลำดับอายุในรูปแบบสมการเส้นตรง แต่กลับพบว่าสัดส่วนทางสัณฐานวิทยาบางลักษณะไม่เป็นไปตามลำดับอายุด้วย ได้แก่ ความยาว

หัว (Head length) ความยาวหน้าฐาน (Pre-anal length) และความลึกลำตัว (Body depth) ซึ่งมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะวัยอ่อนขั้นแรกและมีสัดส่วนคงที่ในระยะวัยอ่อนขั้นหลัง ส่วนขนาดของตา (Eye diameter) กลับมีสัดส่วนลดลงเมื่อปลาโตขึ้นจากขนาดแรกฟัก (73.32%HL) จนถึงระยะวัยอ่อนขั้นหลังและระยะวัยรุ่น (30.00-35.00%HL) ซึ่งจะเห็นได้ว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาดังกล่าวของลูกปลามีความผันแปรไปตามวัยหรือ Ontogenic variation และเป็นข้อสังเกตได้ว่าในการรายงานและการจำแนกชนิดลูกปลากัดควรจะต้องคำนึงด้วย (Viseth *et al*., 2013)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลูกปลากัดป่าภาคใต้มีความคล้ายคลึงและมีพัฒนาการไปในทิศทางเดียวกับกลุ่มปลาในอันดับ Perciformes ทั่วไป หากแต่มีลำตัวค่อนข้างเรียวยาวกว่าและมีจำนวนมัดกล้ามเนื้อลำตัวมากกว่า คือ 29-30 มัด โดยทั่วไปลูกปลาในอันดับ Perciformes จะมีลำตัวยาวปานกลางและแบนข้างและส่วนใหญ่มีมัดกล้ามเนื้อลำตัว 24-26 มัด (Leis and Carson-Ewart, 2000; Okiyama, 1988) และเมื่อเปรียบเทียบกับลูกปลาสกุลอื่นในวงศ์เดียวกัน (วงศ์ Osphronemidae) จะมีการกระจายของจำนวนมัดกล้ามเนื้อลำตัวอยู่ช่วงเดียวกันตลอดจนลักษณะอื่น ที่คล้ายคลึงกันมาก อย่างไรก็ตามพบว่าลักษณะการสะสมของจุดสีดำ (Melanophore pigmentation) ตลอดจนแถบสีและแต้มสีดำ (Dark color pattern) ซึ่งมักจะใช้เป็นลักษณะสำคัญในการจำแนกลูกปลากัดในระดับสกุลและระดับชนิดได้ (Termwichakorn., 2005) โดยเฉพาะลักษณะและการปรากฏของแต้มสีต่าง ๆ บริเวณหน้าตา (Pre-orbital bar) หลังตา (Post-orbital bar) ใต้ตา (Sub-orbital bar) แถบสีที่พาดตามยาวบริเวณส่วนหลังลำตัว (dorsal stripe) กลางลำตัว (Central stripe) และส่วนล่างลำตัว (Ventral stripe) และจุดสีที่ฐานครีบหาง (Caudal spot) (Schindler and Schmidt, 2006)

สรุปผลการวิจัย

ลูกปลากัดป่าภาคใต้มีขนาดแรกฟัก 2.37±0.02 mm NL เริ่มพัฒนาเข้าสู่ระยะวัยอ่อนขั้นหลังเมื่ออายุ 12 วัน (ขนาด 3.68±0.03 mm SL) และพัฒนาเข้าสู่ระยะวัยรุ่นเมื่ออายุ 40 วัน (12.88±1.03 mm SL) มีสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและอายุเป็นแบบสมการเชิงเส้นแบบถดถอย โดยมีสมการของลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นแรก คือ NL=0.0.0820Age+2.2.7282 (r^2=0.8694) และระยะวัยอ่อนขั้นหลัง คือ SL=0.3855Age-2.9679 (r^2=0.9873) ลูกปลาแรกฟักมีลำตัวยาวเรียวยาวโดยมีความลึกลำตัว 18.66%NL หัวกลมนขนาดปานกลางมีความยาวหัว 13.43%NL ตากลมโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตา 73.32%HL และลดสัดส่วนลงเมื่อปลาโตขึ้น มีจุดสีแบบ Stellated spot กระจายบริเวณ 3/4 ส่วนของถุงอาหารสำรอง ลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นแรกมีทางเดินอาหารขดแน่นบริเวณด้านหน้าลำตัวและเปิดบริเวณ 39.81%NL มัดกล้ามเนื้อลำตัวจำนวน 29-30 มัด ลูกปลาระยะวัยอ่อนขั้นหลังมีการสะสมของจุดสีกระจายทั่วไปตามหัวและลำตัวและเริ่มปรากฏแถบสีพาดในแนวตามยาวบริเวณส่วนหน้าลำตัวสองแถบ ลูกปลาระยะวัยรุ่นมีแถบสีพาดเป็นแนวตามยาวตลอดแนวฐานครีบก้น มีจุดเรียงเป็นแนวเส้นประตลอดแนวขอบครีบก้น ไม่พบแต้มสีใต้ตาและกระพุ้งแก้ม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณคนิน มูลธรรม ที่ให้ความช่วยเหลือในการเพาะอนุบาลและเก็บตัวอย่างลูกปลากัด ขอขอบคุณ คุณภัทรศยา อุดม ที่ให้ความช่วยเหลือในการนับวัดและถ่ายภาพตัวอย่างลูกปลากัด และขอขอบคุณสมาชิกและเจ้าหน้าที่ประจำพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์การศึกษา อำนวยความสะดวก และให้ความอนุเคราะห์ขึ้นทะเบียนจัดเก็บตัวอย่างลูกปลาตามสารบบงานพิพิธภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

Balon, E.K. 1985. **Early Life Histories of Fishes: New Developmental, Ecological and Evolutionary Perspective**. Boston: Dr.W. Junk Publishers. 274 p.

Escaffre, A. and P. Bergot. 1984. Utilization of the yolk in rainbow trout alevins (*Salmo gairdneri* Richardson): effect of egg size. **Reprod. Nutri. Develop.** 24(4): 449-460.

Jaroensutasinee, M. and K. Jaroensutansinee. 2005. Bubble nest characteristics of wild siamese fighting fish. **Journal of Fish Biology** 58(5): 1311-1319.

Kucharczyk, D., M. Luczynski, R. Kujawa and P. Czerkies. 1997. Effect of temperature on embryonic and larval development of bream (*Abramis brama* L.). **Aquatic Sciences** 59: 214-224.

Leis, J.M. and M. Carson–Ewart. 2000. **The Larvae of Indo–Pacific Coastal Fishes: An Identification Guide to Marine Fish Larvae**. Boston: Brill. 850 p.

Ninness, M.M., E.D. Stevens and P.A. Wright. 2006. Removal of the chorion before hatching results in increased movement and accelerated growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) emryos. **The Journal of Experimental Biology** 209: 1874-1882.

Okiyama, M. 1988. **An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan**. Japan: Tokai University Press. 1154 p.

Panijpan, B., N. Sriwattanarothai, C. Kowasupat, P. Ruenwongsa, T. Jeenthong, and A. Phumchoosri, 2017. Biodiversity of bubble-nest building and mouth-brooding fighting fish species of the genus *Betta* in Southeast Asia. **The Thailand Natural History Museum Journal** 11(1): 1-21.

Pauly, D. and G.R. Morgan. 1987. **Length-based methods in fisheries research**. Manila: Iclarm. 636 p.

Schindler, I. and J. Schmidt. 2006. Review of the mouthbrooding betta (Teleostei, Osphronemidae) from Thailand, with description of two new species. **Zeitschrift für Fischkunde** 8(1/2): 47-69.

Tan, H.H. and P.K.L. Ng. 2005. The fighting fishes (Teleostei: Osphronemidae: Genus *Betta*) of Singapore, Malaysia and Brunei. **Raffles Bull. Zool.** 13(Suppl.):43-99.

Termvidchakorn, A. 2003**. Freshwater Fish Larvae in Thailand**. Inland Fisheries Resources Research and Development Institute, Inland Fisheries Resources Research and Development Bureau. Department of Fisheries. Bangkok: P.A. Living Press, Ltd. 130 p.

______. 2005. **Freshwater Fish Larvae in Thailand II**. Inland Fisheries Resources Research and Development Institute, Inland Fisheries Resources Research and Development Bureau. Department of Fisheries. Bangkok: P.A. Living Press, Ltd. 125 p.

Thongprajukeaw, K. 2013. Biology of Siamese fighting fishes (*Betta splendens* Regan, 1910). **Khon Kaen University Science Journal** 41(1): 1-15.

Viseth, H., Y.Kinoshita, F. Akishinonomiya, Y. Taki. and H. Kohno. 2013. Morphological development of hatchery-reared larval and juvenile *Pangsiua bocourti*. **Hist. Bull. Siam. Soc.** 59(20): 137-148.

von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). **Human Biology** 10: 181-213.

อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกหอยตะโกรมกรามขาว (*Crassostrea belcheri*) ทริพลอยด์จากโรงเพาะฟัก

Survival Rate and Growth of Triploid Tropical Oyster (*Crassostrea belcheri*) from Hatchery

สุพัชชา ชูเสียงแจ้ว[1*] และสุวัจน์ ธัญรส[2]

Supatcha Chooseangjaew[1*] and Suwat Tanyaros[2]

[1]สาขาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตรัง 92150

[2]สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตรัง 92150

[1]Department of Fisheries Technology, Faculty of Science and Fisheries Technology

Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Thailand 92150

[2]Department of Marine Science, Faculty of Science and Fisheries Technology

Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Thailand 92150

*Corresponding author: supatcha.c@rmutsv.ac.th

Abstract

Triploid oyster *Crassostrea belcheri* production from hatchery was operated by 6-dimethyl aminopurine (6-DMAP). The aims of this study were evaluated on survival rate and growth of diploid and triploid larvae. There are three factors to success about triploid production comprised; concentration of chemical, time after fertilization and induced duration. The study was carried out at 100 µM of 6-DMAP, 30 min after fertilization and 10 min induced duration. The survival rate, until D-shape to eye larvae stage (1-31 day) showed that control group higher than triploid induction ($p<0.05$), while both of growth, average in shell width and shell length presented that trend in the triploid induction higher than control group. However, the results were not statistically different in both group of growth ($p>0.05$). Settlement of oyster larvae was reported that control group higher than triploid induction oyster ($p<0.05$). Throughout the experiment reported the suitable of water quality for oyster larvae in the hatchery. Moreover, this result can development to fast of growth and high product quality and development of oyster industry to commercial.

Keywords: growth, survival rate, *Crassostrea belcheri*, triploid

บทคัดย่อ

การผลิตลูกหอยนางรมพันธุ์ตะโกรมกรามขาวแบบทริพลอยด์จากโรงเพาะฟัก ด้วยสาร 6-ไดเมทิลอะมิโนพิวรีน เพื่อศึกษาอัตรารอดตายและการเจริญเติบโตของลูกหอยแบบดิพลอยด์และทริพลอยด์ในระยะวัยอ่อนของลูกหอยนางรมพันธุ์ตะโกรมกรามขาว การดำเนินการเหนี่ยวนำทริพลอยด์มีปัจจัยที่สำคัญอยู่ 3 ประการ คือ ความเข้มข้นของ 6-DMAP ระยะเวลาหลังการผสมและระยะเวลาการเหนี่ยวนำ การทดลองในครั้งนี้ใช้ความเข้มข้นของ 6-DMAP ที่ระดับ 100 μM ที่ 30 นาที หลังการผสมและระยะเวลาในการเหนี่ยวนำ 10 นาที จากการศึกษาลูกหอยในระยะวัยอ่อนจนถึงระยะก่อนลงเกาะซึ่งจากการทดลองพบว่ามีการพัฒนาในระยะต่าง ๆ ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 31 พบว่าจากชุดควบคุมมีอัตรารอดที่ดีกว่าชุดการเหนี่ยวนำทริพลอยด์ (p<0.05) ขณะที่การเจริญเติบโตทั้งด้านความยาวและความกว้างของลูกหอยแบบทริพลอยด์มีแนวโน้มสูงกว่าแบบดิพลอยด์ แต่เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าทั้ง 2 ชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) อัตราการลงพื้นของลูกหอยพบว่าลูกหอยชุดควบคุมมีอัตราการลงพื้นที่สูงกว่าแบบทริพลอยด์ (p<0.05) คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการทดลองพบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกหอยในระยะวัยอ่อน จากผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำมาพัฒนาต่อเพื่อให้ได้ลูกพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตเร็วและคุณภาพผลผลิตเป็นที่ต้องการของตลาด เพื่อรองรับการพัฒนาอุตสาหกรรมการเลี้ยงหอยนางรมในเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต อัตรารอด หอยตะโกรมกรามขาว การเหนี่ยวนำทริพลอยด์

คำนำ

ในสภาพปกติการสืบพันธุ์ของหอยนางรมในธรรมชาติจะมีโครโมโซมดิพลอยด์ (diploid; 2n) จำนวนของโครโมโซมจะมีความแตกต่างกันตามชนิดของสัตว์น้ำ เช่น หอยแมลงภู่ (2n= 28) หอยเชลล์และหอยกาบ (2n=38) หอยนางรม (2n=20) จำนวนของโครโมโซมในเซลล์ไข่และสเปิร์มมีสภาพเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย เรียกว่า ฮาพลอยด์ (Haploid; 1n) เมื่อนำไปผสมกัน ลูกที่ได้ก็จะเป็นแบบดิพลอยด์ เมื่อเจริญเป็นตัวเต็มวัยก็จะสามารถสืบพันธุ์ได้ การศึกษาการผลิตหอยนางรมหรือชนิดอื่นในสภาพที่เป็นทริพลอยด์หรือการที่มีโครโมโซมคู่เหมือนจำนวน 3 ชุด (Triploid; 3n) เนื่องจากเมื่อหอยนางรมมีสภาพดังกล่าวที่อยู่ในสภาพเป็นหมัน หอยนางรมทริพลอยด์มีการเจริญเติบโตเร็ว เนื่องจากความเป็นหมันทำให้กว่าครึ่งหนึ่งของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ (Gametogenesis) ถูกนำมาใช้เพื่อการเจริญเติบโตแทน (Hawkins *et al*., 1994; Nell and Perkins, 2005) ดังนั้นการเหนี่ยวนำให้หอยนางรมมีโครโมโซมอยู่สภาพเป็นหมัน ไม่สามารถสืบพันธุ์ได้ทำให้หอยนำเอาพลังงานส่วนนี้ไปเสริมสร้างการเจริญเติบโตแทน ทำให้หอยเจริญเติบโตเร็วและคุณภาพของผลผลิตเป็นที่ต้องการของตลาดไม่ผันแปรไปตามฤดูกาลหรือช่วงของการสืบพันธุ์

โพลีพลอยด์สามารถเกิดขึ้นได้ปกติทั่วไปในสิ่งมีชวิตบางกลุ่ม เช่น พวกพืชดอกและพวกธัญพืช แต่พวกสัตว์ที่มีสภาพแบบโพลีพลอยด์ค่อนข้างเกิดขึ้นน้อยในธรรมชาติ เนื่องจากความซับซ้อนยุ่งยากที่เกิดขึ้นระหว่างยีนซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญต่อพัฒนาการของสัตว์ (Gosling, 2008)

การเหนี่ยวนำหอยนางรมให้เป็นทริพลอยด์สามารถดำเนินการได้ทั้งในระยะไมโอซิส I ไมโอซิส II โดยการยับยั้งการปล่อยโพลาร์บอดี้ (Polar body) ของเซลล์ไข่ กระบวนการยับยั้งดังกล่าวสามารถดำเนินการได้หลายวิธีด้วยกันทั้งทางเคมีและกายภาพ (Quillet and Panelay, 1986; Stanley *et al.*, 1981; Beaumont and Fairbrother, 1991; Guo-fan *et al.*, 1998; Chaiton and Allen, 1985) การเหนี่ยวนำทริพลอยด์ในหอยนางรมด้วยสารเคมี 6-DMAP เป็นอีกวิธีทางเลือกที่นิยมสำหรับการเหนี่ยวนำทริพลอยด์เนื่องจากง่ายต่อการใช้ ราคาไม่สูงนัก ละลายในน้ำได้ (Desrosiers *et al.*, 1993; Yuan *et al.,* 1999) การศึกษาการใช้สารเคมีโดยเฉพาะไซโตคาลาซิน บี และ 6-DMAP พบว่า อัตราการตายของตัวอ่อนที่เหนี่ยวนำด้วย ไซโตคาลาซิน บี สูงถึง 64 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การใช้ 6-DMAP พบว่า มีอัตราการตายเพียง 36 เปอร์เซ็นต์ (Gerard *et al*., 1994)

ดังนั้นการศึกษาการผลิตหอยนางรมพันธุ์ตะโกรมกรามขาวแบบทริพลอยด์โดยการใช้ 6-DMAP ในโรงเพาะฟักเป็นแนวทางในการพัฒนาอุตสาหกรรมการเลี้ยงหอยนางรมพันธุ์หอยตะโกรมกรามขาวของประเทศไทย เพื่อให้ได้ลูกพันธุ์สำหรับการเลี้ยงที่มีการเจริญเติบโตเร็วและคุณภาพผลผลิตเป็นที่ต้องการของตลาด เพื่อรองรับการพัฒนาอุตสาหกรรมการเลี้ยงหอยนางรมพันธุ์หอยตะโกรมกรามขาวในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพ่อแม่พันธุ์ ผสมพันธุ์และการอนุบาลลูกหอย

นำพ่อแม่พันธุ์หอยตะโกรมกรามขาวที่มีความยาวตัวขนาด 8-10 เซนติเมตร ขัดถูทำความสะอาดเปลือกด้วยน้ำจืดเพื่อกำจัดปรสิตที่เกาะติดด้านนอก เปิดเปลือกออก ดูดเซลล์สืบพันธุ์แต่ละตัวเพื่อตรวจสอบเพศและความสมบูรณ์ แยกเพศผู้และเพศเมียคนละภาชนะ ทำการรีดเซลล์สืบพันธุ์ใส่ภาชนะโดยแยกไข่และสเปิร์ม การผสมพันธุ์ด้วยวิธีการผสมเทียม นำไข่และสเปิร์มกรองผ่านผ้ากรองที่มีขนาด 70-90 ไมโครเมตร เพื่อกรองเศษเนื้อและขยะออก กรองไข่และสเปิร์มลงในถังพลาสติกขนาด 15 ลิตร เติมน้ำทะเลที่มีความเค็ม 25 พีพีที ให้ครบ 15 ลิตร คนให้เข้ากัน และทิ้งไว้ 20 นาที จากนั้นตวงเซลล์สืบพันธุ์ใส่ในภาชนะพลาสติกขนาด 30 มิลลิลิตร ที่มีการตัดก้นขวดแล้วปรุด้วยผ้ากรองที่มีขนาด 20-30 ไมโครเมตร จากนั้นนำตัวอย่างไปดำเนินการเหนี่ยวนำทริพลอยด์โดยแช่ในสารโคลชิซินที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครโมล ที่ 40 นาทีหลังการผสม และทำการเหนี่ยวนำเป็นเวลา 5 นาที (Chooseangjaew *et al*., 2018) และนำมาอนุบาลต่อในถังเลี้ยงเพื่อศึกษาพัฒนาการในระยะวัยอ่อนจนกระทั่งถึงระยะก่อนลงเกาะพื้น โดยเมื่อไข่และสเปิร์มมีการปฏิสนธิเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือพัฒนาเป็นระยะ D-shape ลูกหอยจะเริ่มมีการกินอาหาร โดยจะให้อาหารเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวชนิด *Isochrysis galbana* โดยอาหารที่ให้จะให้ในปริมาณ 10,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตรต่อวัน ทำการทดลองในถังอนุบาลขนาด 50 ลิตร โดยใช้ความหนาแน่นของลูกหอย 10-15 ตัวต่อมิลลิลิตร เมื่อถึงระยะ Umbo ระยะนี้ทำการทดลองโดยใช้สาหร่ายเซลล์เดียว 2 ชนิดเป็นอาหาร คือ *Isochrysis galbana* และ *Chaetoceros calcitran* ในอัตรา 50:50 ในปริมาณ 15,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตรต่อวัน โดยลดความหนาแน่นของลูกหอยเท่ากับ 8 ตัวต่อมิลลิลิตร ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำวันเว้นวัน พร้อมกับสุ่มตรวจนับปริมาณ เพื่อคำนวณหาอัตรารอดและสุ่มวัดขนาดเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของลูกหอยและตลอดระยะเวลาทำการทำลองมีการตรวจวัดความเค็มและอุณหภูมิของน้ำในถังอนุบาลตลอด เมื่อลูกหอยเข้าสู่ระยะ

Pediveliger จะนำลูกหอยไปลงเกาะในระบบลงเกาะต่อไปและทำการอนุบาลให้ระบบหมุนเวียนน้ำแบบ Down-weller และ Up-weller เพื่อศึกษาอัตราการลงพื้นและอัตรารอดของลูกหอยวัยเกล็ด

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ T-test ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการเหนี่ยวนำทริพลอยด์ในหอยตะโกรมกรามขาวด้วย 6-ไดเมทิวอะมิโนพิวรีน ซึ่งมีปัจจัยที่สำคัญต่อการเหนี่ยวนำ 3 ประการ คือ ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในการเหนี่ยวนำ ระยะเวลาหลังการผสม และระยะเวลาในการเหนี่ยวนำ ดังนั้นการศึกษาการทดลองนี้ดำเนินการเลือกชุดการทดลองที่มีผลผลิตของทริพลอยด์ดีที่สุดจากการศึกษาโดย (Chooseangjaew *et al*., 2018) คือ ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมล เวลาหลังจากการผสมเป็นเวลา 40 นาที ทำการเหนี่ยวนำเป็นเวลา 5 นาที ซึ่งให้ผลผลิตของตัวอ่อนระยะโทรโคฟอร์ทริพลอยด์เท่ากับ 43.68±2.44 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเปรียบเทียบอัตราการรอด และการเจริญเติบโตทั้งด้านความยาวและความกว้างของลูกหอยตะโกรมกรามขาวที่เป็นดิพลอยด์และทริพลอยด์ระยะวัยอ่อนในโรงเพาะฟัก

อัตราการรอดของลูกหอย

จากการศึกษาอัตราการรอดของลูกหอยจากการอนุบาลลูกหอยในโรงเพาะฟักจากการเหนี่ยวนำทริพลอยด์ด้วย 6-ไดเมทิวอะมิโนพิวรีน จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองชุดควบคุม (p<0.05) ตลอดระยะเวลาในการอนุบาล โดยพบว่าลูกหอยตะโกรมกรามขาววัยอ่อนระยะ D-shaped larvae มีอัตราการรรอดตายในชุดควบคุม 78.00±6.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าในชุดเหนี่ยวนำทริพลอยด์ที่อัตราการรอดตาย 60.81±2.43 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าอัตรารอดตายของลูกหอยระยะวัยอ่อนทั้ง 2 ชุดการทดลองมีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่องกระทั่งถึงระยะ pediveliger (ช่วงวันที่ 19-31) อัตรารอดตายในชุดควบคุมเท่ากับ 8.08±0.03 เปอร์เซ็นต์ และชุดการเหนี่ยวนำทริพลอยด์มีอัตรารอดตายที่ค่อนข้างต่ำเท่ากับ 0.15±0.04 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดง Figure 1

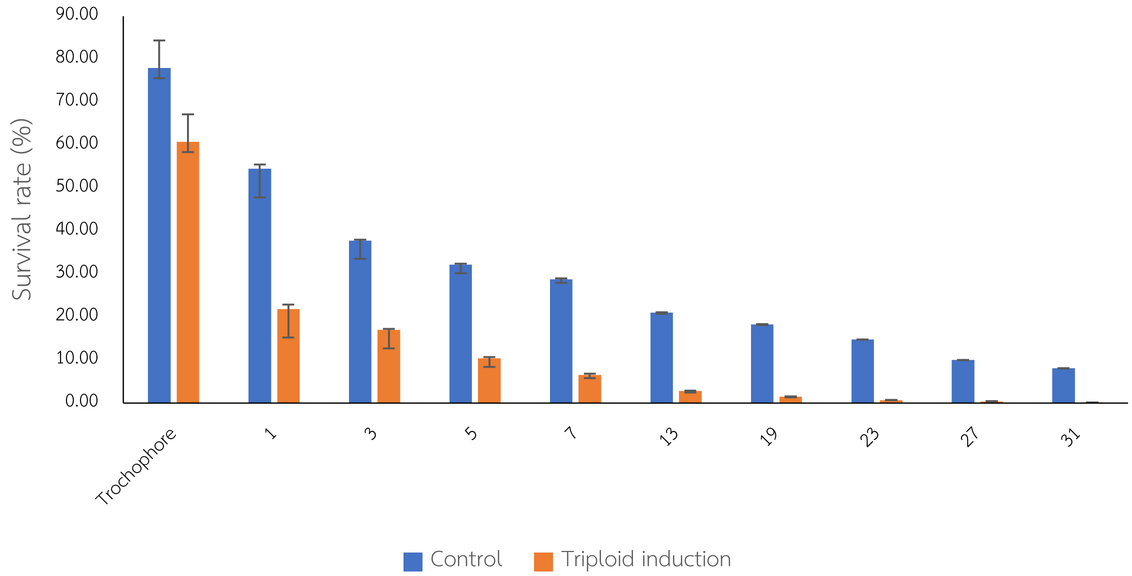


Figure 1 Survival rate of larval oyster form induction by 6-dimethylaminopurine (6-DMAP) and control group from hatchery

การศึกษาการเจริญเติบโตของลูกหอย

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของลูกหอยจากการเหนี่ยวนำทริพลอยด์ด้วย 6-ไดเมทิวอะมิโนพิวรีน จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า การเจริญเติบโตด้านความกว้างและความยาวเปลือก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ขนาดของลูกหอยที่ได้จากการทดลองทั้งชุดควบคุมและชุดการเหนี่ยวนำทริพลอยด์มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน ทั้งความยาวและความกว้างตลอดระยะเวลาการศึกษา แต่อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาพบว่าการเจริญเติบโตทั้งด้านความยาวและความกว้างลูกหอยที่ได้รับการเหนี่ยวนำทริพลอยด์มีแนวโน้มที่ดีกว่าชุดควบคุม (ดิพลอยด์) ดังแสดง Figure 2 และ 3

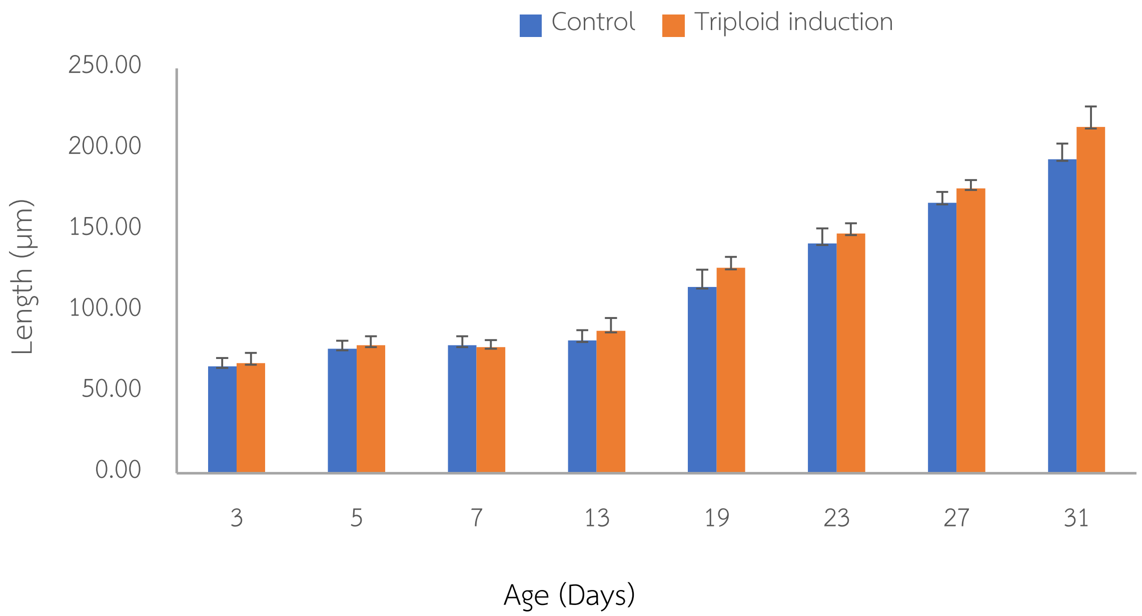


Figure 2 Length of larval oyster form induction by 6-dimethylaminopurine (6-DMAP) and control group from hatchery

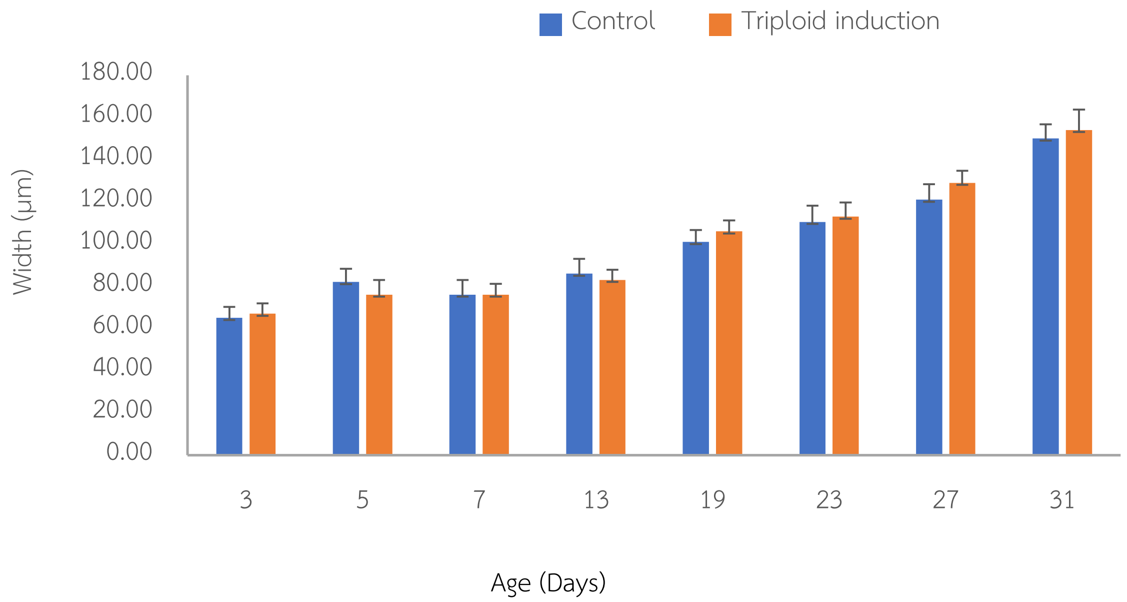


Figure 3 Width of larval oyster form induction by 6-dimethylaminopurine (6-DMAP) and control group from hatchery

อัตราการลงพื้นของลูกหอย

การลงพื้นของลูกหอยตะโกรมกรามขาวจากการเหนี่ยวนำทริพลอยด์ด้วย 6-ไดเมทิวอะมิโนพิวรีน จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองชุดควบคุม (p<0.05) โดยอัตราการลงพื้นของลูกหอยชุดควบคุมและชุดทริพลอยด์เท่ากับ 14.26±0.31 และ 5.12±1.4 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดง Figure 4

คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงระหว่างการทดลองอนุบาลลูกหอยตะโกรมกรามขาวพบว่ามีค่าความเค็มอยู่ในช่วง 29.00-33.00 พีพีที และอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30.05-34.00 องศาเซลเซียส

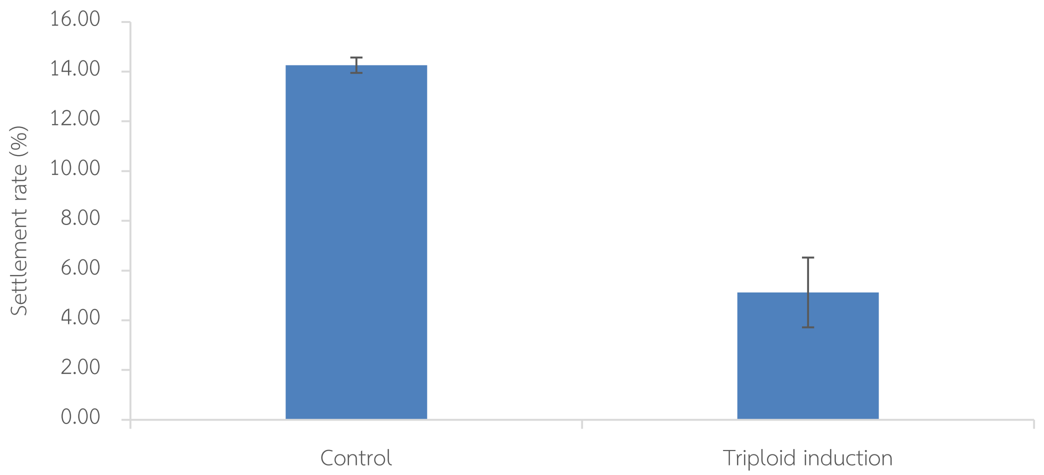


Figure 4 Settlement rate of larval oyster form induction by 6-dimethylaminopurine (6-DMAP) and control group from hatchery

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาการอนุบาลลูกหอยตะโกรมกรามขาวจากการเหนี่ยวนำทริพลอยด์ด้วยสาร 6-ไดเมทิวอะมิโนพิวรีน เพื่อศึกษาอัตรารอดซึ่งพบว่าชุดควบคุมมีอัตรารอดที่ดีกว่าลูกหอยที่ได้รับการเหนี่ยวนำทริพลอยด์ตลอดระยะเวลาการอนุบาลและเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบชุดที่ได้รับการเหนี่ยวนำทริพลอยด์มีอัตรารอดค่อนข้างต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mallia and Thomas (2003) พบว่าอัตราการรอดของลูกหอยนางรม *Crassostrea madrasensis* ในระยะวัยอ่อนพบว่าในชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดเหนี่ยวนำทริพลอยด์ตั้งแต่วันที่ 1 จนกระทั่งระยะวัยเกล็ด ซึ่งอัตราการรอดชุดเหนี่ยวนำทริพลอยด์จะมีค่าที่ต่ำ ขณะที่การศึกษาของ Guo *et al.* (1992) พบว่า ในหอยนางรม *C. gigas* ระยะวัยอ่อน มีอัตรารอดของทริพลอยด์เท่ากับ 15.6 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Jiang *et al* (1993) ศึกษาในหอย *Pinctada martensii* มีอัตรารอดของลูกหอยทริพลอยด์เท่ากับ 37.1 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงการศึกษาบางการศึกษาพบอัตรารอดของลูกหอยวัยอ่อนที่เหนี่ยวนำทริพลอยด์มีอัตรารรอดสูงถึง 50-80 เปอร์เซ็นต์ (Arai *et al*., 1986) ทั้งนี้เนื่องจาก

การศึกษาในครั้งนี้ใช้เซลล์สืบพันธุ์ของหอยตะโกรมกรามขาวจากการผสมเทียม ความสมบูรณ์ของเซลล์สืบพันธุ์จากพ่อแม่พันธุ์แต่ละตัวที่ใช้ไม่มีความสม่ำเสมอกัน ทำให้คุณภาพของเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งการเหนี่ยวนำทริพลอยด์ของหอยตะโกรมกรามขาวนั้นพบว่าคุณภาพของเซลล์สืบพันธ์เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการที่มีผลต่ออัตรารอดของลูกหอยที่มีการเหนี่ยวนำ เนื่องจากหากใช้เซลล์สืบพันธ์จากการผสมเทียมจะมีคุณภาพที่ต่ำ อัตราการผสมติดต่ำและเป็นผลให้อัตรารอดในระยะวัยอ่อนต่ำ อีกทั้งคุณภาพของเซลล์ไข่ที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งมีความสมบูรณ์เพศไม่เท่ากันและมาจากพ่อแม่พันธุ์ต่างชุดและต่างเวลากัน เมื่อความสมบูรณ์ของไข่ไม่เท่ากันนั้นจะทำให้การพัฒนาของไข่หลังจากการปฏิสนธิในแต่ละเซลล์ไม่เท่ากัน

การเจริญเติบโตของลูกหอยตะโกรมกรามขาวจากการทดลองทั้งชุดควบคุมและเหนี่ยวนำทริพลอยด์พบว่ามีขนาดที่ใกล้เคียงกัน ทั้งความยาวและความกว้างตลอดระยะเวลาการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนักวิจัยหลายท่าน Mallia and Thomas (2003) ศึกษาในหอยนางรม (*C. madrasensis*); Beaumont and Kelly (1989) ในหอย (*Mytilus edulis*); Hawkins *et al*. (1994); ในหอยนางรม *Ostrea edulis*; Utting and Spencer (1996) ในหอย*Tapes philippinarum* และการศึกษาของ Nell *et al*. (1994). ทำการทดลองเหนี่ยวนำทริพลอยด์ในหอยนางรม *S. commercialis* พบว่าลูกหอยที่มีการเหนี่ยวนำทริพลอยด์มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าชุดควบคุมตั้งแต่วันที่ 1 จนถึงระยะวัยเกล็ด ทั้งนี้เนื่องมาจากลูกหอยที่ได้มีการใช้พลังงานที่ได้รับเพื่อการเจริญเติบโตและลดการใช้พลังงานเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ส่งผลให้ลูกหอยที่มีการเหนี่ยวนำ ทริพลอยด์มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าลูกหอยแบบดิพลอยด์

ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญต่อการอนุบาลลูกหอยระยะวัยอ่อนในโรงเพาะฟักซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ทั้งความเค็มและอุณหภูมิพบว่าสอดคล้องการกับศึกษาของนักวิจัยหลายท่านสำหรับระดับความเค็มที่ใช้ในการอนุบาลลูกหอยนางรม เช่น 12-24 พีพีที ในหอย *C. belcheri* (Tan and Wong, 1996), 20-30 พีพีที ในหอย *C. iredalei* (Sudrajat, 1990) และ 25 พีพีที *C. gigas* (Helm and Millican, 1977) ส่วนอุณหภูมิของน้ำเลี้ยงที่เหมาะสมพบว่าเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส (Tan and Wong, 1996) มีค่าอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมสำหรับการอนุบาลหอยนางรมในระยะวัยอ่อน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพัฒนาการของลูกหอยตะโกรมกรามขาวจากการเหนี่ยวนำทริพลอยด์ในระยะวัยอ่อน พบว่า ตลอดระยะเวลาในการอนุบาลในชุดควบคุมมีอัตรารอดของลูกหอยที่ดีกว่าลูกหอยที่ได้รับการเหนี่ยวนำทริพลอยด์และการเจริญเติบโตพบว่าทั้งด้านความยาวและความกว้าง ทั้งสองชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า การเจริญเติบโตทั้งด้านความยาวและความกว้างของชุดการเหนี่ยวนำมีแนวโน้มมีค่าที่สูงกว่าชุดควบคุม ตั้งแต่ลูกหอยอายุ 1 วัน จนถึงระยะก่อนลงเกาะพื้น ส่วนการลงพื้นของลูกหอยพบว่าสัดส่วนของลูกหอยชุดควบคุมมีการลงพื้นที่สูงกว่าลูกหอยแบบทริพลอยด์

ข้อเสนอแนะ

การเหนี่ยวนำทริพลอยด์ควรจะใช้เซลล์สืบพันธุ์ที่ได้จากการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตามธรรมชาติ เพื่อเพิ่มอัตราการรอด การเจริญเติบโต พัฒนาการและการลงพื้นที่ดีของลูกหอย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย (งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2560) ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนายณัฐวุฒิ คิดรอบ ที่ช่วยเหลือในการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

Arai, K., F. Naito and K. Fujino. 1986. Triloidization of the Pacific abalone with temperature and pressure treatments. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries** 52(3): 417-422.

Beaumont, A.R. and K.S. Kelly. 1989. Production and growth of triploid *Mytilus edulis* larvae. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 132(1): 69-84.

Beaumont, A.R. and J.E. Fairbrother. 1991. Ploidy manipulation in molluscan shellfish: a review. **Journal of Shellfish Research** 10(1): 1-18.

Chaiton, J.A. and Jr. S.K. Allen. 1985. Early detection of triploidy in the larvae of Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, by flow cytometry. **Aquaculture** 48(1): 35-43.

Chooseangjaew, S., S. Tanyaros, W. Koedprang and A. Tanomtong. 2018. Triploid Induction by the Use of 6-dimethylaminopurine (6-DMAP) for the Tropical Oyster, *Crassostrea belcheri* (Sowerby, 1871). pp. 180-188. *In* **The 9th Rajamangala University of Technology International Conference (9th RMUTIC) Trang:** Rajamangala University of Technology Srivijaya.

Desrosiers, R.R., A. Gerard, J.-M. Peignon, Y. Naciri, L. Dufresne, J. Morasse, C. Ledu, P. Phelipot, P. Guerrier, and F. Dube. 1993. A novel method to produce triploids in bivalve molluscs by the use of 6-dimethylaminopurine. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 170(1): 29-43.

Gerard, A., Y. Naciri, J.M. Peignon, C. Ledu and P. Phelipot. 1994. Optimization of triploid induction by the use of 6-DMAP for the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg). **Aquaculture Research** 25(7): 709-719.

Gosling, E. 2008. **Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture**. United Kingdom: Blackwell Publishing. 443 p.

Guo, X., K. Cooper, W.K. Hershberger and K.K. Chew. 1992. Genetic consequences of blocking polar body Iwith cytochalasin B in fertilized eggs of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*: I. Ploidy of resultant embryos. **The Biological Bulletin** 183(3): 381-386.

Guo-fan, Z., C. Ya-qing, S. Jian, D. Jun, S. Jin-kai and W. Yong-ping. 1998. Triploidy induction in Pacific oyster, *Crassostrea gigas* by caffeine with thermal shock. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology** 16(3): 249-255.

Hawkins, A.J.S., A.J. Day, A. Gerard, C. Naciri, C. Ledu, B.L. Bayne and M. Heral. 1994. A genetic and metabolic basis for faster growth among triploids induced by blocking meiosis I but not meiosis II in the larviparous European flat oyster, *Ostrea edulis* L. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 184: 21-40.

Helm, M.M. and P.F. Millican. 1977. Experiments in the hatchery rearing of Pacific oyster larvae (*Crassostrea gigas* Thunberg). **Aquaculture** 11(1): 1-12.

Jiang, W., G. Li, G. Xu, Y. Lin, and N. Qing. 1993. Growth of the induced triploid pearl oyster, *Pinctada martensii* (D.). **Genetics in Aquaculture** 11(1-4): 245-253.

Mallia, J.V. and P. Thomas. 2003. Effect of temperature on polar body formation in the edible oyster, *Crassostrea madrasensis*. **Journal of the Marine Biological Association of India** 45(2): 242-244.

Nell, J.A., E. Cox, I.R. Smith and G.B. Maguire. 1994. Studies on triploid oysters in Australia. I. The farming potential of triploid Sydney rock oysters, *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley). **Aquaculture** 126(3-4): 243-255.

Nell, J.A., and B. Perkins. 2005. Evaluation of progeny of fourth generation Sydney rock oyster *Saccostrea glomerata* (Gould, 1850) breeding lines. **Aquaculture Research** 36(8): 753-757.

Quillet, E. and P.J. Panelay. 1986. Triploidy induction by thermal shocks in the Japanese oyster, *Crassostrea gigas*. **Aquaculture** 57(1-4): 271-279.

Stanley, J.G., S.K. Allen Jr and H. Hidu. 1981. Polyploidy induced in the American oyster, *Crassostrea virginica*, with cytochalasin B. **Aquaculture** 23(1-4): 1-10.

Sudrajat, A. 1990. **Studies on the Reproductive Biology and Culture of the Rock Oyster, *Saccostrea cucullata* (Born) and Slipper Oyster, *Crassostrea iredalei* (Faustino)**. Doctoral Dissertation. University College of Swansea. 267 p.

Tan, S.H. and T.M. Wong. 1996. Effect of salinity on hatching, larval growth, survival and settling in the tropical oyster *Crassostrea belcheri* (Sowerby). **Aquaculture** 145(1-4): 129-139.

Utting, S. and B.C. Spencer. 1996. **The hatchery culture of bivalve mollusc larvae and juveniles**. 32 p. *In* Diectorate of Fisheries Research. Bangkok: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.

Yuan, T.C., Y. Liang, W.R. Cai, Y.R. Hai and W.Z. Ping. 1999. Triploid of *Crassostrea gigas* induced with 6-dimethylaminopurine: blocking polar body I. **Journal of Fisheries of China** 23(2): 128-132.

การอนุบาลลูกปลาหมอในบ่อคอนกรีตด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน
Nursing of Climbing Perch (*Anabas testudineus*) Fingerling at Different Stocking Densities

สุวนันท์ อึ๊งเจริญ* และอภินันท์ สุวรรณรักษ์

Suwanun Aungcharoen* and Apinun Suvarnaraksha

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding: suwanun201261@gmail.com

Abstract

The Climbing Perch nursing in four different densities were 175, 275, 375 and 475 fishes/ square meter, respectively. The first treatment having the highest growth rate 0.72±0.01 g/day and survival rate 99.05±0.25%. It was found 475 fish/pond were the most profitable. Different densities nursing resulted in a statistically significant difference ($p<0.05$) in water quality. The total cost was 18,714.37 Baht, divided into variable costs of 18,588.31 Baht and the same fixed cost was 126.06 Baht, divided into 99.33 and 0.67 percent, respectively. Total income from 7,650 fishes, with 4 Baht/fish were 30,600 Baht, and has a return on investment of 64.22%.

Keywords: fisheries, densities, water quality, cost

บทคัดย่อ

การอนุบาลลูกปลาหมอในบ่อที่ความหนาแน่นแตกต่างกันจำนวน 4 ชุดการทดลอง คือ 175, 275, 375 และ 475 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยบ่อแรกมีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุดที่ 0.72±0.01 กรัม/วัน และมีอัตราการรอด 99.05±0.25% พบว่าที่ความหนาแน่น 475 ตัว/บ่อ ได้กำไรสูงที่สุด โดยการเลี้ยงความหนาแน่นที่ต่างกันจะส่งผลให้คุณภาพน้ำในการเลี้ยงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คุณภาพน้ำโดยรวมจัดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลาหมอ มีต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 18,714.37 บาท แบ่งเป็นต้นทุนผันแปรเท่ากับ 18,588.31 บาท และต้นทุนคงที่เท่ากันคือ 126.06 บาท แบ่งออกเป็น คิดเป็น 99.33 และ 0.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนรายได้จากการขายผลผลิตจำนวน 7,650 ตัว ราคา 4 บาทต่อตัว มีรายได้ทั้งหมด 30,600 บาท และมีผลตอบแทนต่อการลงทุนร้อยละ 64.22

คำสำคัญ: การเลี้ยงปลา ความหนาแน่น คุณภาพน้ำ ต้นทุน

คำนำ

ปลาหมอเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ (Department of Fisheries, 2018) เป็นปลาที่นิยมรับประทาน เนื่องจากมีรสชาติดีใช้ประกอบอาหารได้หลายอย่าง (Doolgindachbaporn *et al*., 2003) และได้มีการปรับปรุงพันธุ์ "ปลาหมอไทย ชุมพร 1" ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้เร็วกว่าปกติ ลำตัวมีขนาดใหญ่กว่าเดิมมากกว่า 70% ส่วนหัวเล็ก ลำตัวแบนและหนา มีปริมาณเนื้อมากกว่าเดิม สามารถเลี้ยงและเจริญเติบโตในอัตราความหนาแน่นสูงได้ดี ทนทาน ปรับตัวได้ดีต่อสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงได้ จึงเป็นเหตุผลที่เกษตรกรมักนิยมเลี้ยงปลาหมอไทยแปลงเพศ (Tancharoenrat *et al*., 2016)

การอนุบาลลูกปลาเพื่อสร้างรายได้เชิงพานิชย์จึงต้องการหาวิธีการที่ดี ด้วยการลดต้นทุน เพิ่มรายได้ เช่น การเพิ่มจำนวนมื้ออาหาร และการเพิ่มความหนาแน่น ธุรกิจลูกปลาเป็นส่วนที่สามารถสร้างผลตอบแทนได้อย่างรวดเร็ว ใช้พื้นที่น้อย ระยะเวลาสั้น สามารถควบคุมปัจจัยการผลิตได้ ใช้แรงงานน้อย ลดความเสี่ยงของตลาดปลาใหญ่โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการอนุบาลลูกปลาหมอด้วยความหนาแน่นสูงเชิงพานิชย์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุอุปกรณ์

1.1. อุปกรณ์ในการอนุบาลลูกปลาหมอ

1. บ่อคอนกรีตขนาดกว้าง 1.07 เมตร ยาว 1.86 เมตร สูง 1 เมตร
2. พันธุ์ปลา ใช้ปลาหมอชุมพร 1 น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.20 กรัม ความยาวเฉลี่ย 6.52 เซนติเมตร จำนวน 7,800 ตัว
3. เครื่องปั๊มอากาศ (Air Pump)
4. หัวทราย จำนวน 24 หัว (บ่อละ 2 หัว)
5. สายอากาศ
6. สวิง

1.2. อุปกรณ์ในการวัดการเจริญเติบโต ได้แก่ Vernier Caliper, เครื่องชั่งดิจิตัล และอุปกรณ์จดบันทึก

1.3. อุปกรณ์ในการวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ Thermometer และ DO meter

2. วิธีดำเนินการทดลอง

ตอนที่ 1 การทดลองอนุบาล

1.1. การทดสอบความหนาแน่นในช่วงอนุบาล วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (treatment) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (replication) ประกอบด้วย

- ความหนาแน่น 175 ตัว/ลูกบาศก์
- ความหนาแน่น 275 ตัว/ลูกบาศก์
- ความหนาแน่น 375 ตัว/ลูกบาศก์
- ความหนาแน่น 475 ตัว/ลูกบาศก์

1.2. การเตรียมลูกปลาหมอ ปลาทดลองน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.20 กรัม ความยาวเฉลี่ย 6.52 เซนติเมตร ใช้ปลาหมอสายพันธุ์ชุมพร 1 ซื้อพันธุ์ปลามาจากฟาร์มที่ได้รับมาตรฐาน งดให้อาหารลูกปลา 1-2 วัน ก่อนลงบ่อทดลองเพื่อลดอัตราการตายของปลาหลังการปล่อย

1.3. การเตรียมบ่อทดลอง บ่อคอนกรีตขนาดกว้าง 1.07 เมตร ยาว 1.86 เมตร สูง 1 เมตร เติมน้ำลึก 60 เซนติเมตร จำนวน 12 บ่อ เตรียมท่อ PVC เจาะรูสำหรับน้ำล้นเจาะรูสูงจากพื้น 65 เซนติเมตร เติมอากาศโดยใช้หัวทราย บ่อละ 2 หัว พักน้ำและเติมอากาศทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน ก่อนนำปลาลงอนุบาล ตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำก่อนการทดลอง และระบบน้ำสำหรับการ Flow

1.4. การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ตรวจวัดการเจริญเติบโตของปลาหมอทุก ๆ 1 เดือน โดยชั่งน้ำหนักตัวปลาโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง และวัดความยาวเหยียด ของปลาโดยใช้ Vernier Caliper โดยทำการสุ่มตรวจแต่ละชุดการทดลอง การทดลองละ 30% ของจำนวนปลาโดยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ดังนี้

อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average daily weight Gain, ADG)(กรัม/วัน)

$$\text{ADG (กรัม/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)}}{\text{ระยะเวลา (วัน)}}$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, SGR)

$$\text{SGR} = \frac{(\ln \text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักเมื่อเริ่มทดลอง})}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \times 100$$

อัตรารอด (Survival rate)

$$\text{อัตรารอด (\%)} = \frac{\text{จำนวนลูกปลาที่เหลือ (ตัว)}}{\text{จำนวนลูกปลาทั้งหมด (ตัว)}} \times 100$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR)

$$\text{FCR} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ให้ทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักทั้งหมด (กรัม)}}$$

1.5. การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics Version 24 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตอนที่ 2 คุณภาพน้ำ

2.1 การตรวจวัดคุณภาพน้ำ ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก ๆ 1 สัปดาห์หลังการปล่อยปลาจะมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำร่วมด้วยโดยการศึกษาคุณภาพน้ำเบื้องต้น วัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์

2.2 การจัดการระหว่างการเลี้ยง

ในการทดลองนี้ทำการเปิดน้ำให้ไหลผ่าน 12 ชั่วโมง/วัน และระหว่างการเลี้ยงจะมีการตรวจคุณภาพน้ำของแต่ละชุดการทดลองทุก 1 สัปดาห์

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

โดยวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ผลตอบแทน และจุดคุ้มทุนของ ราคาขายสำหรับการเลี้ยงปลาหมอแปลงเพศในบ่อซีเมนต์ตามวิธี ดังนี้

1. ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิต = ต้นทุนผันแปร + ต้นทุนคงที่

ต้นทุนผันแปร = คาพันธุ์ปลา + ค่าอาหาร + ค่าเคมีภัณฑ์ + ค่ากระแสไฟฟ้า

ต้นทุนคงที่ = คาเสื่อมราคาอุปกรณ์ + ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน

ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน = ค่าเสียโอกาสในการนำเงินไปประกอบอาชีพอื่นโดยคำนวณจากผลตอบแทนกองทุนรวมแบบ 1 ปี 8.04% ต่อปี (หลักทรัพย์จัดการกองทุนกสิกรไทย, 2564)

$$\text{คาเสื่อมราคา} = \frac{\text{มูลค่าซื้อหรือสร้าง}}{\text{อายุการใช้งาน}}$$

คาเสื่อมราคาอุปกรณ์คิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight line depreciation method) โดยกำหนดให้มูลค่าซากเป็นศูนย์เมื่อหมดอายุการใช้งานตามประเภทอุปกรณ์

2. รายไดและผลตอบแทน โดยเปรียบเทียบกำไรสุทธิเมื่อหักต้นทุนทั้งหมด

รายไดทั้งหมด = ปริมาณผลผลิต x ราคาผลผลิต

รายไดสุทธิ = รายไดทั้งหมด – ต้นทุนผันแปร

กำไรสุทธิ = รายไดทั้งหมด – ต้นทุนทั้งหมด

ผลตอบแทนต่อการลงทุน (Return to all cost) (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{รายไดสุทธิ}}{\text{ต้นทุนทั้งหมด}} \times 100$$

ต้นทุนต่อหน่วย

$$= \frac{\text{ต้นทุนทั้งหมด}}{\text{ปริมาณผลผลิต}}$$

$$\text{ระยะคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{กำไร (ต่อปี)}}$$

สถานที่ในการทำการทดลอง

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มการดำเนินงาน 28 พฤษภาคม 2564 เสร็จสิ้นการทดลอง 30 มิถุนายน 2564

ผลการศึกษา

การเลี้ยงปลาหมอด้วยความหนาแน่นที่แตกต่างกันเพื่อทดสอบขีดจำกัดทางการอนุบาลและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยอนุบาลทดสอบความหนาแน่นระยะอนุบาล 1 เดือน ตรวจคุณภาพน้ำ และวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ผลตอบแทน และจุดคุ้มทุนของ ราคาขาย มีผลการทดลองดังนี้

ตอนที่ 1 การอนุบาลปลาหมอ

1.1 ทดลองระยะเริ่มอนุบาลทดสอบความหนาแน่น

อัตราการรอดทั้ง 4 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อทั้ง 4 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ 3 และ 4 นอกจากนั้นชุดการทดลองที่ 3 แตกต่างกันกับชุดการทดลองที่ 4 (Table 1)

Table 1 Climbing perch nursing with different densities (Mean±SE)

Treatment	T1	T2	T3	T4
Survival rate%	99.05 ± 0.25^{a}	98.97 ± 0.42^{a}	98.09 ± 0.31^{a}	97.19 ± 1.50^{a}
ADG (g/day)	0.72 ± 0.01^{c}	0.69 ± 0.01^{c}	0.61 ± 0.01^{b}	0.54 ± 0.02^{a}
FCR	0.06 ± 0.00^{a}	0.06 ± 0.00^{a}	0.06 ± 0.00^{a}	0.06 ± 0.00^{a}
SGR	15.35 ± 0.19^{b}	15.33 ± 0.02^{b}	14.86 ± 0.22^{ab}	14.94 ± 0.15^{a}

***** Lowercase English letters show differences in each set of experiments at a statistically significant level ($p<0.05$).

ตอนที่ 2 คุณภาพน้ำ

อุณหภูมิในการทดลองระยะเริ่มอนุบาลปลาหมอที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน พบว่ามีอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 30.0-35.0 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิน้ำมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28.4-30.8 องศาเซลเซียส ซึ่งในแต่ละสัปดาห์มีอุณหภูมิอากาศที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในการทดลองระยะเริ่มอนุบาลปลาหมอที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน พบว่ามีปริมาณออกซิเจนอยู่ช่วง 5.2-7.6 mg/l ในชุดการทดลองที่ 4 จะมีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำที่สุดเนื่องจากมีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุด ซึ่งในแต่ละสัปดาห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณความเป็นกรด-ด่างพบว่ามีค่าอยู่ช่วง 7.0-7.5 ซึ่งในแต่ละสัปดาห์และในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และปริมาณแอมโมเนียในการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่ 4 มีปริมาณแอมโมเนียสูงที่สุดอยู่ในช่วง 0.5-1.5 mg/l มีปริมาณแอมโมเนียที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในสัปดาห์ที่ 3 ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ

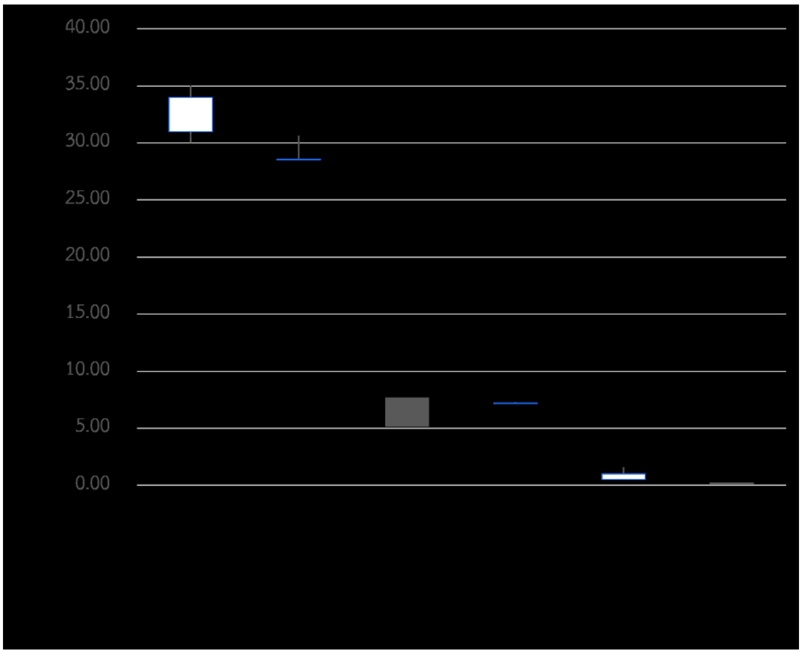


Figure 1 Water quality during the study period

Table 2 Cost of initiation of nursing for density testing for a period of 1 month

	T1	T2	T3	T4	Total	%
Variable cost						
Climbing perch cost	2,100.00	3,300.00	4,500.00	5,700.00	15,600.00	85.23
Food cost	476.28	560.28	644.28	728.28	2,409.12	13.16
Chemical cost	24.58	24.58	24.58	24.58	98.33	0.54
Electric charge	17.71	17.71	17.71	17.71	70.86	0.39
Total variable cost	2,618.58	3,902.58	5,186.58	6,470.58	18,178.31	99.31
Fixed cost						
Well depreciation	15.44	15.44	15.44	15.44	61.76	0.34
Equipment depreciation	10.24	10.24	10.24	10.24	40.96	0.22
Investment opportunity cost	5.84	5.84	5.84	5.84	23.34	0.13
Total fixed cost	31.51	31.52	31.52	31.52	126.06	0.69
Total cost	2,650.09	3,934.09	5,218.09	6,502.09	18,304.37	100.00
Income	**4,160.00**	**6,532.00**	**8,828.00**	**11,080.00**	**30,600.00**	
Profit	**1,509.91**	**2,597.91**	**3,609.91**	**4,577.91**	**12,295.63**	

*The cost of progeny fish is 2 Baht each, the cost of chemicals is the cost of drugs and salt, the cost of equipment is faucets, sand heads, antenna cables, PVC pipes, elbows and joints. Labor costs are charged at the rate of 1 hour per day, 30 Baht per day, and Electricity charge (Type 6 is government sector type) 2.6 Baht per unit

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

3.1 การทดลองอนุบาลเพื่อทดสอบความหนาแน่น

1. ต้นทุนการผลิต ต้นทุนการอนุบาลปลาหมอในบ่อซีเมนต์เป็นระยะเวลา 1 เดือน มีต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 18,304.37บาท โดยคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ แบ่งเป็นต้นทุนผันแปรเท่ากับ 18,178.31 บาท คิดเป็นร้อยละ 99.31และต้นทุนคงที่เท่ากันคือ 126.06 บาทคิดเป็นร้อยละ 0.69 ตามลำดับ (Figure 2)

2. รายได้และผลตอบแทน รายได้จากการขายผลผลิตปลาหมอซึ่งมีจำนวนผลผลิตทั้งหมด 7,650 ตัว โดยขายราคา 4 บาทต่อตัว มีรายได้ทั้งหมด 30,600 บาท (Table 2)

3. ต้นทุนต่อหน่วย ราคา 2.39 บาทต่อตัว (Table 3)

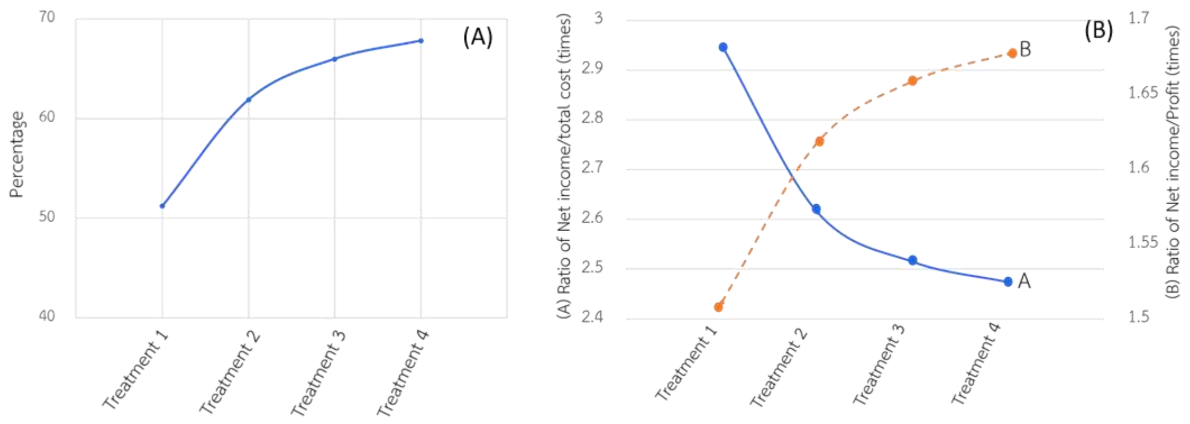


Figure 2 (A) percentage of return of investment from *Anabas testudineus* nursing in different densities (B) ratio comparison of net income/total cost and net income/profit

Table 3 Return on investment in nursing of cichlids in cement ponds for a period of 1 month

Details	
Productivity (12 wasps in experimental ponds)	7,650.00
Selling price (Baht/fish)	4.00
Total income (Baht)	30,600.00
Variable cost (Baht)	18,178.31
Fixed cost (Baht)	126.06
Net income (Baht)	12,421.69
Total cost (Baht)	18,304.37
Net profit (Baht)	12295.63
Return on investment (%)	67.86
Cost per unit (Baht/piece)	2.39
Payback period (years)	0.05

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการอนุบาลปลาหมอความหนาแน่นต่างกัน 175, 275, 375 และ 475 ตัว ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน ต่างจากของ Doolgindachbaporn *et al*. (2003) เลี้ยงที่ 55, 77, 99 และ 121 ตัว/ตารางเมตร มีน้ำหนัก

เฉลี่ย น้ำหนักรวมและอัตราการรอดตาย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าปลาหมอเลี้ยงด้วยความหนาแน่น 175 ตัว/ลูกบาศก์ มีการเจริญเติบโตมากที่สุด แตกต่างจากงานวิจัยของ Doolgindachbaporn *et al*. (2003) ที่ความหนาแน่นที่เหมาะสมคือ 10 ตัว/ตารางเมตร อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน 0.72±0.01 กรัม/วัน ในอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นทุน และกำไร และมีความแตกต่างผกผันกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และมีความแตกต่างตามกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน และมีอัตรารอดสูงถึง 99.05±0.25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอัตราการรอดไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ในขณะที่ทุกการทดลองมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่เท่ากันมีความแตกต่างผกผันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน แต่ปลาหมอเลี้ยงด้วยความหนาแน่น 350 ตัว/บ่อ จะมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงที่สุดเท่ากับ 0.72±0.01 กรัม/วัน ซึ่งมีผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับงานวิจัย Worapussu *et at*. (2018) ที่เลี้ยงปลาหมอด้วยความหนาแน่น 30 ตัว/ตารางเมตร ร่วมกับปลานิล 5 ตัว/ตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 0.74±0.00 กรัม/วัน

อุณหภูมิในการทดลองระยะเริ่มอนุบาลปลาหมอที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน พบว่ามีอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 30.0-35.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 23 ถึง 32 องศาเซลเซียส ส่วนปริมาณออกซิเจนอยู่ช่วง 5.2-7.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ช่วง 7.0-7.5 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งน้อยกว่าการเลี้ยงปลาหมอเพศเดี่ยวทางการค้าที่มีปริมาณความเป็นกรด-ด่าง 8.3-8.7 มิลลิกรัมต่อลิตร (Department of Fisheries, 2016) ปริมาณแอมโมเนียในการทดลองระยะเริ่มอนุบาลปลาหมอที่ความหนาแน่นแตกต่างกันพบว่ามีปริมาณแอมโมเนีย อยู่ระหว่าง 0.3-2.0 mg/l โดยชุดการทดลองที่ 4 มีปริมาณแอมโมเนียสูงที่สุดซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อมีปริมาณแอมโมเนียในช่วง 0.50 ถึง 10 mg/l สัตว์น้ำจะมีอาการเครียด หายใจเร็ว (Department of Fisheries, 2016) ปริมาณไนไตรท์อยู่ที่ 0.2 mg/l ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติสอดคล้องกับไนไตรท์ที่เป็นสารประกอบในโตรเจนรูปหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการหมุนเวียนของไนโตรเจนในแหล่งน้ำ เกิดจากกึ่งกลางระหว่างการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียเป็นไนเตรต และไนเตรตเปลี่ยนกลับเป็นแอมโมเนีย ถ้าในน้ำมีออกซิเจนเพียงพอไนไตรท์จะเปลี่ยนไปเป็นไนเตรตอย่างรวดเร็ว สำหรับปลาน้ำจืดทั่วไปควรมีไนเตรตปริมาณ 0.66-75 mg/l (Laongnuan, 1998)

วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

ผลตอบแทนระยะลงทุนระหว่างการอนุบาล 7,650 ตัว มีรายได้ทั้งหมด 30,600 บาท รายได้สุทธิ 12,421.69 บาท ต้นทุนผันแปร 18,178.31 บาท ต้นทุนคงที่ 126.06 บาท ต้นทุนทั้งหมด 18,304.37 บาท ต้นทุนต่อหน่วย 2.39บาท กำไรสุทธิ 12,295.63 บาท ผลตอบแทนต่อการลงทุน 67.86% ระยะคืนทุน 0.05 ปี ราคาขาย 4 บาท ทั้งนี้เนื่องด้วยการอนุบาลที่ความหนาแน่นมีความแตกต่างกัน และต้นทุนค่าลูกปลาต่ำกว่าการเลี้ยงเป็นปลาเนื้อ

สรุปผลการทดลอง

จากการอนุบาลปลาหมอความหนาแน่นต่างกัน 175, 275, 375 และ 475 ตัว/ลูกบาศก์ มีความยาวเฉลี่ย 9.5±0.87 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 19.3±5.66 กรัม พบว่าปลาหมออนุบาลด้วยความหนาแน่น 175 ตัว/ลูกบาศก์ มีการเจริญเติบโตมากที่สุด อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน 0.72±0.01 กรัม/วัน และมีอัตรารอดสูงถึงร้อยละ

99.05±0.25 จากการคำนวณต้นทุนในการอนุบาลลูกปลาหมอต่ำที่สุดคือ การอนุบาลลูกปลาหมอที่ความหนาแน่น 175 ตัว/ตารางเมตร และต้นทุนจะเพิ่มขึ้นตามลำดับความหนาแน่น และทุนมีความสัมพันธ์กับกำไรสุทธิอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนกำไรในการอนุบาลลูกปลาหมอพบว่า การอนุบาลลูกปลาหมอที่ความหนาแน่น 475 ตัว/ตารางเมตร ได้กำไรสูงที่สุด และกำไรต่อหน่วยลดลงตามลำดับความหนาแน่น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ในการสนับสนุนผลงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Department of Fisheries. 2016. **Quality suitable for tilapia culture.** [Online]. Available https://www.fisheries.go.th/if-ubon_amnat/web2/images/downloads/21081.pdf (10 July 2021). [in Thai]

Department of Fisheries. 2018. **Statistics of Freshwater Aquaculture Production 2018**. Fishery Statistics Analysis and Research Group. Bangkok: Department of Fisheries. 65 p. [in Thai]

Doolgindachbaporn, S., P. Jaruratjamorn and S. Khongsai. 2003. Culturing of Climbing Perch, *Anabas testudineus* (Bloch) at Varying Densities. pp. 329-335. *In* **Proceedings of 41st Kasetsart University Annual Conference, 3-7 February, 2003. Subject: Fisheries**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]

Laongnuan, T. 1998. **Analysis of Water Quality for Aquaculture.** Ubon Ratchathani: Faculty of Agriculture and Industry Rajabhat Institute Ubon Ratchathani. 212 p. [in Thai]

Tancharoenrat, P., C. Samosorn and P. Prangsurang. 2016. **The production process of the offspring of Chumphon 1 Climbing Perch, Complete Oral Sex Change in the Detention Area.** Tak: Chumphon Provincial Fisheries Office. 7 p. [in Thai]

Worapussu, T., P. Thongsanitkan, P. Bangbai and N. Sirirustananun. 2018. Polyculture of climbing perch and Nile tilapia. **Journal of Science & Technology Phetchabun Rajabhat University** (3)2: 71-79. [in Thai]

ออกแบบและสร้างต้นแบบระบบเลี้ยงปลาหนาแน่นสูงพร้อมระบบปลูกผักอัจฉริยะ
Design and Build a Prototype of Smart High-density Fish Culture and Grow Crops on Top System

โดม อดุลย์สุข[1]* อภินันท์ สุวรรณรักษ์[1] เทพพิทักษ์ บุญทา[1] และบริสุทธิ์ สุขเสนา[2]

Dome Adoonsook[1]*, Apinun Suvarnaraksha[1], Teppitag Boonta[1] and Borisut Suksena[2]

[1]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]บริษัท อี พาวเวอร์ เซอร์วิส จำกัด กรุงเทพ 10510

[1]Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]E-Power Service Co. Ltd., Bangkok, Thailand 10510

*Corresponding author: dome_fb@hotmail.com

Abstract

In the traditional fish farming, which uses up a lot of land, the people that not enough of land would not be able to become a fish farmer. To provide food security for homes in the city which have a small area, this research aimed to design and build a high-density fish culture and grow crops on top system in a confined space. This system designed to establish on the front and the backyard of the house or condominium with a small area. The system can culture fish at 200-400 fish (200-400 fish/m^2) in the 1000-liter plastic container. On the top of fish tank, the 1-m^2 plastic container was installed for planting 14 lettuce per crop. The system works almost fully automatic to provide a convenience to the farmer who has a city lifestyle that doesn't have much time to take care of it. The automation system consists of automatic fish feeding, automatic aeration, automatic water exchange, automatic temperature control, automatic plant lighting, automatic fertilizer distribution system. The automation system is controlled through Programmable Logic Controller (PLC), display and set-up via Human machine interface (HMI) touch screen and smart phone.

Keywords: smart farming, high density fish culture, automatic system, microcontroller

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบเลี้ยงปลานิลแดงความหนาแน่นสูงในพื้นที่จำกัดและปลูกพืชด้านบนเพื่อใช้พื้นที่อย่างคุ้มค่า เพื่อให้เกิดความมั่นคงทางอาหารสำหรับบ้านเรือนในตัวเมืองที่มีพื้นที่ไม่มาก เพียงพอในการทำการประมงแบบดั้งเดิมซึ่งใช้พื้นที่มาก ให้สามารถพึ่งพาตัวเองโดยการสร้างอาหารเองและผลิตเพื่อจำหน่ายได้ โดยระบบจะใช้พื้นที่บริเวณหน้าบ้านหรือหลังบ้านให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่นสูงในพื้นที่ไม่เกิน 3 ตร.ม. ระบบนี้จึงถูกออกแบบให้สามารถเลี้ยงปลานิลแดงขนาดเริ่มต้น 30 กรัม จนถึงขนาดจับขายหรือบริโภคที่ขนาด 500 กรัม ได้จำนวน 200-300 ตัว (200-300 ตัว/ตร.ม.) ภายในถังเลี้ยงปลาขนาด 1,000 ลิตร (1x1x1 เมตร) โดยที่ด้านบนของถังเลี้ยงปลาได้ทำการติดตั้งกระบะสำหรับปลูกผักขนาด 1 ตร.ม. เพื่อใช้ในการปลูกผักสลัดจำนวน 14 ต้นต่อรอบ โดยระบบจะทำงานโดยอัตโนมัติเกือบทั้งหมด เพื่อเพิ่มความสะดวกสะบายให้กับผู้เลี้ยงที่มีไลฟ์สไตล์การใช้ชีวิตแบบคนเมืองที่มีเวลาในการดูแลไม่มากนัก ระบบอัตโนมัติประกอบไปด้วย การให้อาหารอัตโนมัติ การเติมอากาศอัตโนมัติ การเปลี่ยนถ่ายน้ำอัตโนมัติ การควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ระบบให้แสงแก่พืชอัตโนมัติ ระบบจ่ายปุ๋ยแก่พืชอัตโนมัติ ผ่านการควบคุมด้วย Programmable Logic Controller (PLC) แสดงผลและตั้งค่าการทำงานผ่านหน้าจอสัมผัส Human machine interface (HMI) และโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน

คำสำคัญ: ฟาร์มอัจฉริยะ เลี้ยงปลาหนาแน่นสูง ระบบควบคุมอัตโนมัติ ไมโครคอนโทรลเลอร์

คำนำ

ในสถานการณ์ปัจจุบันซึ่งมีการเกิดโรคระบาดอย่าง COVID-19 ไปทั่วโลก ทำให้คนจำนวนมากไม่มีงานทำซึ่งเป็นผลมาจากการทำระยะห่างทางสังคมหรือ social distancing ประเทศไทยก็เช่นกัน มีการคาดการณ์จำนวนผู้ที่จะตกงานในปี 2564 อาจมีผู้ตกงานมากกว่า 8.4 ล้านคน โดยแบ่งออกเป็น 1) แรงงานด้านการท่องเที่ยว 2.5 ล้านคน ซึ่งไม่รวมสาขาการค้าส่ง ค้าปลีก ที่ได้รับผลกระทบจากนักท่องเที่ยวไทยและต่างชาติที่หายไป 2) แรงงานในภาคอุตสาหกรรม 1.5 ล้านคน และ 3) ภาคบริการอื่นๆ 4.4 ล้านคน ซึ่งเป็นกลุ่มที่รัฐปิดเพื่อคุมการแพร่ระบาด COVID-19 เช่น สถานศึกษา ตลาด สนามกีฬา สนามมวย ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงกลุ่มนักศึกษาจบใหม่ ราว 5.2 แสนคน ที่ในปีนี้จะหางานได้ยากมากขึ้น เพื่อเกิดความมั่นคงทางอาหาร ความสามารถในการสร้างอาหารเองจึงนับเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับยุค COVID-19 ยุคที่คนต้องพึ่งพาตัวเองและคนในครอบครัว ดังนั้นถ้าประชาชนโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อาศัยอยู่ในเมืองที่มีบ้านขนาดเล็กมีพื้นที่จำกัดหรือจะเป็นประชาชนที่อาศัยอยู่ในคอนโดมิเนียม โดยมีแค่พื้นที่หน้าบ้าน หลังบ้าน หรือภายในอาคารขนาดไม่กี่ตารางเมตร ให้สามารถสร้างอาหารได้เองเพื่อใช้ในการเลี้ยงชีพภายในครอบครัวและเพียงพอที่จะสร้างรายได้เสริมจากการขายได้ จึงเป็นสิ่งสำคัญในช่วงระหว่างและหลังการเกิดวิกฤตโควิด-19 เช่นนี้

เนื่องจากการเลี้ยงปลาและปลูกผักนั้น โดยทั่วไปต้องใช้พื้นที่มาก ยากต่อการดูแล และต้องใช้น้ำเยอะ โดยทั่วไปแล้วการจะเลี้ยงปลาให้มีความหนาแน่นสูงนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างยิ่งคือคุณภาพน้ำที่ดีและ ปริมาณออกซิเจน

ละลายน้ำที่เพียงพอ ดังนั้นดังนั้นการจะเลี้ยงปลาในพื้นที่จำกัดให้มีความหนาแน่นสูง ได้ผลผลิตต่อพื้นที่ที่สูงขึ้น จึงจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพน้ำและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตลอดเวลา แต่เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ไม่มีความรู้เรื่องการทำการประมง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบการเลี้ยงปลานิลแดงให้สามารถเลี้ยงได้ในพื้นที่จำกัด โดยการควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในเพียงพอและคุณภาพน้ำให้ดีอยู่ตลอดการเลี้ยง โดยอาศัยเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติโดยอาศัยการทำงานของ Microcontroller เป็นตัวควบคุม และทำการควบคุมการให้อาหารอัตโนมัติสำหรับประชาชนทั่วไปที่ไม่มีความรู้ด้านการเลี้ยงปลา ให้สามารถเลี้ยงปลาได้อย่างมืออาชีพ นอกจากนี้ยังใช้พื้นที่ให้คุ้มค่า โดยการปลูกผักด้านบนส่วนเลี้ยงปลา เพื่อส่งเสริมให้ประชาชนเกิดความมั่นคงทางอาหารและทางอาชีพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบและสร้างต้นแบบระบบเลี้ยงปลาหนาแน่นสูงพร้อมระบบปลูกผักอัจฉริยะ (Smart FIVE system)

1. การออกแบบและสร้างถังเลี้ยงปลาและกระบะปลูกผัก

ในระบบต้นแบบ Smart FIVE system ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ 1) ส่วนสำหรับใช้เลี้ยงปลา และ 2) ส่วนสำหรับปลูกผัก โดยทำการผ่าถังใส่สารเคมี (IBC) ใช้แล้วขนาด 1,000 ลิตร (Figure 1a) ออกเป็น 2 ส่วน ตามความสูงของถัง โดยส่วนสำหรับใช้เลี้ยงปลามีความสูงที่ 0.8 เมตร โดยมีปริมาตร 800 ลิตร และ ส่วนแปลงผักมีความสูงที่ 0.2 เมตร มีปริมาตร 200 ลิตร (Figure 1a) หลังจากผ่าถังใส่สารเคมีใช้แล้วขนาด 1,000 ลิตรแล้ว ทำการหงายส่วนสำหรับปลูกผักขึ้น (Figure 1b) แล้ววางทับลงบนส่วนสำหรับเลี้ยงปลาตามแนวขวาง ตาม Figure 1c

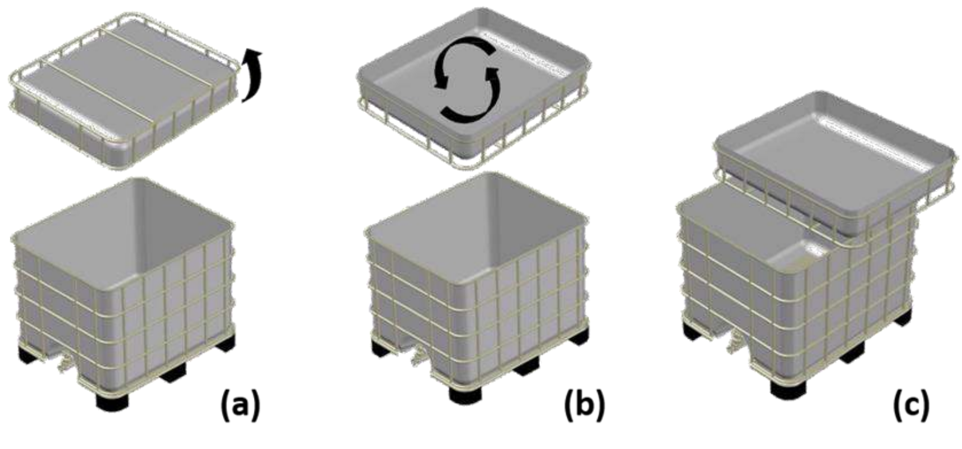


Figure 1 Construction of Smart FIVE System by using 1,000 liters IBC tank

ในส่วนล่างของระบบที่เป็นถังเลี้ยงปลานิลแดงถูกออกแบบให้สามารถเลี้ยงปลานิลแดงได้ที่ความหนาแน่นสูงมากกว่า 200–300 ตัวต่อตารางเมตร และในส่วนสำหรับปลูกผักซึ่งอยู่ด้านบนของระบบเลี้ยงจะมีขนาด 1 ตารางเมตร

สามารถปลูกผักสลัดได้จำนวน 16 ต้น แต่ละต้นมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากับ 20 เซนติเมตรเท่าๆ กัน (Kongake *et al*., 2015) วัสดุปลูกที่ใช้เป็นใยมะพร้าว นำวัสดุปลูกบรรจุลงในกระบะปลูกขนาด 1 ตารางเมตร ประมาณ 1 ใน 3 ของกระบะ จากนั้นนำต้นกล้าผักที่ได้จากการเพาะเมล็ด อายุประมาณ 10 วัน ลงปลูกลงในกระบะที่เตรียมไว้รดน้ำให้ชุ่ม

2. การออกแบบและสร้างชุดควบคุมระบบอัจฉริยะด้วย PLC

ชุดควบคุมระบบอัจฉริยะเป็นชุดสำหรับควบคุมการทำงานของระบบให้เป็นไปอย่างอัตโนมัติ โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด PLC (Programmable Logic Controller) เป็นตัวควบคุมระบบต่างๆ เช่น การให้อาหารอัตโนมัติ การเติมอากาศอัตโนมัติ การเปลี่ยนถ่ายน้ำอัตโนมัติ การควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ระบบให้แสงเทียมแก่พืชอัตโนมัติ ระบบจ่ายปุ๋ยแก่พืชอัตโนมัติ โดยแสดงผลและตั้งค่าการทำงานผ่านหน้าจอสัมผัส HMI และโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆดังนี้ (Figure 2)

2.1. ระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ

ระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ คือ การให้ปุ๋ยกับผักในกระบะปลูกตามค่าที่ผักต้องการเพื่อการเจริญเติบโตของพืช โดยจะใช้หัววัดค่า EC เป็นตัวควบคุมการผสมปุ๋ยและควบคุมการให้ปุ๋ยกับผัก โดยการนำหัววัดค่า EC ในน้ำมาใช้ เมื่อระบบเริ่มทำงานหัววัดค่าก็จะทำการวัดค่า EC ในน้ำ หากค่า EC ในน้ำมาค่าต่ำกว่า 2.00 dS/m ปั๊ม dosing จะทำการดูดสารละลายไปผสมกับน้ำในถัง ขณะที่ปั๊ม Dosing กำลังดูดสารละลายเข้าไปผสมกับน้ำอยู่นั้น มิเตอร์ก็ยังคงวัดค่า EC ในน้ำอยู่ตลอดเวลา เมื่อมิเตอร์ วัดค่าได้ถึง 2.2 dS/m ระบบก็ จะสั่งงานให้ปั๊ม Dosing หยุดทำงาน โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ ประกอบด้วย หัวโพรบวัดค่า EC ปั๊ม Dosing ปั๊ม Sonic ถังสำหรับผสมสารละลาย และท่อ pvc

2.2. ระบบให้แสงไฟเทียมพืชอัตโนมัติ

หลอดไฟปลูกต้นไม้ (LED grow light) เป็นหลอดไฟที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับใช้ในกิจกรรมที่เกี่ยวกับการเพาะปลูกพืชผักโดยเฉพาะ ซึ่งอาศัยหลักการของการแผ่รังสี คล้ายการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ ทำให้พืชผักเมื่อได้รับแสงจากหลอดไฟดังกล่าว จะสามารถสังเคราะห์แสงเพื่อการเจริญเติบโตได้ โดยในการวิจัยนี้ทำการติดตั้งหลอดไป LED ขนาด 3,000 W จำนวน 1 ชุด บริเวณเหนือกระบะปลูกผัก โดยทำการตั้งเวลาเปิดปิดในช่วงเวลากลางวันเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน

2.3. ระบบควบคุมคุณภาพน้ำเลี้ยงปลาและระบบให้อาหารปลาอัตโนมัติ

ในระบบควบคุมคุณภาพน้ำเลี้ยงปลานั้นทำการออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ PLC เป็นตัวรับสัญญาณขาเข้า (Input) จากเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น pH, DO และ อุณหภูมิ โดยค่าต่างๆจะแสดงออกจอ HMI ที่ติดตั้งบนกล่องควบคุม จากนั้น PLC จะถูกเขียน Code เพื่อควบคุมสัญญาณขาออกต่างๆ เช่น ควบคุม Solenoid valve ใช้ในการควบคุมการเปิดปิดน้ำเปลี่ยนถ่ายตามระยะเวลาที่กำหนด ควบคุมปั๊มลมให้เปิดหรือปิดตามความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ ควบคุมการให้อาหารปลาอัตโนมัติ ควบคุมอุณหภูมิน้ำให้คงที่ตลอดการเลี้ยงโดยการใช้ Heater และ Chiller และควบคุมการสูบน้ำเข้าระบบกรองตามเวลาที่กำหนด เป็นต้น โดยระบบต่างๆ ข้างต้นจะสามารถตั้งค่าได้ตามต้องการผ่านหน้าจอ HMI

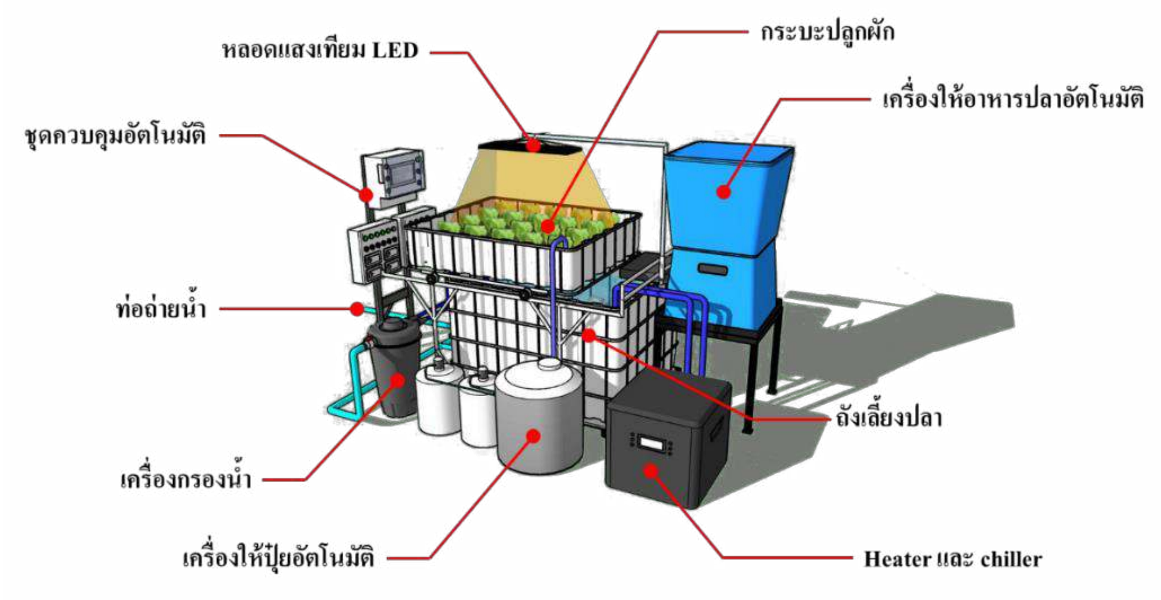


Figure 2 The compositions of Smart FIVE system

การเก็บข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลต่างๆ คือ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของปลาและพืช อัตราการแลกเนื้อของปลา อัตรารอดของปลา ในส่วนของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ สภาพดิน และสภาพอากาศ เช่น pH อุณหภูมิน้ำและอากาศ ความชื้นในดินและในอากาศ อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ทำการเก็บข้อมูลผ่าน Sensor และบันทึกผลผ่าน Micro SD card ทำการวัดค่า Ammonia, Nitrite, Nitrate ในน้ำทุก 3 วัน ด้วยวิธี Phenate, Colorimetric Method และ Hydrazine ตามลำดับ

ผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างระบบเลี้ยงปลานิลแดงหนาแน่นสูงพร้อมระบบปลูกผักอัจฉริยะ และได้ทำการทดสอบปรับปรุงแก้ไขจนมีความสามารถในการทำงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไปแล้วนั้น จึงดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งมีหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการเลี้ยงปลาและปลูกพืช

ลักษณะของการออกแบบระบบในภาพรวมแสดงตาม Figure 3 และการออกแบบหน้าจอ HMI และหน้าจอมือถือ Smart phone แสดงตาม Figure 4 และ Figure 5 ตามลำดับ

Figure 3 Overall characteristics of Smart FIVE system

Figure 4 HMI touch screen for controlling system in Smart FIVE system

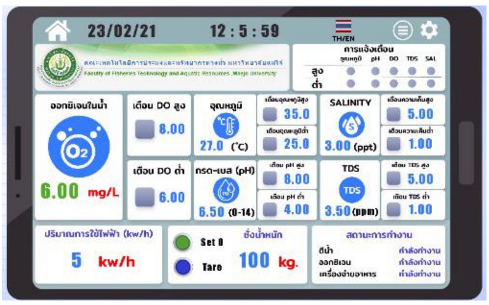


Figure 5 Smart phone screen

2. ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

จากการทดสอบการทำงานของระบบในส่วนของการเลี้ยงปลา ในระบบต่างๆ เป็นระยะเวลา 91 วัน มีผลการทดสอบดังนี้

ผลการควบคุมอุณหภูมิ

จาก Figure 6 จะเห็นได้ว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำในถังเลี้ยงให้เกือบคงที่ซึ่งอยู่ในช่วง 29.5-30.2 องศาเซลเซียส ตลอดการเลี้ยงที่ได้อย่างอัตโนมัติ โดยอาศัยการทำงานของ PID (Proportional-Integral-Derivative) ซึ่งเป็น AI (Artificial Intelligence) ที่ติดตั้งอยู่ใน PLC เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิน้ำให้คงที่

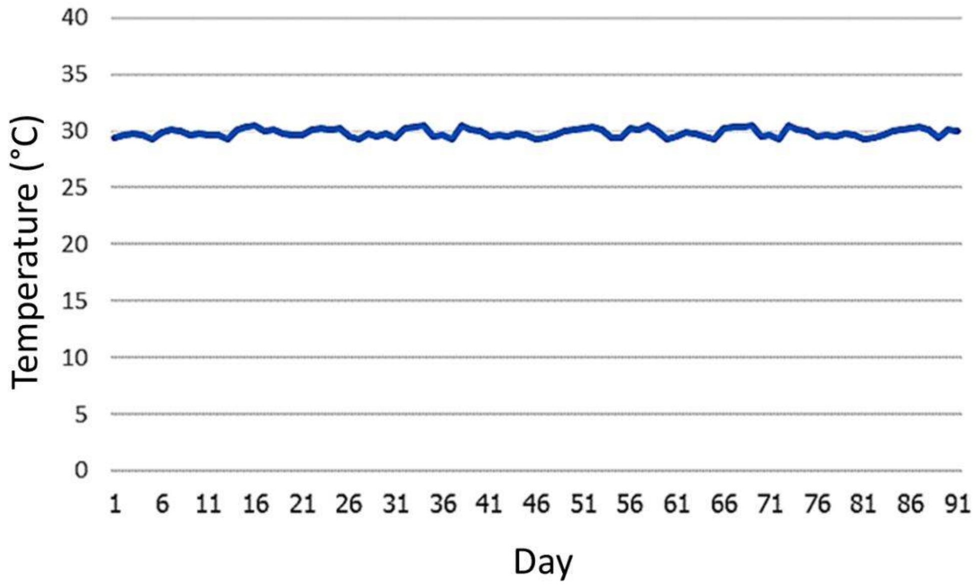


Figure 6 The results of temperature control in fish tank of Smart FIVE system

ผลการควบคุมระดับออกซิเจนละลายน้ำ

จาก Figure 7 จะเห็นได้ว่าระบบสามารถควบคุมระดับออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในช่วง 5.3-7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดการเลี้ยงที่ได้อย่างอัตโนมัติโดยอาศัยการทำงานของ PLC ร่วมกับการใช้หัววัดระดับออกซิเจนละลายน้ำแบบออฟติกคอล ซึ่งมีความแม่นยำสูงและสามารถแช่ไว้ในน้ำได้ตลอดเวลา ทำให้การควบคุมระดับออกซิเจนละลายในน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

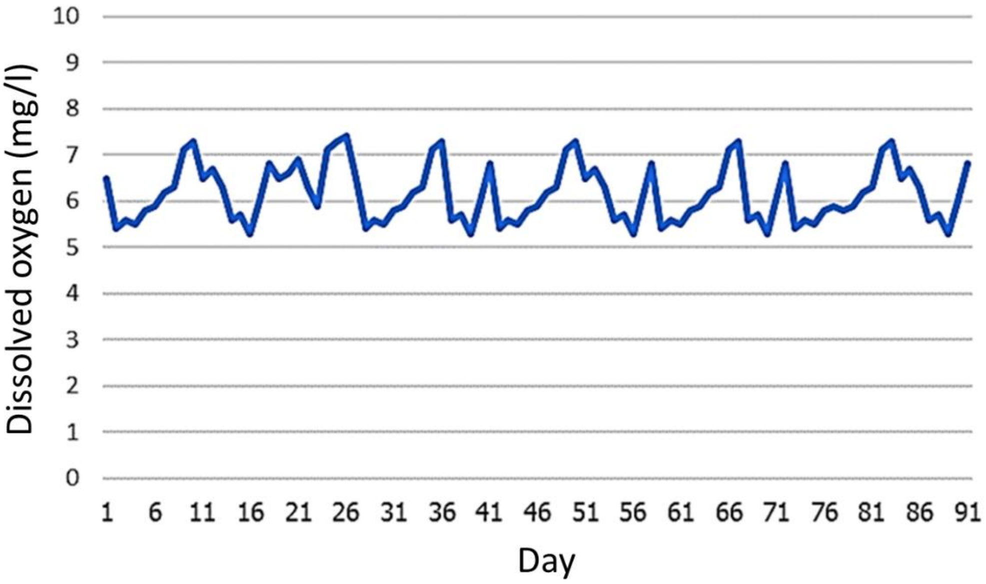


Figure 7 The results of dissolved oxygen control in fish tank of Smart FIVE system

ผลการควบคุมระดับแอมโมเนียในน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

การควบคุมการเปลี่ยนถ่ายน้ำได้ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำตามเวลาโดยมีการตั้งเวลาเพื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำอัตโนมัติ โดยทำการถ่ายน้ำออกจากถังประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรถัง จากนั้นระบบจะทำการเติมน้ำให้กลับมาอยู่ในระดับเดิมอัตโนมัติ โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะทำทุกๆ 2 สัปดาห์ ผลการทดสอบพบว่าปริมาณแอมโมเนีย ตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.043-0.661 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

ผลการควบคุมระดับไนไตรทและไนเตรทในน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

การควบคุมการเปลี่ยนถ่ายน้ำได้ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำตามเวลาโดยมีการตั้งเวลาเพื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำอัตโนมัติ โดยทำการถ่ายน้ำออกจากถังประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรถัง จากนั้นระบบจะทำการเติมน้ำให้กลับมาอยู่ในระดับเดิมอัตโนมัติ โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะทำทุกๆ 2 สัปดาห์ ผลการทดสอบพบว่าปริมาณ ไนไตรท และไนเตรท ตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.014-0.063 และ 0.020-0.075 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ

ผลการควบคุมการให้อาหารปลาอัตโนมัติ

การให้อาหารปลาในระบบ ให้ด้วยการใช้เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยทำการตั้งเวลาการให้เป็น 4 ช่วงต่อวัน อัตราการให้อาหารเปลี่ยนแปลงตามน้ำหนักตัวปลา โดยให้ที่อัตรา 4 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวปลา ผลการทดสอบพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของปลามีค่าเท่ากับ 227.13±22.38 กรัม/ตัว อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) พบว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.26 อัตรารอดของปลานิลแดงเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองพบว่าอัตราการรอดของปลานิลแดงคือ 94.44 เปอร์เซ็นต์

วิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อออกแบบและสร้างเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบเลี้ยงปลานิลแดงหนาแน่นสูงพร้อมระบบปลูกผักอัจฉริยะ ที่สามารถควบคุมการให้อาหารอัตโนมัติ การเติมอากาศอัตโนมัติ การเปลี่ยนถ่ายน้ำอัตโนมัติ การควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ระบบให้แสงแก่พืชอัตโนมัติ ระบบจ่ายปุ๋ยแก่พืชอัตโนมัติ โดยมีการเน้นไปที่การเลี้ยงปลาเป็นหลักและให้การปลูกผักเป็นส่วนเสริมเท่านั้น โดยมีการทดสอบระบบเป็นระยะเวลา 91 วัน จากการทดสอบพบว่า ระบบสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในการเขียนโปรแกรมได้อย่างแม่นยำ สามารถควบคุมคุณภาพน้ำให้เป็นไปตามความต้องการได้ โดยอุณหภูมิน้ำระบบสามารถควบคุมให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลานิลแดงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง คือ 29.5-30.2 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในเขตร้อนอยู่ที่ 25-32 องศาเซลเซียส (Patcharawalai *et al*., 2014) ในส่วนของการควบคุมระดับออกซิเจนละลายในน้ำของระบบนั้นอยู่ในช่วง 5.3-7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดการเลี้ยง ซึ่งมีความเหมาะสมกับการเลี้ยงปลาตามรายงานของ Kantakan (2018) สำหรับการควบคุมปริมาณแอมโมเนียในน้ำเลี้ยงปลา จะเห็นได้ว่าค่า แอมโนเนีย ไนเตรท และไนไตรท อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง สำหรับอัตราการเจริญเติบโตที่ได้จากการเลี้ยงในระบบที่ติดตั้งเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ เมื่อเที่ยบการเลี้ยงกับงานวิจัยอื่นที่เลี้ยงปลานิลความหนาแน่นสูงในบ่อคอนกรีตที่มีระบบไหลเวียนน้ำแบบปิด ด้วยความหนาแน่น 43-129 ตัวต่อตารางเมตร (Krasindh and Surit, 2013) พบว่าระบบสามารถเลี้ยงปลาได้ดีกว่าหรือเทียบเท่า

สรุปผลการวิจัย

ระบบเลี้ยงปลานิลแดงหนาแน่นสูงพร้อมระบบปลูกผักอัจฉริยะที่สร้างขึ้น สามารถควบคุมอุณหภูมิ ระดับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ และแอมโมเนียของน้ำในบ่อเลี้ยงในระบบได้อย่างอัตโนมัติ ตามขอบเขตที่กำหนด และสามารถเลี้ยงปลานิลแดงที่ความหนาแน่นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีอัตราแลกเนื้อที่ต่ำ อัตรารอดที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นที่ต่ำกว่า

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากการทดสอบครั้งนี้ผู้วิจัยได้เน้นไปที่การเลี้ยงปลาเป็นหลัก ดังนั้นควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปลูกผัก

2. งานวิจัยนี้ยังขาดการวิเคราะห์ต้นทุน ระยะเวลาคุ้มทุน ดังนั้นควรมีการวิจัยเพิ่มเติมทางด้านความคุ้มค่าต่อการลงทุน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำในการเอื้อเฟื้อสถานที่ ขอขอบคุณบริษัทอีพาวเวอร์เซอร์วิช จำกัด ในความอนุเคราะห์อุปกรณ์และองค์ความรู้

เอกสารอ้างอิง

Kongake, S., J. Praneet and S. Wipaporn. 2015. Effect of growing methods on growth and pigment concentrations of leaf lettuce (*Lactuca sativa* var. crispa l**). Phranakhon Rajabhat Research Journal** 10(1): 82-95.

Krasindh, H. and S. Surit. 2013. **Study on High Stocking Density for Tilapia Culture in Closed Recirculating Concrete Pond**. 24 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Patcharawalai, S., W. Niwooti, C. Chanagun, P. Jongkon. and L. Lebel. 2014. Impacts of climate and season on water quality in aquaculture ponds. **KKU Research Journal** 19(5): 743-751.

Kantakan, T. 2018. Efficiency of water recirculating system incorporated with water hyacinth in hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* x C. *gariepinus*) culture. **Thai Science and Technology Journal** 26(7): หน้า-หน้า.

การเสริมผงเปลือกมะละกอและสารสกัดจากสับปะรดเพื่อเพิ่มผลผลิตปลากะพงเชิงพาณิชย์
The Papaya Peel Powder and Pineapple Peel Crude Extract Supplementation on Feed to Increase the Productivity of Commercial Sea Bass

อรอนงค์ ทับทิม กาญจนา กาญจนมยูร ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล และสุดาพร ตงศิริ*
Ornanong Thabthim, Karnchana Karnchanamayoon, Tipsukhon Pimpimol and Sudaporn Tongsiri*
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
*Corresponding author: sudap2515@gmail.com

Abstract

The growth performances of sea bass (*Lates calcarifer* (Bloch)) fed with feed mixed with pineapple peel (PA) and papaya peel (PP) in a Recirculating Aquaculture System (RAS) were carried out. The control feeds were 40% protein for cultured sea bass. There were 4 treatments with 3 replicates. Four experimental feeds included a control, pineapple juice 5 ml/kg feed (PA), papaya peel 5 g/kg feed (PP), a combination of 5 ml/kg feed pineapple juice and 5 g/kg feed papaya peel (PP-PA). The experiment was conducted for 90 days. The results showed that growth performances of sea bass showed that weight gain, length gain, average daily gain and survival rate were not significantly different ($p>0.05$). The cost of PA+PP for sea bass was 81.21 Baht per kilogram. The water quality in this research was within the recommended levels by aquaculture system

Keywords: sea bass, pineapple peel, papaya peel, growth, Recirculating Aquaculture System (RAS)

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลากะพงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเปลือกสับปะรด (PA) และ เปลือกมะละกอ (PP) ที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน โดยมีอาหารทดลองที่มีโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ แบ่งชุดทดลองเป็น 4 ชุดทดลอง 3 ซ้ำ คือ อาหารควบคุม (Control) อาหารผสมเปลือกสับปะรด 5 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม (PA) อาหารผสมเปลือกมะละกอ 5 กรัมต่อกิโลกรัม (PP) และ อาหารผสมทั้งเปลือกสับปะรด 5 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม และเปลือกมะละกอ 5 กรัมต่อกิโลกรัม (PA+PP) เลี้ยงเป็นระยะเวลา 90 วัน ผลการทดลองการเจริญเติบโตของปลากะพง พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และ อัตรารอด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ต้นทุนการผลิตของปลากะพงที่เลี้ยงด้วยอาหาร PA+PP เท่ากับ 81.21 บาทต่อกิโลกรัม คุณภาพน้ำในบ่อทดลองมีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ตามมาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

คำสำคัญ: ปลากะพง เปลือกสับปะรด เปลือกมะละกอ การเจริญเติบโต ระบบน้ำหมุนเวียน (RAS)

คำนำ

ปลากะพง เป็นปลาเศรษฐกิจที่นิยมบริโภคในปัจจุบัน และมีการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลาย ประเทศไทยสามารถเพาะพันธุ์ปลากะพงได้เป็นจำนวนมากเพื่อเลี้ยงขายในประเทศและส่งขายต่างประเทศ ผลผลิตปลากะพงมีปริมาณสูงถึง 20,454 ตัน มีการเลี้ยงกระจายทั้งในอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน (Kitchapatanaphan, 2019) ฟาร์มเลี้ยงที่สำคัญ พบมากในพื้นที่ จังหวัดฉะเชิงเทรา สมุทรสาคร สุราษฎร์ธานี สงขลาและปัตตานี ซึ่งมีการเลี้ยงทั้งในบ่อดิน และในกระชัง แต่พบการเลี้ยงในบ่อดินสูงถึง 98 เปอร์เซ็นต์ (Kitchapatanaphan, 2019) ด้านผลผลิตของปลากะพงมีการส่งขายในรูปแบบปลามีชีวิต และปลาแช่แข็ง รวมทั้งได้มีกลุ่มเครือข่ายปลากะพง เพื่อผลักดันให้มีการจัดการขายปลากะพงในรูปแบบผลิตภัณฑ์ในระดับตลาดพรีเมียม และ การขายในรูปแบบแปรรูป การตัด แล่ แยกชิ้นส่วนขายให้ตลาดต่างๆ เพื่อลดความเสี่ยงเรื่องปลากะพงล้นตลาด (Edkaew, 2020) จากความสำคัญที่กล่าวมา ได้มีการนำระบบที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ คือ ระบบน้ำหมุนเวียน (Recirculating Aquaculture System, RAS) ระบบนี้เป็นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่เหมาะกับ การเพาะเลี้ยงที่มีพื้นที่น้อย ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในระบบน้อย และมีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเพื่อให้น้ำที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพดี ทำให้เหมาะต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งจะทำให้สามารถเลี้ยงสัตว์น้ำในความหนาแน่นที่สูงได้ (Whangchai and Pimpimol, 2018)

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น เปลือกมะละกอ และ เปลือกสับปะรด เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีเอนไซม์โปรติเอสอยู่ในส่วนผสม ซึ่งเอนไซม์โปรติเอสช่วยย่อยโปรตีนให้มีโครงสร้างที่เล็กลง หรือ ทำให้เกิดความนุ่มของเนื้อสัตว์ได้ เปลือกมะละกอ เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมาก ซึ่งในเปลือกมะละกอ มีเอนไซม์ย่อยโปรตีนชนิดหนึ่ง เรียกว่า ปาเปน ซึ่งพบมากในมะละกอ พบได้ทั้งใน ใบ ก้าน และ ผลดิบ (Chanpeng and Leksawat, n.d.) โปรติเอสจากเปลือกมะละกอสกัดโดยการบดละเอียดในน้ำ ในสัดส่วน เปลือกสด:น้ำ ใช้ 1:2 น้ำหนักต่อปริมาตร (Kanasawud *et al.*, 2001) ซึ่งพบว่า

มีเอนไซม์ปาเปนช่วยในการย่อยโปรตีนได้ ในขณะที่วัสดุเหลือทิ้งจากเปลือกสับปะรด เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมาก ในส่วนของเปลือกสับปะรดมีเอนไซม์โปรติเอสที่ช่วยในการย่อยโปรตีนได้ เรียกว่า โบรมิเลน ซึ่งพบได้ทั้งใน จุก เปลือก เนื้อ และ แกนสับปะรด จากการศึกษาของ Jintanavich *et al*. (2004) พบว่า ส่วนของเนื้อสับปะรดมีปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนสูงที่สุด รองลงมาพบในเปลือกสับปะรด วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ทั้งเปลือกมะละกอ และ เปลือกสับปะรด มีเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยโปรตีนทำให้ผู้วิจัยมีแนวทางที่จะนำสารที่พบทั้ง 2 ชนิดมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพและช่วยย่อยอาหารในกลุ่มของโปรตีน ในอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลากะพงเชิงพาณิชย์ ซึ่งหากเอนไซม์ที่ได้จากของเหลือทิ้งทั้ง 2 ชนิด สามารถทำให้ปลากะพง นำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ก็จะทำให้การเจริญเติบโตของปลาเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลผลิตในการเพาะเลี้ยงปลากะพง สูงขึ้นได้ และจากแนวทางนี้ ผู้วิจัยจึงนำเอนไซม์จากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากน้ำสับปะรดมาเสริมลงในอาหารในสัดส่วนต่างๆ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของปลากะพงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารจากเปลือกมะละกอและสารสกัดจากน้ำสับปะรด รวมถึง คุณภาพซาก ดัชนีตับ และ ต้นทุนการผลิต เพื่อตอบโจทย์ให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสามารถลดต้นทุนค่าอาหารปลาได้อีกแนวทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหารทดลองผสมสารเสริมจากเปลือกมะละกอ และ เปลือกสับปะรด ด้วยวิธี *in vitro* digestibility

นำตัวอย่างอาหารมาบดละเอียดและผ่านการกรองโดยตะแกรงตาถี่ 200 ไมโครเมตร ชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันในวัตถุดิบออกโดยใช้วิธี Ether extraction แบบ Soxhlet จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไป ย่อยโดยเอนไซม์ที่สกัดได้จากทางเดินอาหารของปลากะพง ตามสภาวะที่เหมาะสมทั้ง อุณหภูมิ และ pH ในห้องปฏิบัติการ (*In vitro*) ตามวิธีของ (Rungruangsak-Torrissen *et al.,* 2002)

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลากะพง

การสร้างสูตรอาหาร การทดลองใช้อาหารสำเร็จรูปที่มีขายในท้องตลาดสำหรับการเลี้ยงปลากะพง มีโปรตีน อยู่ระหว่าง 38-42 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำอาหารทดลอง มาเสริมเปลือกมะละกอ และเปลือกสับปะรด ด้วยวิธีการดังนี้ เปลือกมะละกอ นำมาอบแห้ง แล้วบดให้ละเอียด ใช้เปลือกมะละกอ 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เคลือบอาหารด้วยวุ้น ส่วนเปลือกสับปะรดนำมาบดให้ละเอียด เก็บเฉพาะส่วนใส (Crude extract) นำไปเติมในอาหาร โดยใช้อัตราส่วน 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ดังนี้ ชุดทดลองที่ 1 สูตรอาหารไม่เสริมสาร (Control) ชุดทดลองที่ 2 สูตรอาหารเสริมสารจากเปลือกสับปะรด 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (PA) ชุดทดลองที่ 3 สูตรอาหารเสริมสารจากเปลือกมะละกอ 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (PP) และ ชุดทดลองที่ 4 สูตรอาหารเสริมสารเปลือกสับปะรด 5 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม + สารจากเปลือกมะละกอ 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (PA+PP)

สูตรอาหารที่ผ่านการเคลือบด้วยเปลือกสับปะรด และ เปลือกมะละกอแล้ว นำมาตรวจวัดหาคุณค่าทางโภชนาการของสูตรอาหาร ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารปลากะพง แสดงใน Table 1 พบว่า ผลการวิเคราะห์อาหารปลากะพงทุกสูตร ปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 39.60±0.34 - 39.97±0.24 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วน ปริมาณความชื้น เถ้า ลิปิด ไฟเบอร์ และ NFE มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Table 1 The proximate composition of experimental diet (g/100 g dry matter basis)

Parameter (%)	Control	PA	PP	PA+PP
Moisture	5.54±0.05^{a}	13.24±0.25^{b}	14.39±0.10^{c}	14.08±0.36^{bc}
Ash	13.35±0.02^{b}	12.03±0.18^{a}	11.78±0.04^{a}	11.76±0.06^{a}
Lipid	13.54±1.33^{b}	11.01±0.10^{ab}	9.72±0.18^{a}	9.91±0.13^{a}
Fibre	2.72±0.44^{a}	4.07±0.39^{ab}	5.32±0.45^{b}	5.90±0.86^{b}
Protein	39.88±0.23^{a}	39.60±0.34^{a}	39.97±0.24^{a}	39.75±0.49^{a}
Nitrogen Free Extract (NFE)	24.95±1.63^{b}	20.04±0.42^{a}	18.80±0.79^{a}	18.58±0.36^{a}

Each value represents mean ± SE. Values in the same row with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

การวัดการเจริญเติบโต

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลากะพง เลี้ยงในบ่อ RAS วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD: Completely Randomize Design) แบ่งชุดการทดลอง 4 ชุดการทดลอง (Treatment) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ โดยปล่อยลูกปลากะพงขนาด 20 กรัมต่อตัว ที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตร ในกระชังอวนโพลีขนาด 1x 1x1 เมตร เป็นระยะเวลา 90 วันทำการสุ่มชั่งน้ำหนักและนับจำนวนตัวแต่ละกระชัง ทุก 30 วัน วัดการเจริญเติบโตและต้นทุนผลตอบแทนของปลา ดังนี้

1) น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (Weight gain, %) = (น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง-น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้นทดลอง)/น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้น x 100
2) การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, กรัม/วัน) = (น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง-น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง)/ระยะเวลาทดลอง
3) ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (protein efficiency ratio, PER) = น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น/น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน
4) น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (TFI, กรัม/ตัว) = นน.อาหารทั้งหมดที่ปลากิน/จำนวนปลา
5) อัตราการกินอาหาร (DFI % /วัน) = (น้ำหนักอาหารที่ปลากินเฉลี่ยต่อวันx100)/[(น้ำหนักปลาเริ่มต้น+น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง)/2]
6) อัตราแลกเนื้อ (FCR) = น้ำหนักอาหารที่ปลากิน/น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น
7) อัตรารอด (Survival rate, %) = (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง/จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้น)x100
8) ค่าดัชนีตับ = (น้ำหนักตับ/น้ำหนักตัวปลา)x100
9) เปอร์เซ็นต์ซาก = (น้ำหนักอวัยวะแต่ละชนิดของปลาx100)/น้ำหนักตัวของปลา

10) ต้นทุนผลผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม (บาท) ต้นทุนผลผลิต = ต้นทุนค่าอาหารปลา+ค่าพันธุ์ปลา
11) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio)B/C ratio = ราคาปลาต่อกิโลกรัม/ต้นทุนการผลิตปลาต่อกิโลกรัม

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่รวบรวมได้ คำนวณค่าการเจริญเติบโตต่างๆ ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธี Tukey’s New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SPSS for window version 11.5

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหารทดลองผสมสารเสริมจากเปลือกมะละกอ และ เปลือกสับปะรด ด้วยวิธี *in vitro* digestibility พบว่า การวัดความสามารถของเอนไซม์จากอวัยวะย่อยอาหารปลากะพงในการย่อยสูตรอาหาร 4 สูตร ได้ผลดังนี้ เอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรตจากปลากะพง สามารถย่อยอาหารสูตร PA ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สูตรอาหาร PP ในขณะที่สูตรอาหาร PA+PP และ อาหาร Control เอนไซม์ย่อยได้ใกล้เคียงกัน แต่มีค่าน้อยกว่าอาหารสูตร PA และ PP (Figure 1A) ความสามารถของเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากอวัยวะย่อยอาหารของปลากะพงพบว่า เอนไซม์จากปลากะพงสามารถย่อยโปรตีนในสูตรอาหาร PA ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สูตรอาหาร PP, Control และ PA+PP ตามลำดับ (Figure 1B)

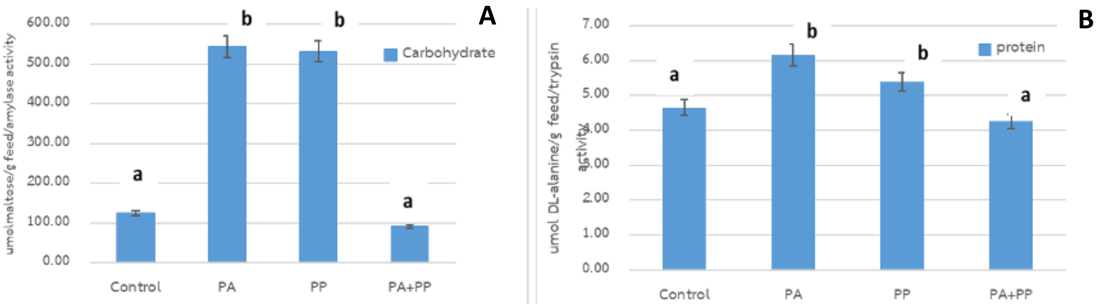


Figure 1 *In vitro* carbohydrate and protein digestibility values of experimental diets

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลากะพง

คุณภาพน้ำในบ่อ RAS ตลอดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง ผลของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดในกระชังที่กางในบ่อ RAS มีค่าดังนี้ อุณหภูมิในบ่อเลี้ยงอยู่ในช่วง 22.97±0.90 - 25.84±1.17 องศาเซลเซียส พีเอช อยู่ในช่วง 7.80±0.15 - 8.20±0.05 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 6.70±0.34 - 7.63±0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนสารอาหารในกลุ่มของไนโตรเจน คือ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และ ไนเตรท-ไนโตรเจน พบว่ามีค่าในช่วง 0.40±0.01 - 0.50±0.00, 0.02±0.00 - 0.05±0.02 และ 0.08±0.02 - 0.43±0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ในส่วนของสารอาหารในกลุ่มฟอสฟอรัสรวม มีค่าอยู่ในช่วง 0.01±0.00 - 0.06±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทุกค่าที่ทำการตรวจวัดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ผลการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ในทุกชุดการทดลอง มีค่าดังนี้ ชุด control มีค่า 130.33±1.88 กรัมต่อตัว ชุดทดลอง PA มีค่า 124.98±5.47 กรัมต่อตัว ชุดทดลอง PP มีค่า 127.23±3.37 กรัมต่อตัว และ PA+PP มีค่า 133.12±4.29 กรัมต่อตัว ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในส่วนอัตรารอด พบว่า มีอัตรารอดสูงในชุดทดลองที่ให้อาหาร PA และ PA+PP มีค่า 98.89±1.11 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ในชุดทดลองที่ให้อาหาร PA+PP มีค่าสูงสุด คือ 1.11±0.04 กรัมต่อวัน และ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ในชุดทดลองที่ให้อาหาร PA+PP มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 1.27±0.03 ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นเดียวกับ ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารทุกสูตร ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด และ อัตราการกินอาหาร ของปลากะพงที่ให้อาหารทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 2)

Table 2 Growth performance of sea bass fed with experimental diet

Parameter	Treatment			
	Control	PA	PP	PA+PP
Weight gain (g/fish)	130.33±1.88^{a}	124.98±5.47^{a}	127.23±3.37^{a}	133.12±4.29^{a}
ADG (g/fish/day)	1.09±0.02^{a}	1.04±0.05^{a}	1.06±0.03^{a}	1.11±0.04^{a}
FCR	1.33±0.03^{a}	1.35±0.06^{a}	1.41±0.08^{a}	1.27±0.03^{a}
FCE	75.57±1.49^{a}	74.15±3.41^{a}	71.35±4.19^{a}	78.94±1.97^{a}
Survival rate (%)	96.67±1.93^{a}	98.89±1.11^{a}	93.33±3.33^{a}	98.89±1.11^{a}
PER	3.10±0.04^{a}	2.97±0.31^{a}	3.02±0.08^{a}	3.16±0.10^{a}
TFI (g)	172.55±0.04^{a}	168.58±1.91^{a}	179.01±6.17^{a}	168.58±1.91^{a}
DFI (%/day)	0.96±0.02^{a}	0.98±0.03^{a}	1.02±0.05^{a}	0.93±0.02^{a}

Each value represents mean ± SE. Values in the same row with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลากะพงในแต่ละกลุ่มทดลอง พบว่า มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ กลุ่มทดลองที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงที่สุด จะมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักสูงเช่นเดียวกัน กลุ่มที่ให้อาหาร PA+PP มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักสูงที่สุด จึงส่งผลให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในปลากลุ่มนี้สูงที่สุดเช่นเดียวกัน และผลที่แสดงนี้สอดคล้องกับปลาที่กินอาหารกลุ่ม Control, PA และ PP (Figure 2)

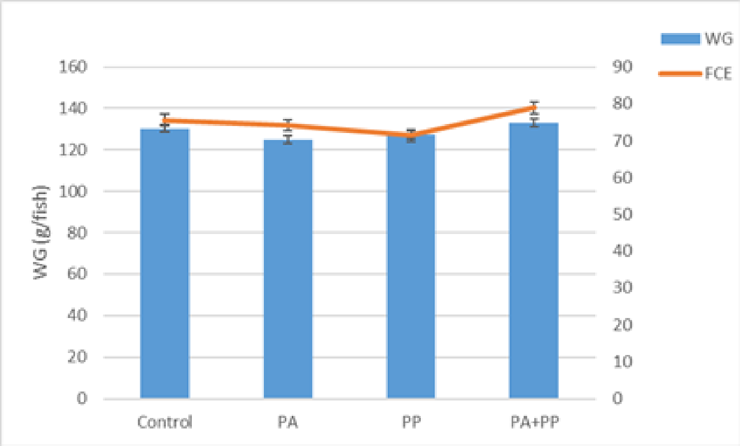


Figure 2 The relationship between weight gain and Feed conversion ratio of sea bass fed with experimental diet

คุณภาพซากของปลากะพงที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร พบว่า ปลากะพงที่เลี้ยงด้วยอาหาร PA+PP มีค่ากระดูกและเศษเหลือสูงที่สุด เท่ากับ 52.37±48.52 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ ส่วนของเนื้อและอวัยวะภายในของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร control มีค่าสูงที่สุด คือ 51.88±1.14 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับปลากะพงที่เลี้ยงด้วยอาหาร PA+PP ในส่วนของค่าดัชนีตับ พบว่า ปลากะพงที่เลี้ยงด้วยอาหาร PA และ PP มีค่าสูง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง ($p>0.05$) (Table3)

Table 3 Fish carcass and hepatosomatic index (HSI) of sea bass fed with experimental diet

Parameter	Treatment			
	Control	PA	PP	PA+PP
Bone and waste (%)	$48.12±1.15^{ab}$	$46.75±0.71^{a}$	$50.52±0.86^{ab}$	$52.37±48.52^{b}$
Edible flesh (%)	$51.88±1.14^{ab}$	$53.25±0.711^{b}$	$49.48±0.86^{ab}$	$47.63±1.49^{a}$
Hepato Somatic Index (%)	$1.50±0.08^{a}$	$1.72±0.12^{a}$	$1.72±0.91^{a}$	$1.52±0.13^{a}$

Each value represents mean ± SE. Values in the same row with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

ต้นทุนการเลี้ยงปลา

จากการทดลองครั้งนี้ พบว่า ต้นทุนผลผลิตของปลากะพงที่เลี้ยงในระบบ RAS ในแต่ละสูตรอาหารจนสิ้นสุดการทดลอง มีดังนี้ สูตรอาหาร Control อาหาร PA อาหาร PP และ อาหาร PA+PP มีต้นทุน ดังนี้ 84.28, 85.92, 89.05 และ 81.21 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งพบว่าต้นทุนที่ต่ำที่สุดในการเลี้ยงปลากะพง คือ อาหาร PA+PP ส่วนสัดส่วนผลตอบแทน

ต่อต้นทุน พบว่า ในสูตรอาหาร Control อาหาร PA อาหาร PP และ อาหาร PA+PP มีสัดส่วน ดังนี้ 1.54, 1.51, 1.46 และ 1.60 ซึ่งพบว่าสัดส่วนที่มีผลตอบแทนสูงสุด คือ ปลากะพงที่เลี้ยงด้วยอาหาร PA+PP

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาผลของการเสริมสารจากเปลือกมะละกอและเปลือกสับปะรดเพื่อเพิ่มผลผลิตของปลากะพงที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน RAS โดยใช้เปลือกสับปะรด และ เปลือกมะละกอเคลือบในอาหาร 4 ชุดทดลอง ผลการศึกษาความสามารถของเอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในสูตรอาหารทั้ง 4 สูตร พบว่าเอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรตจากปลากะพงสามารถย่อยอาหารสูตร PA ได้ดีที่สุด ส่วนเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากปลากะพงสามารถย่อยอาหารสูตร PA ได้ดีที่สุด ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่นำมาใช้คาดการณ์ หรือ หาแนวโน้มของวัตถุดิบอาหารที่ย่อยได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Thongprajukaew *et al*. (2013) ได้ศึกษาการใช้วิธีการ *In Vitro* digestibility เพื่อคัดเลือกวัตถุดิบอาหารที่มีคุณภาพดีแล้วนำมาสร้างสูตรอาหารให้เหมาะสมกับปลากัดที่มีอายุและเพศแตกต่างกัน และยังพบว่าวิธีการ *In Vitro* digestibility สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบการปรับปรุงคุณภาพของอาหารสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำให้โครงสร้างของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเปลี่ยนแปลง ทำให้ได้สูตรอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการดียิ่งขึ้นได้ด้วย (Thongprajukaew *et al*., 2011) และวิธีการศึกษานี้เป็นแนวทางหนึ่งในการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำในช่วงวัยและเพศที่แตกต่างกันได้ด้วย

การเจริญเติบโตของปลากะพงที่เลี้ยงด้วยอาหารแตกต่างกัน 4 สูตร ในระบบ RAS เป็นเวลา 90 วัน พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตรารอด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลากะพงในแต่ละกลุ่มทดลอง พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และกลุ่มที่ได้รับอาหารPA+PP มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในปลากะพงสูงที่สุด ซึ่งผลการเจริญเติบโตของปลากะพงไม่สอดคล้องกับการศึกษาความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลอง ซึ่งเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลากะพงสามารถย่อยสูตรอาหารที่ผสมเปลือกสับปะรดได้ดีที่สุด จากความคลาดเคลื่อนนี้อาจเนื่องมาจาก ปลากะพงเป็นปลากินเนื้อมีการหลั่งเอนไซม์ย่อยโปรตีนออกมาในอวัยวะย่อยอาหารได้สูง จึงส่งผลให้สามารถย่อยอาหารในกลุ่มโปรตีนได้ดี และในอาหาร PA+PP มีส่วนของเอนไซม์ช่วยย่อยในกลุ่มของโบรมิเลนและปาเปนเพิ่มเติม จึงทำให้สามารถย่อยอาหารในสูตรนี้ได้ดี และทำให้ปลาเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น การศึกษาของ Sun *et al*. (2016) พบว่าเอนไซม์โปรติเอสในสับปะรดและมะละกอในเชิงการค้า ในรูปแบบของเอนไซม์โบรมิเลน และ ปาเปน มีปริมาณเอนไซม์โปรติเอสมีค่าสูง จึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในรูปแบบอาหารเสริม ในขณะเดียวกันมีงานวิจัยหลายงานได้นำเอาส่วนเหลือจากผลผลิตเกษตรที่มีเอนไซม์โปรติเอสมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบอาหารด้วย Arungamol *et al*. (2018) พัฒนาคุณภาพของวัตถุดิบอาหารให้ดีขึ้น ด้วยวิธีการหมักเมล็ดถั่วเหลืองกับน้ำสับปะรด ในอัตราส่วน 1:2 เป็นเวลา 90 นาที แล้วนำไปใช้ทดแทนปลาป่นในสูตรอาหาร ผลการทดลองพบว่าเมล็ดถั่วเหลืองที่ถูกย่อยแล้วสามารถแทนที่ปลาป่นได้ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกับการเจริญเติบโต ส่วน Plaipetch (2014) พบว่าปลากินเนื้อมีการใช้ประโยชน์จากสารอาหารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตได้ต่ำ และไม่ควรมีคาร์โบไฮเดรตเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ในสูตร

อาหารเลี้ยงปลากะพงจึงไม่ควรมีคาร์โบไฮเดรตสูงเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพซากของปลากะพง พบว่า ปลากะพงที่เลี้ยงด้วยอาหาร PA+PP มีค่ากระดูกและเศษเหลือสูงที่สุด แต่ส่วนของเนื้อและอวัยวะภายในของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร Control มีค่าสูงที่สุด และค่าดัชนีตับพบว่าปลากะพงที่เลี้ยงด้วยอาหาร Control มีค่าสูงที่สุด ซึ่งค่าคุณภาพซากของปลาขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ สุขภาพ อายุ และขนาดตัวของปลา และนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับระยะการเจริญพันธุ์อีกด้วย (Paltenea *et al*., 2007)

ต้นทุนผลผลิตของปลากะพงที่เลี้ยงในระบบ RAS พบว่าต้นทุนสูตรอาหาร PA+PP มีต้นทุนต่ำที่สุด มีราคา 81.21 บาทต่อกิโลกรัม และมีสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน เท่ากับ 1.60 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงของ Wechakama *et al*. (2012) พบว่ามีการเลี้ยงในบ่อดินที่ให้ปลาเป็ดและอาหารสำเร็จรูป มีต้นทุนการเลี้ยง เท่ากับ 69 และ 30 บาทต่อกิโลกรัม และมีสัดส่วนผลตอบแทนเท่ากับ 2.0 และ 7.3 ซึ่งมีผลตอบแทนสูงกว่าการเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนมาก

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลากะพง ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเปลือกสับปะรด 5 เปอร์เซ็นต์ (PA) อาหารผสมเปลือกมะละกอ 5 เปอร์เซ็นต์ (PP) และเปลือกมะละกอ 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมเปลือกสับปะรด 5 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Control) ในระบบน้ำหมุนเวียน โดยเลี้ยงปลาเป็นเวลา 90 วัน ผลการทดลองพบว่า ปลากะพงมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตรารอด ไม่แตกต่างทางสถิติในทุกชุดทดลอง ($p>0.05$) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกชุดทดลอง ($p>0.05$) ด้วยเช่นกัน ต้นทุนการผลิตปลากะพงพบว่า สูตรอาหารที่ผสมเปลือกมะละกอ 5 เปอร์เซ็นต์ และเปลือกสับปะรด 5 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุน 81.21 บาทต่อกิโลกรัม และมีสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน เท่ากับ 1.60

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

Arungamol, S., N. Rapankum and N. Patchanee. 2018. Effect of using soybean meal hydrolysate with pineapple juice in diet on growth performance, stress tolerance and disease resistance. **Khon Kaen Agr. J.** 46(1): 1011-1018.

Chanpeng, W. and N. Leksawat. n.d. **Papain.** [Online]. Available http://www.agro.cmu.ac.th/absc/data/57/57-029.pdf (22 January 2021).

Edkaew, T. 2020. **The Situation of Sea Bass and Thai Products during the First 3 Months of the Year 2020**. Bangkok: Fisheries Economy Group. 10 p.

Jintanavich, W., U. Kantho, S. Chattupornpong and P. Harinsut. 2004. Study on Chemical and Bromelain Activity Analysis of Pineapple Juice and Utilization for Protein Digestion in Soybean Meal. pp. 26-32. *In* **Proceedings of 42nd Kasetsart University Annual Conference: Animals, Veterinary Medicine, 3-6 February**. Bangkok: Kasetsart University.

Kanasawud, P., M. Palivanich, T. Teppakorn, S. Nitsawang and P. Jaivoot. 2001. **Production of Papain from Papaya Peel.** Chang Mai: Department of chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University. 134 p.

Kitchapatanaphan, N. 2019. **The situation of production and trade of sea bass and its products during the first 6 months of 2019**. [Online]. Available https://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/Monthly %20 (22 January 2021).

Paltenea, E., M. Talpeş, A. Ioneacu, M. Zara, A. Vasile and E. Mocanu. 2007. Quality Assessment of fresh and refrigerated culture sturgeon meat. **Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies** 40(2): 433-443.

Plaipetch, P. 2014. Nutritional management for culturing Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Science and Technology Journal** 24(1): 12-39.

Rungruangsak-Torissen, K., A. Rustad, J. Sunde, S.A. Eiane, H.B. Jensen, J. Opstvedt, E. Nygard, T.A. Samuelsen, H. Mundheim, U. Luzzana and G. Venturini. 2002. *In Vitro* digestibility based on fish crude enzyme extract for orediction of feed quality in growth trail. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 82: 644-654.

Sun, Q., B. Zhang, Q.J. Yan, and Z.Q. Jiang. 2016. Comparative analysis on the distribution of protease activities among fruits and vegetable resources. **Food Chemistry** 213: 708-713.

Thongprajukaew, K., U. Kovitvadhi, S. Kovitvadhi, P. Somsueb and K. Rungruangsak-Torrissen. 2011. Effects of different modified diets on growth, digestive enzyme activities and muscle compositions in juvenile Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910). **Aquaculture** 322-323: 1-9.

Thongprajukaew, K., U. Kovitvadhi, S. Kovitvadhi, A. Engkagul and K. Rungruangsak-Torrissen. 2013. Evaluation of growth performance and nutritional quality of diets using digestive enzyme markers and *in vitro* digestibility in Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910). **African Journal of Biotechnology** 12(14): 1689-1702.

Wechakama, T., V. Oniam, W. Arkronrat and R. Orachun. 2012. Cost-benefit analysis of sea bass culture: case study of sea bass culture in PrachuapKhiriKhan province. **Journal of Fisheries Technology Research** 6(1): 103-114.

Whangchai, N. and T. Pimpimol. 2018. **Recirculating sea bass farming system.** [Online]. Available https://bit.ly/2Bf2ML0 (25 January 2021).

ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำหรับอนุบาลปลาพลวงหิน (*Neolissochilus stracheyi*) วัยอ่อน
Optimum Dietary Protein Levels for Brook Trout (*Neolissochilus stracheyi*) Fingerlings

ฐาปนีย์ ผลดี* และอภินันท์ สุวรรณรักษ์
Thapanee Pholdee* and Apinun Suvarnaraksha
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
*Corresponding author: pondeeloei@gmail.com

Abstract

The experiment on optimum protein level for Brook Trout (*Neolissochilus stracheyi*) fingerling was conducted by using 4 formulated diets containing protein levels from 26, 28, 30 and 40%. The diets were three times daily satiated feeds along 30 days to fish (body weight of 0.16±0.17 g and total length of 2.60±0.26 cm) kept in glass aquaria (30x60x40 cm) at a stocking rate 100 fish per aquaria. The result showed the averages final length of the fishes fed 40% dietary protein. The length of fish was 0.43±0.18 and survival rate was 95.66±1.15 percentage. The study concluded that the 40% protein diet was optimum for promoting growth performances of fingerling Brook Trout.

Keywords: brook trout, protein levels, diet

บทคัดย่อ

การศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลาพลวงวัยอ่อน โดยใชอาหารทดลองที่โปรตีน 4 ระดับ คือ 26,28, 30 และ 40 เปอรเซ็นต์ อนุบาลปลาพลวงหินน้ำหนักเริ่มต้น 0.16±0.17 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2.6±0.26 เซนติเมตร ทำการทดลองในตู้กระจกขนาด 30x60x40 ซม. ด้วยอัตราความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร จำนวน 100 ตัวต่อตู้ ให้อาหารวันละ 3 ครั้งจนอิ่ม หลังอนุบาลปลาพลวงด้วยอาหารทดลอง 30 วัน ผลการศึกษาพบว่า ปลาพลวงที่อนุบาลด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 0.43±0.18 มีค่ามากกว่าทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) และมีอัตราการอดตายเท่ากับ 95.66 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองนี้การใช้อาหารที่ระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์เหมาะสมกับการอนุบาลลูกปลาพลวงวัยอ่อน

คำสำคัญ: ปลาพลวงหิน ระดับโปรตีน อาหาร

คำนำ

ปลาพลวง (*Neolissochilus stracheyi* (Day 1871)) มีชื่อสามัญว่า Brook Trout มีลักษณะทั่วไปคือมีลำตัวค่อนข้างกลม ขากรรไกรล่างมีขอบคม ริมฝีปากไม่หนามากนัก บริเวณแก้มมีตุ่มสิวจำนวนมาก แผ่นหนังที่มุมปากแยกออก ครีบหลังสั้นมีก้านครีบที่แตกปลาย 8-9 ก้าน ก้านครีบเดี่ยว ก้านสุดท้ายของครีบหลังอ่อนไม่มีหยักทางด้านใน (Suvarnaraksha, 2016) ปลาพลวงเป็นปลาที่ชอบอยู่รวมกันเป็นฝูง พบตามลำธาร และน้ำตกที่มีกระแสน้ำไหลแรง หรือที่บริเวณกระแสน้ำนิ่ง แพร่กระจายทั่วไปในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ลุ่มน้ำโขงของประเทศไทย ทางตอนเหนือของเวียดนาม และกัมพูชา (Smith, 1945; Vidthayanon *et al*., 1997; Kottellat, 2001; Suvarnaraksha *et al.,* 2004; Suvarnaraksha *et al.,* 2010) โดยขนาดใหญ่สุดมีความยาว 90 เซนติเมตร โดยปกติพบขนาด 30-40 เซนติเมตร (Suvarnaraksha, 2016)

ปลาพลวงมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจที่มีมูลค่าสูง โดยเฉพาะการส่งออกไปยังประเทศมาเลเซียที่มีความต้องการในระดับสูง ทั้งทางด้านธุรกิจการท่องเที่ยว ด้านปลาสวยงาม อีกทั้งยังเป็นที่นิยมในการบริโภคเนื่องจากปลาพลวงมีรสชาติดี สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด ในปัจจุบันมีการส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงมากขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค แต่ยังคงประสบปัญหาเรื่องการเลี้ยง เนื่องจากข้อจำกัดของสภาพแวดล้อม อาหาร รวมทั้งพ่อแม่พันธุ์ ที่ยังมีความเป็นปลาป่าอยู่สูงจึงจำเป็นต้องมีการเหนี่ยวนำเพื่อให้เป็นปลาเลี้ยงเช่นเดียวกับปลาเวียน (*Tor putitora*) ของ Akhtar *et al*. (2013) โดยปลาที่ใช้ในการศึกษาเป็นลูกปลารุ่นแรกที่ได้มาจากการผสมเทียมปลาที่มีพ่อแม่พันธุ์จากธรรมชาติ ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการที่เหมาะสมมุ่งสู่การเพาะเลี้ยงเชิงพานิชย์ต่อไป ในประเทศไทยมีการพยายามเพาะเลี้ยงปลาพลวงหิน (Unsrisong and Tiencharoen, 1997) และพัฒนาต่อเนื่องถึงเรื่องระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปลานำหนักเริ่มต้น 0.18 กรัม พบว่าระดับโปรตีนที่ทำให้ปลามีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดคือ 46.35 เปอร์เซ็นต์ (Soonthornvipat and Pornsopin, 2007) ในส่วนของปลาเวียน *Tor putitora* ขนาด 1.09 กรัม พบว่าอาหารที่มีระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตคือ 40% (Hossain *et al.,* 2002) และเนื่องจากพบปัญหาในช่วงอนุบาลคือปลาพลวงหินขนาดเล็กที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้า สารอาหารที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของปลารวมทั้งการที่ยังเป็นสายพันธุ์ป่าเป็นอีกหนึ่งเหตุผลสำหรับความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงที่ให้มีประสิทธิภาพได้ยาก ทั้งนี้อาหารและสูตรอาหารต้องมีคุณภาพและอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการของปลาพลวงวัยอ่อน สารอาหารตัวหนึ่งที่สำคัญคือโปรตีน ที่เป็นแหล่งพลังงานที่ช่วยในการเจริญเติบโตทำให้มีน้ำหนักและขนาดที่เพิ่มขึ้น จึงได้ทำการทดลองขึ้นเพื่อต้องการศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปลาพลวงวัยอ่อน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมสถานที่และสัตว์ทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้สถานที่อาคารปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยทดลองในตู้กระจกขนาด 30x60x40 เซนติเมตร จำนวน 12 ตู้ เติมน้ำได้ระดับสูง 28 เซนติเมตร คิดเป็นปริมาตรน้ำ

50.4 ลิตร ให้อากาศด้วยปั๊มลมผ่านหัวทราย ลูกปลาพลวง อายุ 60-90 วัน (จากการเพาะพันธุ์ที่เลี้ยงในตู้กระจก) โดยมีขนาดใกล้เคียงกัน คือมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.16±0.174 กรัม และมีความยาวเฉลี่ย 2.60±0.261 เซนติเมตร นำปลาพลวงใส่ลงในตู้ ตู้ละ 100 ตัว คิดความหนาแน่นได้ 2 ตัว/ลิตร โดยได้ทำการพักปลาไว้และฝึกให้อาหารเม็ดเป็นระยะเวลา 7 วันก่อนการทดลองเพื่อสร้างความคุ้นเคย และดำเนินการทดลองในยะยะเวลา 30 วัน

2. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) กำหนดอนุบาลด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 4 ระดับ (ชุดการทดลอง: Treatment) ระดับละ 3 ซ้ำ (Replication) รวมเป็น 12 หน่วยทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 (T1) อาหารเม็ดสำเร็จรูป ระดับโปรตีน 40%

ชุดการทดลองที่ 2 (T2) ปลาป่น 40%:รำละเอียด 35%:ใบกระถิน 15%:สารเหนียว 10% ระดับโปรตีน 30%

ชุดการทดลองที่ 3 (T3) ปลาป่น 30%:รำละเอียด 45%:ใบกระถิน 15%:สารเหนียว 10% ระดับโปรตีน 28%

ชุดการทดลองที่ 4 (T4) ปลาป่น 28%:รำละเอียด 47%:ใบกระถิน 15%:สารเหนียว 10% ระดับโปรตีน 26%

3. การเตรียมอาหารทดลอง

การผลิตอาหารทดลองเป็นการเตรียมอาหารครั้งเดียวตลอดการทดลองโดยเริ่มจากการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบตามสูตรที่คำนวณไว้ เติมน้ำประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร แล้วทำการผสมด้วยเครื่องผสมอาหารให้วัตถุดิบต่าง ๆรวมเป็นเนื้อเดียวกันเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำมาอัดเม็ดด้วยเครื่อง Mincer ผ่านหน้าแว่นที่มีรูขนาด 2.0 มิลลิเมตร ผึ่งลมอาหารผสมเพื่อระบายความร้อน 15 นาที แล้วนำไปอบที่ตู่อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง จึงนำมาเก็บใส่ถุงพลาสติกปิดผนึก เก็บในตู้เย็นที่มีอุณภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

4. การจัดการทดลอง

ให้อาหารที่มีระดับโปรตีน 40, 30, 28 และ 26 เปอร์เซ็นต์ วันละ 3 ครั้ง ในเวลา 09.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. โดยการให้อาหารในอัตรา 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หลังจากนั้นประมาณ 30 นาที ใช้สายยางดูดเศษอาหารที่ปลากินเหลือ เพื่อนำไปชั่งน้ำหนักหาปริมาณน้ำหนักอาหารที่ปลากิน แล้วทำการปริมาณน้ำให้มีระดับเท่าเดิม ทำการชั่งน้ำหนักรวมทั้งหมดในแต่ละครั้งและสุ่มวัดความยาวของปลา 25 ตัวต่อตู้ และตรวจนับจำนวนทุกสัปดาห์เพื่อบันทึกการเจริญเติบโต

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกวัน โดยอุณหภูมิของน้ำ และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ วัดทุกวันเวลาประมาณ 09.00 น. ด้วยเครื่องมือวัดออกซิเจนที่ละลายยี่ห้อ YSI รุ่น 550A ส่วนค่าแอมโมเนีย ไนไตร์ท ไนเตรท วิเคราะห์ อาทิตย์ละครั้งตลอดการทดลอง (Duangsawat and Somsiri, 1985).

5. การเก็บวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการตอบสนองของปลาพลวงวัยอ่อนต่ออาหารทดลองดังนี้

5.1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) (เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$= 100 \times \frac{\text{ln น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{ln น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

5.2 อัตรารอด (Survival) %

= (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง / จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง) x 100

5.3 อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

= น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน / น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Duncan’s test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window Version 11.0

ผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโต

1.1 น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (Average final weight)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลามีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.70±0.43, 0.68±0.12, 0.82±0.06 และ 0.72±0.03 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันทั้ง 4 สูตร ($p>0.05$) (Table 1)

1.2 ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย (average final length)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลามีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยของชุดการทดลองที่ 1 ให้ค่าดีที่สุดและเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าดีที่สุดเท่ากับ 0.43±0.18 รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ 3, 4 และ 2 มีค่าเท่ากับ 0.29±0.02 , 0.27±0.03 และ 0.24±0.02 ตามลำดับ ($p>0.05$) (Table 1)

1.3 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (Daily weight gain)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.012±0.03, 0.008±0.01, 0.010±0.01 และ 0.009±0.01 มิลลิกรัมต่อวัน ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันทั้ง 4 สูตร ($p>0.05$) (Table 1)

1.4 ความยาวเพิ่มขึ้นต่อวัน (Daily length gain)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าความยาวเพิ่มขึ้นต่อวันของปลาในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.027±0.01, 0.023±0.04, 0.027±0.02 และ 0.024±0.01 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันทั้ง 4 สูตร ($p>0.05$) (Table 1)

1.5 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลามีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของชุดการทดลองที่ 4 และ 3 ให้ค่าดีที่สุดเท่ากับ 4.008±0.19 และ 3.966±0.06 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 3.414±1.08 และ 3.221±0.41 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ ($p>0.05$) (Table 1)

2. อัตราการให้อาหาร (Feed Rate, FR)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าอัตราการกินอาหารของชุดการทดลองที่ 1 ให้ค่าดีที่สุดและเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าดีที่สุดเท่ากับ 4.28±0.64 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ 3, 2 และ 4 มีค่าเท่ากับ 4.82±0.41, 4.73±0.45 และ 5.36±0.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($p>0.05$) (Table 1)

3. อัตราการแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio, FCR)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าอัตราการแลกเนื้อของชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 1.44±0.38, 1.59±0.15, 1.36±0.11 และ 1.50±0.23 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันทั้ง 4 สูตร ($p>0.05$) (Table 1)

4. อัตรารอดตาย

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าอัตราการรอดของชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 95.66±1.15, 94.33±0.57, 94.33±1.15 และ 95.33±1.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันทั้ง 4 สูตร ($p>0.05$) (Table 1)

Table 1 Growth performance and feed utilization efficiency of fish fed experimental diets

Growth performance	Protein 40%	Protein 30%	Protein 28%	Protein 26%
1. Average final length (cm)	0.43 ± 0.18^{a}	0.24 ± 0.02^{b}	0.29 ± 0.02^{b}	0.27 ± 0.03^{b}
2. Average final weight (g)	0.70 ± 0.43^{a}	0.68 ± 0.12^{a}	0.82 ± 0.06^{a}	0.72 ± 0.03^{a}
3. Daily weight gain	0.012 ± 0.03^{a}	0.008 ± 0.01^{c}	0.010 ± 0.01^{ab}	0.009 ± 0.01^{bc}
4. Daily length gain	0.027 ± 0.01^{a}	0.023 ± 0.04^{a}	0.027 ± 0.02^{a}	0.024 ± 0.01^{a}
5. Specific growth rate	3.414 ± 1.08^{b}	3.221 ± 0.41^{b}	3.966 ± 0.06^{a}	4.008 ± 0.19^{a}
6. Survival rate (%)	95.66 ± 1.15^{a}	94.33 ± 0.57^{b}	94.33 ± 1.15^{b}	95.33 ± 1.15^{ab}
7. Feed conversion ratios (FCR)	1.44 ± 0.38^{ab}	1.59 ± 0.15^{b}	1.36 ± 0.11^{a}	1.50 ± 0.23^{ab}
8. Feed rate (%)	4.28 ± 0.64^{a}	4.73 ± 0.45^{b}	4.82 ± 0.41^{b}	5.36 ± 0.59^{c}

Row means with common superscripts are not significantly different) ($P>0.05$)

5. คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงปลาพลวงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลานาน 30 วัน พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 4.80-8.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดด่างมีค่าอยู่ในช่วง 7.12-8.60 อุณหภูมิของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 20.55-32.67 องศาเซลเซียส ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.118-0.190 กรัมต่อลิตร และค่านำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 207-314 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ค่าแอมโมเนียมีค่าอยู่ในช่วง 0.064-0.186 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าไนไตร์ทอยู่ในช่วง 0.420-1.159 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 2)

Table 2 Water quality in glass tank of brook trout fingerlings fed different protein levels.

Water quality	Protein 40%	Protein 30%	Protein 28%	Protein 26%
1. Temperature (°C)	20.56-24.29	20.55-27.88	20.34-32.67	20.41-24.35
2. pH	7.51-8.39	7.35-8.32	7.12-8.57	7.40-8.60
3. Dissolved oxygen (mg/L)	5.12-8.70	5.26-8.88	5.26-8.3	4.80-8.70
4. Dissolved oxygen (%)	59.5-96.7	62.4-98.3	57.7-95.5	54.8-99.7
5. Oxidation-Reduction Potential (ORP)	24.6-174.7	37.5-197.2	23.6-193.1	20.1-189.3
6. Salinity (%)	0.11-0.14	0.13-0.14	0.12-0.15	0.12-0.14
7. Total dissolved solid (g/L)	0.121-0.185	0.161-0.187	0.172-0.182	0.118-0.190
8. Conductivity (μS/cm^2)	271-300	270-304	270-303	207-314
9. Respiration (MΩ/cm)	0.003-0.004	0.003-0.004	0.003-0.004	0.003-0.004
10. Ammonia (mg/l)	0.066-0.186	0.078-0.133	0.064-0.137	0.105-0.150
11. Nitrate (mg/l)	0.420-0.885	0.453-0.785	0.453-1.159	0.499-0.808

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองอนุบาลูกปลาพลวงระยะวัยอ่อน อายุ 60-90 วัน โดยใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน คือ ระดับโปรตีน 40, 30, 28 และ 26 ขนาดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.16±0.17 กรัม ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 2.605±0.261 เซนติเมตร เป็นเวลา 30 วัน พบว่าปลาพลวงวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัม/วัน) มากที่สุดเท่ากับ 0.012±0.01 เซนติเมตร และไม่แตกต่างกับชุดการทดลองอื่น สอดคล้องกับรายงานการเลี้ยงปลาพลวงในระยะเวลา 14 สัปดาห์ (Soonthornvipat and Pornsopin, 2007) และการเลี้ยงปลาเวียนที่มีระยะเวลาการเลี้ยง 60 วัน (Muchlisin *et al*., 2017) มีการเจริญเติบโตช้า เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารทดลองเลี้ยงปลาพลวงมีผลต่อการเจริญเติบโต สอดคล้องกับการรายงานของ Hossain *et al*. (2002) ที่ทดลองเลี้ยงปลาเวียน *Tor putitora* โดยให้อาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันในช่วง 20 ถึง 50% น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยของปลาเวียน

เท่ากับ 1.09±0.002 กรัม ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR % ต่อวัน) ของปลาเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนเมื่อความเข้มข้นของโปรตีนในอาหารเพิ่มขึ้นเป็น 40% และสอดคล้องกับการทดลองของ Soonthornvipat and Pornsopin (2007) ในปลาพลวง (*Neolissochilus stracheyi*) ขนาดเริ่มต้น 0.18±0.01 กรัม โดยใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน 5 ระดับ คือ 35, 40, 45, 50 และ 55 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร 45 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อนำข้อมูลอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไปหาความสัมพันธ์กับระดับโปรตีนในอาหาร พบว่า ระดับโปรตีนในอาหารที่ 46.35 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับโปรตีนที่ทำให้ปลามีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด สอดคล้องกับรายงานของ Muchlisin *et al*. (2017) ที่ประเมินระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปลาเวียน (*Tor tambra*) การศึกษานี้ทำการทดสอบอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันคือ 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารในอัตราส่วน 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัววันละสองครั้งเป็นเวลา 60 วัน พบว่าระดับโปรตีนที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีผลต่ออัตราการรอด ($p>0.05$) และสอดคล้องกับรายงานของ Ng *et al*. (2008) กำหนดความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ *Tor tambroides* 30 - 50 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารดีที่สุดที่ระดับโปรตีน 48 เปอร์เซ็นต์ และหากมีการเพิ่มปริมาณโปรตีนที่มากขึ้นอาจจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ลดลง (Soonthornvipat and Pornsopin, 2007) ส่วนการใช้ใบกระถินในอาหารปลาที่สัดส่วนไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลา (Nalinanon and Lerdsuwan. 2018) โดยการทดลองครั้งนี้ใช้ในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ นอกจากใบกระถินแล้วการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของ *Neolissochilus hexagonolepis* ในปริมาณที่ใช้ 5 เปอร์เซ็นต์ (Sarma and Jha, 2010) เป็นอีกทางเลือกในการปรับสูตรอาหารสำหรับกลุ่มปลาพลวงในครั้งต่อไป

คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับแหล่งที่พบปลาพลวงในธรรมชาติ ถือว่าอยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำตามที่ Duangsawat (1987) ที่รายงานไว้ คุณภาพน้ำระหว่างการทดลองครั้งนี้จึงไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของปลาพลวง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลาพลวงขนาดเล็ก (*Neolissochilus stracheyi*) โดยใชอาหารทดลองที่โปรตีน 4 ระดับ คือ 26, 28, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต พบว่า ปลาพลวงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวเฉลี่ยสุดท้าย เท่ากับ 0.43±0.18 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) และมีอัตราการอดตายเท่ากับ 95.66 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองนี้การใช้อาหารที่ระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมกับการอนุบาลลูกปลาพลวงวัยอ่อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก ภายใต้สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนการศึกษาที่ PHD/0132/2558 และคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Akhtar, M.S., A.K. Pal, N.P. Sahu, A. Ciji and P. Mahanta. 2013. Thermal tolerance, oxygen consumption and haemato-biochemical variables of *Tor putitora* juveniles acclimated to five temperatures. **Fish Physiology and Biochemistry** 39: 1387-1398.

Duangsawat, M. and J. Somsiri. 1985. **Water quality and analytical methods for fisheries research**. 115 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Department of Fisheries. [in Thai]

Duangsawat, M. 1987. **Water quality criteria for the protection of fresh water aquatic arganism.** 38 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Department of Fisheries. [in Thai]

Hossain, M.A., N. Hasan, A. Shah and M. Hussain. 2002. Optimum dietary protein requirement of Mahseer, *Tor putitora* (Hamilton) fingerlings popular. **Asian fisheries science** 15: 203-214.

Kottellat, M. 2001. **Fishes of Laos**. Sri Lanka: WHT Publications. 206 p.

Muchlisin, Z.A., M. Nazir, N. Fadli, M. Adlim, A. Hendri, M. Khalil and M.N. Siti-Azizah. 2017. Efficacy of commercial diets with varying levels of protein on growth performance, protein and lipid contents in carcass of Acehnese mahseer, *Tor tambra*. **Iranian Journal of Fisheries Sciences** 16: 557-566.

Nalinanon, W. and S. Lerdsuwan. 2018. Study on the effect of coconut (by-product) meal and *Acacia mangium* leaf in diets on growth and carcass quality of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Khon Kaen Agriculture Journal** 1: 1036-1032.

Ng, W.K., N. Abdullah and S.S. De Silva. 2008. The dietary protein requirement of the Malaysian mahseer, *Tor tambroides* (Bleeker) and, the lack of protein-sparing action by dietary lipid. **Aquaculture**. 284: 201-206.

Sarma, D. and G. N. Jha. 2010. Effect of spirulina fortified diets on growth and survival of chocolate mahseer (*Neolissochilus hexagonolepis*). **Indian Journal of Animal Nutrition** 27(4): 441-446.

Smith, H.M. 1945. **The Fresh-Water Fishes of Siam, or Thailand**. Washington: United States Government Printing Office. 621 p.

Soonthornvipat, S. and P. Pornsopin. 2007. **Optimum protein levels for Soro Brook Carp (*Neolissochilus stracheyi*) fry**. 17 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Department of Fisheries. [in Thai]

Suvarnaraksha, A., T. Pimpimol, T. Ungsethaphand, J. Promya and S. Thammakhuntha. 2004. **Fish diversity in Maengud somboonchon Dam, Maetang district, Chiangmai province**. 48 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Suvarnaraksha, A., J. Promya and A. Chareonsiriwongthana. 2010. **Fish diversity in Salween watershed in Thai water.** 71 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Suvarnaraksha, A. 2016. **Fish of Ping River**. Chiangmai: Maejo Press. 292 p. [in Thai]

Unsrisong, G. and P. Tiencharoen. 1997. **Induced breeding and larva rearing of soro brook carp (*Tor soro*)**. 73 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Department of Fisheries. [in Thai]

Vidthayanon, C., J. Karnasuta and J. Nabhitabhata, 1997**. Diversity of Freshwater Fishes in Thailand**. Bangkok: Office of Environmental Policy and Planning. 102 p. [in Thai]

ผลของสารสกัดแคโรทีนอยด์จากพริกชี้ฟ้าแห้ง (*Capsicum annuum*) ต่อการเจริญเติบโต และสีของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) หลังจากทำสุก

Effect of Carotenoid from Dried Chili Spur Pepper (*Capsicum annuum*) on Growth Performance and Pigmentation in Cooked Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)

สิริพงษ์ วงศ์พรประทีป* สิงหราช ภัยเนียม อับดุลการีม กะสิรักษ์ และสุรเดช บัวศรี

Siripong Wongphonprateep*, Singharach Paineam, Abdulkareem Kasirak and Suradech Buasri

สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

Department of Agricultural science, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya

Nakhon Si Thammarat Campus, Thailand 80110

*Corresponding author: siripong.w@rmutsv.ac.th

Abstract

Consumers are already making decisions based on the weight and freshness of aquatic animals, especially shrimps, the body color of shrimps is also used to indicate the quality. This research was a preliminary study on the cheap plant materials, extracts of carotenoids from chili spur pepper. with objectives to enhancing fresh prawn color to make a redness color than usual to increase the value of the product. Three types of chilli peppers, Korean chilli, chilli spur pepper and Guinea pepper, were extracted with ethyl alcohol 99.99% by maceration method. The crude extract were measured with ultraviolet (UV) spectrophotometric method for identified type of carotenoid and total carotenoid contents. The amount of extracted carotenoids, was found that chili spur pepper had the right amount of substance to be used as a fresh prawn color enhancer. Extract carotenoid was loaded into these microcapsules by embedding in alginate gel and coated with diet at the ratio of 0, 25 and 50 mg/kg, it was found that the chilli extracts affected the shrimp flesh after cooked to have a reddish color than the control ($p<0.05$), conversely the prawns were fed with 50 mg/kg carotenoids, the survival rate was lower than the other trials. The composition of shrimp obtained from chili spur pepper carotenoids was capable of converting β-carotene to other derivatives.

Keywords: carotenoid, chili spur pepper, giant freshwater prawn, skin pigmentation, color enhancing

บทคัดย่อ

ผู้บริโภคมักให้การตัดสินใจเลือกจากน้ำหนักและความสดของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะกุ้งนิยมใช้ของสีลำตัวเพื่อบอกถึงคุณภาพได้อีกทางหนึ่ง งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นในการนำสารสกัดแคโรทีนอยด์จากพริกที่มีราคาถูกมาใช้เพิ่มสีกุ้งก้ามกรามเพื่อให้มีสีที่แดงเข้มขึ้นกว่าปกติเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าให้สูงขึ้น โดยศึกษาการใช้พริกสามชนิด ได้แก่ พริกเกาหลี พริกชี้ฟ้าแดง และพริกขี้หนู สกัดด้วย Ethyl alcohol 99.99% ด้วยวิธี Maceration นำสารสกัดหยาบที่ได้ไปหาค่าการดูดกลืนแสง เพื่อจำแนกชนิดของแคโรทีนอยด์ และปริมาณสารแคโรทีนอยด์รวมที่สกัดได้ พบว่าพริกชี้ฟ้าแห้งมีความเหมาะสมในการใช้เป็นสารเร่งสีกุ้งก้ามกราม จึงนำสารสกัดหยาบที่สกัดได้นำไปกักเก็บในไมโครแคปซูลที่เตรียมจากอัลจิเนตและเคลือบอาหารในอัตราส่วน 0, 25 และ 50 มก./กก. พบว่าสารสกัดจากพริกทำให้กุ้งหลังต้มสุกมีสีที่เข้มกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง ($p>0.05$) แต่ในกลุ่มที่ได้รับแคโรทีนอยด์ 50 มก./กก. มีอัตราการรอดตายที่ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ โดยกุ้งที่ได้รับแคโรทีนอยด์จากพริกมีความสามารถเปลี่ยนสารในกลุ่ม ß-carotene ไปเป็นอนุพันธ์อื่นๆได้

คำสำคัญ: แคโรทีนอยด์ พริกชี้ฟ้าแดง กุ้งก้ามกราม สีผิว การเพิ่มสี

คำนำ

กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) เป็นสัตว์น้ำที่ผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศในปริมาณมาก โดยปี พ.ศ. 2563 มีปริมาณการส่งออกกุ้งก้ามกรามในตลาดโลกปริมาณ 1,437 ตัน คิดเป็นมูลค่า 176.5 ล้านบาท (Department of International Trade Promotion, 2021) โดย Sonthiruth (2020) รายงานว่าผลผลิตของกุ้งก้ามกรามในประเทศไทย ในช่วงปี 2560-2563 มีปริมาณ 20,902-22,257 ตัน คิดเป็นมูลค่า 5,023-5,171 ล้านบาท แต่มีแนวโน้มของราคาที่ลดลงเช่นเดียวกับสินค้าเกษตรอื่นๆ โดยอย่างยิ่งในสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 พบว่ากุ้งล้นตลาด ทำให้ทางภาครัฐต้องจัดกิจกรรมกระตุ้นการบริโภคในประเทศเพื่อเพิ่มยอดขายเช่นเดียวกับราคาของพริกชี้ฟ้าแดง (*Capsicum annuum*) ที่มักพบการผันผวนของราคาเนื่องจากมีการผลิตใช้เองในประเทศ และส่วนหนึ่งนำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น อินเดีย จีน และเมียนมาร์ เนื่องจากมีต้นทุนที่ถูกกว่าการผลิตในประเทศ โดยในปี 2562 ประเทศไทยมีผลผลิตพริกชี้ฟ้าแดง 26,384 ตัน (Anonymous, 2020) โดยส่วนใหญ่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร พริกมีคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะวิตามินเอ และวิตามินซีในปริมาณสูง และยังมีสารในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ที่พบในผลพริกร่วมด้วย โดยมีปริมาณของแคโรทีนอยด์รวม อยู่ในช่วง 1,500-2,500 มก./กก. (Yanar *et al.*, 2016) โดยมี Capsanthin, Capsorubin, Canthaxanthin, Cryptoxanthin, Zeaxanthin และ Lutein เป็นองค์ประกอบ โดยมี Capsanthin และ Capsorubin เป็นสารประกอบหลัก (ขั้นต่ำร้อยละ 30 ของปริมาณแคโรทีนอยด์รวมทั้งหมด) (Cantrill, 2013) ซึ่งมีการศึกษาการใช้สารสกัดจากพริกต่อสัตว์น้ำชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าดังนี้ ในการศึกษาของ Arredondo-Figueroa *et al.* (2008) ได้ใช้สารสกัด Oleoresin 6.5% จากพริกแดง (*Capsicum annuum*) ในการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) งานวิจัยของ Ingle De La Mora *et al.* (2006) ใช้สารสกัด Oleoresin จาก

Red chilli (*Capsicum annuum*) ในปริมาณ 80-120 mg /kg และในการศึกษาของ Yanar *et al.* (2016) ได้ใช้สารสกัดจากพริก (*Capsicum annuum*) 0.5, 2 and 4.4% ในการเลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้า ซึ่งล้วนแต่ให้ผลด้านคุณภาพของสีที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในปัจจุบันพบว่ามีการนำสารสกัดจากพริกไปใช้ในเวชภัณฑ์ต่างๆ เนื่องจากมีสีและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ ซึ่งสีเป็นปัจจัยหนึ่งในการยอมรับของผู้บริโภค (Amin, 2016; Dave *et al.*, 2020; Parisenti *et al.*, 2011) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มของกุ้งที่นิยมกุ้งปรุงสุกที่มีสีแดงจะเป็นที่นิยมของผู้บริโภคมากกว่า โดย Soottawat (2011) อธิบายว่าสัตว์น้ำในกลุ่มกุ้ง และปู สามารถเปลี่ยน β-carotene ไปเป็น astaxanthin ได้ เมื่อกุ้งได้รับแคโรทีนอยด์จากอาหารและดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย แคโรทีนอยด์จะจับตัวกับโปรตีน ในรูปสารประกอบ crustacyanin เกิดเป็นแคโรทีโนโปรตีน (Carotenoprotein) ในรูปของ astaxanthin (3,3’-dihydroxy-β, β-carotene-4,4’-dione) (Parisenti *et al.*, 2011) และเมื่อโปรตีนในกล้ามเนื้อกุ้งเปลี่ยนสภาพจะปลดปล่อยแคโรทีนอยด์ที่เก็บกักไว้ออกมา ส่งผลให้กุ้งมีสีแดงมากขึ้น (Pongsetkul *et al.*, 2014) ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเบื้องต้น โดยนำสารสกัดแคโรทีนอยด์จากพริกที่มีราคาถูก มาใช้เพิ่มสีกุ้งก้ามกรามเพื่อให้มีสีที่แดงเข้มขึ้นกว่าปกติเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรทั้งสองประเภท เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และกุ้งชนิดอื่นๆในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง

สั่งซื้อกุ้งก้ามกรามเพศผู้ขนาด 11.70 ± 2.42 กรัม จำนวน 100 ตัวจากฟาร์มเอกชนมาเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 2 ตัน ฝึกให้กุ้งคุ้นเคยกับอาหารสำเร็จรูปกุ้งแบบเม็ดจม (อาหารสูตรควบคุม โปรตีน ไม่ต่ำกว่า 33% ไขมันไม่น้อยกว่า 5 % กากไม่มากกว่า 4% และความชื้นไม่น้อยกว่า 12%) วันละ 4 ครั้ง เวลา 09.00, 12.00, 16.00 และ 20.00 น. ให้อาหารจนอิ่ม เป็นเวลา 30 วัน จากนั้นคัดกุ้งที่มีน้ำหนักและขนาดลำตัวใกล้เคียงกัน (น้ำหนักเฉลี่ย 11.80 กรัม ความยาวเฉลี่ยตั้งแต่ปลายกรีถึงปลายหาง เท่ากับ 98.88 มม.) ทำการชั่งวัดรายตัว ตรวจสอบความสมบูรณ์ของอวัยวะ ใช้กุ้งในการทดลองทั้งสิ้น 54 ตัว โดยเลี้ยงแบบแยกเดี่ยวในกล่องพลาสติกสำหรับทดลอง ขนาด 20x28x11.8 ซม.ที่ต่อระบบน้ำหมุนเวียน เติมอากาศตลอดเวลาให้น้ำมีค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับคุณภาพน้ำสำหรับใช้เลี้ยงโดยใช้วัสดุปูน ($CaCl_2$, $MgCl_2$, $Ca(HCO_3)_2$ ให้น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งมีค่า ความเป็นด่าง เท่ากับ 120 มก./ลิตร as $CaCo_3$ ค่าความกระด้าง อยู่ที่ 200 มก./ลิตร as $CaCo_3$ (Tapparangsee *et al.*, 2013) และระหว่างเลี้ยงทดสอบคุณภาพน้ำด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่างและอุณหภูมิแบบปากกา (Lutron pH-223) เก็บผลวันละ 4 ครั้ง และใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Lovibond MD 600) และสารเคมีสำเร็จรูป วัดปริมาณ แอมโมเนีย (M60 - Ammonia T) และไนไตรท์ (M270 - Nitrite T) และชุดวัดค่าคุณภาพน้ำสำเร็จรูป (Aquacare Para-test) สำหรับวัดปริมาณ แคลเซียม แมกนีเซียม ค่าความเป็นด่าง และค่าความกระด้าง ทุก 3 วัน และเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 7 วัน

การวางแผนการทดลอง

แบ่งออกเป็น 2 การทดลองดังนี้ การทดลองที่ 1 ศึกษาปริมาณสารสกัดแคโรทีนอยด์จากพริก 3 ชนิด ได้แก่ พริกเกาหลีป่น พริกชี้ฟ้าแดงป่น และพริกขี้หนูป่น สกัดด้วย Ethyl alcohol แบบวิธี Maceration สกัดจนสารละลายทีได้ใสไม่มีสี และนำไปประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotavapor R-3; Buchi) จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (400-700 nm) (Orion Aquamate 81000; Thermo Scientific) โดยใช้วิธีของ Rodriguez-Amaya *et al.* (2004) ใช้ผลการทดลองชนิดพริกที่ให้ผลการสกัดหยาบแคโรทีนอยด์ที่ดีไปกักเก็บในอนุภาคระดับไมโครเมตร ตามวิธีการก่อให้เกิดเจลแบบไอออนโนโทรปิก (Ionotropic gelation) ของ Thaned (2012) โดยการเข้าผลึกระหว่าง $CaCl_2$ กับ Alginate (1:1) โดยการพ่นเป็นละออง และกวนด้วยแท่งแม่เหล็กกวนสารอย่างต่อเนื่อง และตั้งทิ้งให้ตกตะกอนข้ามวัน รินส่วนใสทิ้งและนำไปสกัดด้วย เอธานอล 99.99% และนำไปคำนวนตามสมการของ (Rodriguez-Amaya *et al.*, 2004) เพื่อหาปริมาณแคโรทีนอยด์ที่เก็บกักในอนุภาค ก่อนนำไปใช้ในการทดลองเพื่อเคลือบอาหารเม็ดสำเร็จรูปต่อไป การทดลองที่ 2 การทดลองใช้พริกเป็นส่วนผสมอาหารเพื่อเร่งสีกุ้งก้ามกราม วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองใช้กุ้งจำนวน 18 ตัว แยกเลี้ยงเดี่ยวโดยมีวัตถุประสงค์คือป้องกันการกินกันเองระหว่างการลอกคราบ และลดการใช้สัตว์ทดลองตามมาตรฐานจริยธรรมการใช้สัตว์ทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารกุ้งไม่มีส่วนผสมแคโรทีนอยด์ 0 มก./กก.อาหาร (สูตรควบคุม; 0)
ชุดการทดลองที่ 1 อาหารกุ้งผสมไมโครแคโรทีนอยด์ 25 มก./กก.อาหาร (25)
ชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้งผสมไมโครแคโรทีนอยด์ 50 มก./กก.อาหาร (50)

เก็บผลในด้านของน้ำหนักและความยาว ทุก 30 วัน นำไปหาน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (Mean of final weight) ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย (Mean of final length) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Gain; ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate ; SGR)และเก็บผลด้านสีหลังจากต้มสุก นาน 1 นาที โดยดัดแปลงจากวิธีของ Thongphitak *et al.* (2007) วัดสีทั้งเปลือกในบริเวณปล้องที่ 2 ถัดจากหัว จำนวน 2 ครั้งจากกุ้ง 10 ตัวในรูปแบบ ค่า CIE L*a*b* และ CIE L*c*h* นำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำเนื้อกุ้งไปบดและสกัดด้วย Hexane และสแกนหาค่าการดูดกลืนแสงสุดเพื่อจำแนกชนิดแคโรทีนอยด์ในเนื้อกุ้งด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลจะถูกวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ One-way ANOVA ในโปรแกรมสำเร็จรูป โดยความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยจะถูกทดสอบโดยใช้ Levene 's test และ Scheffe method โดยกำหนดค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) ถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิจัย

การศึกษาค่าการดูดกลืนแสงแบบสแกนหาช่วงการดูดกลืนแสงพบว่า ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ที่ 450 nm แสดงให้เห็นว่าสารส่วนใหญ่ที่สกัดได้จากพริก เป็นสารในกลุ่ม β-carotene) โดยสารสกัดจากพริกทั้งสามชนิดสามารถตรวจพบปริมาณแคโรทีนอยด์รวมได้ดังนี้ พริกเกาหลี 55.22±0.79 µg/g พริกชี้ฟ้า 42.56±0.38 µg/g และพริกขี้หนู 28.56±0.29 µg/g แต่เมื่อเปรียบเรื่องราคาพริกต่อปริมาณแคโรทีนอยด์รวมแล้วพบว่า ราคาของพริกชี้ฟ้าที่สามารถผลิตได้มากในไทย สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งในการสกัดแคโรทีนอยด์รวมได้ดี จึงนำมาใช้เป็นแหล่งแคโรทีนอยด์รวมเพื่อกักเก็บในอนุภาคไมโครเมตรต่อเพื่อใช้ในการทดลองที่ 2 ต่อไป โดยในการทดลองที่ 2 เป็นการทดลองใช้พริกเป็นส่วนผสมอาหารเพื่อเร่งสีกุ้งก้ามกราม ค่าคุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง มีดังนี้ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 24-26 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย 8.24±0.1 พบปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย 0.12±0.01 มก./ลิตร ไนไตรท์เฉลี่ยต่ำกว่า 0.05 มก./ลิตร (ชุดทดสอบไม่สามารถตรวจสอบได้) แคลเซียมเฉลี่ย 42.22±9.2 มก./ลิตร แมกนีเซียมเฉลี่ย 42.22±9.2 มก./ลิตร ความกระด้างเฉลี่ย 622.22±62.9 มก./ลิตร และความเป็นด่างเฉลี่ย 98.78±14.7 มก./ลิตร

การเจริญเติบโตของกุ้งให้ผลดัง Table 1 โดยมีร้อยละของน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป (Weight gain), น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปกับอัตราการเจริญเติบโต/ตัว/วัน (Average Daily Gain (ADG; g /day)) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Feed conversion ratio : FCR) ของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าเมื่อให้อาหารที่ส่วนผสมของแคโรทีนอยด์จากพริกชี้ฟ้าแดงในปริมาณ 50 มก./กก. พบว่ามีอัตราการรอดตายที่ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ คือ 83.33%

Table 1 Growth parameters of fresh prawn fed the experimental diets, for a 60 day rearing period

Treatment	WG;g	ADG; g day^{-1}	FCR	SGR; % day^{-1}	Survival (%)
0 mg/kg	$5.36±2.95^{a}$	$0.18±0.10^{a}$	$2.44±1.68^{a}$	$0.60±0.32^{a}$	100
25 mg/kg	$4.64±2.70^{a}$	$0.15±0.09^{a}$	$2.59±1.78^{a}$	$0.58±0.31^{a}$	88.89
50 mg/kg	$5.59±2.55^{a}$	$0.19±0.09^{a}$	$1.89±1.26^{a}$	$0.77±0.40^{a}$	83.33
P-value	0.558	0.552	0.386	0.210	-

Values are means±s.d., Means with the same row with different superscript letters are significantly ($p<0.05$).

ในการวัดผลด้านสีผิวของกุ้งที่ได้รับแคโรทีนอยด์จากพริกในระดับที่แตกต่างกัน (0, 25 และ 50 มก./กก. หลังจากทำสุกพบว่า กุ้งมีค่าความสว่าง (L*) ที่ไม่แตกต่างกัน อยู่ในช่วง 70.23-71.33 ($P<0.05$) ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) พบว่าชุดการทดลองที่ 50 มก./กก. เท่ากับ 7.51±0.86 รองลงมาคือ 5.18±0.86 (25 มก./กก.) และ 4.39±1.79 (0 มก./กก.) ($P>0.05$) ตามลำดับ (Figure 1) เช่นเดียวค่าความเข้มของสี (Chroma; C) ที่ให้ผลสอดคล้องเช่นเดียวกัน คือ 17.49±0.97, 13.84±2.68 และ 14.43±1.19 (50, 25 และ 0 มก./กก. ตามลำดับ) ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสี

เหลือง (b*) และ ค่ามุมสีที่เปลี่ยนแปลงไป (H*) ล้วนให้ผลไปในแนวทางเดียวกันว่าเมื่อกุ้งได้รับแคโรทีนอยด์จากพริกสามารถทำให้สีผิวเพิ่มขึ้นได้ (Table 2)

Table 2 Changes in skin color of freshwater prawn fed different carotenoid concentration in diet throughout the experiment period in CIE L*a*b* and L*C*H*

Treatment	L*	a*	b*	C*	H*
0 mg/kg	70.23 ± 2.52^{a}	4.39 ± 1.79^{a}	13.09 ± 2.32^{a}	13.84 ± 2.68^{a}	72.02 ± 5.04^{ab}
25 mg/kg	71.04 ± 1.32^{a}	5.18 ± 0.86^{a}	13.45 ± 1.15^{ab}	14.43 ± 1.19^{a}	68.93 ± 3.20^{b}
50 mg/kg	71.33 ± 1.04^{a}	7.51 ± 0.86^{b}	15.78 ± 0.91^{b}	17.49 ± 0.97^{b}	64.56 ± 2.65^{a}
P-value	0.542	0.002	0.020	0.006	0.013

Values are means ± s.d., Means with the same row with different superscript letters are significantly ($p<0.05$)

Figure 1 Color intensity of cooked freshwater prawn, were fed at 0, 25 and 50 mg/kg of carotenoid from Chili spur pepper extract

หลังจากนำเนื้อกุ้งต้มสุกไปสกัดด้วยเฮกเซนและนำไปสแกนหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด พบว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับแคโรทีนอยด์จากพริก มีช่วงค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ที่ 460-473 nm และกุ้งที่ได้รับแคโรทีนอยด์ 25 มก./กก. มีช่วงค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ที่ 448-474 nm และกุ้งที่ได้รับแคโรทีนอยด์ 50 มก./กก. มีช่วงค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ที่ 451-472 nm ตามลำดับ และมีค่าความสูงของจุดสูงสุดสูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของเบตาแคโรทีนที่ละลายในเฮกเซน 450-477 nm แสดงว่าสารที่สะสมอยู่ในตัวกุ้งคือสารที่องค์ประกอบของเบตาแคโรทีนเป็นหลัก และมีการสะสมสารเบตาแคโรทีนเมื่อได้รับเพิ่มจากอาหารที่ให้

วิจารณ์ผลการวิจัย

การใช้สารสกัดจากพริกชี้ฟ้า (Chili spur pepper) ในการเร่งสีกุ้งก้ามกราม ในปริมาณ 0, 25 และ 50 มก./กก. อาหาร พบว่าไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Göçer *et al.* (2006) ที่ทดลองในกุ้งกุลาลาย (*Penaeus semisulcatus*) และปลาเรนโบว์เทร้า (Yanar *et al.*, 2016) แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า เมื่อให้ในความเข้มข้นที่สูงขึ้น และเป็นระยะเวลานาน (60 วัน) อาจจะมีผลทำให้อัตรารอดของกุ้งก้ามกรามลดลงกว่าการไม่ใช้สารสกัดได้เนื่องจากในระหว่างการทดลอง เนื่องจากกุ้งก้ามกรามที่ได้รับสารสกัดที่มาจากพริกในปริมาณ 25 และ 50 มก./กก. อาหาร พบการตาย 11.11 และ 16.67% ตามลำดับ แต่จากการสังเกตุซากกุ้งที่ตายพบว่ากุ้งไม่สามารถลอกคราบได้สำเร็จ ซึ่งสัตว์ในกลุ่มครัสตาเชียนต้องอาศัยการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงขนาด และเพิ่มน้ำหนัก (Rodmongkoldee *et al.*, 2017) แตกต่างกับการศึกษาของ Shivananda *et al.* (2016) ที่รายงานว่ากุ้งก้ามกรามที่ได้รับสารสกัด Lutein-mesozeaxanthin จากดอกดาวเรือง มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และสัมประสิทธิการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากุ้งไม่ได้รับสารสกัด โดยให้เหตุผลว่าแคโรทีนอยด์สามารถเพิ่มความสามารถในการใช้ประโยชน์จากสารอาหารได้ดีขึ้น โดยทำหน้าที่ช่วยในการเผาพลาญพลังงานในสัตว์น้ำได้ดีขึ้น แต่ไม่ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งแตกต่างกับชุดควบคุม ในทางกลับกันการศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ปริมาณสารสกัดแคโรทีนอยด์จากพริกชี้ฟ้าแห้งที่เพิ่มสูงขึ้นสามารถทำให้กุ้งก้ามกรามเมื่อทำสุกมีสีของเนื้อที่เข้มขึ้นกว่าชุดควบคุม สอดคล้องกับการใช้สารสกัดจากพริกในการเลี้ยง กุ้งขาว และกุ้งกุลาลาย Arredondo-Figueroa *et al.* (2008); Göçer *et al.* (2006) และการศึกษาของ Ingle De La Mora *et al.* (2006); Yanar *et al.* (2016) ที่ใช้สารสกัดจากพริกในการเร่งสีปลาเรนโบว์เทร้า พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในเนื้อของปลาเพิ่มสูงขึ้น และให้ค่าสีแดง (a*) เพิ่มสูงขึ้นด้วย ($P<0.05$) จะเห็นได้ว่าการใช้แหล่งแคโรทีนอยด์จากวัตถุดิบอาหารอื่นๆ เพิ่มลงในสูตรอาหารมีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากสัตว์จะไม่สามารถสังเคราะห์สารแคโรทีนอยด์ได้เอง ต้องได้รับจากอาหาร (Britton *et al.*, 2009; Ho *et al.*, 2013) โดยกุ้งจะสะสมแคโรทีนอยด์ที่บริเวณ Hypodermal pigment (Rodríguez *et al.*, 2017) ด้วยพันธะระหว่างโปรตีน- Astaxanthin โดยสารประกอบจะมีสีเขียว ฟ้า และม่วง ในภาวะปกติ และมีค่าการดูดกลืนแสงที่ 580 nm. แต่เมื่อทำให้สุกแล้ว สารประกอบโปรตีนจะปลดปล่อย astaxanthin ออกจากโปรตีน โดยจะทำให้สีของกุ้งเปลี่ยนจากสีเขียว หรือฟ้า ให้กลายเป็นสีระหว่าง เหลือง, ส้ม และแดง โดยมีค่าการดูดกลืนแสงที่ 470-472 nm (Cianci *et al.*, 2002; Parisenti *et al.*, 2011) ซึ่งในการทดลองจะพบว่ากุ้งที่ได้รับแคโรทีนอยด์จากพริกมีสารแคโรทีนอยด์ที่เป็นอนุพันธ์ปลีกย่อยที่แตกต่าง

จากชุดควบคุม (ไม่ได้แสดงข้อมูล) แต่ให้ปริมาณค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด อยู่ในช่วง 470-472 nm แต่ยังสามารถตรวจพบ astaxanthin ที่ระดับ 476 nm ได้ (Dave *et al.*, 2020) แสดงให้เห็นว่ากุ้งสามารถเปลี่ยนแคโรทีนอยด์ที่ได้จากพริกไปเป็นอนุพันธ์แคโรทีนอยด์จากค่าการดูดกลืนแสง 450 nm ไปเป็นอนุพันธ์ย่อยของแซนโธฟิลด์และสะสมไว้ในกล้ามเนื้อได้ (470-500 nm) สอดคล้องกับ Goodwin (1984) ที่อธิบายว่ากลุ่มคลัสเตรเชียนมีกลไกในการเปลี่ยนรูป β-carotene ไปเป็น canthaxanthin ได้ แต่ยังไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นสารประกอบชนิดใด เนื่องจากต้องใช้เครื่องมือขั้นสูงในการตรวจสอบ (Maoka, 2020)

สรุปผลการวิจัย

พริกแห้งทั้งสามชนิด ได้แก่ พริกชี้ฟ้าแดง พริกเกาหลี และพริกขี้หนู เมื่อสกัดด้วยเอธานอลบริสุทธิ์พบว่ามีปริมาณสารแคโรทีนอยด์ในปริมาณสูง โดยสามารถนำสารสกัดจากพริกชี้ฟ้าแห้งมาสกัดแคโรทีนอยด์และนำไปเร่งสีกุ้งก้ามกราม โดยการผสมอาหาร 50 มก./กก. เลี้ยงนาน 60 วัน เมื่อนำไปต้มสุกนาน 1 นาที พบว่าทำให้ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่าความเข้มสี (c*) และค่ามุมของสี (h*) ของเนื้อกุ้งแตกต่างจากชุดควบคุม แต่ไม่ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งระหว่างการเลี้ยง แต่ในกลุ่มที่ให้สารสกัด 50 มก./กก. ส่งผลทำให้อัตรารอดตายของกุ้งต่ำกว่าชุดควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Amin, A. 2016. Influence of dietary supplementation of carotenoid (Diacetate of Lutein-Mesozeaxanthin) on growth performance, biochemical body composition in freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbrgii*. **Journal of Aquaculture & Marine Biology** 4: 1-8.

Anonymous. 2020. **Chili production situation**. [Online]. Available https://www.doa.go.th/hort/wpcontent/uploads/2020/10/%E0%B8%AA%E0%B8%96%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%93%E0%B9%8C%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%81_%E0%B8%95%E0%B8%B8%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%A163.pdf (25 September 2021). [in Thai]

Arredondo-Figueroa, J., R. Pedroza, J.T. Ponce-Palafox and E.J. Vernon-Carter. 2008. Pigmentation of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931) with esterified and saponified carotenoids from red chili (*Capsicum annuum*) in comparison to astaxanthin. **Revista Mexicana de Ingeniería Química** 2: 101-108.

Britton, G., S. Liaaen-Jensen, and H. Pfander. 2009. **carotenoids** (Vol. 5). Birkhäuser Basel. 431 p.

Cantrill, R. 2013. **Paprika extract**. [Online]. Available https://www.fao.org/publications/card/en/c/74ae047c-9367-4858-85f8-7c2f88a62ac5/. (25 September 2021).

Cianci, M., P. J. Rizkallah, A. Olczak, J. Raftery, N. E. Chayen, P.F. Zagalsky and J. R. Helliwell. 2002. The molecular basis of the coloration mechanism in lobster shell: beta-crustacyanin at 3.2-A resolution. **Proc Natl Acad Sci USA** 99(15): 9795-9800. doi:10.1073/pnas.152088999

Dave, D., Y. Liu, J. Pohling, S.Trenholm and W. Murphy. 2020. Astaxanthin recovery from Atlantic shrimp (*Pandalus borealis*) processing materials. **Bioresource Technology Reports** 11:100535. doi:https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100535

Department of International Trade Promotion. 2021. **Thai trade**. [Online]. Available http://tradereport.moc.go.th/TradeThai.aspx (25 September 2021).

Göçer, M., M. Yanar, M. Kumlu, and Y. Yanar. 2006. The effects of red pepper, marigold flower, and synthetic astaxanthin on pigmentation, growth, and proximate composition of *Penaeus semisulcatus*. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences** 30: 359-365.

Goodwin, T. W. 1984. **The Biochemistry of the Carotenoids** (Vol. II: Aninmals). Great Britain Springer Dordrecht: Richard Clay (The Chaucer Press) Ltd. 224 p.

Ho, A.L.F.C., N. M. Orlando Bertran and J. Lin. 2013. Dietary esterified astaxanthin concentration effect on dermal coloration and chromatophore physiology in spinecheek anemonefish, *Premnas biaculeatus*. **Journal of the World Aquaculture Society** 44(1): 76-85. doi:10.1111/jwas.12010

Ingle de la Mora, G., J.L. Arredondo-Figueroa, J.T. Ponce-Palafox, I.D.A. Barriga-Soca and J. E. Vernon-Carter. 2006. Comparison of red chilli (*Capsicum annuum*) oleoresin and astaxanthin on rainbow trout (*Oncorhyncus mykiss*) fillet pigmentation. **Aquaculture** 258(1): 487-495. doi:https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.005

Maoka, T. 2020. A new carotenoid, 5,6-dihydrocrustaxanthin, from prawns and the distribution of yellow xanthophylls in shrimps. **Biochemical Systematics and Ecology** 92: 104083. doi:https://doi.org/10.1016/j.bse.2020.104083

Parisenti, J., L. H. Beirão, V.L.C.G. Tramonte, F. Ourique, C.C. da Silveira Brito and C. C. Moreira. 2011. Preference ranking of colour in raw and cooked shrimps. **International Journal of Food Science & Technology** 46(12): 2558-2561. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02781.x

Pongsetkul, J., S. Benjakul, P. Sampavapol, K. Osako and N. Faithong 2014. Chemical composition and physical properties of salted shrimp paste (Kapi) produced in Thailand. **International Aquatic Research** 6(3): 155-166. doi:10.1007/s40071-014-0076-4

Rodmongkoldee, M., W. Leelapatand and N. Sutthi 2017. Effect of shelter materials on survival rate in giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man). **Journal of Agriculture** 2(33): 257-265.

Rodriguez-Amaya, D.B., and M. Kimura 2004. **Harvestplus Handbook for Carotenoid Analysis**. Washington, DC and Cali: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT). 58 p.

Rodríguez, C., A. García, J.T. Ponce-Palafox, M. Spanopoulos, D. Puga-López, J. Arredondo-Figueroa and L. Martinez-Cardenas. 2017. The color of marine shrimps and its role in the aquaculture. **International Journal of Aquaculture and Fishery Sciences** 3: 062-065. doi:10.17352/2455-8400.000030

Shivananda, M., Z. Hosseinpoor, N. Majid, A. Seyyedeh Hoda, S. Meshram, A. Adnan and H. Swain. 2016. Influence of dietary supplementation of carotenoid (Diacetate of Lutein-Mesozeaxanthin) on growth performance, biochemical body composition in freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbrgii*. **Aquaculture & Marine Biology** 4(5): 11-18. doi:10.15406/jamb.2016.04.00078

Sonthiruth, S. 2020. **Giant freshwater prawn situation in first 3 month of the year 2020**. [Online]. Available https://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/Monthly%20report/%E0%B8%AA%E0%B8%96%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%93%E0%B9%8C%E0%B8%81%E0%B8%B8%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%84%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%AA%201-63.pdf (25 September 2021). [in Thai]

Soottawat, B. 2011. **Chemical and Quality of Aquatic Animal.** Banglok: Odeon Store Part., Ltd. 376 p. [in Thai]

Tapparangsee, S., P. Somwang and W. Kansong. 2013. Optimum density for nursing giant freshwater prawn postlavae (*Macrobrachium rosenbergii*) in recirculating aquaculture system in earthen ponds. **Rmutsb Academic Journal** 1(1): 51-60. [in Thai]

Thaned, P. 2012. **Alginate: Natural Polymer to Drug Delivery System**. Khonkean: Klungnana Vitthaya press. 230 p. [in Thai]

Thongphitak, D., C. Limsuwan, N. Chuchird, N. Raksakulthai and N. Pansawat. 2007. Effects of water temperature and soaking time on color of cooked Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) raised under low and normal salinity water. **Kasetsart University Fisheries Research Bulletin** 31: 32-41.

Yanar, M., H.M. Büyükçapar and Y. Yanar. 2016. Effects of hot and sweet red peppers (*Capsicum annuum*) as feed supplements on pigmentation, sensory properties and weight gain of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). **Annals of Animal Science** 16(3): 825-834. doi:10.1515/aoas-2016-0011

ผลของอาหารผสมทรีโอนีนต่อการเจริญเติบโต ภูมิคุ้มกัน และความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas* sp. ในกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*)

Effects of Threonine Dietary Supplement on Growth Performances Immune Responses, and Antibacterial Ability of *Aeromonas* sp. in Rugosed Frog (*Hoplobatrachus rugulosus*)

รุจิราภรณ์ มุสิกะพันธ์[1] วาสนา กองสมบัติ[1] นราธร ชุมนุม[2] และชนกันต์ จิตมนัส[1*]

Rujiraphorn Musigapan[1], Wassana Kongsombat[1], Naratorn Chumnum[2] and Chanagun Chitmanat[1*]

[1]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]บริษัท เคแอนด์เค ซุปเปอร์สโตร์ เซาท์เทิร์น จำกัด (มหาชน) สงขลา 90110

[1]Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources , Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]K&K Superstore Southern Public Company Limited, Songkhla, Thailand 90110

*Corresponding author: chanagun9@gmail.com

Abstract

The effects of threonine dietary supplements on the growth performances, immune responses, and antibacterial capacity of *Aeromonas* sp. in Rugosed (*Hoplobatrachus rugulosus*) were investigated. This experiment was divided into two treatment groups with three replications, the basal diet (control group, T1) and the feed supplemented with 2.5 grams per 1 kilogram threonine (T2). This study ran for 8 weeks. At the end of the experiment, it was found that there were some growth effects on frogs fed with 2.5 grams per 1 kg feed. The average weight gains of frogs in threonine and control groups were 21.1 and 14.4 grams, respectively, which were significantly different ($p<0.05$). The average daily growth of frogs in threonine and control groups was 1 gram per day and 0.9 grams per day, respectively. The survival rates of the experimental and control sets were 77.8 and 73.3 percent, respectively. The experimental and control sets' feed conversion ratio (FCR) were 0.95 and 1.07, respectively. The lysozyme activities were 4.36 and 1.34, respectively. *The results of the analysis of phagocytosis by NBT (Nitroblue Tetrazolium) of frogs in experimental and control were 0.184 and 0.151, respectively.* No death was found after *Aeromonas* sp. experimental infection. In summary, threonine positively impacted on frog growth performances; however, there were no significant differences in innate responses and *Aeromonas* sp. Infection.

Keywords: frog, threonine, growth, innate immunity, feed conversion ratio

บทคัดย่อ

ผลของอาหารเสริมทรีโอนีนต่อการเจริญเติบโต ภูมิคุ้มกัน และความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas* sp. ในกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) แบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย กลุ่มควบคุม (T1) และชุดการทดลองอาหารผสมทรีโอนีน 2.5 กรัม ต่อ อาหาร 1 กก. (T2) ทดลอง 8 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมทรีโอนีน 2.5 กรัม ต่อ อาหาร 1 กก. มีผลต่อการเจริญเติบโต โดยกบที่ได้รับอาหารผสมทรีโอนีนและชุดควบคุมมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 21.1 และ 14.4 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 1 และ 0.9 กรัมต่อวัน ตามลำดับ อัตรารอดของกบในชุดการทดลองและชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.8 และ 73.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ของชุดการทดลองและชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 และ 1.07 ตามลำดับ กิจกรรมไลโซไซม์ของชุดควบคุมและชุดการทดลองเท่ากับ 4.36 และ 1.34 ผลการวิเคราะห์การจับกินสิ่งแปลกปลอม (Phagocytosis) โดยวิธีการ NBT (Nitroblue Tetrazolium) ของชุดการทดลองและชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.184 และ 0.151 ตามลำดับ และผลการทดสอบความต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas* sp. พบว่ากบนาทั้ง 2 ชุดการทดลองไม่ตายจากการติดเชื้อ แต่มีการแสดงอาการของโรค สรุปได้ว่าทรีโอนีนมีผลต่อการเจริญเติบโตของกบนา แต่ไม่มีผลต่อการสร้างภูมิคุ้มกันและความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas* sp.

คำสำคัญ: กบนา ทรีโอนีน การเจริญเติบโต ภูมิคุ้มกัน อัตราแลกเนื้อ

คำนำ

กบนา *Hoplobatrachus rugulosus* เป็นสัตว์สะเทินบกสะเทินน้ำเศรษฐกิจของไทย เนื้อกบอุดมไปด้วยโปรตีน จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ (Tokur *et al*., 2008; Warkentin *et al*., 2009) โดยมีแนวโน้มว่ามูลค่าผลผลิตกบนาจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ กบเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่ายโตเร็ว แต่กบนาเป็นสัตว์เลือดเย็น (poikilotherm) ซึ่งอุณหภูมิในร่างกายเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมอยู่เสมอ ดังนั้นอุณหภูมิจึงอยู่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อมที่สัตว์อาศัยอยู่ เมื่อเข้าหน้าหนาวกบนาจะจำศีลและไม่กินอาหารหรือกินอาหารน้อยลง ซึ่งเป็นปัญหาต่อการเลี้ยงเพราะจะทำให้กบโตช้าและระบบภูมิคุ้มกันลดลง Thip-uten *et al*. (2019) รายงานว่าโรคติดเชื้อแบคทีเรียในกบนาที่เลี้ยงในจังหวัดสกลนครมากที่สุด คือ *Aeromonas hydrophila* รองลงมาคือ *Flavobacterium meningosepticum* และ *Pseudomonas aeruginosa* ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะหาสารที่มีประโยชน์เพื่อกระตุ้นการกินอาหารและภูมิคุ้มกันของกบนา ทรีโอนีนจัดอยู่ในกลุ่มกรดอะมิโนจำเป็นเนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ มีส่วนสำคัญในการสร้างกรดอะมิโนอีก 2 ชนิด คือ ไกลซีนและซีรีน ซึ่งสำคัญต่อการสร้างโปรตีนหลายชนิด เช่น คอลลาเจน (Collagen) และอิลาสติน (Elastin) โดยพบว่าการเสริมทรีโอนีน 1.62 - 1.69% (16.2 -16.9 ก/กก) ในอาหารจะช่วยให้ลูกปลาจีด (*Heteropneustes fossilis*) มีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น (Khan, 2016) โดยทรีโอนีนจะช่วยในการเผาผลาญไขมันและป้องกันการสะสมของไขมันในตับ มีประโยชน์ต่อการย่อยอาหาร ทำให้การ

ทำงานของลำไส้ ระบบการย่อยและการดูดซึมสารอาหารดีขึ้น ช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันโดยการช่วยผลิตแอนติบอดี (Value Industrial Products co., Ltd., 2021) อาหารเสริมทรีโอนีน 1.58% และ 2.08% (15.8 และ 20.8 ก/กก) ช่วยเพิ่มปริมาณเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวในปลา Blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) (Habte-Tsion *et al.,* 2015) ซึ่งหากขาดทรีโอนีน จะทำให้ปลาเฉา Glass *carp* (*Ctenopharyngodon idella*) มีเหงือกไม่แข็งแรงเสี่ยงต่อการติดเชื้อแบคทีเรีย (*Flavobacterium columnare*) (Dong *et al*., 2018) มีการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไกและกระเทียมผสมอาหารกบนา พบว่าไม่มีผลต่อการเติบโตของกบ แต่สาหร่ายสไปรูลิน่าสามารถกระตุ้นการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวของกบได้ ในขณะที่กระเทียมช่วยให้ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์ของกบสูงกว่าสาหร่ายไกและสาหร่ายสไปรูลิน่า (Boonta *et al.,* 2012) ปัจจุบันมีการศึกษาผลของทรีโอนีนในสัตว์น้ำค่อนข้างน้อย งานวิจัยของ Habte-Tsion *et al*. (2016) ได้ศึกษาผลทรีโอนีนที่มากหรือน้อยเกินไปสำหรับปลา Blunt snout bream (*Megalobrand anheephala*) โดยดูผลที่มีต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกัน พบว่าระดับของทรีโอนีน 1.58% เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกัน ส่วนงานวิจัยของ Dong *et al*. (2018) รายงานว่าทรีโอนีน 1.37% เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันในปลาเฉา (*Creatopharyngo dent idela*) ปลากะพงปากกว้าง (Largemouth bass) ต้องการว่าทรีโอนีน 14.3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (1.43%) เพื่อให้มีการเจริญเติบโตที่ดี Rahman *et al.,* 2021)

ดังนั้น การศึกษาผลของอาหารเสริมทรีโอนีนต่อการเจริญเติบโตระบบภูมิคุ้มกันและความสามารถในการต้านเชื้อ *Aeromonas* sp. จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะพัฒนาการเลี้ยงกบให้มีคุณภาพและเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้นส่งผลให้เกิดการยกระดับรายได้ของเกษตรกรให้สูงขึ้น รวมทั้งสามารถพัฒนาอาหารให้มีคุณภาพดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการลดปัญหาการใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีในการเลี้ยงกบนาซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญต่อการเลี้ยงและการส่งออกผลผลิตไปยังต่างประเทศ ส่งผลให้การเลี้ยงกบนาของไทยเป็นไปอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมบ่อทดลอง

การทดลองเลี้ยงกบนาด้วยอาหารเสริมทรีโอนีน โดยศึกษาการเจริญเติบโต ระบบภูมิคุ้มกันของกบนาและความสามารถการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas* sp. ดำเนินงานภายใต้สภาพอากาศหนาวเย็น อุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียส ซึ่งจัดเตรียมพื้นที่ในการเลี้ยงเป็นพื้นที่กลางแจ้ง ใช้บ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร ลึก 0.5 เมตร จำนวน 6 บ่อ วางบ่อให้ลาดเอียง 25 องศา ล้างทำความสะอาดและตากบ่อไว้ 3 วัน จากนั้นเติมน้ำให้มีความลึก 10 เซนติเมตร ใส่กระเบื้องไว้สำหรับให้กบหลบซ่อนตัว คลุมปากบ่อด้วยแผงตาข่ายพลาสติกและสแลนดำ

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้กบนาที่เพาะพันธุ์จากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 37.2 กรัม จำนวน 90 ตัว อัตราปล่อย 15 ตัวต่อบ่อ จำนวน 6 บ่อ โดยสุ่มแบ่งเป็นบ่อชุดควบคุมจำนวน 3 บ่อ และบ่อทดลองจำนวน 3 บ่อ นำไปเลี้ยงในพื้นที่ทดลองก่อนทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน เพื่อให้กบนาปรับสภาพให้เข้ากับพื้นที่

ทดลอง โดยให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน เมื่อครบ 7 วัน ชั่งน้ำหนักกบเริ่มต้นการทดลอง

การจัดการด้านอาหาร

ใช้สารละลายทรีโอนีนผงสำเร็จรูป (HiMedia Laboratories Pvt. Ltd.) ปริมาณ 2.5 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (0.25%) ละลายในน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร ฉีดพ่นให้ทั่วอาหารกบอัดเม็ดสำเร็จรูปขนาดกลาง เปอร์เซ็นต์โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์

การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองในบ่อซีเมนต์กลม ทั้งหมด 6 บ่อ แบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงกบนาด้วยอาหารอัดเม็ดสำเร็จรูปไม่ผสมทรีโอนีนผงสำเร็จรูป (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงกบนาด้วยอาหารอัดเม็ดสำเร็จรูปผสมทรีโอนีนผงสำเร็จรูป 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยเก็บข้อมูลน้ำหนัก และคำนวณอัตรารอดของกบนาทุก ๆ 2 สัปดาห์ ในกบทดลองทุกตัวหรือจำนวน 100 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยงดให้อาหาร 1 วัน ก่อนการชั่งน้ำหนัก และปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุก 2 สัปดาห์

การเก็บข้อมูล

นับจำนวนและชั่งน้ำหนักกบนาทุก 2 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง 8 สัปดาห์ ในแต่ละชุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณอาหารที่ให้ และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Daily Growth: ADG) (กรัมต่อวัน), อัตราการรอดตาย (Survival Rate: SR) เปอร์เซ็นต์, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion rate: FCR) และ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Weight Gain: WG) (กรัม)

การตรวจสอบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ

สุ่มเก็บเลือดเดือนละครั้ง เพื่อตรวจวัดไลโซไซม์ ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Parry *et al.* (1965) โดยใช้ซีรั่มจำนวน 25 µL ใส่ลงในสารละลายแบคทีเรีย *Micrococcus lysodeikticus* (Sigma) 175 µL (0.3 mg mL^{-1} ใน 0.1 M Citrate phosphate buffer, pH 5.8) วัดการเปลี่ยนแปลงของความขุ่น OD_{540nm} ทุก 1 นาที เป็นเวลา 10 นาที ด้วยเครื่อง micro-plate reader

ทดสอบประสิทธิภาพการทำลายเชื้อแบคทีเรียของเซลล์เม็ดเลือด (Respiratory burst) ทดสอบตามวิธีการของ Secombes (1990) โดยใช้เซลล์เม็ดเลือดขาว 175 µL (6×10^6 cells mL^{-1}) ใน PBS เติมลงในถาดหลุม 96-well microtiter เติม Nitro blue tetrazolium (NBT) 25 µL (1 mg/mL) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งสารละลายส่วนใสด้านบน ล้างด้วยเมธานอล 125 µL เทสารละลายด้านบนทิ้งแล้วล้างด้วยเมธานอล 70% หลุมละ 125 µL จำนวนสองครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที จากนั้นเติม 2N KOH จำนวน 125 µL และ DMSO 150 µL จากนั้นไปวัด OD_{655}nm

การทดสอบความต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas* sp.

หลังจากทดลองเลี้ยงกบนาน 8 สัปดาห์ด้วยอาหารผงทรีโอนีน สุ่มกบนาแต่ละบ่อมาทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรียบ่อละ 5 ตัว โดยนำมาฉีดเชื้อแบคทีเรียที่ระดับความเข้มข้น 1×10^8 CFU/mL เข้าบริเวณช่องท้องตัวละ 1 มิลลิลิตร วิเคราะห์ผลของอาหารผสมทรีโอนีนต่อค่ากิจกรรมไลโซไซม์หลังได้รับการฉีดเชื้อ *Aeromonas* sp. เป็นเวลา 15 วัน

การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเจริญเติบโต ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอด และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ รวมไปถึงข้อมูลทางด้านค่าภูมิคุ้มกัน ได้แก่ ค่ากิจกรรมไลโซไซม์ และค่า Phagocytosis ของกบโดยวิธีการ NBT (Nitroblue Tetrazolium) เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี paired samples T-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P<0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 15.0

ผลการวิจัย

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily growth : ADG)

กบนาที่ได้รับอาหารที่ผสมทรีโอนีน 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน มีค่าเท่ากับ 1.05 กรัมต่อวัน ส่วนกบที่ไม่ได้รับอาหารผสมทรีโอนีน (กลุ่มควบคุม) มีค่าเท่ากับ 0.85 กรัมต่อวัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) รายละเอียดดัง Figure 1

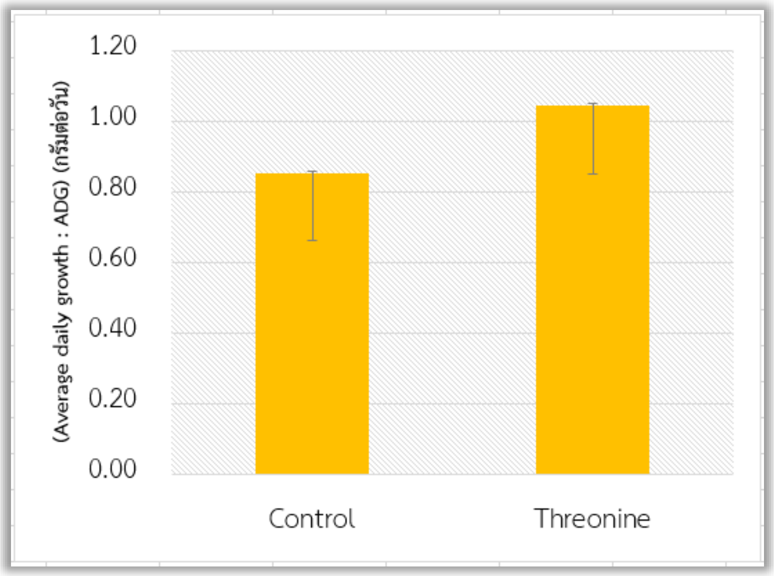


Figure 1 Average daily growth of frogs after experimental diet feeding for 8 weeks

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Weight Gain: WG)

กบนาที่ได้รับอาหารผสมทรีโอนีน 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และที่ไม่ได้รับอาหารผสมทรีโอนีน (กลุ่มควบคุม) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) มีค่าเท่ากับ 22.62 และ 10.56 กรัม

อัตราการรอดตาย (Survival Rate : SR)

กบนาที่ได้รับอาหารผสมทรีโอนีน 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และที่ไม่ได้รับอาหารผสมทรีโอนีน (กลุ่มควบคุม) มีอัตราการรอดตายเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าเท่ากับ 77.8 เปอร์เซ็นต์ และ 73.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังรายละเอียดใน Figure 2

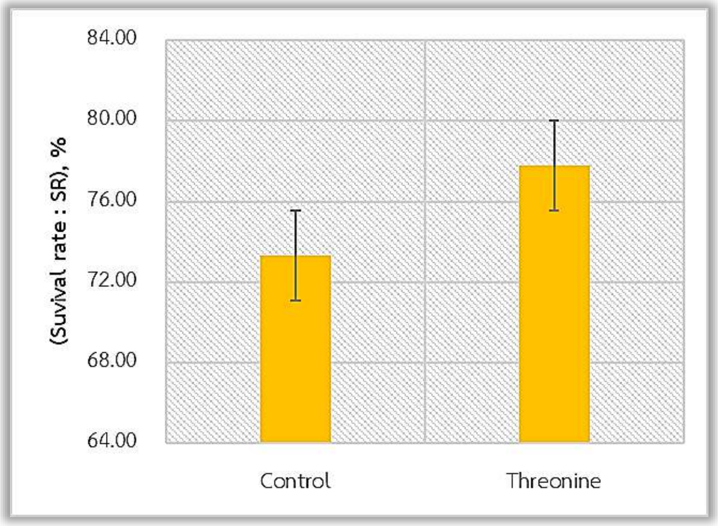


Figure 2 Survival rate of frogs after experimental diet feeding for 8 weeks

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio : FCR)

กบนาที่ได้รับอาหารที่ผสมทรีโอนีน 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และที่ไม่ได้รับอาหารผสมทรีโอนีน (กลุ่มควบคุม) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าเท่ากับ 0.95 และ 1.07 ตามลำดับ รายละเอียดดัง Figure 3

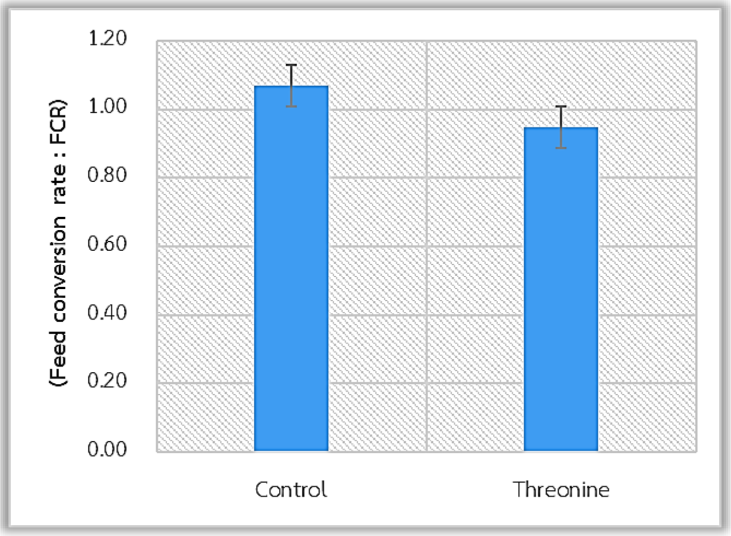


Figure 3 Feed conversion ratio of frogs after experimental diet feeding for 8 weeks

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมไลโซไซม์

กบนาที่ได้รับอาหารที่ผสมทรีโอนีน 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และที่ไม่ได้รับอาหารผสมทรีโอนีน (กลุ่มควบคุม) มีค่ากิจกรรมไลโซไซม์จากการวิเคราะห์หลังสิ้นสุดการทดลองนาน 8 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าเท่ากับ 4.36 และ 1.34 ตามลำดับ รายละเอียดดัง Figure 4

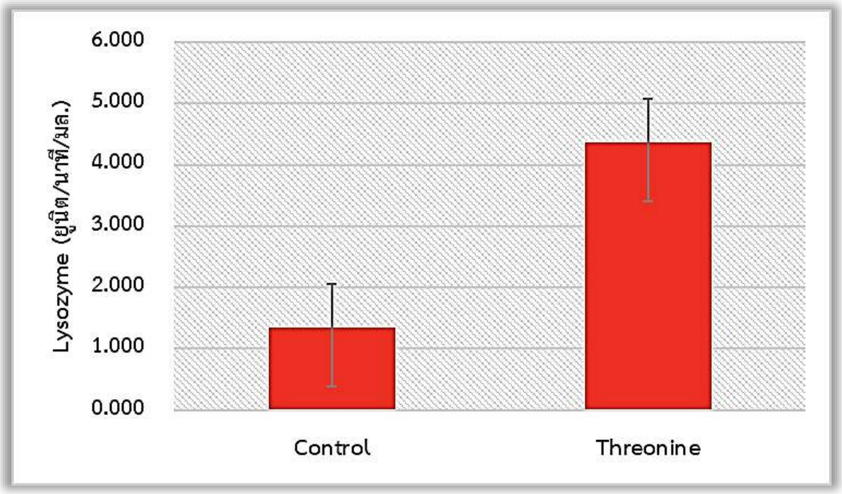


Figure 4 Lysozyme activities of frogs after experimental diet feeding for 8 weeks

กบนาที่ได้รับอาหารที่ผสมทรีโอนีน 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และที่ไม่ได้รับอาหารผสมทรีโอนีน (กลุ่มควบคุม) มีค่าจากการวิเคราะห์ Phagocytosis โดยวิธีการ NBT หลังสิ้นสุดการทดลองนาน 8 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าเท่ากับ 0.184 และ 0.151 ตามลำดับ รายละเอียดดัง Figure 5

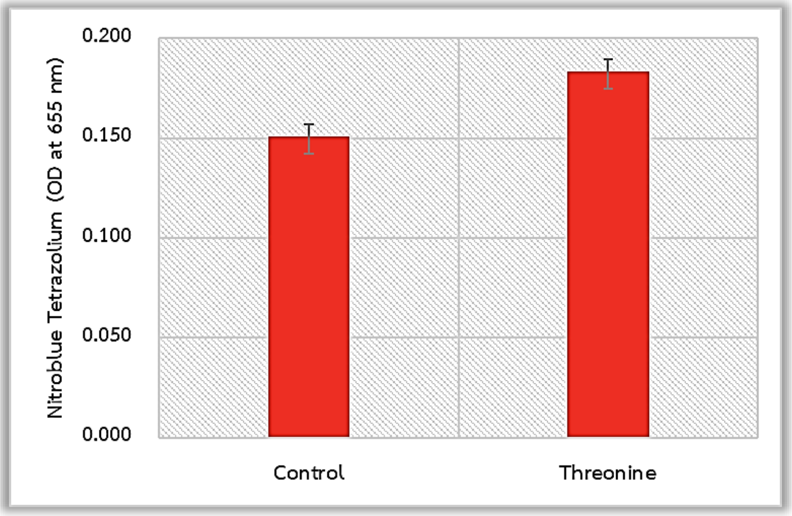


Figure 5 Phagocytosis determination by NBT of frogs after experimental diet feeding for 8 weeks

ผลการทดสอบความต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas* sp.

เมื่อครบ 8 สัปดาห์ กบนาที่ได้รับอาหารที่ผสมทรีโอนีน 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และที่ไม่ได้รับอาหารผสมทรีโอนีน (กลุ่มควบคุม) กบมีการแสดงอาการของการเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อ *Aeromonas* sp. แต่ไม่พบการตายของกบนา

วิจารณ์ผลการวิจัย

การที่กบได้รับอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารครบถ้วนจะช่วยให้กบโตเร็วและแข็งแรง จากการทดลองเลี้ยงกบด้วยอาหารผสมทรีโอนีน 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (0.25 เปอร์เซ็นต์) พบว่า ทรีโอนีนมีผลต่อการเจริญเติบโตของกบนา เช่นเดียวกันกับงานของ Habte-Tsion *et al*. (2015) ที่ใช้ทรีโอนีนผสมทรีโอนีน 1.58 เปอร์เซ็นต์ในการเลี้ยงปลา Blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) พบว่าทรีโอนีนมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา Blunt snout bream และ งานของ Gao *et al*. (2014) ที่ศึกษาความต้องการของทรีโอนีนในระดับต่ำของปลาเฉาวัยอ่อน (*Clenopharngodon idella*) พบว่า ระดับความต้องการของทรีโอนีนที่ให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดในปลาเฉาวัยอ่อนที่ 1.33 เปอร์เซ็นต์ และงานของ Zhou *et al*. (2013) ที่ศึกษาความต้องการทรีโอนีนของกุ้งขาวแวนนาไม (*Lifopenaeus vannanet*) พบว่า ความต้องการทรีโอนีนของกุ้งขาวแวนนาไมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตอยู่ที่ 1.67 เปอร์เซ็นต์ และยังพบ

ในสัตว์น้ำชนิดอื่น เช่น ปลาตาเดียว (Japanese flounder) (Alam *et al*., 2003) ปลาแซลมอน (Atlantic salmon) ปลาไน (Jian carp) (Feng *et al*., 2013) ซึ่งผลของการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นอาจเกิดจากกบกินอาหารมากขึ้นหรือกบสามารถดูดซึมสารอาหารได้มากขึ้น การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์ในการย่อยอาหารน่าจะเป็นเครื่องยืนยันได้ ความต้องการทรีโอนีนแตกต่างกันในสัตว์แต่ละชนิด อันเนื่องมาจากชนิดและสายพันธุ์ อายุ/ขนาด สภาพการเลี้ยง รวมไปถึงชนิดและรูปแบบของกรดอะมิโนทรีโอนีนที่นำมาผสมในอาหาร สัตว์น้ำที่ได้รับทรีโอนีนไม่เพียงพอจะทำให้การสร้างโปรตีนลดลงในขณะที่หากได้รับทรีโอนีนมากเกินไปจะมีผลต่อการกินอาหาร การดูดซึมและอาจจะเกิดพิษต่อสัตว์น้ำ (Wu, 2009)

อย่างไรก็ตามการให้อาหารผสมทรีโอนีนไม่ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของกบนาโดยให้ผลไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ Habte-Tsion *et al*. (2015) ที่พบว่าทรีโอนีนมีผลต่อการตอบสนองระบบภูมิคุ้มกันในปลา Blunt snout bream โดยการกระตุ้นการสร้างคอมพลีเมนท์ (complement) ซึ่งเป็นกลุ่มโปรตีนที่มีหน้าที่กระตุ้นให้เกิดการแตกสลายของเซลล์เชื้อโรคและกระตุ้นให้เกิดการทำลายโดยการจับกินสิ่งแปลกปลอม รวมไปถึงในงานวิจัยของ Dong *et al*. (2018) ที่พบว่าทรีโอนีนมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันและสามารถช่วยลดผลกระทบจากการติดเชื้อ *F.columnare* ที่บริเวณเหงือกของปลาเฉาได้ โดยจะเพิ่มการหลั่งของไซโตไคน์ (cytokines) ที่ทำหน้าที่ในการป้องกันการอักเสบ ความแตกต่างของผลการทดลองอาจจะเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง รวมทั้งสรีระและระบบการตอบสนองภูมิคุ้มกันที่ต่างกัน การใช้อาหารผสมทรีโอนีน 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (0.25 เปอร์เซ็นต์) ในการทดลองนี้ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยกว่า 5–10 เท่าของงานวิจัยอื่น ๆ ที่ผ่านมา จึงอาจจะทำให้การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันได้ประสิทธิภาพไม่เต็มที่

สรุปผลการวิจัย

การทดลองเลี้ยงกบนาด้วยอาหารผสมทรีโอนีน 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลต่อการเจริญเติบโต แต่ไม่มีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันและความสามารถต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas* sp.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย จากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ งบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2563 โดยการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

Alam M., M.M. Alam, J.R. Curray, M.L.R. Chowdhury and M.R. Gani. 2003. An overview of the sedimentary geology of the Bengal Basin in relation to the regional tectonic framework and basin-fill history. **Sedimentary Geology** 155(3): 179-208.

Boonta, T., C. Chitmanat and J. Promya. 2012. Effects of *Spirulina platensis*, *Cladophora* sp. and *Allium sativum* supplementary diets on growth performance, reproductive maturity, and phagocytic activity in common lowland frog (*Rana rugulosa*). **Journal of Fisheries Technology Research** 6(1): 23-35. [in Thai]

Dong, Y.W., L. Feng, W.D. Jiang, Y. Liu, P. Wu, J. Jiang, S.Y. Kuang, L. Tang, W.N. Tang, Y.A. Zhang and X.Q. Zhou. 2018. Dietary threonine deficiency depressed the disease resistance, immune and physical barriers in the gills of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) under infection of *Flavobacterium columnare*. **Fish and Shellfish Immunology** 72(2018):161-173

Feng L., Y. Peng, P. Wu, K. Hu, and W.D. Jiang. 2013. Threonine affects intestinal function, protein synthesis and gene expression of TOR in Jian Carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **PLOS ONE** 8(7): 699-974.

Gao, Y.J., D.Q. Guo, H.J. Yang and L.X. Tian. 2014. Effects of graded levels of threonine on growth performance, biochemical parameters and intestine morphology of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Aquaculture**. 424-425: 113 – 119.

Habte-Tsion, H., X. Ge, B. Liu, J. Xie, M. Ren, Q. Zhou, L. Miao, L. Pan and R. Chen. 2015. A deficiency or an excess of dietary threonine level affects weight gain, enzyme activity, immune response and immune-related gene expression in juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). **Fish and Shellfish Immunology** 42(2): 439-446.

Habte-Tsion, H., B. Liu, M. Ren, X. Ge, J. Xie, Q. Zhou, L. Miao, L. Pan, and R. Chen. 2015. Dietary threonine requirement of juvenile blunt snout bream *(Megalobrama amblycephala*). **Aquaculture** 437: 304-311.

Habte-Tsion, H., M. Ren, B. Liu, X. Ge, J. Xie, R. Chen, Q. Zhou and L. Pan. 2015. Threonine influences the absorption capacity and brush-border enzyme gene expression in the intestine of juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). **Aquaculture** 448: 436-444.

Habte-Tsion, H., M. Ren, B. Liu, X. Ge, J. Xie and R. Chen. 2016. Threonine modulates immune response, antioxidant status and gene expressions of antioxidant enzymes and antioxidant-immune-cytokine-related signaling molecules in juvenile blunt snout bream *(Megalobrama amblycephala*). **Fish and Shellfish Immunology.** 51: 189-199.

Khan, F.M.A. 2016. Growth, feed conversion and body composition of fingerling stinging catfish *Heteropneustes fossilis* (Bloch) fed varying levels of dietary L-threonine. **Aquaculture Research** 48:2355-2368.

Parry, R.M., R.C. Chandan and R.M. Shahani. 1965. A rapid and sensitive assay of muramidase. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine** 119(2): 384-386.

Rahman, M.M., X. Li and X. Leng. 2021. Dietary threonine requirement of juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. **Aquaculture**. [Online]. Available https://doi.org/10.1016/ j.aquaculture. 2021.736884 (16 November 2021).

Secombes, C.J. 1990. Isolation of salmonid macrophages and analysis of their killing activity. **Techniques in Fish Immunology** NJ 07704-3303: 139-154.

Thip-uten, T., S. Arungamol, S. Butdawong and S. Thip-uten. 2019. Frog raising condition and diseases finding in Sakon Nakhon and Nakhon Phanom Provinces. **Journal of Fisheries Technology Research** 13(1): 105-116. [in Thai]

Tokur B., R.D. Gurbuz, and G. Ozyurt. 2008. Nutritional composition of frog (*Rana esculanta*) waste meal. **Bioresource Technol.** 99(5): 1332-1338.

Value Industrial Products co., Ltd. 2021. Amino Acid. [Online]. Available http://www.vip.co.th (3 February 2021). [in Thai]

Warkentin I.G., D. Bickford, N.S. Sodhi and C.J.A. Bradshaw. 2009. Eating frogs to extinction. **Conservation Biology** 23(4): 1056-1059.

Wu, G. 2009. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. **Amino Acids**. 37: 1-17.

Zhou Q., Y.L. Wang, H.L. Wang and B.P. Tan. 2013. Dietary threonine requirements of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Israeli Journal of Aquaculture** 67: 142-147.

การใช้แอสต้าแซนทีนและกรด 5-อะมิโนลีวูลินิกจากแบคทีเรียสังเคราะห์แสงเป็นอาหารเสริมต่อสีและการเจริญเติบโตของปลาการ์ตูนส้มขาว (*Amphicrine ocellaris*)

Use of Astaxanthin and 5-Aminolevulinic from Photosynthetic Bacteria as a Dietary Supplement on Pigmentation and Growth of Clownfish (*Amphicrine ocellaris*)

อังคณา ใสเกื้อ[1*] อำไพ ล่องลอย[2] สามารถ เดชสถิตย์[2] สิริพงษ์ วงศ์พรประทีป[3] กิตติศักดิ์ โอมณี[3] พีระพล เกื้อคลัง[3] และอนีส โปรดปราณ[3]

Angkana Saikeur[1*], Amphai Longloy[2], Samart Detsathit[2], Siripong Wongphonprateep[3] Kittisak Omanee[3], Peerapon Kuaklang[3] and Anis Prodpran[3]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกระบี่ กระบี่ 81000

[3]สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

[1] Department of Science, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya Nakhon Si Thammarat Campus, Thailand 80110

[2]Krabi Coastal Fisheries Research and Development Center, Krabi, Thailand 81000

[3]Bachelor of Science Program in Fisheries, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya Nakhon Si Thammarat Campus, Thailand 80110

*Corresponding author: angkana.s@rmutsv.ac.th

Abstract

Study the effect of acid 5-aminolevulinic acid (ALA) and astaxanthin pigments from photosynthetic bacteria using encapsulation processes to micron particle sizes. Both of these biological agents are substances that can enhance color and stimulate the immunity of clown fish. A complete randomized trial (CRD) was planned and divided into 7 trials (4 replications). The fish had an average initial weight of 0.39±0.02 g and an average initial length of 2.67±0.03 cm. The clownfish were raised in fiber tanks (water capacity 50 liters), density 20 fishes/tank. ALA-encapsulation was used at 2 concentrations 0 and 10 g/kg and Astaxanthin-eccapsulation at 3 concentrations 0, 10 and 50 g/kg. The relationship studied between ALA-encapsulation and Astaxanthin-encapsulation at the following concentrations (0,0), (0,10), (0,50), (5,10), (5,50), (10,0) and (10,50) g/kg (the duration of the trial was 7 weeks). The color quality was checked by measuring the color of the clownfish around the body with the CIE color measurement system (L* a* b*). At the end of the experiment, the mean brightness (L*) of the clownfish supplemented with Astaxanthin-encapsulation (50 g/kg) yielded a higher mean (L*) luminance of 94.27±0.02 with a red intensity of (a*) -0.48±0.01 and a yellow intensity of (b*) 3.51±0.01 ($P<0.05$). It was also found that ALA-encapsulation affects the growth rate, length, weight, survival rate and the number of red and white blood cell count.

Keywords: 5-aminolevulinic acid, biomass, feed supplementary, astaxanthin, encapsulation

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของกรด 5-อะมิโนลีวูลินิก (ALA) และสารสีแอสต้าแซนทีน (Astaxanthin) จากแบคทีเรียสังเคราะห์แสงที่เตรียมโดยใช้กระบวนการเอ็นแคปซูเลชั่นจนได้สารขนาดอนุภาคระดับไมครอนโดยสารชีวภาพทั้งสองนี้เป็นสารที่สามารถเพิ่มสี และกระตุ้นภูมิคุ้มกันของปลาการ์ตูนได้ มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งเป็น 7 ชุดการทดลอง (4 ซ้ำ) โดยปลามีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.39±0.02 กรัม ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 2.67±0.03 เซนติเมตร ทำการเลี้ยงในถังไฟเบอร์ (ความจุน้ำ 50 ลิตร) ความหนาแน่น 20 ตัว/ถัง มีการใช้ ALA-encapsulation ที่ 2 ระดับความเข้มข้นคือ 0 และ 10 g/kg และ Astaxanthin-eccapsulation ที่ 3 ระดับความเข้มข้นคือ 0, 10 และ 50 g/kg โดยศึกษาความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่าง ALA-encapsulation และ Astaxanthin-encapsulation ที่ระดับความเข้มข้นดังนี้คือ (0,0), (0,10), (0,50), (5,10), (5,50), (10,0) และ (10,50) g/kg ระยะเวลาในการทดลอง 7 สัปดาห์ โดยทำการตรวจสอบคุณภาพสีโดยการวัดสีปลาการ์ตูนบริเวณลำตัวด้วยระบบการวัดค่าสี CIE (L* a* b*) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าค่าความสว่างเฉลี่ย (L*) ของปลาการ์ตูนที่เสริมด้วย Astaxanthin-encapsulation (50 g/kg) ให้ค่าความสว่างเฉลี่ย (L*) สูงขึ้นเป็น 94.27±0.02 โดยมีค่าความเข้มสีแดงเท่ากับ (a*) -0.48±0.01 และค่าความเข้มสีเหลืองเท่ากับ (b*) 3.51±0.01 ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ALA-encapsulation ยังส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต ความยาว น้ำหนัก อัตราการรอดตาย ปริมาณเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: กรด 5-อะมิโนลีวูลินิก ชีวมวล อาหารเสริม แอสต้าแซนทีน เอ็นแคปซูเลชั่น

คำนำ)

ปลาทะเลสวยงามสามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับประเทศเป็นอย่างยิ่ง แหล่งของปลาทะเลสวยงาม 90% นั้นมาจากธรรมชาติ ตลาดมีความต้องการปลาที่มีสีสันสวยงาม รูปร่างแปลกตา ปลาการ์ตูนเป็นหนึ่งในสิบชนิดของปลาที่เป็นที่นิยมและหายาก การพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงจะมีข้อได้เปรียบกว่าปลาจากธรรมชาติในด้านความแข็งแรง แต่ปัญหาด้านสีของปลาการ์ตูนนั้นยังคงเป็นปัญหาหลักของการผลิต (Detsathit *et al.*, 2013) มีรายงานการนำสารสีสังเคราะห์ CAROPHYLL®pink มาใช้เร่งสีในปลาหมอสีซิมิลิสให้ผลเป็นที่พึงพอใจของผู้เลี้ยง (Sirimanapong *et al.*, 2020) แต่เนื่องจากสารมีราคาที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นการใช้สารสีชีวภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยม เช่น

สารสีที่สกัดจากยีสต์ (*Phaffia rhodozyma*) และสาหร่ายสีแดง (*Haematococcus pluvialis*) (Ambati *et al*., 2014) สารสีดังกล่าวสิ่งมีชีวิตจะนำไปสะสมในส่วนของกล้ามเนื้อและผิวหนัง (Gupta *et al*., 2007) โดยพบว่าสารสีกลุ่มคาโรทีนอยด์จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการสร้างสีให้กับปลา เช่น tunaxanthin (สีเหลือง) lutein (สีเขียวเหลือง) beta-carotene (สีส้ม) beta-doradexanthins (สีเหลือง) zeaxanthin (สีเหลืองส้ม) canthaxanthin (สีส้มแดง) eichinenone (สีแดง) taraxanthin (สีเหลือง) และสารสีที่ได้รับความนิยมสูงสุดคือ astaxanthin (สีแดง) ซึ่งทำหน้าที่เป็นโปรวิตามินเอ ช่วยต้านอนุมูลอิสระ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และยังนำสารจากกล้ามเนื้อไปยังรังไข่เพื่อช่วยในระบบการสืบพันธุ์ ช่วยสร้างภูมิต้านต่อเชื้อก่อโรค (Shahidi *et al*., 1998; Nakano *et al*., 1999; Bell *et al*., 2000) Chankaew *et al*. (2020) ได้ใช้อาหารสริมแคโรทีนอยด์จากสาหร่ายสีแดงที่เลี้ยงในน้ำจืดเพื่อเพาะเลี้ยงปลาซิวข้างขวานและปลาซิวใบไผ่ พบว่าสามารถใช้เร่งการเจริญเติบโต เพิ่มอัตรารอดของปลา ส่งผลต่อการสะสมแคโรทีนอยด์ในเนื้อและครีบของปลาซิวข้างขวานเล็ก และยังเพิ่มผิวสีเหลืองให้กับปลาซิวใบไผ่ (เมื่อใช้สาร 30 mg/kg) นอกจากยีสต์และสาหร่ายแล้ว ยังพบสารสีดังกล่าวในปริมาณสูงจากแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ที่ยังสามารถผลิตสารชีวภาพกรด 5-อะมิโนลีวูลินิก (ALA) ที่ช่วยเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดรวม เม็ดเลือดที่มีแกรนูล และเพิ่มเอนไซม์ซูปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (SOD) ให้แก่กุ้งที่ได้รับอาหารที่ผสมชีวมวลจากแบคทีเรียสังเคราะห์แสง (*Rhodobacter sphaeroides*) ซึ่งมี ALA อยู่ภายในเซลล์อีกด้วย ALA ไม่ได้ส่งผลต่อการเจริญโดยตรงแต่มีคุณสมบัติเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันให้กับกุ้ง (Tangprasittipap *et al*., 2012) การศึกษาครั้งนี้ใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชันที่ใช้วิธีการเคลือบ (coated) หรือยึดจับ (entrapped) สารสำคัญที่มีความหนืดต่ำ ทำให้เกิดสารอิมัลชั่นที่มีความเสถียรและควบคุมอัตราการปลดปล่อยสารภายใต้สภาวะและช่วงเวลาที่ต้องการ (Trubiano and Lacourse, 1988; Shahidi and Han, 1993) เพื่อให้ปลานำไปใช้ในการเพิ่มสี การเจริญเติบโต และปริมาณเม็ดเลือดแดงและขาวในปลาการ์ตูนสีส้มขาว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมสารชีวภัณฑ์ ALA และ astaxanthin โดยวิธีเอนแคปซูเลชั่น

1.1 การเตรียมชีวมวลแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

นำแบคทีเรียสังเคราะห์แสง *Rhodopseudomonas palustris* JP255 ที่คัดแยกได้มาเลี้ยงในอาหารเหลว GM modified (Saikeur, 2013) บ่มเชื้อในสภาวะแบบมีอากาศน้อย/มีแสง ที่อุณหภูมิ 35°C เก็บเกี่ยวเซลล์ที่เวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำเลี้ยงเชื้อมาปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนเซลล์ที่ความเร็ว 6,000 rpm นาน 10 นาที นาที จากนั้นนำเฉพาะตะกอนเซลล์ที่ล้างทำความสะอาดแล้วไปฟรีซดรายน์ และนำผงเซลล์ไปอบที่ อุณหภูมิ 105°C เพื่อให้น้ำหนักคงที่เก็บไว้ในถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ -20°C

1.2 การเตรียมน้ำเลี้ยงเซลล์ที่มี ALA ชีวภาพจากแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

นำแบคทีเรียสังเคราะห์แสง *Rhodopseudomonas palustris* JP255 ที่คัดแยกได้โดยเลี้ยงแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในอาหารเหลว GM modified (Saikeur, 2013) บ่มเชื้อในสภาวะแบบมีอากาศน้อย/มีแสง ที่อุณหภูมิ 35°C เก็บเชื้อที่เวลา 72 ชั่วโมง นำน้ำเลี้ยงเชื้อมาปั่นเพื่อแยกตะกอนเซลล์ที่ระดับความเร็ว 6,000 rpm นาน 10 นาที แล้วนำส่วนใสที่มี ALA มาใช้ สำหรับการวัดปริมาณ ALA ใช้วิธี Colorimetric method

1.3 การเตรียมไคโตซานเพื่อจับกับ ALA (ดัดแปลงจาก Jamil *et al.,* 2016)

นำไคโตซานบริสุทธิ์น้ำหนัก 150 mg ละลายใน กรดอะซิติก 2% ปริมาตร 10 ml เติมลงในสารละลายส่วนใสของ ALA 990 ml จากนั้นนำไป Sonicate ด้วยเครื่อง Sonicator นาน 40 นาที (กระแสไฟ 120 วัตต์) บนอ่างน้ำแข็ง กวนสารด้วยเครื่อง Magnetic stirred นาน 4 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนที่ความเร็ว 12,000 rpm อุณหภูมิ 4°C นาน 15 นาที จากนั้นนำส่วนใสเติมแป้งมันฝรั่ง 5% แล้วนำไปฟรีซดรายน์ด้วยเครื่องระเหิดสุญญากาศตามวิธีของ Reddy *et al.* (2009)

1.4 การสกัดแอสต้าแซนทีนจากแบคทีเรียสังเคราะห์แสงด้วยน้ำมันพืช

นำผงเชื้อที่ผ่านการฟรีซดรายน์ 0.1% ตักใส่หลอดทดลองที่มีน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นและน้ำมันดาวอินคาสกัดเย็นผสมกันในสัดส่วน 1:1 เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex แล้วนำไปแช่ในเครื่อง Sonicator ที่อุณหภูมิ 50°C จนครบ 20 นาที แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 70°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนเซลล์ที่ความเร็ว 6,000 rpm นาน 10 นาที**แล้ว**นำน้ำมันไปใช้ในการเตรียมแอสต้าแซนทีนโดยวิธีเอนแคปซูเลชั่นต่อไป สำหรับการวิเคราะห์แอสต้าแซนทีนทำโดยใช้เครื่อง HPLC ดัดแปลงจากวิธีของ Ni *et al*. (2008)

1.5 การเตรียมแอสต้าแซนทีนโดยวิธีเอนแคปซูเลชั่น (ดัดแปลงจาก Alishahi *et al.,* 2011)

นำน้ำมันที่สกัดได้มาผสมกับน้ำกลั่นในสัดส่วน 4:1 แล้วเติม tween 80 จำนวน 6 มิลลิลิตร จากนั้นใช้เครื่อง homogenizer ผสมสารให้เข้ากันที่ความเร็ว 6,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที แล้วเติม Cyclodextrin ลงไป 20% ของปริมาตรรวมทั้งหมดแล้วนำไปผสมกับ Sodium benzoate 0.1% จากนั้นนำไป Homogenize อีกครั้งที่ความเร็วเดิมเป็นเวลา 10 นาที วางสารทิ้งไว้ที่ในตู้เย็นข้ามคืนเพื่อให้สารจับกันอย่างสมบูรณ์ นำสารที่ได้ไปเข้าเครื่องระเหิดสุญญากาศให้เป็นผงแห้งตามวิธีของ Reddy *et al.* (2009)

2. การเตรียมอาหารสัตว์

เตรียมอาหารปลาสำเร็จรูปที่มี ALA-encapsulation และ Astaxanthin-encapsulation ขนาดประมาณ 200 μm ที่มีปริมาณสารแตกต่างกันทั้งหมด 7 สูตร (Table 1) โดยบดวัสดุอาหารและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 500 μm ชั่งน้ำหนักของวัสดุอาหารตามสูตรอาหาร ผสมวัสดุอาหารที่ใช้ในการทดลอง เติมวัสดุอาหารจำพวกน้ำมัน ผสมด้วยเครื่องผสม (hobart mixer) คลุกเคล้าให้เข้ากันประมาณ 15 นาที แล้วจึงเติมสารผสมสารที่จะศึกษาลงไปตามระดับที่กำหนด ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปอัดผ่านเครื่องบดที่มีเนื้อใบมีดตัดความเร็วรอบ 146 rpm ผ่านรูหน้าแว่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 800 μm จำนวนสูตรละ 1 kg ทีละสูตรจนครบทุกสูตร แล้วนำไปอบให้แห้ง เก็บใส่ถุงพลาสติกปิดให้สนิทด้วยระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ตลอดการทดลอง

3. การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำปลาการ์ตูนสีส้มขาว (*Amphiprion acellaris*) จากศูนย์วิจัยสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดกระบี่ อายุประมาณ 1 เดือน ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 0.87±0.06 g จำนวน 250 ตัว มาเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 300 ลิตร ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสูตรควบคุม (สูตร 1) วันละ 4 มื้อ โดยให้กินจนอิ่มประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อปรับให้ปลาคุ้นเคยกับอาหารและสภาพแวดล้อม วัดสีปลาการ์ตูนจำนวน 10 ตัว ก่อนเริ่มการทดลอง

4. การให้อาหารปลา

นำปลาการ์ตูนมาเลี้ยงตู้ขนาด 50 ลิตร ให้อาหารแก่ปลา 2% ต่อวันของน้ำหนักปลา (ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น) ดูดตะกอนที่พื้นตู้ทุก 2 วัน เปลี่ยนถ่ายน้ำร้อยละ 20 ทุกสัปดาห์ สุ่มชั่งน้ำหนักปลาทุกเดือน (สุ่มจำนวน 3 ตัว/ครั้ง/ทรีทเมนต์) เพื่อคำนวณน้ำหนักอาหารให้เหมาะสมกับน้ำหนักที่เปลี่ยนไปและชั่งน้ำหนักทุกตัวก่อนการเริ่มทดลอง และชั่งน้ำหนักอีกครั้งเมื่อครบ 60 วัน (Van *et al.,* 2004)

5. การวัดผลการศึกษา

5.1 การวัดหาปริมาณสีภายนอก

การวัดสีปลาโดยสุ่มมาจากชุดทดลอง (ชุดละ 3 ตัว) เพื่อทำการวัดสีข้างลำตัวของปลาการ์ตูนเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 60 วัน โดยใช้เครื่องวัดสี (chromameter) วัดสีทั้งสองด้านของลำตัวปลา บริเวณกลางลำตัว ใต้ครีบหลังเพื่อหาค่าของสีที่เปลี่ยนแปลงระบบ CIE L*a*b* (Van *et al.,* 2004) การวัดการเจริญเติบโตของปลาด้วยการชั่งน้ำหนักและวัดความยาว นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหา อัตราการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย (% Survival rate) และค่าโลหิตวิทยา

$$\text{อัตรารอดตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือหลังการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาที่เริ่มต้นทดลอง}} \times 100$$

5.2 การนับเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว (Poonsamran, 2008)

ใช้เทคนิคการย้อมสีด้วยวิธี Dip quick ด้วยชุดน้ำยา Wright stain set โดยใช้เลือดปลาหยดลงบนสไลด์แล้วเกลี่ยบางๆด้วย Wright stain A จำนวน 5 ครั้ง นานครั้งละ 1 วินาที แล้วจุ่มสไลด์ลงใน Wright stain B อีก 5 ครั้ง ครั้งละ 1 วินาที จากนั้นล้างสไลด์ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งสไลด์ให้แห้ง แล้วศึกษารูปร่าง การติดสีย้อมเพื่อจำแนกชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100x

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

น้าข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของกลุ่มทดลองด้านสีปลา จำนวนเม็ดเลือดขาว ความยาวของลำตัว น้ำหนัก อัตราการรอดชีวิต จำนวนเม็ดเลือดขาวและเม็ดเลือดแดง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Table 1 Raw material composition (g/100g dry weight) in each formula

Ingrredients (g/100g)	Dietary treatments 1	2	3	4	5	6	7
Fish meal	60	60	60	60	60	60	60
Soybean meal	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
Wheat glutan	5	5	5	5	5	5	5
All purpose flour	15.5	15	15	14.5	14.5	14.5	13.5
Fish oil	5	5	5	5	5	5	5
Mixed vitamin*	2	2	2	2	2	2	2
Mixed mineral**	1	1	1	1	1	1	1
ALA-encapsulation	0	0	0.5	0	1	0.5	1
Astaxanhin-encapsulation	0	0.5	0	1	0	0.5	1
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Modified from Youngjarean *et al*. (2013); *Mixed vitamin (Vitamin A, B1, B2, B3, B5, B6, B12, biotin, E, D and folic acid);

**Mixed mineral ($CaHPO_4.2H_2O$, $CaCO_3$, KCl, $FeSO_4.7H_2O$, $ZnSO_4.7H_2O$ and $CuSO_4.5H_2O$) ยี่ห้อซัปเปอร์-วิท® ผลิตโดยบริษัทแอล.พี.ฟีดส์เทค (ประเทศไทย) จำกัด

หมายเหตุ: จากการทดสอบ Proximate analysis ของสูตรอาหารที่ 1 พบว่ามีปริมาณความชื้น 9.73% ปริมาณเถ้าทั้งหมด 16.88% เยื่อใย 6.07% ไขมัน 6.85% โปรตีน 37.01% และพลังงาน 4093 แคลอรี และสูตรอาหารที่ 7 พบว่ามีปริมาณความชื้น 9.52% ปริมาณเถ้าทั้งหมด 16.67% เยื่อใย 6.08% ไขมัน 9.99% โปรตีน 36.62% และพลังงาน 4278 แคลอรี

ผลการวิจัย

1. การเตรียมสาร ALA โดยวิธีเอนแคปซูเลชั่น

เมื่อนำสารละลายไคโตซาน (1.5%) ผสมกับผงชีวภัณฑ์กรด 5-อะมิโนลีวูลินิก (ALA) ที่ผ่านการฟรีซดรายน์ (ในสัดส่วน 1:1) ละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 2% จนละลายเข้ากันดีจึงปรับพีเอชเป็น 5.5 แล้วนำไป Sonicate เพื่อปล่อยคลื่นความถี่สูงในอ่างน้ำแข็งจากนั้นนำมากวนสารด้วยเครื่อง Magnetic stirred แล้วปั่นเหวี่ยงตกตะกอนเซลล์ให้ได้ซึ่งสารที่ผ่านการเคลือบให้ได้สารที่สามารถปลดปล่อยปริมาณออกมาอย่างช้าๆ เมื่อนำส่วนใสไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าวัดขนาดได้เฉลี่ย 234.02 μm เมื่อนำภาพไปขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนชนิด SEM จะเห็นพื้นผิวไคโตซานที่จับกับ ALA มีการฝังติดกันเป็นเนื้อเดียว มีขนาดของร่องรอยที่จับกันขนาดเล็กมาก (น้อยกว่า 200 นาโนเมตร) ปัจจุบันยังไม่มีรายงานวิจัยที่ผลิต ALA ที่มีการเอ็นแคปซูเลชั่นและนำไปใช้กับสัตว์น้ำและทางการเกษตร งานวิจัยนี้สามารถผลิตสารชีวภาพที่มีขนาดอนุภาคไมครอนสำหรับงานวิจัยก่อนหน้านี้มีรายงานการสร้างสาร ALA อนุภาคขนาดนาโน โดยการจับกับ Copolymer คือ Methoxy polyethylene glycol–chitosan (PEG-Chito) เพื่อใช้ในการรักษาโรคมะเร็งลำไส้ อนุภาคมีการจับไอออนอย่างสมบรูณ์ระหว่างประจุลบของ ALA บริสุทธิ์กับประจุบวกของไคโตซาน

(ขนาด 200 nm) มี ALA แทรกอยู่ตรงแกนกลางอนุภาค การใช้ Methoxy polyethylene glycol มาจับกับไคโตซาน เพื่อเป็นตัวเชื่อมและสารปรับพีเอช (Buffer) ไม่ให้ต่ำจนเกินไปที่มีผลให้เกิดการระคายเคือง (Chung *et al.,* 2013) กลุ่มอะมิโนในไคโตซานมีค่า p*Ka* เท่ากับ 6.5 ยิ่งไปกว่านั้นไคโตซานยังเป็นตัวกระตุ้นการส่งผ่านของยาไปยังลำไส้และอวัยวะเป้าหมาย (เซลล์มะเร็ง) ที่มีประจุบวกทำให้สามารถละลายน้ำได้ดีในตัวทำละลายเป็นกรด

2. การเตรียมสารสกัดแอสต้าแซนทีนในน้ำมันพืชโดยวิธีเอ็นแคปซูเลชั่น

ผู้วิจัยคัดเลือกน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นและน้ำมันดาวอินคามาใช้ในการสกัดแอสต้าแซนทีนเนื่องจากเมื่อรวมน้ำมันทั้งสองชนิดเข้าด้วยกันจะให้ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ 26.73% เมื่อนำน้ำมันที่สกัดได้มาเตรียมสารในรูปแบบการเอ็นแคปซูเลชั่นและทำให้เป็นผงด้วยเครื่องระเหิดสุญญากาศก่อนนำไปผสมกับอาหารปลา จากการวัดขนาดของสารด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) พบว่าอนุภาคสารจะฝังตัวกันแน่นเป็นเนื้อเดียวกันแต่เมื่อสังเกตจากภาพจะเห็นว่ามีอนุภาคเล็กๆ จำนวนมากที่ฝังตัวอยู่มีขนาดตั้งแต่ระดับไมครอนซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับอนุภาคของ ALA-encapsulation เป็นอย่างมาก

3. ผลของ ALA-encapsulation และ Astaxanthin-encapsulation ต่อการเร่งสีปลาการ์ตูน

จากการทดลอง (Table 2) การใช้กรด 5-อะมิโนลีวูลินิก (ALA-encapsulation) และสารสีแอสต้าแซนทีน (Astaxanthin-encapsulation) เป็นอาหารเสริมในระดับที่แตกต่างกัน เพื่อเพิ่มคุณภาพของปลาการ์ตูน พบว่าค่าความสว่าง ค่าความเข้มสีแดงและค่าความเข้มสีเหลืองของปลาการ์ตูนที่บริเวณสีผิวบริเวณลำตัวปลาการ์ตูนของทุกชุดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยปริมาณ ALA-encapsulation และ Astaxanthin-encapsulation ที่ความเข้มข้น 10, 50 g/kg ส่งผลต่อค่าความสว่างเฉลี่ย (L*) ค่าสีแดงเฉลี่ย (a*) ค่าสีเหลืองเฉลี่ย (b*) เป็น 94.77±0.02, -0.48±0.01 และ 3.51±0.01 ตามลำดับ และมีแนวโน้มสูงกว่าชุดทดลองอื่นๆ

Table 2 Color values (L* a* b*) of clownfish fed supplementation

T	ALA	ASTA	L*	a*	b*
1	0	0	94.06 ± 0.02^{a}	-0.59 ± 0.01^{a}	3.33 ± 0.01^{a}
2	0	10	94.36 ± 0.02^{b}	-0.53 ± 0.01^{b}	3.40 ± 0.02^{b}
3	0	50	94.75 ± 0.03^{c}	-0.48 ± 0.01^{c}	3.50 ± 0.02^{c}
4	5	10	94.37 ± 0.02^{b}	-0.53 ± 0.01^{b}	3.41 ± 0.01^{b}
5	5	50	94.76 ± 0.03^{c}	-0.48 ± 0.01^{c}	3.50 ± 0.02^{c}
5	5	50	94.76 ± 0.03^{c}	-0.48 ± 0.01^{c}	3.50 ± 0.02^{c}

Table 2 (Continue)

T	ALA	ASTA	L*	a*	b*
6	10	0	94.07±0.02[a]	-0.59±0.01[a]	3.34±0.02[a]
7	10	50	94.77±0.02[c]	-0.48±0.01[c]	3.51±0.01[c]
ALA level			**0.076**	**0.405**	**0.143**
Astaxanthin level			**0.000**	**0.000**	**0.000**
ALA + Astaxanthin			**0.772**	**0.702**	**0.992**

The values with different superscript letters in a column are significantly different (p<0.05).

จากการทดลองพบว่า ALA-encapsulation เพียงอย่างเดียวไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* a* b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วน Astaxanthin-encap เพียงอย่างเดียวกลับส่งผลต่อค่า L*a*b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ความสัมพันธ์ร่วมกันของ ALA-encap และ Astaxanthin-encap ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L* a* b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) การสะสมรงควัตถุในสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน การใช้แคโรทีนอยด์เริ่มต้นจากเบต้าแคโรทีนแล้วมีการเปลี่ยนเบต้าแคโรทีนให้เป็นแอสต้าแซนทีนจากนั้นจึงสะสมไว้ในรูปของแอสต้าแซนทีนอิสระ สำหรับปลาคาร์พแดงเริ่มต้นจากเบต้าแคโรทีนและซีแซนทีน (Zeaxanthin) แล้วเปลี่ยนไปเป็นแอสต้าแซนทีน ส่วนการสะสมสีของปลาทองจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับปลาคาร์พแดง นอกจากนี้ปลาทองยังสามารถสะสมเบต้าแคโรทีนได้อีกด้วย (Anuchart, 2008; Tondiew, 2007)

4. ผลของ ALA-encap และ Astaxanthin-encap ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลาการ์ตูนส้มขาว

จากการทดลองพบว่าอาหารที่ผสม ALA-encapsulation และ Astaxanthin-encapsulation ในระยะแรก (สัปดาห์ที่ 1) ไม่ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลาการ์ตูนในทุกชุดการทดลอง (P>0.05) และในสัปดาห์ที่ 7 ปลาที่ได้รับอาหารเสริม ALA-encapsulation 10 g/kg ร่วมกับ Astaxanthin-encapsulation 50 g/kg จะทำให้ความยาวของปลาการ์ตูนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุดที่ 3.48±0.20 cm ส่วนน้ำหนักเฉลี่ยของปลาที่ได้รับอาหารที่เสริม ALA-encapsulation ร่วมกับ Astaxanthin-encapsulation ที่ระดับความเข้มข้นที่ 10, 50 g/kg มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดที่ 1.00±0.18 g เมื่อพิจารณาค่าอัตราการรอดตายของปลาการ์ตูนสีส้มขาว พบว่าปลาที่ได้รับอาหารที่เสริม ALA-encapsulation ร่วม Astaxanthin-encapsulation ที่ระดับความเข้มข้นที่ 10, 50 g/kg มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายมากที่สุดที่ 96.25±4.78 (Table 3) มีรายงานว่า ALA สามารถเพิ่มปริมาณฮีโมโกลบิน ธาตุเหล็ก เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และฮีมาโตคริตของสุกรให้สูงขึ้น (Chen *et al*., 2008; Wang *et al*., 2011) และ Tangprasittipap (2012) ยังพบว่า ALA สามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำได้แก่ การเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดรวม กิจกรรมของเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส และอัตราการรอดตายจากการติดเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวได้

Table 3 Length, average, weight and the survival rate of clownfish

Treatment	ALA	ASTA	Length (cm)	Body weight (g)	Survival rate (%)
1	0	0	3.13±0.14[a]	0.71±0.09[a]	50.00±0.00[a]
2	0	10	3.14±0.13[a]	0.71±0.09[a]	80.00±10.80[b,c]
3	0	50	3.14±0.12[a]	0.72±0.08[a]	68.25±6.29 [b]
4	5	10	3.34±0.15[b]	0.88±0.13[b]	85.00± 4.08[c]
5	5	50	3.35±0.15[b]	0.89±0.13[b]	71.05±11.08[b]
6	10	0	3.47±0.22[c]	0.99±0.19[c]	72.50±8.66[b]
7	10	50	3.48±0.20[c]	1.00±0.18[c]	96.25±4.78[d]
ALA level			**0.000**	**0.000**	**0.000**
Astaxanthin level			**0.949**	**0.942**	**0.000**
ALA + Astaxanthin			**1.000**	**0.998**	**0.118**

The values with different superscript letters in a column are significantly different ($p<0.05$).

5. ผลของ ALA-encapsulation และ Astaxanthin-encapsulation ต่อโลหิตวิทยา

จาก Table 4 ค่าโลหิตวิทยาจากการทดลองพบว่า ในชุดการทดลองที่ 7 จะเห็นได้ว่าปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดงและค่าเม็ดเลือดขาว มีปริมาณเม็ดเลือดสูงที่สุดในปริมาณ 3.55±0.26, 5.21±1.18 ตามลำดับ เมื่อเสริมด้วย ALA-encapsulation ร่วมกับ Astaxanthin-encapsulation จะส่งผลและมีแนวโน้มสูงขึ้น ($P<0.05$) จะเห็นได้ว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ Prasertsan *et al*. (2006) ที่ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต ALA ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงทนเค็มสายพันธุ์กลาย และการประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus* Linn.) พบว่าการใช้ ALA ปริมาณ 0.2% สามารถกระตุ้นทั้งการเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันได้มากที่สุด และส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักปลา (60.05%) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (1.12%/วัน) และปริมาณเม็ดเลือดขาว (4.02×10^4 cell/mm^3) สูงกว่าการใช้ ALA ทางการค้า ในขณะที่การใช้ ALA ทางการค้า เข้มข้นที่ 0.025% ให้ปริมาณเม็ดเลือดแดง (1.97×10^6 cell/mm^3) สูงกว่าการใช้เซลล์ 0.2% (1.98×10^6 cell/mm^3)

Table 4 White blood cell and red blood cell of clownfish

T	ALA	ASTA	Red Blood Cell (cell/mm^3)	White Blood Cell (cell/mm^3)
1	0	0	0.00±000^a	0.00±0.00^a
2	0	10	1.57±0.17^b	2.95±0.12^b
3	0	50	2.62±0.35^d	4.37±0.37^{c,d}
4	5	10	2.77±0.12^d	4.70±0.24^{c,d}
5	5	50	1.97±0.17^c	4.05±0.12^c
6	10	0	2.65±0.12^d	4.62±0.58^{c,d}
7	10	50	3.55±0.26^e	5.21±1.18^d
ALA level			**0.000**	**0.000**
Astaxanthin level			**0.000**	**0.000**
ALA + Astaxanthin			**0.000**	**0.000**

The values with different superscript letters in a column are significantly different ($p<0.05$).

สรุปผลการวิจัย

1. จากผลการศึกษาการเตรียมกรด 5-อะมิโนลีวูลินิก (ALA) ที่ใช้ไคโตซานมาจับกับ ALA ในน้ำเลี้ยงเซลล์ เมื่อศึกษาภาพถ่ายและตรวจสอบโครงสร้างตำแหน่งที่เกิดการจับกันนั้นสามารถจับกันได้อย่างจำเพาะและเมื่อวัดขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง SEM พบว่ามีขนาดประมาณ 200 μm ส่วนสารสีแอสต้าแซนทีนก็เช่นเดียวกันสามารถผลิตโดยกรรมวิธีการสกัดด้วยน้ำมันพืชและใช้กระบวนการเอ็นแคปซูเลชั่นมาเคลือบผิวจนได้ขนาดอนุภาคประมาณ 200 μm เช่นเดียวกัน

2. จากการศึกษาผลของ ALA และ Astaxanthin ในรูปแบบเอ็นแคปซูเลชั่นเพื่อเป็นอาหารเสริมเมื่อใช้ ALA-encapsulation และ Astaxanthin-encapsulation ร่วมกันพบว่าอาหารที่ผสมด้วย ALA-encapsulation (10 g/kg) ร่วมกับ Astaxanthin-encapsulation (50 g/kg) ทำให้ปลาการ์ตูนมีค่าความสว่างเฉลี่ยเพิ่มขึ้น (L*) ส่วนค่าความเข้มสีแดง (a*) เป็นไปในทางที่เพิ่มขึ้น และกลุ่มปลาการ์ตูนที่ได้รับ Astaxanthin-encapsulation (50 g/kg) ทำให้ปลาการ์ตูนมีสีที่สดที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้จากการทดลองยังพบว่า ALA-encapsulation ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต ความยาว น้ำหนัก อัตราการรอดตาย และปริมาณเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าปลาที่ไม่ได้รับการอาหารเสริมด้วยสารทั้งสองชนิดอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

Alishahi, A., A. Mirvaghefi., M.R. Tehrani., H. Farahmand, S. Koshio. and F.A. Dorkoosh. 2011. Chitosan nanoparticle tocarry vitamin C through the gastrointestinal tract and induce the non-specific immunity system of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal Homepage Carbohydrate Polymers** 86: 142-146.

Ambati, R., H.M. Phang, S. Ravi and R.G. Aswathanarayana. 2014. Astaxanthin: sources, extraction, stability, biological activities and its commercial applications--a review. **Marine Drugs**. 12: 128-152.

Anuchat, P. 2008. **Effect of Caroteinoid from Microbes Used in Color Enhancement for Goldfish (*Carssius auratus*)**. Master Thesis. Prince of Songkla university. 14 p. [in Thai].

Bell, J.G., L.A. McEvoy, D.R. Tocher and J.R. Sargent. 2000. Depletion of α-tocopheral and astaxanthin in Atlantic salmon (*Salmo salar*) affect autooxidative defense and fatty acid metabolism. **J Nutt.** 130: 1800-1808.

Chankaew, S., J. Wanna, P. Penprapai and W, Chankaew. 2020. Potential of carotenoid from freshwater red *Alga, Caloglossa beccarii* DeToni on Color Enhancement in Harleguin Rasbosa (*Trigonostigma espei*) and blue Danio (*Davario regina*). **Princess of Naradhiwas University Journal** 12(2): 241-258.

Chen, Y.J., I.H. Kim, J.H. Cho, B.J. Min, J.S. Yoo and Q. Wang. 2008. Effect of δ-aminolevulinic acid on growth performance, nutrient digestibility, blood parameters and the immune response of weanling pigs challenged with Escherichia coli lipopolysaccharide. **Livestock Science** 114(1): 108-116.

Chung, C.W., K.D. Chung, Y.I. Jeong and D.H. Kang. 2013. 5-aminolevulinic acid-incorporated nanoparticles of methoxy poly (ethylene glycol)-chitosan copolymer for photodynamic therapy. **International Journal of Nanomedicine.** 8: 809-819.

Detsathit, S., P. Boonliptanon, P. Pinsuwan and S. Jirawatto. 2013. **Growth and Development of the Hybrid Clownfish**. Technical Paper No.15/2013. Krabi: Krabi Coastal Fisheries Research and Development Center. 20 p.

Gupta, S.K., A.K. Jha, A.K. Pal and G. Venkateshwarlu. 2007. Use of natural carotenoids for pigmentation in fishes. **Natural Product Radiance** 6(1): 46-49.

Nakano, T., T. Kanamuri, T. Sato and M. Takeuchi. 1999. Effect of astaxanthin rich red yeast (*Phaffia Rhodozyma*) on oxidative stress in rainbow trout. **Biochim Biophys Acta**.

1426: 119-125.

Ni, H. Q.H. Chen, G. He, G.B. Wu and Y.F. Yang. 2008. Optimization of acidic extraction of astaxanthin from *Phaffia rhodozyma*. **Journal of Zhejiang University SCIENCE B**. 9(1): 51-59.

Poonsamran, K., T. Pimpimon, K. Mengamphan and C. Jitmanas. 2008. Hematological values of Mekong giant catfish. **Chiangmai Veterinary Journal** 6(2): 153-163. [in Thai]

Prasertsan, P., W. Promkhoonthong and C. Maliwan. 2005. **Factors affecting production of aminolevulinic acid from mutant strain of halotolerant photosynthetic bacteria and the application in cultivation of *Nile tilapia.*** Songkhla: .Songkhlanakharin University. 16 p.

Reddy, K.B.P.K. S.P. Awasthi, S.P. Madhu and S.G. Pranulla. 2009. Role of cryoprotectants on the viability and functional properties of probiotic lactic acid bacteria during freeze drying. **Food Biotechnology** 23: 243-265.

Saikeur, A. 2013. Isolation of Acidotolerant/Acidophilic Photosynthetic bacteria from peat Soils in Nakhon Si Thammarat Province and the Promoting of Biomass and 5-Aminolevulinic Acid Production by Plackett-Burman Technique. **Science and Technology RMUTT Journal** 3(2): 75-89.

Shahidi, F. and X.Q. Han. 1993. Encapsulation of food ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** 33(6): 501-547.

Shahidi, F., B. Metusalach and J.A. Brown. 1998. Carotenoid pigments in seafoods and aquaculture. **Crit Rev Food Sci Nutr**. 38: 1-67.

Sirimanapong, W., K. Patsornwannatat, K. Tangtrong, D. Chinjaroendee, S. Kitpraiboon and O. Jongko. 2020. Comparative study of efficacy between mangosteen rough extracts for pigments enhancement CAROPHYLL®pink and 17α-methyltestosterone hormone to accelerate the color of *Similis* cichlids. **Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine** 15(2): 167-178.

Tangprasittipap, A., P. Prasertsan, K. Suppamart and K. Sritanyalaksana. 2012. **Production of Marine Photosynthetic Bacteria Producing 5-aminolevulinic Acids and their Utilization in Aquaculture**. Doctoral Dissertation. Songkhlanakharin University. 63 p.

Tondiew, C. 2007. **Effect of Noni (*Morinda citrifolia*) and Kalmegh (*Andrographis paniculata*) on Coloration and Phagocytosis in Goldfish (Carrasiusauratus).** Master Thesis. Kasetsart University. 10 p. [in Thai].

Trubiano, P.C. and N.L. Lacourse. 1988. Emulsion-stabilizing Starches: use in Flavour Encapsulation. pp. 45–54. *In* Risch, S.J. and G.A. Reineccius (eds.) **Flavour Encapsulation**. . ACS Symposium Series 370. Washington, DC: American Chemical Society.

Van der Salm, A.L., M. Pavlidis, G. Flik and S.E. Wendelaar-Bonga. 2004. Effect of husbandry conditions on the skin color and stress response of red porgy *Pagrus pagrus*. **Aquaculture** 241: 371-386.

Wang, J.P., J.H. Jung, and I.H. Kim. 2011. Effects of dietary supplementation with deltaaminolevulinic acid on growth performance, hematological status, and immune responses of weanling pigs. **Journal Livestock Science** 140(1): 131-135.

Youngjarean, K., P. Plaipetch, N. Samranrat, J. Kaukaew and P. Chonchuenchob. 2013. **Dietary Lutein Levels on Color of Clark's Anemonefish (*Amphiprion clarkii* Bennett, 1830).** Technical paper no.3. Chon Buri: Department of Fisheries. 15 p.

องค์ประกอบของชนิดปลาในอ่างเก็บน้ำแม่จาง จังหวัดลำปาง
Fish Species Composition in Mae Chang Reservoir, Lampang Province

ชนาธิป ชิตพูล สุดาพร ตงศิริ จงกล พรมยะ และดารชาต์ เทียมเมือง*
Chanathip Chitpool, Sudaporn Tongsiri, Jongkon Promya and Daracha Thiammueang*
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
*Corresponding author: daracha@mju.ac.th

Abstract

A study on structure fish species composition in Mae Chang reservoir, Lampang province was conducted at 3 sampling stations during February to July, 2021 with the set of 6 mesh sizes gillnets including 2, 3, 4, 5, 7 and 9 centimeters. The 6 different gill net were lined in random with 2 replications/station. The result showed that 20 species and 9 families of fish were found Cyprinidae was the most dominant family (12 species). The highest percentage species composition by its weight and its numbers was Glass fish (47.38 and 89.38%, respectively). *The average catch per unit effort (CPUE) at Mae Chang reservoir was 2,805*.37±1,690.51 g/100m^2/night *which was identified as high level in fish abundance. Moreover, we found that the highest average CPUE* (4,984.11±3,640.68 g/100m^2/night) *was from 2 cm mesh size of gill net which Glass fish were caught the most. However, it was an incidental catch. There has not been found the negative impact from this species to the ecosystem nowadays, but they have made some trouble for the fishermen. Therefore, study on processing and value-added of Glass fish is needed.*

Keywords: species composition, community structure, Catch Per Unit Effort (CPUE), gillnet
Mae Chang reservoir

บทคัดย่อ

การศึกษาองค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำในอ่างเก็บน้ำแม่จาง จังหวัดลำปาง ทำโดยการสุ่มตัวอย่างในพื้นที่อ่างเก็บน้ำจำนวน 3 จุด ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม 2564 เป็นเวลา 6 เดือน ด้วยชุดเครื่องมือข่ายจำนวน 6 ขนาดช่องตา (2, 3, 4, 5, 7 และ 9 ซม.) ผลการศึกษาพบความหลากหลายของชนิดพันธุ์สัตว์น้ำรวม 9 วงศ์ 20 ชนิด เป็นวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) มากที่สุด 12 ชนิด (ร้อยละ 60) องค์ประกอบของมวลชีวภาพ (Biomass) คือ ปลาแป้นแก้วมีค่าสูงสุด (ร้อยละ 47.38) องค์ประกอบของความชุกชุม (Abundance) ที่พบมากที่สุด ได้แก่ ปลาแป้นแก้ว (ร้อยละ 89.38) เช่นเดียวกัน ผลการศึกษาผลการจับต่อหน่วยการลงแรงประมง (CPUE) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,805.37± 1,690.51 กรัม/100 ตร.ม./คืน ซึ่งนับว่ามีค่าความอุดมสมบูรณ์ของประชาคมสัตว์น้ำอยู่ในเกณฑ์ระดับที่สูง โดยข่ายขนาดช่องตา 2 ซม. มีผลจับต่อหน่วยการลงแรงประมงเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4,984.1±3,640.68 กรัม/100 ตร.ม./คืน ซึ่งจับปลาแป้นแก้วได้มากที่สุด แต่เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำพลอยถูกจับและไม่เป็นที่ต้องการของชาวประมงเมื่อเทียบกับปลาชนิดอื่น แม้จะยังไม่มีรายงานผลกระทบด้านลบของปลาแป้นแก้วแต่กลับสร้างปัญหาให้ชาวประมง จึงควรมีการนำปลาแป้นแก้วมาใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น เช่น การส่งเสริมให้นำมาใช้ประโยชน์ในด้านแปรรูปหรือเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับชาวประมงต่อไป

คำสำคัญ: องค์ประกอบชนิด ประชาคมสัตว์น้ำ ผลจับต่อหน่วยการลงแรงประมง (CPUE) เครื่องมือข่าย อ่างเก็บน้ำแม่จาง

คำนำ

อ่างเก็บน้ำแม่จางเป็นอ่างเก็บน้ำที่ใหญ่ที่สุดในบริเวณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แม่เมาะ ปิดกั้นลำน้ำจางซึ่งอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ยาวประมาณ 45 กิโลเมตร ก่อนไหลมาบรรจบกับลำน้ำแม่เมาะที่บ้านสบเมาะ มีพื้นที่รับน้ำ 285 ตารางกิโลเมตร ตัวเขื่อนเป็นเขื่อนหินทิ้งสูง 40 เมตร ความยาวสันเขื่อน 760 เมตร น้ำจากอ่างเก็บน้ำใช้ในกิจการของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เพื่อการเกษตรและปล่อยน้ำส่วนหนึ่งให้กับชุมชนที่อาศัยอยู่ท้ายอ่างเก็บน้ำ (Electricity Generating Authority of Thailand Mae Moh (EGAT), 2017a) ซึ่งปัจจุบันในปี 2563 อ่างเก็บน้ำแม่จางประสบปัญหาภัยแล้ง ตื้นเขิน มีพืชน้ำเป็นจำนวนมาก (Egat Today, 2020) รวมถึงในปี 2559 มีการสำรวจชนิดของลูกปลาในแหล่งน้ำรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ โดยอ่างเก็บน้ำแม่จางพบชนิดของลูกปลาจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ปลานิลพบมากที่สุด รองลงมาคือ ปลาตะเพียนขาว ปลาแป้นแก้ว และปลาบู่แคระ ซึ่งพบลูกปลาเศรษฐกิจจำนวน 2 ชนิด คือ ปลานิล และ ปลาตะเพียนขาว โดยมีความชุกชุมค่อนข้างน้อยอยู่ในช่วง 1 – 58 ตัวต่อ 100 ตร.ม. (Electricity Generating Authority of Thailand Mae Moh (EGAT), 2017b) ซึ่งจากผลทางอำเภอแม่เมาะที่เป็นหน่วยงานหลักได้ประสานกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ รวมถึงการขาดแคลนน้ำของเกษตรกรและผู้ใช้น้ำ โดยการปล่อยพันธุ์ปลาในอ่างเก็บน้ำเพื่อเพิ่มทรัพยากรสัตว์น้ำ ทั้งนี้การเพิ่มผลผลิตในแหล่งน้ำธรรมชาติด้วยวิธีการปล่อยพันธุ์สัตว์น้ำเพื่อปรับปรุงประชากรสัตว์น้ำเชิงปริมาณหรือคุณภาพส่วนใหญ่แล้วไม่ว่าโดยเจตนาหรือไม่ก็ตามจะส่งผลกระทบทั้งเชิงบวกและลบต่อประชาคมสัตว์น้ำและระบบนิเวศในแหล่งน้ำนั้น (Cowx *et al*., 2007) ดังนั้นการมีความรู้และความ

เข้าใจในแนวทางปฏิบัติจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้การปล่อยพันธุ์ปลามีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จึงได้ศึกษาองค์ประกอบสัตว์น้ำและปริมาณผลจับสัตว์น้ำต่อหน่วยการลงแรงประมง (CPUE) ในอ่างเก็บน้ำแม่จาง ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดความสมบูรณ์ของประชากรสัตว์น้ำได้ ผลจากการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการทรัพยากรประมง ให้ชุมชนได้ใช้ประโยชน์จากสัตว์น้ำเพื่อเป็นอาหาร และแหล่งสร้างรายได้อย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

ประเมินปริมาณผลจับสัตว์น้ำต่อหน่วยการลงแรงประมง (Catch Per Unit Effort: CPUE)

1. พื้นที่การศึกษา

อ่างเก็บน้ำแม่จาง ปิดกั้นลำน้ำแม่จางซึ่งอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ แบ่งพื้นที่สำรวจออกเป็น 3 จุด ได้แก่ จุดสำรวจที่ 1 จุดสำรวจที่ 2 และจุดสำรวจที่ 3 (Figure 1)

Figure 1 Location of the sampling stations in Mae Chang reservoir

2. วิธีดำเนินการ

สุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำตามจุดที่กำหนด โดยใช้ชุดเครื่องมือข่ายที่มีช่องตาต่างกัน 6 ขนาดช่องตา ได้แก่ 2, 3, 4, 5, 7 และ 9 ซม. จุดสำรวจละ 2 ซ้ำ ลงข่ายในช่วงเวลาประมาณ 15:00 – 18:00 น. และกู้ข่ายอีกครั้งในช่วงเช้า (ประมาณ 12 ชั่วโมง) ใช้ชุดเครื่องมือข่ายที่มีความลึกระหว่าง 1.5 – 2.0 เมตร เก็บรวบรวมข้อมูลเดือนละ 1 ครั้ง ระยะเวลา 6 เดือน

3. การวิเคราะห์ข้อมูล CPUE

Catch Per Unit of Effort หรือ CPUE เป็นวิธีหนึ่งในการหาค่าความชุกชุมของประชาคมปลาในแหล่งน้ำที่แสดงถึงปริมาณปลาที่จับได้ต่อหน่วยเวลาของการใช้เครื่องมือทำการประมงชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือผลตอบแทนต่อการประมงในช่วงเวลานั้น ๆ (Swingle, 1950) ค่าความชุกชุมสัมพันธ์ด้วยเครื่องมือข่ายเป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบปริมาณ

ความชุกชุมของสัตว์น้ำในเชิงผลจับต่อหน่วยการลงแรงประมง (CPUE) ของชุดเครื่องมือข่าย โดยมีหน่วยความชุกชุมเป็นกรัมต่อพื้นที่ข่าย 100 ตารางเมตรต่อคืน คำนวณจาก

$$\text{ผลจับต่อหน่วยลงแรงของชุดเครื่องมือข่าย (กรัม/พื้นที่ข่าย 100 ตร.ม./คืน)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่สุ่มตัวอย่างได้ทั้งหมด (กรัม)}}{\text{พื้นที่ข่าย 100 ตร.ม. * ระยะเวลาที่สุ่มตัวอย่าง (คืน)}}$$

4. องค์ประกอบของชนิดพันธุ์ปลา (percentage species composition)

เป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพการอยู่รอดของประชาคมปลาชนิดต่าง ๆ ในแหล่งน้ำนั้น โดยปกติคำนวณได้ 2 แบบ คือ แบบองค์ประกอบของชนิดสัตว์น้ำโดยความชุกชุม (Abundance; %N) และแบบองค์ประกอบของชนิดสัตว์น้ำโดยมวลชีวภาพ (Biomass; %W) ค่าเป็นร้อยละ (Kolding, 1989) โดยคำนวณจากสูตร

องค์ประกอบของความชุกชุม (%N) = (จำนวนชนิดสัตว์น้ำแต่ละชนิด/จำนวนของสัตว์น้ำทั้งหมด)*100

องค์ประกอบของมวลชีวภาพ (%W) = (น้ำหนักชนิดสัตว์น้ำแต่ละชนิด/น้ำหนักของสัตว์น้ำทั้งหมด)*100

ผลการวิจัย

1. โครงสร้างประชาคมสัตว์น้ำ

1.1 องค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำ

จากการสำรวจตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม 2564 พบสัตว์น้ำจำนวนทั้งสิ้น 9 วงศ์ 20 ชนิด จาก 16,380 ตัวอย่าง พบพันธุ์ปลาในวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) มากที่สุด 12 ชนิด (ร้อยละ 60) และพันธุ์สัตว์น้ำในวงศ์อื่น ๆ ที่เหลืออีก 8 วงศ์ พบวงศ์ละ 1 ชนิด ได้แก่ วงศ์ปลาสลาด (Notopteridae) วงศ์ปลารากกล้วย (Cobitidae) วงศ์ปลากด (Bagridae) วงศ์ปลากระทุงเหว (Belonidae) วงศ์ปลาแป้นแก้ว (Ambassidae) วงศ์ปลาหมอช้างเหยียบ (Pristolepididae) วงศ์ปลานิล (Cichlidae) และวงศ์ปลาบู่ (Eleotrididae) คิดเป็นร้อยละ 5.0 เท่ากัน (Figure 3) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของชนิดสัตว์น้ำโดยความชุกชุม (Abundance; %N) ที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ปลาแป้นแก้ว คิดเป็นร้อยละ 89.38 รองลงมาได้แก่ ปลาหนามหลัง คิดเป็นร้อยละ 3.04 และปลาตะเพียนขาว คิดเป็นร้อยละ 1.09 ตามลำดับ (Table 1)

1.2 องค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำโดยมวลชีวภาพ

พบความหลากหลายของชนิดสัตว์น้ำโดยมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 74,526.50 กรัม โดยชนิดสัตว์น้ำที่พบมวลชีวภาพมากที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ ปลาแป้นแก้ว ปริมาณน้ำหนักรวมเท่ากับ 35,310.80 กรัม คิดเป็นร้อยละ 47.38 ของน้ำหนักปลาทั้งหมด รองลงมาได้แก่ ปลาตะเพียนขาว (ร้อยละ 10.65) และปลาซ่า (ร้อยละ 9.42) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลจับตามชนิดปลาที่พบมากโดยมวลชีวภาพ (Biomass; %W) (ร้อยละเทียบกับผลจับทั้งหมด) พบว่าชนิดพันธุ์สัตว์น้ำที่พบ 8 อันดับแรก มีองค์ประกอบโครงสร้างโดยค่าร้อยละสะสมเท่ากับร้อยละ 90.91 ของน้ำหนักปลาทั้งหมด ได้แก่ ปลาแป้นแก้ว ร้อยละ 47.38 ปลาตะเพียนขาว ร้อยละ 10.65 ปลาซ่า ร้อยละ 9.42 ปลาหนามหลัง

ร้อยละ 8.32 ปลาแก้มช้ำ ร้อยละ 6.33 ปลานิล ร้อยละ 3.21 ปลาไส้ตันตาแดง ร้อยละ 3.19 ปลากระมัง ร้อยละ 3.17 ตามลำดับ (Table 1)

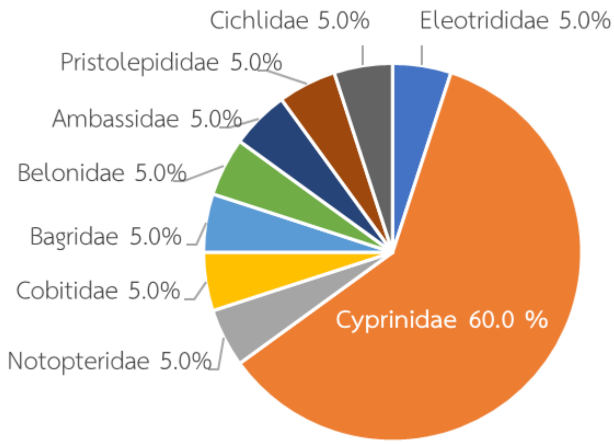


Figure 2 Fish species composition caught by gillnets in Mae Chang reservoir

2. ผลจับต่อหน่วยการลงแรงประมง (CPUE) ในอ่างเก็บน้ำแม่จาง

อ่างเก็บน้ำแม่จางมีผลการจับต่อหน่วยการลงแรงประมงเฉลี่ยเท่ากับ 2,805±1,690.51 กรัม/100 ตร.ม./คืน โดยเดือนกรกฎาคม มี CPUE มากที่สุดเท่ากับ 5,721.73±1,905.75 กรัม/100 ตร.ม./คืน และน้อยที่สุดในเดือนมิถุนายน มี CPUE เท่ากับ 1,701.39±701 กรัม/100 ตร.ม./คืน เมื่อพิจารณาตามจุดสำรวจ พบว่า จุดสำรวจที่ 1 มี CPUE มากที่สุดเท่ากับ 3,202.52±2,121.69 กรัม/100 ตร.ม./คืน และน้อยที่สุดในจุดสำรวจที่ 3 โดยมี CPUE เท่ากับ 2,139.90± 992.64 กรัม/100 ตร.ม./คืน (Figure 3)

3. โครงสร้างประชาคมสัตว์น้ำต่อชุดเครื่องมือข่าย

จากการศึกษาด้วยการสุ่มตัวอย่างชุดเครื่องมือข่ายจำนวน 6 ขนาดช่องตา พบว่า ข่ายขนาดตา 2 ซม. มี CPUE มากที่สุดเท่ากับ 4,984.11 กรัมต่อพื้นที่ข่าย 100 ตร.ม. ต่อคืน รองลงมาได้แก่ ข่ายขนาดตา 3 ซม. มี CPUE 1,507 กรัม/ 100 ตร.ม./คืน ข่ายขนาดตา 5 ซม. CPUE เท่ากับ 925.52 กรัม/100 ตร.ม./คืน ข่ายขนาดตา 7 ซม. มี CPUE 258.36 กรัม/100 ตร.ม./คืน และข่ายขนาดตา 9 ซม. มี CPUE 174.03 กรัม/100 ตร.ม./คืน ตามลำดับ (Figure 4)

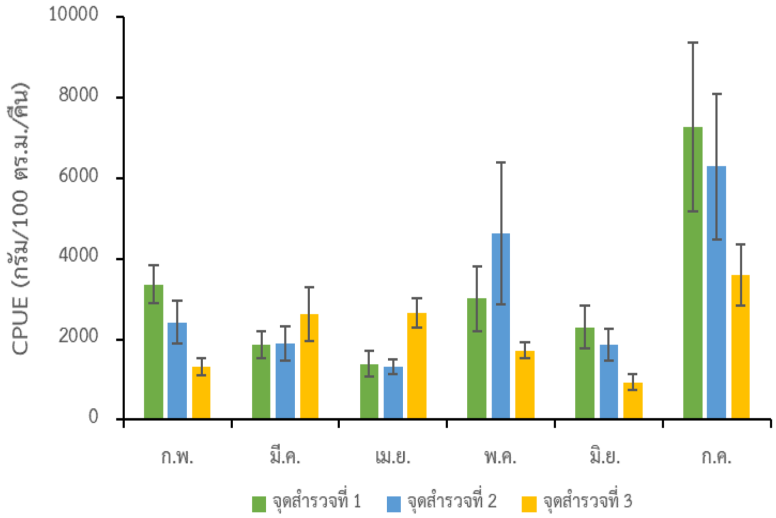


Figure 3 Catch per unit effort (CPUE) each months by station

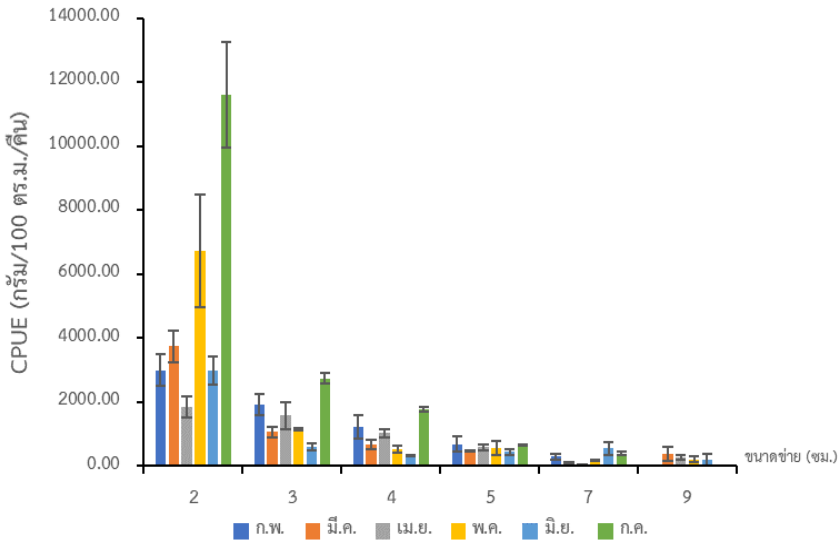


Figure 4 Catch per unit effort (CPUE) with the set of gillnets by months

Table 1 Fish composition by abundance (%N) and by Biomass (%W) of Mae Chang reservoir during February to July, 2021

ID	Thai Name	Scientific Name	Abundance; %N	Biomass; %W
			N = 16,380	Total = 74,526.50 g
1	สลาด	*Notopterus notopterus* (Pallas, 1769)	0.02	0.31
2	ตะเพียนขาว	*Barbonymus gonionotus* (Bleeker, 1850)	**1.39**	**10.56**
3	นวลจันทร์เทศ	*Cirrhinus cirrhosus* (Bloch, 1795)	0.08	1.64
4	ไส้ตันตาแดง	*Cyclocheilichthys apogon* (Valenciennes, 1842)	1.29	3.19
5	แดงน้อยเหนือ	*Discherodontus schroederi* (Smith, 1945)	0.05	0.12
6	สร้อยขาว	*Henicorhynchus siamensis* (Sauvage, 1881)	0.1	0.06
7	ยี่สก	*Labeo rohita* (Hamilton, 1822)	0.04	0.58
8	ซ่า	*Labiobarbus siamensis* (Smith, 1934)	1.09	**9.42**
9	บ้า	*Leptobarbus rubripinnis* (Fowler, 1937)	0.1	0.03
10	หนามหลัง	*Mystacoleucus marginatus* (Valenciennes, 1842)	**3.04**	8.25
11	กระมัง	*Puntioplites proctozystron* (Bleeker, 1865)	0.34	3.17
12	แก้มช้ำ	*Systomus rubripinnis* (Valenciennes, 1842)	1.32	6.33
13	ซิวควายแถบดำ	*Rasbora paviana* (Tirant, 1885)	0.13	0.41
14	รากกล้วย	*Acantopsis themmedhi* (Sontirat, 1997)	0.01	0.04
15	กดเหลือง	*Hemibagrus spilopterus* Ng & Rainboth, 1999	0.03	1.02
16	กระทุงเหว	*Xenentodon canciloides* (Bleeker, 1854)	0.62	2.13
17	แป้นแก้ว	*Parambassis siamensis* (Fowler, 1937)	**89.38**	**47.38**
18	หมอช้างเหยียบ	*Pristolepis fasciata* (Bleeker, 1851)	0.79	1.79
19	นิล	*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)	0.35	3.24
20	บู่ทราย	*Oxyeleotris marmorata* (Bleeker, 1852)	0.02	0.17
	Total		**100**	**100**

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้พบพันธุ์สัตว์น้ำในวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) มากที่สุดจำนวน 12 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 60 ของชนิดปลาที่พบทั้งหมด คล้ายคลึงกับประชาคมปลาในอ่างเก็บน้ำห้วยหวด จ.สกลนคร ที่พบวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) มากที่สุด 13 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 56.50 (Rayan *et al*., 2017) และพบวงศ์ปลาตะเพียนที่จับได้โดยเครื่องมือข่ายในเขื่อนวชิราลงกรณ์ จ.กาญจนบุรี (Cyprinidae) มากที่สุด 24 ชนิด ร้อยละ 55.81 (Dumrongtripob *et al*., 2013) เช่นเดียวกับที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ จ.อุตรดิตถ์ ที่พบมากถึงร้อยละ 46 (Panboon and Soe-been, 2011) ซึ่งถือว่าเป็นวงศ์ที่มีชนิดปลามากที่สุดและโดดเด่นมากที่สุดของปลาน้ำจืด (Nelson, 2001) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยโครงสร้างของประชาคมปลาและระบบนิเวศของอ่างเก็บน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลทำให้ชนิดปลามีการเปลี่ยนแปลงสาเหตุอาจเกิดจากความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม รวมถึงระบบนิเวศที่เปลี่ยนแปลงไปได้เป็นผลให้มีองค์ประกอบของกลุ่มประชาคมสัตว์น้ำที่ต้องปรับตัวให้อยู่รอด ซึ่ง Jutagate *et al*. (2001) ได้กล่าวว่าเมื่อระบบนิเวศถูกเปลี่ยนจากระบบน้ำไหลเป็นน้ำนิ่งจะมีเพียงปลาบางชนิดที่สามารถปรับตัวและขยายพันธุ์ได้ และผลการศึกษาองค์ประกอบชนิดโดยความชุกชุม (Abundance) และมวลชีวภาพ (Biomass) ที่พบมากที่สุด ได้แก่ ปลาแป้นแก้ว คิดเป็นร้อยละ 89.38 และ 47.38 ตามลำดับ เช่นเดียวกับกับการศึกษาของ Soontornprasit (2015) ที่ศึกษาพลวัตประชากรของปลาแป้นแก้วในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองเล็งทราย จังหวัดพะเยา ชี้ให้เห็นว่าปลาชนิดนี้ติดเครื่องมือข่ายจำนวนมาก มีสัมประสิทธิ์การตายจากการประมงสูง แต่ไม่เป็นที่ต้องการของชาวประมงเมื่อเทียบกับปลาชนิดอื่น เนื่องจากไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ไม่เป็นที่นิยมบริโภค และมีก้านครีบแข็งขนาดใหญ่ทำให้มีศัตรูในธรรมชาติน้อย จึงสร้างปัญหาให้ชาวประมงคือปลาติดข่ายง่าย แต่แกะออกยาก ทำให้ชาวประมงจำเป็นต้องทิ้งข่ายนั้นไป

ด้านข้อมูลผลจับต่อหน่วยการลงแรงประมง (CPUE) พบว่า CPUE ในอ่างเก็บน้ำแม่จางเท่ากับ 2,805.37±1,690.51 กรัมต่อพื้นที่ข่าย 100 ตร.ม. ต่อคืน ซึ่งจัดเป็นปริมาณที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับอ่างเก็บน้ำอื่นๆ เช่น CPUE ในเขื่อนรัชชประภา ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2556 เท่ากับ 762 กรัมต่อพื้นที่ข่าย 100 ตร.ม. ต่อคืน (Boonthongchuay *et al*., 2015) และ CPUE ในหนองหาร จ.สกลนคร ระหว่างปี พ.ศ. 2552-2558 เท่ากับ 701.0±96.4 กรัมต่อพื้นที่ข่าย 100 ตร.ม. ต่อคืน (Rayan *et al*., 2016) ในขณะที่ CPUE ในเขื่อนวชิราลงกรณ์ มีเพียง 504 กรัมต่อพื้นที่ข่าย 100 ตร.ม. ต่อคืนเท่านั้น (Damrongtripob *et al*., 2013) แต่ทั้งนี้ยังคงน้อยกว่า CPUE ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จ.สุพรรณบุรี ซึ่งมีมากถึง 6,236 กรัมต่อพื้นที่ข่าย 100 ตร.ม. ต่อคืน (Plaitho *et al*., 2011) อย่างไรก็ตามแสดงให้เห็นว่าอ่างเก็บน้ำแม่จาง จัดว่ามีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก โดย CPUE ของชุดข่ายจำนวน 6 ขนาดช่องตา พบว่าข่ายขนาดตา 2 ซม. มี CPUE มากที่สุดเท่ากับ 4,984.11 กรัมต่อพื้นที่ข่าย 100 ตร.ม. ต่อคืน ซึ่งพบองค์ประกอบชนิดโดยความชุกชุมและมวลชีวภาพของปลาแป้นแก้วมากที่สุด สอดคล้องกับ Panboon *et al*. (2017) ที่ศึกษาโครงสร้างประชาคมปลาและประสิทธิภาพเครื่องมือข่ายในหนองหลวง พบว่าข่ายขนาด 2 ซม. มี CPUE เท่ากับ 2,249.28 กรัมต่อพื้นที่ข่าย 100 ตร.ม. ต่อคืน โดยพบปลาแป้นแก้วเป็นโครงสร้างหลักโดยน้ำหนักมากที่สุด เช่นเดียวกับ Soontornprasit *et al*., (2019) ศึกษาโครงสร้างประชาคมปลาและประสิทธิภาพผลจับจากเครื่องมือข่ายในกว๊านพะเยา พบข่ายขนาดตา 2 ซม. มีประสิทธิภาพทำการประมงมากที่สุด

โดยมีค่าผลจับต่อหน่วยการลงแรงประมงเท่ากับ 416.9 กรัมต่อพื้นที่ข่าย 100 ตร.ม. ต่อคืนและพบปลาแป้นแก้วเป็นโครงสร้างหลักโดยจำนวนมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบโครงสร้างประชาคมสัตว์น้ำในอ่างเก็บน้ำแม่จาง จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงกรกฎาคม 2564 รวม 9 วงศ์ 20 ชนิด โดยพบพันธุ์ปลาในวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) มากที่สุดจำนวน 12 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 60 ขณะที่ปลาแป้นแก้วเป็นชนิดสัตว์น้ำที่พบมากสุดในองค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำทั้งความชุกชุมและโดยมวลชีวภาพ จากผล CPUE โดยใช้เครื่องมือข่ายเฉลี่ย สรุปได้ว่าอ่างเก็บน้ำแม่จางมีค่าความอุดมสมบูรณ์อยู่ในเกณฑ์ระดับที่สูง โดยข่ายขนาดช่องตา 2 ซม. มี CPUE มากที่สุด โดยมีปลาแป้นแก้วเป็นโครงสร้างหลัก แต่เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำพลอยถูกจับและไม่เป็นที่ต้องการของชาวประมงเมื่อเทียบกับปลาชนิดอื่น รวมถึงเป็นปลาที่มีก้านครีบแข็งส่งผลให้มีศัตรูในธรรมชาติน้อย แม้จะยังไม่มีรายงานผลกระทบด้านลบของปลาแป้นแก้วแต่กลับสร้างปัญหาให้ชาวประมง ดังนั้นจึงควรมีการนำปลาแป้นแก้วมาใช้ประโยชน์ให้มากขึ้นเช่นการส่งเสริมให้นำมาใช้ประโยชน์ในด้านแปรรูปหรือเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับชาวประมงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ “ทุนวิจัยและพัฒนา นวัตกรรม ความหลากหลายของสัตว์น้ำแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำแม่จาง และอ่างเก็บน้ำแม่ขาม กฟผ. แม่เมาะ จังหวัดลำปาง” ที่ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยปีงบประมาณ 2564 จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแหล่งประเทศไทย แม่เมาะ (กฟผ. แม่เมาะ) ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กฟผ. ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม รวมทั้งขอขอบคุณชาวประมงในพื้นที่และนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Boonthongchuay, J., B. Sricharoendham and A. Sakset. 2015. **Variation on status of fisheries resources in Rajjaprabha reservoir, Surat Thani province during 1987-2013**. Technical Paper No.4/2015. Bangkok: Department of Fisheries. 54 p. [in Thai].

Cowx, I. G., R. A Noble, A. D. Nunn, J.P. Harvey and A L Ibáñez-Aguirre. 2007. **Fish Stocking Technical Manual**. Hull: University of Hull International Fisheries Institute. Cottingham Road, Hull HU6 7RX. United Kingdom. 169 p.

Dumrongtripob, J., O. Kumprasert, S. Wongouthong and W. Boonyung. 2013. **Gillnet efficiency in Vajiralongkorn reservoir, Kanchanaburi province**. 54 p. *In* Technical Paper No.8/2013. Bangkok: Department of Fisheries. [in Thai].

Egat Today. 2020. **Mae Moh power plant jointly develop the Mae Chang river basin taking into account the community as a location**. [Online]. Available https://www.egat.co.th/egattoday/egattoday/index.php?option=com_k2&view=it em&id=11547:22062563faifa01&Itemid=129 (26 August 2021).

Electricity Generating Authority of Thailand Mae Moh (EGAT). 2017a. **Study and prepare an environmental impact Mae Moh Power plant unit** 4-7: Environmental impact. pp. 3-297. *In* Assessment Report. Bangkok: Electricity Generating Authority of Thailand. [in thai].

_______. 2017b. **Study and prepare an environmental impact. Mae Moh Power Plant unit** 4-7: Biological resources in water. pp. 3-266. *In* Assessment Report. Bangkok: Electricity Generating Authority of Thailand. [in thai]

Jutagate, T., T. Lamkom, K. Satapornwanit, W. Naiwinit and C. Petchuay. 2001. Fish species diversity and ichthyomass in Pak Mun reservoir, five year after impoundment. **Asian Fisheries Science** (14): 417-424. [in Thai].

Kolding, J. 1989. **The fish Resources of Lake turkana and their Environment**. Cand. Scient. Thesis. University of Bergen. 262 p.

Nelson, J.S. 2001. **Fishes of the World.** 4th ed. New York: Wiley. 601 p.

Panboon K. and S. Soe-been. 2011. **Structure and Distribution of fish community in the Sirikit Reservoir**. 20 p. *In* Technical Paper No.24/2011. Bangkok: Department of Fisheries. [in Thai].

Panboon, K., S. Soe-been and T. Sukkasem. 2017. **Diversity Fish Community and Gillnets Efficiency of Nong Luang Swamp, Chiang Rai Province**. Bangkok: Department of fisheries. 222 p. [in Thai].

Plaitho, B., W. Khansong and D. Pimpalai. 2011. **Gillnet Efficiency in Kraseio Reservoir, Suphanburi Province**. 41 p. *In* Technical Paper No.2011. Bnagkok: Department of fisheries. [in Thai].

Rayan, W., A. Naunsang, S. Ngoichansri and T. Chatchavantatri 2016. **Spatio-temporal variation in fish community of Nonghan Swamp, Sakon Nakhon province, between 2009 and 2015**. 94 p. *In* Technical Paper No./2016. Bangkok: Department of fisheries. [In Thai].

Rayan, H., A. Rungsiwiwat, B. Chartchumni and W. Rayan. 2017. Structure of fish community in Huay Huat reservoir, Sakon Nakhon province. **Burapha Science Journal** 22(1): 340-352. [in thai].

Soontornprasit, K. 2015. Some population dynamics aspects of *Parambassis siamensis* in the Nong Lang Sai wetland, Phayao province. **KHON KAEN AGR. J.** 43(1): 530-534. [in Thai].

Soontornprasit, K., D. Panprommin and L. Khungboon. 2019. Fish communities structure and catch efficiency from gillnets in the Kwan Phayao, Phayao province. **KHON KAEN AGR. J.** 47(4): 655-666. [in Thai].

Swingle, H.S. 1950. **Relationships and Dynamics of Balanced and Unbalanced Fish Populations**. Bulletin No. 274. Alabama: Agricultural Experiment Station of the Alabama Polytechnic Institute. 74 p.

Session 2

ภาคโปสเตอร์

ความหลากชนิดและความชุกชุมของปูในการทำประมงอวนจมปูม้า บริเวณเกาะกูด จังหวัดตราด

Species Diversity and Abundance of Crab in Blue Swimming Crab Gill Net Fishery at Koh Kood, Trat Province

ชุตาภา คุณสุข[1*] ทิราภรณ์ ประมวล[2] และประสาน แสงไพบูลย์[1]

Chutapa Kunsook[1*], Thiraporn Pramual[2] and Prasan Sangpaiboon[1]

[1]หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี 22000

[2]หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี 22000

[1]Education Biology Program, Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University Chanthaburi, Thailand 22000

[2]Biology Program, Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University Chanthaburi, Thailand 22000

*Corresponding author: chutapa.k@rbru.ac.th

Abstract

Species diversity of crabs from crab gill net fishery at Koh Kood district, Trat province was conducted four months from June, August, October 2020 and March 2021 by using 4 groups of crab gill net with merh size 10 centimeters and length 400 meter. The result found that diversity of crab was consisted of 22 species, 17 genus and 10 family. The most highest abundance was found in Portunidae. Seven species of crabs were *P. pelagicus*, *P. gladiator*, *Charybdis natator*, *C. helleri*, *C. feritus*, *C. acutifrons* and *Podophthalmus vigil*. Diversity index in Koh Maisee were 1.965 and in Koh Rad were 1.700 evenners index in Koh Maisee were 0.390 and in Koh Rad were 0.346 *P. pelagicus* was found highest abundance (49.75%) followed by *Matuta victor* (10.75%) and *C. philargius* (10.03%). Moreover, abundance of crab in Koh Maisee were 52.94% while in Koh Rad were 47.05%. The relationship between abundance of crab and physical factor were no significantly different ($p>0.05$). Diversity of bycatch was consists of 4 phylum, 32 species, 28 genus, 22 family. *Matuta victor* is the most dominant in crab gill net fishery.

Keywords: species diversity, abundance, crab gill net, blue swimming crab fishery, Koh Kood

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากชนิดของปู ในการทำประมงอวนจมปูม้า บริเวณอำเภอเกาะกูด จังหวัดตราด เป็นระยะเวลา 4 เดือน ได้แก่ เดือนมิถุนายน เดือนสิงหาคม เดือนตุลาคม 2563 และเดือนมีนาคม 2564 โดยใช้อวนจมปูม้าขนาดตา 10 เซนติเมตร ความยาว 400 เมตร จำนวน 4 กอง เก็บตัวอย่างบริเวณเกาะไม้ซี้ และเกาะแรด ซึ่งเป็นเกาะขนาดเล็กที่อยู่ในอำเภอเกาะกูด จังหวัดตราด ผลการศึกษาพบความหลากชนิดของปู ทั้งสิ้น 22 ชนิด 17 สกุล และ 10 วงศ์ วงศ์ที่มีความหลากชนิดสูงที่สุด คือ Portunidae พบทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ ปูม้า (*Portunus pelagicus*) ปูม้าลาย (*P. gladiator*) ปูหินก้ามสั้น (*Charybdis natator*) ปูหินอินโดแปซิฟิก (*C. helleri*) ปูกางเขน (*C. feritus*), ปูกะตอยหนาม (*C. acutifrons*) และปูตายาว (*Podophthalmus vigil*) โดยค่าดัชนีความหลากชนิดในพื้นที่เกาะไม้ซี้มีค่าเท่ากับ 1.965 และพื้นที่เกาะแรด เท่ากับ 1.700 มีค่าดัชนีความสม่ำเสมอในพื้นที่เกาะไม้ซี้ เท่ากับ 0.390 และพื้นที่เกาะแรด เท่ากับ 0.346 ปูชนิดเด่นที่พบมากที่สุด ได้แก่ ปูม้า (*P. pelagicus*) พบร้อยละ 49.75 ปูหนุมาน (*Matuta victor*) พบร้อยละ 10.75 และปูฤาษี (*Calappa philargius*) พบร้อยละ 10.03 นอกจากนี้ยังพบความชุกชุมของปูในพื้นที่เกาะไม้ซี้มากกว่าในพื้นที่เกาะแรด โดยพื้นที่เกาะไม้ซี้พบจำนวนปูทั้งหมด 153 ตัว คิดเป็นร้อยละ 52.94 และพื้นที่เกาะแรดพบจำนวนปูทั้งหมด 136 ตัว คิดเป็นร้อยละ 47.05 และพบความชุกชุมของปูในฤดูฝนมากกว่าฤดูร้อน โดยฤดูฝนพบจำนวนปูทั้งหมด 158 ตัว คิดเป็นร้อยละ 54.67 และฤดูร้อนพบจำนวนปูทั้งหมด 131 ตัว คิดเป็นร้อยละ 45.32 ความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมของปูและปัจจัยทางกายภาพ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และการศึกษาชีววิทยาประชากรของสัตว์น้ำพลอยจับได้ พบความหลากชนิดทั้งหมด 4 ไฟลัม 32 ชนิด 28 สกุล 22 วงศ์ โดยพบสัตว์น้ำพลอยจับได้ชนิดเด่น คือ ปูหนุมาน (*Matuta victor*) พบร้อยละ 17.91

คำสำคัญ ความหลากชนิด ความชุกชุม อวนจมปู การทำประมงปูม้า เกาะกูด

คำนำ

ปูเป็นอาหารทะเลกลุ่มหลักที่เป็นที่นิยมในการนำมาบริโภค เนื่องจากมีรสชาติดี และมีโปรตีนสูง จึงทำให้มีความต้องการบริโภคทั้งในและต่างประเทศ ดังนั้นเมื่อมีความต้องการใช้ประโยชน์ปูค่อนข้างสูง การทำประมงเพื่อนำปูขึ้นมาใช้บริโภคด้วยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง และจำนวนมากจึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยการทำประมงอวนจมปูนั้นเป็นเครื่องมือประมงที่นิยมใช้ในการทำประมงปูม้า เนื่องจากลงทุนน้อยเมื่อเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับ ทำเองได้ ใช้แรงงานน้อย ไม่ยุ่งยากเมื่อเทียบเครื่องมือชนิดอื่น ๆ และเป็นเครื่องมือประมงที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการจับปู โดยในปี พ.ศ. 2560 มีปูที่จับได้จากอวนจมปูถึง 16,148 ตัน (Department of Fisheries, 2019) วิธีการใช้อวนจมปูม้า คือจะวางอวนขวางสัตว์น้ำเพื่อให้ปูว่ายชนแล้วติดหรือพันตาอวน ขอบด้านล่างของอวนจะมีตะกั่วผูกติดไว้ และมีทุ่นลอยผูกติดกับขอบด้านบนของผืนอวน โดยมีทุ่นธงที่ผิวน้ำเพื่อใช้เป็นจุดสังเกต (Supongpan *et al*., 1989) อวนจมปูที่ใช้เป็นอวนเอ็น มีความลึกของผืนอวน 12-30 ตา ขนาดตาอวน 7.50-13.75 เซนติเมตร มีความยาว ตั้งแต่ 350 เมตร ถึง 1,500 เมตร นอกจากนี้ ในการทำประมงอวนจมปูม้าแต่ละครั้งพบว่ามีสัตว์น้ำพลอยจับได้ (Bycatch) ติดปะปนมาด้วย ซึ่งสัตว์น้ำพลอย

จับได้นั้น หมายถึง สัตว์น้ำที่ถูกจับได้ แต่ไม่ใช่สัตว์น้ำเป้าหมาย บางชนิดเป็นสัตว์น้ำที่มีราคา มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ปลากระเบน (*Dasyatis imbricatus*) และกั้งกระดาน (*Thenus orientalis*) เป็นต้น และยังพบว่าสัตว์น้ำพลอยจับได้บางส่วนถูกทิ้งลงไปในทะเล (Discards) เนื่องจากสัตว์น้ำเหล่านี้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ไม่สามารถนำมาบริโภค หรือไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค เช่น ปูเป้ (*Dorippe quadridens*) และปูก้ามยาว (*Parthenope longimanus*) เป็นต้น (Thaweesak *et al*., 2015)

สำหรับเกาะกูดมีพื้นที่โดยรอบเป็นเกาะ ตั้งอยู่ในอำเภอเกาะกูด มีเกาะขนาดเล็ก 2 เกาะ อยู่ใกล้ ๆ คือ เกาะแรด และเกาะไม้ซี้ ซึ่งเป็นพื้นที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ ชาวบ้านประกอบอาชีพทำประมงอวนจมปูกันเป็นส่วนใหญ่ รายงานการวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าความหลากหลายของปูจำนวนมาก เนื่องจากมีแนวปะการังที่มีความอุดมสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามหลายปีที่ผ่านมา มีนักท่องเที่ยวเข้ามาเที่ยวในพื้นที่เกาะกูดจำนวนมาก ทำให้เกิดการรบกวนและทำลายแนวปะการัง โดยจากข้อมูลของสำนักงานทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง พบว่าปะการังในหลายเกาะในตำบลเกาะกูด อยู่ในสถานภาพเสียหาย ก่อให้เกิดผลกระทบในวงกว้าง ทั้งการทำประมง กิจกรรมการท่องเที่ยว ที่เป็นแหล่งรายได้ของชุมชน ดังนั้นจึงได้มีหน่วยงานต่าง ๆ เข้ามาบูรณาการความร่วมมือกับชาวบ้าน ในการช่วยกันฟื้นฟูปะการังให้กลับมามีความอุดมสมบูรณ์ นอกจากนี้ในพื้นที่เกาะกูด ยังได้มีการทำธนาคารปูม้า ตั้งแต่ปี 2562 โดยหลังจากมีการฟื้นฟูปะการัง และมีการทำธนาคารปูม้า เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับทะเล ยังมิได้มีการศึกษาสถานภาพความหลากชนิดและความชุกชุมของปูแต่อย่างใด ดังนั้นการศึกษาความหลากชนิดและความชุกชุมของปูในเครื่องมืออวนจมปู ซึ่งจัดเป็นเครื่องมือประมงที่มีการนำมาใช้ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของปูมากที่สุดนั้น (Promdum, 2004; Srikum and Binraman, 2003) สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในการฟื้นฟูปะการัง และความอุดสมบูรณ์ของระบบนิเวศได้ (Arya *et al*., 2014) เนื่องจากปูจะมีความสัมพันธ์ในโครงสร้างของระบบนิเวศอย่างใกล้ชิด ทั้งเป็นองค์ประกอบของห่วงโซ่อาหารสามารถกินได้ทั้งพืช สัตว์ และซาก ดังนั้นหากจะพิจารณาการกลับมาทำหน้าที่ของระบบนิเวศ โดยเฉพาะระบบนิเวศปะการัง จึงสามารถใช้ปูเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในการฟื้นตัวได้ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะ 1) ศึกษาความหลากชนิดและความชุกชุมของปู 2) ศึกษาปัจจัยทางกายภาพต่าง ๆ ที่มีผลต่อความชุกชุมและการแพร่กระจายของปู และ3) ศึกษาองค์ประกอบของสัตว์น้ำพลอยจับได้ที่ได้จากการทำประมงอวนจมปูม้า เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการจัดการอนุรักษ์และฟื้นฟูระบบนิเวศปะการัง การติดตามสถานภาพของปูม้า ภายหลังการทำธนาคารปูม้า รวมถึงเป็นข้อมูลเพื่อนำไปประดมความคิดเห็นในการจัดทำพื้นที่คุ้มครอง และมาตรการในพื้นที่คุ้มครอง บริเวณเกาะกูด จังหวัดตราดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสำรวจเอกสาร

รวบรวมเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ศึกษาตารางน้ำ แผนที่สถานที่ทำวิจัยรวมไปถึงข้อมูลปัจจัยทางกายภาพ สภาพภูมิศาสตร์ บริเวณเกาะกูด จังหวัดตราด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้

2. การศึกษาในภาคสนาม

2.1 เก็บตัวอย่างปูและสัตว์น้ำพลอยจับได้จากอวนจมปูม้า เป็นจำนวน 4 ครั้ง ได้แก่ เดือนมิถุนายน เดือนสิงหาคม เดือนตุลาคม 2563 และเดือนมีนาคม 2564 ในบริเวณอำเภอเกาะกูด จังหวัดตราด โดยวางอวนจมปูขนาดตาอวน 10 เซนติเมตร รวมทั้งหมด 4 กอง มีความยาวกองละ 400 เมตร ทั้งหมด 2 พื้นที่ พื้นที่ละ 2 กอง ได้แก่ บริเวณเกาะแรดและบริเวณเกาะไม้ซี้ ใกล้แนวปะการัง ดังภาพที่ 1

2.2 ทำการวัดค่าปัจจัยทางกายภาพ ของน้ำทะเล ได้แก่ ความลึก ความขุ่น ความเค็ม ความเข้มแสง ความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และค่าอุณหภูมิ (°C) โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1) ความลึก (เมตร) วัดโดยใช้ลูกตุ้มวัดความลึก

2) ความเข้มแสง (ลักส์) วัดโดยใช้ Lux meter

3) ความเค็ม (ppt) วัดโดยใช้เครื่อง Refractometer

4) ความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ลิตร) และอุณหภูมิ (°C) วัดโดยใช้เครื่องวัดปัจจัยหลายตัวแปร (Multimeter) ยี่ห้อ Lutron รุ่น WA-2017SD

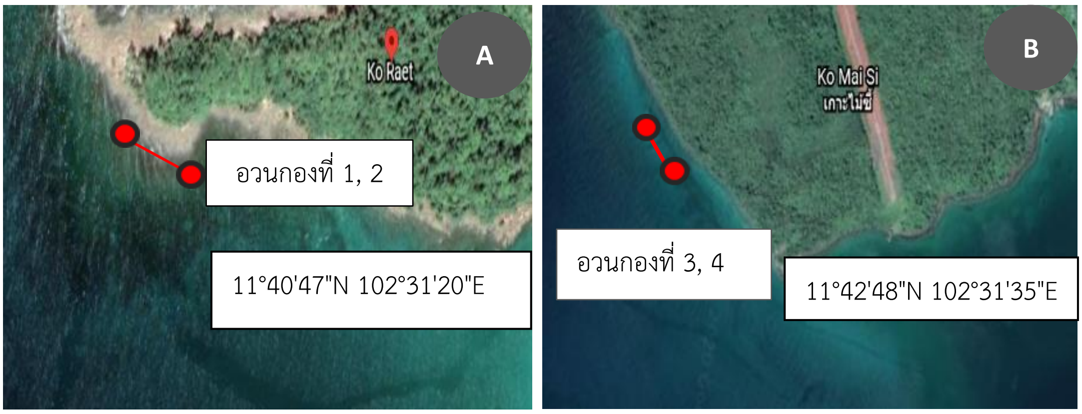


Figure 1 Sampling site at Koh Kood district, Trat province
A: Koh Rad; B: Koh Maisee

2.3 การวางอวนจะวางช่วงเวลาตอนเย็นแล้วกู้อวนในเวลาตอนเช้าของอีกวัน หลังจากกู้อวนจะทำการแกะตัวอย่างปูและสัตว์น้ำพลอยจับได้ออกจากอวน ใส่ถุงแยกเป็นกองพร้อมใส่แท็กสีบอกสถานที่ แล้วนำตัวอย่างปูและสัตว์น้ำพลอยจับได้ไปรักษาสภาพด้วยน้ำแข็ง นำกลับไปศึกษายังห้องปฏิบัติการสัตววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีต่อไป

3. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

3.1 นำตัวอย่างปูและสัตว์น้ำพลอยจับได้ มาจัดจำแนกชนิด พร้อมทั้งวัดความกว้างกระดอง (CW) และความยาวของกระดอง (CL) ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิทัล มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร และชั่งน้ำหนัก (W) ด้วย เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง มีหน่วยเป็นกรัม

3.2 จัดจำแนกชนิดของปู โดยใช้หนังสือคู่มืออันดามันปูทะเลไทยของ Thamrongnawasawat and Wisespongpand (2007) และจัดจำแนกสัตว์น้ำพลอยจับได้ โดยใช้รายงานการวิจัยของ Khanadee *et al*. (2014) หรือใช้เอกสารที่เกี่ยวกับอนุกรมวิธานเพื่อตรวจยืนยันชนิด

3.3 ถ่ายภาพปูแต่ละชนิดและสัตว์น้ำพลอยจับได้ ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ด้วยกล้อง Olympus รุ่น OM-D E-M10 Mark III

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การศึกษาดัชนีความหลากชนิดของปู โดยใช้ค่าดัชนีของ Shannon - Wieners diversity index (H’) (Shannon, 1949) จากสมการดังนี้

$$H' = -\sum Pi (\ln Pi)$$

เมื่อ H’ = ดัชนีความหลากชนิดของ Shannon – Weiner

Pi = สัดส่วนของจำนวนปูในแต่ละชนิดต่อผลรวมของจำนวนปูทั้งหมด

S = จำนวนชนิดของปู

4.2 การศึกษาดัชนีความสม่ำเสมอของปู โดยใช้ค่าดัชนีของ Pielou’s evenness index (J’) จากสมการดังนี้

$$J' = H' / \ln N$$

เมื่อ J’ = ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ

N = จำนวนชนิดของปูทั้งหมดที่พบในการศึกษา

4.3 การวิเคราะห์ความชุกชุมของปู

1) นับจำนวนของปูในแต่ละชนิด ในแต่ละพื้นที่ และคำนวณองค์ประกอบของปูแต่ละชนิดในรูปร้อยละเทียบกับประชากรปูทั้งหมดที่พบ

2) การวิเคราะห์ความแตกต่างความชุกชุมของปูในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล

ทดสอบข้อมูลสถิติด้วย One-way ANOVA จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Statistics 16.0 โดยถ้าค่า F มีค่า มากกว่า 0.05 หมายความว่าความชุกชุมของปูไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ถ้ามีค่า น้อยกว่า 0.05 หมายความว่า ความชุกชุมของปูมีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามวิธีการของ Kunsook *et al*. (2017)

3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและความชุกชุมของปู

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและความชุกชุมของปู เช่น ค่าความลึก (เมตร) ค่าความขุ่น (เมตร) ค่าความเค็ม (ppt) ค่าความเป็นกรด – เบส (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) และอุณหภูมิ (°C) โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson’s correlation)

4) ชีววิทยาประชากรและสถานภาพของสัตว์น้ำพลอยจับได้จากการทำประมงอวนจมปู

ศึกษาความหลากชนิด และความชุกชุมของสัตว์น้ำพลอยจับได้ โดยใช้สมการค่าปรากฏของสัตว์น้ำพลอยจับได้ ดังนี้

$$Socc. = (Ni /N) \times 100$$

เมื่อ Socc = ดัชนีการปรากฏของสัตว์น้ำพลอยจับได้

Ni = จำนวนตัวของสัตว์น้ำพลอยจับได้ในแต่ละชนิด

N = จำนวนตัวของสัตว์น้ำพลอยจับได้ทั้งหมด

โดย

R (Rare species)	หมายถึง	ชนิดพันธุ์ที่หายากมาก	โดยพบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10%
U (Uncommon species)	หมายถึง	ชนิดพันธุ์ที่หายาก	โดยพบได้ระหว่าง 10 ถึง 25%
C (Common species)	หมายถึง	ชนิดพันธุ์ที่พบทั่วไป	โดยพบระหว่าง 25 ถึง 50%
V (Very common species)	หมายถึง	ชนิดพันธุ์ที่พบได้ง่าย	โดยพบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50%

(Kunsook, 2011)

ผลการวิจัย

1. ความหลากชนิดของปู บริเวณอำเภอเกาะกูด จังหวัดตราด

ผลการศึกษาพบความหลากชนิดของปู มีทั้งสิ้น 22 ชนิด 17 สกุล และ 10 วงศ์ รวมทั้งหมด 289 ตัว โดยบริเวณเกาะไม้ซี้ พบปูทั้งหมด 153 ตัว ดังตารางที่ 1 บริเวณเกาะแรด พบปูทั้งหมด 136 ตัว ดังตารางที่ 2 พบปูชนิดเด่นทั้งในบริเวณเกาะแรด และเกาะไม้ซี้ คือ ปูม้า (*Portunus pelagicus*) อัตราส่วนเพศระหว่างเพศผู้ต่อเพศเมีย มีค่าเท่ากับ 1:1.66 มีขนาดความกว้างกระดองระหว่าง 100-200 มิลลิเมตร ค่าขนาดความกว้างกระดองเฉลี่ย 158.58±19.94 มม. โดยมีช่วงขนาดความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 121-140 มม. มากที่สุด โดยเกาะแรดพบทั้งหมด 82 ตัว คิดเป็นร้อยละ 60.29 รองลงมาเป็นปูก้ามยาว (*Parthenope longimanus*) จำนวน 7 ตัว คิดเป็นร้อยละ 5.15 และปูฤาษีฟันเลื่อย (*Calappa philargius*) จำนวน 5 ตัว คิดเป็นร้อยละ 3.68 ดังตารางที่ 1 สำหรับเกาะไม้ซี้พบปูม้าทั้งหมด 56 ตัว คิดเป็นร้อยละ 36.60 รองลงมาเป็นปูหนุมาน (*Matuta victor*) จำนวน 28 ตัว คิดเป็นร้อยละ 18.30 และปูฤาษีฟันเลื่อย (*Calappa philargius*) จำนวน 24 ตัว คิดเป็นร้อยละ 15.69 ดังตารางที่ 2 นอกจากนี้ยังพบความหลากชนิดของเกาะแรดมีความหลากชนิดของปูมากกว่าเกาะไม้ซี้ โดยพื้นที่เกาะแรดพบปูทั้งหมด 10 วงศ์ 14 สกุล และ 19 ชนิด ส่วนพื้นที่เกาะไม้ซี้ พบปูทั้งหมด 10 วงศ์ 11 สกุล และ 15 ชนิด

Table 1 Species diversity of crab at Koh Rad in blue swimming crab gill net fishery at Koh Kood, Trat province

No.	Family	Scientific name	Common name	Number of crab	Percentage of crab
1	Calappidae	*Calappa clypeata*	ปูฤๅษีม่วง	4	2.94
2	Calappidae	*Calappa philargius*	ปูฤๅษีขอบเลื่อย	5	3.68
3	Diogenidae	*Dardanus megitos*	ปูเสฉวนยักษ์	3	2.21
4	Dorippidae	*Dorippe quadridens*	ปูเป้	12	8.82
5	Majidae	*Camposcia retusa*	ปูแต่งตัว	2	1.47
6	Majidae	*Doclea armata*	ปูแมงมุม	1	0.74
7	Majidae	*Hyastenus diacanthus*	ปูแมงมุมหกเหลี่ยม	1	0.74
8	Matutidae	*Matuta victor*	ปูหนุมาน	3	2.21
9	Parthenopidae	*Parthenope longimanus*	ปูก้ามยาว	7	5.15
10	Porcellanidae	*Petrolisthes perdecorus*	ปูตัวแบน	2	1.47
11	Portunidae	*Charybdis acutifrons*	ปูกะตอยหนาม	1	0.74
12	Portunidae	*Charybdis feriatus*	ปูกางเขน	3	2.21
13	Portunidae	*Charybdis natator*	ปูหินก้ามสัน	1	0.74
14	Portunidae	*Portunus gladiator*	ปูม้าลาย	1	0.74
15	Portunidae	*Portunus pelagicus*	ปูม้า	82	60.29
16	Promiidae	*Lauridromia dehaani*	ปูฟองน้ำเล็บแดง	3	2.21
17	Xanthidae	*Atergatis integerrimus*	ปูใบ้หลังเต่า	1	0.74
18	Xanthidae	*Demania scaberrima*	ปูใบ้มะระ	2	1.47
19	Xanthidae	*Paractaea ruppelli*	ปูใบ้ขน	2	1.47
	Total			**136**	**100**

Table 2 Species diversity of crab at Koh Maisee in blue swimming crab gill net fishery at Koh Kood, Trat province

No.	Family	Scientific name	Common name	Number of crab	Percentage of crab
1	Calappidae	*Calappa philargius*	ปูฤาษีขอบเลื่อย	24	15.69
2	Diogenidae	*Dardanus megitos*	ปูเสฉวนยักษ์	5	3.27
3	Dorippidae	*Dorippe quadridens*	ปูเป้	10	6.54
4	Majidae	*Camposcia retusa*	ปูแต่งตัว	3	1.96
5	Majidae	*Doclea armata*	ปูแมงมุม	3	1.96
6	Matutidae	*Matuta victor*	ปูหนุมาน	28	18.30
7	Parthenopidae	*Parthenope longimanus*	ปูก้ามยาว	4	2.61
8	Porcellanidae	*Petrolisthes perdecorus*	ปูตัวแบน	1	0.65
9	Portunidae	*Charybdis hellerii*	ปูหินอินโดแปซิฟิก	2	1.31
10	Portunidae	*Charybdis natator*	ปูหินก้ามสัน	9	5.88
11	Portunidae	*Podophthalmus vigil*	ปูตายาว	3	1.96
12	Portunidae	*Portunus gladiator*	ปูม้าลาย	2	1.31
13	Portunidae	*Portunus pelagicus*	ปูม้า	56	36.60
14	Promiidae	*Lauridromia dehaani*	ปูฟองน้ำเล็บแดง	2	1.31
15	Xanthidae	*Lophozozymus pictor*	ปูใบ้ลายตาข่าย	1	0.65
	Total			**153**	**100**

ผลการศึกษาพบค่าดัชนีความหลากหลายของปูในพื้นที่เกาะแรด มีค่าเท่ากับ 1.965 และพบค่าดัชนีความหลากชนิดของปูในพื้นที่เกาะไม้ซี้ มีค่าเท่ากับ 1.700 สำหรับค่าความสม่ำเสมอพบว่าในพื้นที่เกาะแรด และพื้นที่เกาะไม้ซี้มีค่าเท่ากับ 0.390 และ 0.346 ตามลำดับ Table 3

Table 3 Diversity index and eveness index of crab in each study site at Koh Kood, Trat province

Study site	(Diversity index (H')	Eveness index (J')
Koh Maisee	1.965	0.390
Koh Rad	1.700	0.346

2. ความชุกชุมและการกระจายของปู บริเวณอำเภอเกาะกูด จังหวัดตราด

2.1 ความชุกชุมของปูในแต่ละพื้นที่

ผลการศึกษาความชุกชุมของปูทั้งหมดในพื้นที่เกาะไม้ซี้ พบปูทั้งหมด 153 ตัว ซึ่งมีความชุกชุมมากกว่าในพื้นที่เกาะแรด ที่พบปูทั้งหมด 136 ตัว ดังภาพที่ 2 เมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่าความชุกชุมของปูในพื้นที่เกาะแรด และพื้นที่เกาะไม้ซี้ ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

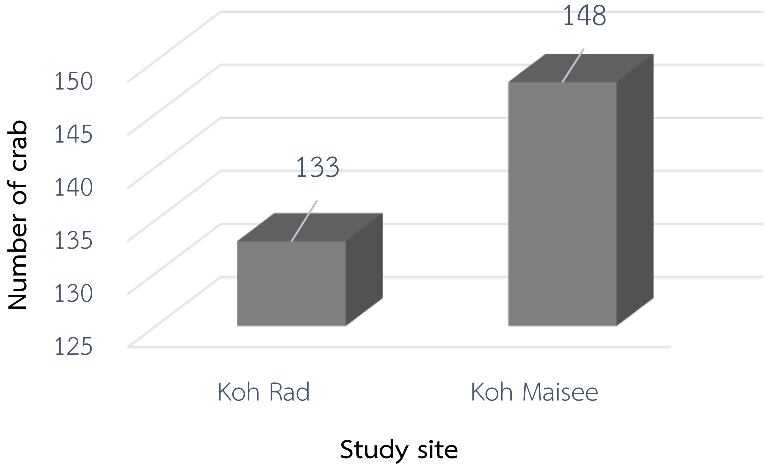


Figure 2 Abundance of crab in each study site at Koh Kood, Trat province

ผลการศึกษาความชุกชุมของปูทั้งหมดในแต่ละฤดูกาล พบความชุกชุมของปูในฤดูฝน ทั้งหมด 146 ตัว คิดเป็นร้อยละ 51 ซึ่งพบว่ามีความชุกชุมมากกว่าในฤดูร้อนที่พบปูทั้งหมด 143 ตัว คิดเป็นร้อยละ 49 ดังภาพที่ 3 เมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่าความชุกชุมของปูในฤดูฝน และฤดูร้อน ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

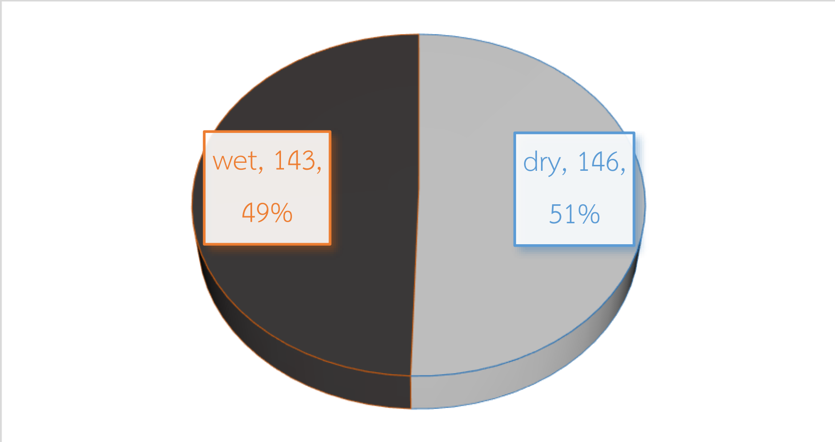


Figure 3 Abundance of crab in each season at Koh Kood, Trat province

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพ และความชุกชุมของประชากรปู บริเวณอำเภอเกาะกูด จังหวัดตราด ผลการศึกษาพบว่าความชุกชุมของปูไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับปัจจัยทางกายภาพ (P<0.05) Table 4

Table 4 Correlation value of relationship between abundance of crab and physical factor at Koh Kood, Trat province

Physical factor	Correlation value
Depth	-0.057
Light intensity	-0.290
Salinity	-0.020
pH	0.310
Dissolved oxygen	0.207
Water temperature	-0.220

* significantly difference at 0.05 level

การศึกษาชีววิทยาประชากรและสถานภาพของสัตว์น้ำพลอยจับได้ จากการทำประมงอวนจมปูม้า พบสัตว์น้ำพลอยจับได้ทั้งหมด 172 ตัว จัดจำแนกได้ 4 ไฟลัม 22 วงศ์ 28 สกุล และ 32 ชนิด และส่วนใหญ่มีสถานภาพคือชนิดพันธุ์ที่หายากมาก (R) ทั้งหมด 29 ชนิด และมีสถานภาพเป็นชนิดพันธุ์ที่หายาก (U) ทั้งหมด 3 ชนิด สัตว์น้ำพลอยจับได้ชนิดเด่นเป็นกลุ่มปู ได้แก่ ปูหนุมาน (*Matuta victor*) คิดเป็นร้อยละ 17.91 ปูฤาษีฟันเลื่อย (*Calappa philargius*) คิดเป็นร้อยละ 16.76 และปูเป้ (*Dorippe quadridens*) คิดเป็นร้อยละ 12.71 สำหรับปลาที่พบเป็นสัตว์น้ำพลอยจับได้ เช่น ปลาลิ้นหมา (*Cynoglossus macrolepidoyus*) ปลากระบาง (*Dasyatis imbricatus*) และปลาหูช้าง (*Platax teira*)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ความหลากชนิดและความชุกชุมของปูจากการทำประมงอวนจมปู บริเวณเกาะกูด จังหวัดตราด

ผลการศึกษาพบความหลากชนิดของปูทั้งหมด 22 ชนิด 17 สกุล และ 10 วงศ์ รวมทั้งหมด 289 ตัว โดยพบว่าบริเวณเกาะไม้ซี้พบความชุกชุมของปูมากกว่าในบริเวณเกาะแรด แต่พบความหลากชนิดน้อยกว่าในบริเวณเกาะแรด โดยพื้นที่เกาะแรดพบปูทั้งหมด 19 ชนิด 14 สกุล และ10 วงศ์ ส่วนพื้นที่เกาะไม้ซี้ พบปูทั้งหมด 15 ชนิด 11 สกุล และ 10 วงศ์ ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีความหลากหลายของปูในพื้นที่เกาะแรดที่มีค่ามากกว่าเกาะไม้ซี้ โดยมีค่าเท่ากับ 1.965 และ 1.700 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีความหลากหลายของปูจากการทำประมงอวนจมปูม้าในพื้นที่อื่น ๆ เช่น บริเวณอ่าวปัตตานี พบว่าการศึกษาในครั้งนี้ มีค่าน้อยกว่า โดยในอ่าวปัตตานี พบค่าดัชนีความหลากหลายของปู เท่ากับ 3.96 ซึ่งจากรายงานพบว่าหาก H’ มีค่าประมาณหรือน้อยกว่า 1.5 หมายความว่า มีความหลากหลายทางชีวภาพอยู่ในระดับต่ำ หาก H’′ มีค่าประมาณหรือมากกว่า 3.5 หมายความว่า มีความหลากหลายทางชีวภาพที่อยู่ในระดับสูง (Magurran, 2004) นั่นหมายความว่าความหลากหลายทางชีวภาพของปูในบริเวณเกาะกูดนั้นยังค่อนข้างน้อย ซึ่งอาจจะเป็นเพราะการศึกษาในครั้งนี้ศึกษาในพื้นที่ใกล้แนวปะการังที่มีการฟื้นฟู จึงอาจทำให้พบความหลากหลายทางชีวภาพของปูน้อย สำหรับปูชนิดเด่นทั้งในบริเวณเกาะแรด และเกาะไม้ซี้ คือ ปูม้า (*Portunus pelagicus*) โดยเกาะแรดพบทั้งหมด 82 ตัว คิดเป็นร้อยละ 60.29 เกาะไม้ซี้พบทั้งหมด 56 ตัว คิดเป็นร้อยละ 36.60 และพบความชุกชุมในฤดูร้อนมากกว่าฤดูฝน อย่างไรก็ตามเมื่อนำไปทดสอบทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของความชุกชุมของปูในพื้นที่เกาะแรด และเกาะไม้ซี้ และในแต่ละฤดูกาล และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมของปู และปัจจัยทางกายภาพ บริเวณเกาะกูด จังหวัดตราด นอกจากนี้พบสัตว์น้ำพลอยจับได้กลุ่มเด่น ได้แก่ กลุ่มปู เช่น ปูหนุมาน (*Matuta victor*) และปูฤๅษีฟันเลื่อย (*Calappa philargius*) เป็นต้น ในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม พบว่าปูหนุมาน เมื่อถูกจับขึ้นมาจะมีพฤติกรรมใช้ก้ามหนีบลูกปูหนุมานขึ้นมาด้วย

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Khanadee *et al*. (2014) ที่ศึกษาความหลากชนิดของสัตว์น้ำพลอยจับได้ จากการทำประมงอวนจมปูม้าในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ที่พบว่ากลุ่มปูเป็นหนึ่งในสัตว์น้ำพลอยจับได้หลัก นอกเหนือจากกลุ่มปลา และกลุ่มหอย แต่ชนิดของปูมีความแตกต่างกันและพบว่าปูดาว (*Portunus sanguinolenthus*) เป็นสัตว์น้ำพลอยจับได้ชนิดเด่น แต่สำหรับงานวิจัยนี้พบปูหนุมาน (*Matuta victor*) เป็นสัตว์น้ำพลอยจับได้ชนิดเด่น คิดเป็นร้อยละ 36.60 นอกจากนี้ยังพบว่าในพื้นที่วิจัย ได้แก่ เกาะไม้ซี้ พบร้อยละของปูม้าที่จับได้จากการทำประมงปูม้าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Buatip *et al.* (2021) ที่ศึกษาสัตว์น้ำพลอยจับได้จากประมงอวนจมปู ในจังหวัดปัตตานี พบว่าการจับปูม้าร้อยละ 34.87 ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ ที่พบร้อยละ 36.60 และพบค่าการจับปูม้าสูงมากในพื้นที่เกาะแรด ที่พบค่าสูงถึงร้อยละ 60.29 และพบว่ากลุ่มปูเป็นสัตว์น้ำพลอยจับได้หลักเช่นเดียวกัน ซึ่งยืนยันผลการศึกษาของงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าอวนจมปู เป็นเครื่องมือประมงที่มีศักยภาพในการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของปู (Promdum, 2004; Jaingam *et al*., 2007) นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังพบว่ามีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Srikum *et al*. (2012) ที่ศึกษาองค์ประกอบของสัตว์น้ำจากการทำประมงอวนจมปูม้าบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ผลการศึกษาพบว่าปูเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มหลักในเครื่องมืออวนจมปู คิดเป็นร้อยละ 78.95

ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแหล่งที่อยู่อาศัยบริเวณชายฝั่ง โดยเฉพาะระบบนิเวศปะการัง ในพื้นที่เกาะกูด จังหวัดตราด ที่ทำหน้าที่เชิงนิเวศบริการ คือเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอาหาร และแหล่งหลบภัยของปูหลากหลายชนิด (Shah, 2004) โดยเฉพาะปูม้า ซึ่งเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของชุมชนประมงพื้นบ้านอ่าวไทยตะวันออก และยังบ่งชี้ด้วยว่าแนวปะการังที่ได้รับการฟื้นฟู สามารถกลับมาทำหน้าที่เชิงนิเวศได้ โดยพบองค์ประกอบของปูที่ใช้แนวปะการังเป็นที่อยู่อาศัย (Residence) หลายชนิด เช่น ปูหินอินโดแปซิฟิก (*Charybdis helerii*) ปูเสฉวนยักษ์ (*Dardanus megistos*) ปูใบ้หลังเต่า (*Atergatis integerrimus*) และปูฟองน้ำ (*Lauridromia dehaani*) (Ferry, 2017; Tavares and Amoroux, 2003; Hogarth *et al*., 2012; Wisespongpand *et al*., 2013) โดยปูเหล่านี้พบว่าเป็นปูชนิดเด่นที่อยู่อาศัยแนวปะการังเป็นแหล่งอาศัยหลัก โดยหาอาหารเป็นปลา และครัสเตเชียนขนาดเล็ก การวิจัยในเร็วๆ นี้พบว่าปูที่อยู่อาศัยหลักบางชนิด เป็นกุญแจหลักที่ทำให้ปะการังรอดชีวิต เช่น ป้องกันจากสัตว์ทะเลอื่นๆ ที่กินปะการังเป็นอาหาร โดยการไล่หรือกินสัตว์เหล่านั้น งานวิจัยเดียวกันนี้ยังพบว่าความหลากหลายของปูในแนวปะการังจะเป็นตัวป้องกันการล่าปะการัง นั่นจึงเป็นเหตุผลว่าทำไมความหลากหลายทางชีวภาพจึงมีความสำคัญต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในแนวปะการัง และเป็นทรัพยากรที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นพันชนิด ซึ่งก็รวมทั้งมนุษย์ด้วย (Smithsonian insider, 2014)

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้ จะมีการนำไปใช้ในการเป็นข้อมูลในการวางแผนการฟื้นฟูแนวปะการัง ในพื้นที่เกาะกูด จังหวัดตราด เพื่อเสนอให้พื้นที่บางบริเวณเป็นพื้นที่คุ้มครอง (Marine protected area, MPAs) และการจัดทำมาตรการในพื้นที่คุ้มครอง ตามพระราชบัญญัติการบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่งและทะเล มาตราที่ 20 และ 23 ซึ่งเป็นเครื่องมือในการดำเนินนโยบายการอนุรักษ์แหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติตามแนวชายฝั่งและทะเล อย่างมีส่วนร่วม เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนตามหลัก SDGs และจัดทำเป็นฐานข้อมูลทรัพยากรท้องถิ่น ขององค์การบริหารส่วนตำบลเกาะกูด ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเปรียบเทียบสถานภาพของทรัพยากรปูม้า จากการดำเนินนโยบายธนาคารปูม้า ตามมติคณะรัฐมนตรี ของพื้นที่เกาะกูด จังหวัดตราด ของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกภาคส่วน ในการที่จะส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียน (BCG) อันเป็นฐานรากของชุมชนประมง และเป็นส่วนหนึ่งของเศรษฐกิจสีน้ำเงินของประเทศที่ตั้งเป้าหมายไว้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

Buatip, S., K. Rittiboon, S. Saengkaew, P. Thangroy, S. Jantarat, P. Yesin, C. Chavavongsa and D. Kanirae. 2021. Bycatch from Bottom Crab Gillnet Fishery in Pattani Province. Burapha Science Jouurnal 26(1): 572-592.

Department of Fisheries. 2019. **Fisheries Statistics of Thailand 2016**. Paper No.9/2019. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]

Ferry, R. 2017. First record of the invasive swimming crab *Charybdis hellerii* (A. Milne Edwards, 1867) (Crustacea, Portunidae) off Martinique, French Lesser Antilles. **BioInvasions Records** 6(3): 239-247.

Hogarth, P., F. Gherardi and P.A. McLaughlin. 2012. Hermit crabs (Crustacea Decapoda Anomura) of the Maldives with the description of a new species of Catapagurus A. Milne Edwards 1880. **Tropical Zoology** 11(1): 149-175.

Jaingam, W., P. Wisespongpand, and T. Thamrongnawasawat. 2007. Species diversity of crabs from bottom gill net fisheries in Thailand. pp. 603-612. *In* **Proceedings of 45th Kasetsart University Annual Conference: Veterinary Medicine, Fisheries**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]

Khanadee, U., K. Bounoum, J. Promsuk and C. Kunsook. 2014. Species diversity of bycatch from the crab gill net fishery in Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province. pp. 307-319. *In* **Proceedings of 2nd PKRU Conference.** Phuket: Phuket Rajabhat University. [in Thai]

Kunsook, C. 2011. **Assessment of Stock and Movement Pattern of Blue Swimming Crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) for sustainable management: case study in Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province**. Doctoral Dissertation. Chulalongkorn University. 15 p.

Kunsook C, N. Gajaseni and N. Paphavasit. 2017. Species diversity and abundance of marine crabs (Portunidae: Decapoda) from a collapsible crab trap fishery at Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province, Thailand. **Tropical Life Science Research** 28(1): 45-67.

Magurran, A.E. 2004. **Measuring Biological Diversity**. Oxford: Blackwell Publishing. 256 p.

Promdam, R. 2004. **Taxonomy of Marine Crabs from Pattani Province**. Special problems Bachelor of Science. Songkla: Department of Technology and Industry, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University. 23 p. [in Thai]

Shah, A. 2004. **Coral reefs: ecosystems of environmental and human value**. [Online]. Available http://www.globalissues.org/EnvIssues/Biodiversity/CoralReefs.asp (22 January 2007).

Shannon, C.E. 1949. Mathematical theory of communication. **Bell System Technical Journal** 27: 379-423.

Smithsonian Insider. 2014. **Diversity of resident crabs is key to coral survival**. [Online]. Available http://www.insider.si.edu/2014/09/32538/ (21 August 2021).

Srikum, T. and P. Binraman. 2003. **Study on Efficiency of Crab Gill Net**. Bangkok: Marine Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 10 p. [in Thai]

Srikum, T., P. Binraman, and S. Jaipium. 2012. **Crab Gill Net Fishery along the Eastern Gulf of Thailand**. Bangkok: Marine Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 41 p.[in Thai]

Supongpan, M., S. Chitrapong and K. Klinrod. 1989. **Crab floating net fishery**. 92 p. *In* Technical Paper of Fishermen Seminar with Conservation of Aquatic Animal Species. Bangkok: Department of Fishery.

Tavares, M. and J.M. Amouroux. 2003. First record of the non-indigenous crab *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) from French Guyana (Decapoda, Brachyura, Portunidae). **Crustaceana** 76: 625-630.

Thamrongnawasawat, T. and P. Wisespongpand. 2007. **Andaman Guideline: Sea Crab of Thailand**. 1st. ed. Bangkok: BaanBhra Arthit Press. 336 p. [in Thai]

Thaweesak, C.A., M. Boutson, K. Kaewnern and T. Arimoto. 2015. Study on Bycatch and Discards of Bottom Crab Gillnet Targeting Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*) in Rayong Province, Thailand. pp. 1-3 *In* **SEAFDEC Technical Seminar 2015**. Samut Prakan: SEAFDEC Technical Seminar.

Wisespongpand, P., T. Thamrongnavasawat, and A. Chankong. 2013. Preliminary Study of Life History and Toxicity of Red Egg Crab (*Atergatis integerrimus*) at coastal habitat of Mu Koh Mun, Rayong Province. p 365-372. *In* **Proceedings of 51st Kasetsart University Annual Conference: Veterinary Medicine, Fisheries.** Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]

Session 3

ภาคบรรยาย

การนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ในการบริการผ่านสมาร์ตโฟน ของโรงแรมในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร

Applying Application on Smart Phone for the Hotel in Bangkok Area

ริศภพ ตรีสุวรรณ* สัญลักษณ์ กิ่งทอง วัชระ เพิ่มชาติ กฤษฎางค์ ศุกระมูล และวิษณุ ภูเก้าแก้ว

Rissaphop Treesuwan*, Sanyaluck Kingthong, Watchara Permchart

Krissadang Sookramoon and Wisanu Phukaokaew

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180

Mechanical Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology

Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathum Thani, Thailand 13180

*Corresponding author: rissaphop.tree@vru.ac.th

Abstract

The purpose of this study was to study the level of application implementation. Service level via smartphone and the application that affect the service through the hotel's smartphone The study population consisted of 627 hotels that received the Amazing Thailand Safety and Health Administration (SHA) standard in the Bangkok area. The sample was 244 managers of information technology department.

The results of the study on the level of using hotel application, it was found that the level of using hotel application was at a moderate level by adding service channels modern branding to support changing consumer behavior reservation systems and future technology integrations have moderate application adoption.

The results of the study on the level of service via smart phone found that the hotel service via smart phone was at a moderate level, with mobile payment, mobile booking, service via smart phone at a high level, while online check-in/out, mobile guest services and to improve the efficiency of work, there is a moderate level of service via smart phone.

The using of hotel application that affected the service via the smart phone of the hotel by 65.00 percent with a statistical significance of 0.01.

Keywords: smart phone, application, hotel

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ ระดับการบริการผ่านสมาร์ตโฟน และการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ที่ส่งผลต่อการบริการผ่านสมาร์ตโฟนของโรงแรม ประชากรที่ทำการศึกษา คือ โรงแรมที่ได้รับมาตรฐาน Amazing Thailand Safety and Health Administration (SHA) ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 627 แห่ง กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้จัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 244 คน

ผลการศึกษาระดับการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ของโรงแรม พบว่าโรงแรมมีการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้อยู่ในระดับปานกลาง โดยการเพิ่มช่องทางในการให้บริการ การสร้างแบรนด์ให้ทันสมัย การรองรับพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป ระบบการจองห้องพักและการรวมเทคโนโลยีในอนาคตมีการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้อยู่ในระดับปานกลาง

ผลการศึกษาระดับการบริการผ่านสมาร์ตโฟน พบว่าโรงแรมมีการบริการผ่านสมาร์ทโฟน อยู่ในระดับปานกลาง โดยการชำระเงินผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile payment) การจองผ่านห้องพักผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile booking) มีการบริการผ่านสมาร์ตโฟน อยู่ในระดับมาก ส่วนการลงทะเบียนเพื่อเข้าพัก/ออกจากห้องพัก (Online Check-in/out) การให้บริการผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile guest services) และการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมีการบริการผ่านสมาร์ตโฟน อยู่ในระดับปานกลาง

การนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ส่งผลต่อการบริการผ่านสมาร์ตโฟนของโรงแรมร้อยละ 65.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: แอปพลิเคชัน สมาร์ตโฟน โรงแรม

คำนำ

การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ไม่เพียงส่งผลกระทบต่อธุรกิจท่องเที่ยวและโรงแรมในระยะสั้น หากยังส่งผลระยะยาวผ่านการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของโลก ซึ่งก่อให้เกิดพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป การท่องเที่ยวที่ตอบโจทย์รายบุคคลมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการดำเนินธุรกิจที่เน้นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ รวมถึงความใส่ใจในสุขภาพและอนามัย ภูมิทัศน์ของการท่องเที่ยวที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลต่อรูปแบบความต้องการของนักท่องเที่ยวและรูปแบบทางธุรกิจของผู้ประกอบการโรงแรม ที่ผ่านมาเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิต ตั้งแต่การสื่อสาร การเรียนรู้ ความคิด กระทั่งพฤติกรรมการบริโภค ส่งผลให้ผู้ประกอบการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการดำเนินธุรกิจ อาทิ ระบบการจองและชำระเงินแบบออนไลน์ อีกทั้งยังใช้เป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการตลาด เริ่มตั้งแต่การสื่อสารสร้างแรงบันดาลใจให้อยากใช้บริการ ใช้เป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกขณะอยู่ในโรงแรมหรือที่พัก ตลอดจนมีระบบการประเมินหลังการใช้บริการ กระทั่งต่อยอดให้เกิดการกลับมาใช้บริการซ้ำ ทั้งนี้ ภายใต้ฐานวิถีชีวิตใหม่ (New normal) หลังวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (เช่น การรักษาระยะห่าง การลดการสัมผัสโดยตรง) ธุรกิจท่องเที่ยวและโรงแรมมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีมาใช้งานมากขึ้นเป็นเท่าทวี เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับนักท่องเที่ยว

และรักษาความสามารถในการแข่งขัน นอกจากนี้ เทคโนโลยีสมัยใหม่ยังช่วยยกระดับห่วงโซ่คุณค่าการท่องเที่ยว ซึ่งมีความซับซ้อนเนื่องจากเป็นภาคเศรษฐกิจที่เชื่อมโยงกับกลุ่มธุรกิจจำนวนมาก อาทิ โรงแรม บริษัทนำเที่ยว การขนส่ง ธุรกิจอาหาร ค้าปลีก ผู้จัดส่งวัตถุดิบ ผู้ประกอบการธุรกิจท้องถิ่น ฯลฯ ช่วยให้ผู้ประกอบการในห่วงโซ่สามารถเชื่อมโยงกันผ่าน แพลตฟอร์มต่าง ๆ รวมถึงพัฒนาต่อยอดธุรกิจเพื่อตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวที่แตกต่างและหลากหลาย

การนำเทคโนโลยีมาเปลี่ยนแปลงรูปแบบการดำเนินธุรกิจโรงแรม เช่น การใช้หุ่นยนต์และปัญญาประดิษฐ์ (Robotics and Artificial Intelligence) อาทิ หุ่นยนต์ในแผนกต้อนรับ การเช็คอินเข้าห้องพักด้วยหุ่นยนต์ หุ่นยนต์ให้ข้อมูลการท่องเที่ยวที่สามารถประมวลผลการแปลภาษาอัตโนมัติ หุ่นยนต์ส่งกระเป๋าเดินทางและบริการในห้องพัก หุ่นยนต์ทำความสะอาดเชื้อโรคโดยระบบ UV หุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย เป็นต้น ขณะที่นวัตกรรมปัญญาประดิษฐ์สามารถสื่อสารตอบโต้กับมนุษย์ได้เสมือนมนุษย์จริง ทั้งยังสามารถทำงานที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิผล การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ภายในห้องพัก (Internet of Things: IoT) เป็นการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เข้าพักและตอบโจทย์พฤติกรรมการลดการสัมผัสโดยตรง นอกจากนี้ยังสร้างประสบการณ์ท่องเที่ยวแบบใหม่ อาทิ ห้องพักอัจฉริยะ (Smart hotel rooms) ซึ่งผู้เข้าพักสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องจากจุดเดียว การเชื่อมระบบควบคุมจากอุปกรณ์มือถือ หรือการใช้เสียงควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ปรับความสว่าง อุณหภูมิ เปิดปิดโทรทัศน์ ลำโพง เป็นต้น การใช้เทคโนโลยีวิเคราะห์ข้อมูล (Data analytics) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big data) อย่างเป็นระบบเพื่อช่วยผู้ประกอบการนำเสนอบริการและผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวรายบุคคล เช่น การเสนอแพ็กเกจท่องเที่ยวที่ตรงใจ ด้วยจังหวะเวลาและช่องทางที่เหมาะสม รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตเพื่อคาดการณ์การเติบโตของอุปสงค์ แนวโน้มตามฤดูกาล และความชื่นชอบของนักท่องเที่ยว ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในโซเชียลมีเดียเพื่อดูแนวโน้มตลาดและความสนใจของนักท่องเที่ยว หากผู้นักท่องเที่ยวได้รับในสิ่งที่ไม่ตรงกับความสนใจ จะส่งผลเสียต่อการรับรู้ (Garrod and Fyall, 2000) แนะนำว่ากลยุทธ์ส่วนประสมการส่งเสริมการขายของโรงแรมสามารถรับประกันการรักษาลูกค้าได้และสร้างความความภักดีได้

เทคโนโลยีดิจิทัลและอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ ทำให้ผู้บริโภคสามารถเชื่อมต่อกับข้อมูลข่าวสารได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว โดยในปัจจุบัน Deloitte คาดว่ามากกว่า 80% ของประชากรโลกมีสมาร์ตโฟนอย่างน้อย 1 เครื่อง ขณะเดียวกัน ประชากรประมาณ 33% ในประเทศพัฒนาแล้ว และ 50% ในประเทศกำลังพัฒนาใช้มือถือภายในห้านาทีหลังจากตื่นนอน แสดงให้เห็นว่า คนจำนวนมากใช้อุปกรณ์อัจฉริยะ (Smart devices) เป็นประจำโดยเฉพาะการติดต่อสื่อสารและค้นหาข้อมูล ความไว้วางใจและความพึงพอใจที่มีต่อความตั้งใจที่จะซื้อออนไลน์ (Anderson and Srinivasan, 2003) นักท่องเที่ยวสามารถสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ ได้ง่าย นอกจากนี้ ผู้ประกอบการท่องเที่ยวและโรงแรมสามารถทำการตลาดผ่าน Social media หรือใช้ Application ต่าง ๆ อาทิ การจองห้องพัก (โดยตรงกับโรงแรมและผ่าน OTA) การจองรถ แผนที่ดิจิทัล เป็นต้น การเน้นงานในการให้บริการการดำเนินงานและการส่งมอบ จะทำให้บริษัทบริการสามารถประสบความสำเร็จในการใช้ทรัพยากรทางเทคโนโลยีใน และเพิ่มความสามารถในการทำกำไรได้สูงขึ้นอีกด้วย (Kim *et al.* 2012)

ในปัจจุบันโรงแรมในประเทศไทยได้มีการใช้แอปพลิเคชัน เช่น แอปพลิเคชันที่ชื่อ Worldwide เป็นการแนะนำเรื่องโรงแรม การจองห้องพักหรือข้อเสนอพิเศษอื่น ๆ จุดเด่นที่น่าสนใจ คือ สามารถใช้เป็นแอปพลิเคชันสำหรับฟังเพลงได้ที่ชื่อ ALICE – Hotel App & Concierge Service เน้นความเรียบง่ายในการใช้งานของผู้ใช้ โดยกลุ่มเป้าหมายมักจะเป็นโรงแรมระดับกลางหรือระดับล่างที่ต้องการพันธมิตรทางธุรกิจ ซึ่งยังมีแอปพลิเคชันแยกสำหรับผู้ให้บริการอีกด้วย โดยไม่ต้องสร้างแอปพลิเคชันขึ้นมาเองทั้งหมด Marriott International เป็นรูปแบบการให้บริการพิเศษสำหรับตระกูล iOS ที่ครอบคลุมถึง Apple Watch โดยเน้นให้บริการและข้อเสนอพิเศษแก่สมาชิกของโรงแรม นอกจากนี้ ยังมีการเก็บแต้มและใช้แต้มสะสมผ่านแอปพลิเคชันได้กับโรงแรม Marriott ทั่วโลกอีกด้วย โดยแอปพลิเคชันตัวนี้สามารถรองรับภาษาการใช้งานได้ถึง 5 ภาษา ได้แก่ ภาษาอังกฤษ ภาษาฝรั่งเศส ภาษาสเปน ภาษาเยอรมนีและภาษาจีน Hilton Honors เป็นการให้บริการที่ครอบคลุมโรงแรมในเครือ Hilton ทั้งหมด สามารถใช้กุญแจแบบดิจิทัล เพื่อการเข้าถึงห้องพักของคุณได้โดยตรงทันที สามารถสั่งรายการพิเศษได้จากแอปพลิเคชันทันที สามารถใช้แต้ม Hilton Honors เพื่อแลกห้องพักฟรี ในขณะที่อินเทอร์เน็ตมีโอกาสมากมายสำหรับการเดินทางและการท่องเที่ยว ในธุรกิจการพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมต่อกับนักเดินทางมันยังก่อให้เกิดความท้าทายมากมาย ธุรกิจท่องเที่ยวและการท่องเที่ยววันนี้ต้องระบุวิธีการและเส้นทางการดำเนินธุรกิจโรงแรมสู่ความยั่งยืน เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการให้บริการ (Morgan and Hunt, 1999)

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่องการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ในการให้บริการผ่านสมาร์ตโฟนของโรงแรม ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร เพื่อช่วยยกระดับความสามารถของผู้ประกอบการในธุรกิจโรงแรมให้สามารถตอบสนองลูกค้าได้ดีขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) ประชากรที่ใช้ในการวิจัย โรงแรมที่ได้รับมาตรฐาน Amazing Thailand Safety and Health Administration (SHA) ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้จัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศของโรงแรม จำนวน 627 คน การเลือกกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้จัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 627 คน ซึ่งกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ ทาโร ยามาเน่ (Yamane, 1967) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 244 คน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบถาม ขั้นตอนในการสร้างแบบสอบถาม สร้างข้อคำถามให้ครอบคลุมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และกรอบแนวคิดของการวิจัย โดยแบ่งเป็น 3 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 ปัจจัยสภาพเศรษฐกิจและสังคมของผู้จัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศ ประกอบด้วย เพศ อาชีพ ระดับการศึกษา อายุ รายได้ ส่วนที่ 2 การนำแอพพลิเคชั่นมาประยุกต์ใช้ของโรงแรม ส่วนที่ 3 การบริการผ่าน Smart phone ของโรงแรม ส่วนที่ 2 และ 3 ข้อ

คำถามมีลักษณะเป็นคำถามแบบปลายปิดที่ให้ผู้ตอบเลือกตอบตามระดับความคิดเห็นซึ่งคำตอบมี 5 ตัวเลือก มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามจากกลุ่มที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ราย เพื่อนำมาคำนวณหาความสัมพันธ์สำหรับการประมาณค่าความเที่ยงของแบบสอบถามโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบาคมีค่าเท่ากับ 0.910 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.60 ทุกตัวแปร ถือว่ามีความน่าเชื่อถือในระดับมากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อาชีพ ระดับการศึกษา อายุ รายได้ วิเคราะห์โดยค่าสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ระดับการนำแอพพลิเคชั่นมาประยุกต์ใช้ของโรงแรม วิเคราะห์โดยใช้ค่าสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ระดับการบริการผ่าน สมาร์ตโฟนของโรงแรม วิเคราะห์โดยใช้ค่าสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์การนำแอพพลิเคชั่นมาประยุกต์ใช้ที่ส่งผลต่อการบริการผ่าน Smart Phone ของโรงแรม โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Adjusted R2

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นในขั้นตอนที่ 2, 3 วิเคราะห์ระดับความเห็นโดยมีค่าเฉลี่ย 1.00 - 5.00 โดยใช้เกณฑ์ของเบสท์ (Best, 1981)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้จัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศของโรงแรม จำนวน 244 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชายจำนวน 217 คน คิดเป็นร้อยละ 89 และเพศหญิงจำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 11 อายุส่วนใหญ่ 40-50 ปีจำนวน 179 คน คิดเป็นร้อยละ 73 ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับปริญญาตรีจำนวน 190 คน คิดเป็นร้อยละ 78 และส่วนใหญ่มีรายได้จากการประกอบอาชีพต่อเดือน 15,000-25,000 บาท จำนวน 168 คน คิดเป็นร้อยละ 69

ผลการศึกษาระดับการนำแอพพลิเคชั่นมาประยุกต์ใช้ของโรงแรม พบว่า การนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.69 หมายถึง โรงแรมมีการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้อยู่ในระดับปานกลาง โดย การเพิ่มช่องทางในการให้บริการ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.49 รองลงมาคือ การสร้างแบรนด์ให้ทันสมัย มีค่าเฉลี่ย 3.15 การรองรับพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป มีค่าเฉลี่ย 2.50 ระบบการจองห้องพัก มีค่าเฉลี่ย 2.47 และการรวมเทคโนโลยีในอนาคต มีค่าเฉลี่ย 1.84 หมายถึง มีการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้อยู่ในระดับปานกลาง ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Level of using hotel application

Variable	$\overline{X}$	S.D.	Level of using hotel application
Booking system			
Reduced booking through agents	2.10	0.551	Low
Being able to find hotels quickly	2.70	0.538	Moderate
Instant check of availability	2.62	0.562	Moderate
Average	**2.47**	**0.550**	**low**
Increasing service channels			
The ability to know the news of the hotel	3.84	0.590	Very level
The ability to receive news and offers	3.60	0.591	Very level
Reducing advertising costs	3.02	0.583	Moderate
Average	**3.49**	**0.588**	**Moderate**
To support changing consumer behavior			
Respond to consumer behavior	2.30	0.531	Low
More comfortable	2.65	0.535	Moderate
Keeping up with consumer behavior trends	2.55	0.642	Moderate
Average	**2.50**	**0.570**	**Moderate**
Brand modernization			
Creating added value for the brand	3.21	0.550	Moderate
Taking advantage of technology	3.30	0.572	Moderate
To differentiate the brand	2.95	0.554	Moderate
Average	**3.15**	**0.559**	**Moderate**
Future technology integration			
Real environment simulation	2.01	0.620	Low
Using a robot	1.50	0.609	Low
Smart hotel system	2.02	0.631	Low
Average	**1.84**	**0.620**	**Low**
Total average	**2.69**	**0.577**	**Moderate**

ผลการศึกษาระดับการบริการผ่านสมาร์ตโฟน พบว่าการบริการผ่านสมาร์ตโฟน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.26 หมายถึงโรงแรมมีการบริการผ่านสมาร์ตโฟน อยู่ในระดับปานกลาง โดยการชำระเงินผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile payment) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.62 รองลงมาคือ การจองผ่านห้องพักผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile booking) มีค่าเฉลี่ย 3.60

หมายถึง มีการบริการผ่านสมาร์ตโฟน อยู่ในระดับมาก ส่วนการลงทะเบียนเพื่อเข้าพัก/ออกจากห้องพัก (Online check-in/out) มีค่าเฉลี่ย 3.10 และการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน มีค่าเฉลี่ย 2.59 หมายถึง มีการบริการผ่านสมาร์ตโฟน อยู่ในระดับปานกลาง ดังแสดงใน Table 2

Table 2 service level via smart phone

Variable	$\overline{X}$	S.D.	Service level via smart phone
Mobile pooking			
Hotel booking	3.64	0.543	High
More convenient	3.60	0.520	High
Opening for reservations while traveling	3.55	0.551	High
Average	**3.60**	**0.538**	**High**
Online check-in/out			
Check-in or check-out	3.65	0.562	High
Ability to reduce steps	3.12	0.554	Moderate
Ability to reduce time	3.20	0.567	Moderate
Average	**3.32**	**0.561**	**Moderate**
Mobile guest services			
Ordering food and beverages	3.30	0.521	Moderate
Purchasing services provided by the hotel	3.32	.542	Moderate
Other add-on services	3.01	.501	Moderate
Average	**3.10**	**0.521**	**Moderate**
Mobile payment			
Payment	3.70	0.531	High
The system is simple and easy to use	3.62	0.520	High
Connecting to other systems	3.55	0.515	High
Average	**3.62**	**0.522**	**High**
Performance enhancement			
Increase work flexibility	2.81	0.569	Moderate
Used in a variety of departments	2.40	0.535	Low
Mobile performance report	2.55	0.561	Moderate
Average	**2.59**	**0.555**	**Moderate**
Total average	**3.26**	**0.540**	**Moderate**

การทดสอบสมมติฐาน การนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ส่งผลต่อการบริการผ่าน Smart phone ของโรงแรม ร้อยละ 65.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Using of hotel application that affects the hotel service via the smart phone

Variable	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1.312	0.101		114.21	0.000
Using of hotel application	0.640	0.030	0.601	15.410	0.000
Adjusted R^2 = 0.650, F = 1230.070, SEE = 0.20321, Sig. = 0.000** α = 0.05					

วิจารณ์ผลการวิจัย

โรงแรมมีระบบการจองห้องพักที่ทันสมัย การจองผ่านตัวแทนลดลง สามารถค้นหาโรงแรมได้รวดเร็วและตรวจสอบห้องว่างได้แบบทันที มีการจองโรงแรมผ่านแอพพลิเคชั่นมือถือ สามารถจองได้สะดวกมากขึ้น มีการให้ลูกค้าหรือเช็คเอาท์ผ่านมือถือสามารถช่วยลดขั้นตอน ลดเวลาในการเช็คอินเช็คเอาท์ โดยการข้ามขั้นตอนทำให้ลูกค้าไม่ต้องเสียเวลา เมื่อเดินทางมาถึงก็สามารถเข้าห้องพักได้เลย และการให้บริการผ่านมือถือโดยระหว่างที่ลูกค้ากำลังเข้าพักอยู่ที่โรงแรม สามารถสั่งอาหาร เครื่องดื่มหรือซื้อบริการผ่านแอพพลิเคชั่นของโรงแรมได้ และใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน เพิ่มความคล่องตัวในการทำงาน ใช้ในหลากหลายแผนก การดูรายงานการทำงานต่าง ๆ เกี่ยวกับโรงแรมผ่านโทรศัพท์มือถือ (Chamaram, 2017) การสร้างความตระหนักในแง่ของการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือ ในการเสาะแสวงหาและการได้มาซึ่งบุคคลากรที่มีความรู้ ทักษะ สมรรถนะ คุณภาพ ตลอดจนมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุดจากกลุ่มบุคคลากรที่มาสมัครงานให้เข้ามาทำงานในตำแหน่งงานที่องค์การต้องการ จะช่วยเสริมสร้างขีดความสามารถทางการแข่งขันให้กับองค์การทั้งในระยะสั้นและในระยะยาว เพื่อให้สอดรับกับรูปแบบและวิธีการทำงานใหม่ในยุคประเทศไทย 4.0

โรงแรมมีการเพิ่มช่องทางในการให้บริการ ให้ลูกค้าความสามารถรับรู้ข่าวสารของโรงแรม ผ่านระบบจองบนเว็บไซต์โรงแรมที่รวมเครื่องมือต่าง ๆ ทางการตลาดเข้าไว้ด้วยกัน เช่น ระบบจองหลัก ระบบขายเซอร์วิสและอัพเกรดเพิ่มเติม ระบบเทคนิคในการใช้ประโยชน์หรือจัดการกับสินค้าในธุรกิจบริการ (Yield Management) ระบบจ่ายเงิน เป็นการมีระบบจองที่ชาญฉลาดสามารถช่วยให้โรงแรมสามารถหารายได้เข้าโรงแรมมากขึ้นผ่านของทางการให้บริการระบบจองห้องพักบนอินเตอร์เน็ต ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการลดการพึ่งพา OTAs ให้น้อยลง (Pinchomsang and Jantarakolica, 2018) ระบบเครือข่ายของโรงแรมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการตัดสินใจ โดยพิจารณาถึงการได้มาตรฐานระดับสากลของโรงแรมถ้ามีระบบเครือข่ายโรงแรมจะช่วยให้ง่ายต่อการตัดสินใจได้เร็วมากขึ้น แต่ถ้าเป็นกรณีไม่มีระบบเครือข่ายของโรงแรมจะต้องพิจารณาจากปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ระดับดาวที่เป็นมาตรฐานโรงแรม กระบวนการ

ให้บริการ และผลตอบรับจากลูกค้าอื่น ๆ ที่เคยเข้าพักที่มีการติชมมา การส่งเสริมการขาย เป็นต้น นอกจากนี้ความใหม่ของโรงแรมทำให้มีผลต่อการตัดสินใจเลือกพัก

การรองรับพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนไปตอบสนองพฤติกรรมผู้บริโภค มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น การก้าวทันกระแสพฤติกรรมของผู้บริโภค โรงแรมได้ทำการตลาดออนไลน์ด้วยช่องทางของตัวเองสำเร็จจะมีอัตราการทำกำไรสูงกว่าโรงแรมที่ใช้ช่องทางของคนอื่นในการหาลูกค้า เว็บไซต์ของโรงแรมจะเป็นคีย์แมนในการปิดการขายซึ่งจะเป็นด่านสุดท้ายที่จะเปลี่ยนลูกค้าจากทุกช่องทางออนไลน์ของโรงแรม ไม่ว่าลูกค้าจะมาจากสื่อโซเชียลมีเดียต่าง ๆ เช่น Facebook หรือการที่ลูกค้าเข้ามาจากการแนะนำผ่าน Meta search เช่น TripAdvisor สุดท้ายเว็บไซต์โรงแรมจะเป็นที่สุดท้ายที่ลูกค้าจะต้องเข้ามาเพื่อยืนยันการจอง (Ketkaew *et al.*, 2020) ทฤษฎีการยอมรับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของลูกค้าต้องพิจารณาปัจจัยทั้ง ได้แก่ ปัจจัยภายนอก การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความง่าย อิทธิพลจากสังคม ความเข้ากันได้กับสิ่งที่มีอยู่เดิม สภาพสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้ ความคุ้มค่าด้านราคา การได้ทดลองใช้ก่อน การสังเกตเห็นผลได้ นิสัย แรงกระตุ้นด้านความบันเทิงและทัศนคติ จะทำให้นักการตลาดและนักพัฒนาโปรแกรมสามารถนำไปเป็นแนวทางสร้างให้ลูกค้าเกิดการยอมรับสูงขึ้น

การสร้างแบรนด์ให้ทันสมัย การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับแบรนด์ การนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ประโยชน์เพื่อสร้างความแตกต่างให้กับแบรนด์ ด้วยการเพิ่มช่องทางการตลาดที่มีมากขึ้น (Chunwitayawuid and Benjarongkakij, 2009) การโฆษณาและบทความเชิงโฆษณาทางสื่อสิ่งพิมพ์มีผลต่อการรู้จักตราสินค้า ส่วนประสิทธิผลของการโฆษณา และบทความเชิงโฆษณาทางสื่อสิ่งพิมพ์มีผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคในด้านความเข้าใจเนื้อหา ความน่าเชื่อถือและความตั้งใจซื้อ ลูกค้ามาจากหลากหลายแหล่งมากขึ้น โรงแรมมีระบบที่ช่วยจัดการข้อมูลการจองต่าง ๆ อย่างเป็นระบบและชาญฉลาด ระบบที่ช่วยจัดการข้อมูลการจองต้องทำให้โรงแรมสามารถจัดการข้อมูลได้จากที่เดียว ช่วยลดเวลาในการจัดการ ลดขั้นตอนการทำงาน และช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดจากการจัดการข้อมูลที่ไม่มีประสิทธิภาพโดยคน ข้อมูลการจองจากช่องทางต่าง ๆ ต้องถูกรวมไว้ในที่เดียว ที่โปรแกรมโรงแรมหลัก (PMS) จะเป็นตัวหลักในการทำให้สิ่งนี้เกิดขึ้น เพราะจะต้องมีการ Interface กับระบบต่าง ๆ เพื่อดึงข้อมูลจากช่องทางต่าง ๆ เข้ามากองไว้ในระบบเพื่อให้โรงแรมสามารถจัดการข้อมูลการจองผ่าน PMS ได้ที่เดียว

การรวมเทคโนโลยีในอนาคต การจำลองสภาพแวดล้อมจริง การใช้หุ่นยนต์ ระบบโรงแรมอัจฉริยะ เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมจริง (Virtual reality) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเห็นภาพโดยไม่ต้องไปในสถานที่จริง ซึ่งภาพที่เห็นจะมีความเสมือนจริงอย่างมากเพราะเป็นภาพสามมิติ นอกจากเห็นภาพแล้วยังสามารถใส่เสียงเพื่อเพิ่มความสมจริงเข้าไปได้อีก โรงแรมสามารถนำไปใช้ในการตลาดโดยให้ลูกค้าที่สนใจจะเข้าพักโรงแรมสวมใส่แว่นสำหรับการจำลองสภาพแวดล้อมจริงเพื่อสำรวจโรงแรมในแบบจำลองก่อนเข้าพัก เพื่อให้เห็นภาพจริง บรรยากาศจริง ที่ถูกจำลองขึ้นมา นอกจากนี้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำงานร่วมกันได้ ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ มีสมองขึ้นมา ช่วยให้ทุกสิ่งทุกอย่างเกิดความเป็นอัตโนมัติเพิ่มความสะดวกสบายแก่ลูกค้าที่เข้าพัก (Xu *et al.* 2020) การให้บริการของหุ่นยนต์ พิจารณาโดยหลักสามประการคือ พนักงาน ลูกค้า และตัวธุรกิจ จากมุมมองของพนักงาน ความเป็นผู้นำที่มีประสิทธิภาพคือ ต้องมีการสื่อสารที่ชัดเจนทส่งเสริมวัฒนธรรมที่เปิดกว้างเกี่ยวกับโอกาสของเทคโนโลยีใหม่ ๆ และกระตุ้นให้พนักงานยอมรับการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้ต้องมีการอบรมและฝึกฝนทักษะใหม่ ๆ

ทุกระดับ รวมทั้งความเป็นผู้นำมีแนวทางที่ชัดเจน พนักงานจะต้องได้รับการพัฒนาและทำความเข้าใจว่าพวกเขาจะทำงานร่วมกับหุ่นยนต์เหล่านี้อย่างไรเพื่อให้การบริการมีประสิทธิภาพสูงสุด

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ในการบริการผ่านสมาร์ตโฟนของโรงแรม ในเขตพื้นที่กรุงเทพฯ พบว่า ระดับการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ของโรงแรม โรงแรมมีการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ อยู่ในระดับปานกลาง โดยการเพิ่มช่องทางในการให้บริการ การสร้างแบรนด์ให้ทันสมัย การรองรับพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป ระบบการจองห้องพักและการรวมเทคโนโลยีในอนาคตมีการนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้อยู่ในระดับปานกลาง

ผลการศึกษาระดับการบริการผ่านสมาร์ตโฟน พบว่า โรงแรมมีการบริการผ่านสมาร์ตโฟน อยู่ในระดับปานกลาง โดยการชำระเงินผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile payment) การจองผ่านห้องพักผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile booking) มีการบริการผ่านสมาร์ตโฟน อยู่ในระดับมาก ส่วนการลงทะเบียนเพื่อเข้าพัก/ออกจากห้องพัก (Online check-in/out) การให้บริการผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile guest services) และการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมีการบริการผ่านสมาร์ตโฟน อยู่ในระดับปานกลาง

การนำแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ส่งผลต่อการบริการผ่านสมาร์ตโฟน ของโรงแรมร้อยละ 65.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

ข้อเสนอแนะ

1. ธุรกิจโรงแรมควรมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับบริการต่าง ๆ ที่มอบให้ลูกค้า เน้นการสร้างแบรนด์ให้ทันสมัย เป็นการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ประโยชน์เพื่อสร้างความแตกต่างให้กับแบรนด์ เพื่อดึงความสนใจของลูกค้าที่มีหลากหลายมากขึ้น

2. ควรมีการนำเทคโนโลยีรูปแบบต่าง ๆ เข้ามาช่วยเสริมในการทำธุรกิจ เช่น การนำเทคโนโลยี AI หรือ Artificial Intelligence มาประยุกต์ใช้ในธุรกิจ เพื่อเพิ่มทางเลือกแก่ลูกค้าและเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในธุรกิจโรงแรมได้อีกด้วย

3. ธุรกิจโรงแรมควรวางระบบดิจิทัล เพื่อการปรับปรุง ปรับเปลี่ยน และพัฒนาในช่วงนี้ที่เศรษฐกิจชะลอตัวจากสถานการณ์ปัจจุบัน โดยนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมเข้ามาใช้งานบนแพลตฟอร์มจะช่วยให้ธุรกิจโรงแรมสามารถรับมือกับทุกสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

Anderson, R. E. and S.S. Srinivasan. 2003. E-satisfaction and e-Loyalty: A contingency framework. **Psychology & Marketing** 20(2): 123-38.

Best, J.W. 1981. **Research in Education.** New Jersey: Prentice–Hall. 60 p.

Chamaram, S. 2017 . New ways to work with mobile technology: a new challenging issue of employee recruitment and selection in Thailand 4.0. **Journal of Business, Economics and Communications** 12(2): 9-22. [in Thai]

Chunwitayawuid, T. and Y. Benjarongkakij 2009. Comparison of effectiveness between advertisements and articles for advertising in print media. **Journal of Public Relations and Advertising** 2(1): 63-81. [in Thai]

Garrod, B. and A. Fyall. 2000. Managing Heritage Tourism. **Annals of Tourism Research** 27(3): 682-708.

Ketkaew, K., W. Potipiroon, and S. Srimai, 2020. Literature review on the factors influencing the adoption of mobile applications. **Songklanakarin Journal of Management Sciences** 37(1): 163-186. [in Thai]

Kim, T.T. W. Kim, S. Park, G. Lee and B. Jee. 2012. Intellectual capital and business performance: What structural relationships do they have in upper-upscale hotels? **International Journal of Tourism Research** 14: 391-408.

Morgan, R M. and S. Hunt. 1999. Relationship-based competitive advantage: the role of relationship marketing in marketing strategy. **Journal of Business Research** 46(3): 281-290.

Pinchomsang, V. and K. Jantarakolica, 2018. Stud of decision factors to stay in hotels and resort for the gulf of Thailand's west coast. **RMUTT Global Business and Economics Review** 13(2): 35-50. [in Thai]

Xu, S., J. Stienmetz and mark Ashton. 2020. How will service robots redefine leadership in Hotel management? A delphi approach. **International Journal of Contemporary Hospitality Management** 32(6): 2217-2237.

Yamane, T. 1967. **Statistics: An Introductory Analysis.** New York: Harper and Row. 1130 p.

การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริการของโรงแรมในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี
Applying Technology to Hotel Services in the Area of Chonburi Province

ริศภพ ตรีสุวรรณ

Rissaphop Treesuwan

สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180

Technology Management, Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage Pathum Thani, Thailand 13180

*Corresponding author: rissaphop.tree@vru.ac.th

Abstract

The purpose of this study was to study the level of technology utilization. The level of service and the application of technology in the hotel that affects the service of the hotel. The population studied were 294 hotels with Amazing Thailand Safety and Health Administration (SHA) standards in Chonburi province.

The results of a study on the level of hotel technology adoption revealed that the hotel's IT management department had a moderate level of technology adoption by Property Management System (PMS), Accountant System, Customer Relationship Management System (CRM), and Point System. of Sales System (POS) technology was used at a high level, while the Online Distribution System, Internet Connection System, Human Resource Management (HRM) system and Call Center system had moderate use of technology.

The results of the hotel service level study revealed that the service management of the hotel service was at a moderate level. The front-end service system and other auxiliary systems have a high level of service. Sales department management system restaurant management system the personnel management system and the accounting management system were at a moderate level.

The application of technology in the hotel had a statistically significant effect on the hotel service by 75 percent at the 0.01 level.

Keywords: technology, service, hotel

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการนำเทคโนโลยีมาใช้ ระดับการบริการและการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ของโรงแรมที่ส่งผลต่อการบริการของโรงแรม ประชากรที่ทำการศึกษา คือ โรงแรมที่ได้รับมาตรฐาน Amazing Thailand Safety and Health Administration (SHA) ในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี จำนวน 294 แห่ง

ผลการศึกษาระดับการนำเทคโนโลยีมาใช้ของโรงแรม พบว่าการจัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศของโรงแรมมีการนำเทคโนโลยีมาใช้อยู่ในระดับปานกลาง โดยระบบบริการส่วนหน้า ระบบการจัดทำบัญชี ระบบการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ และระบบขายหน้าร้าน มีการนำเทคโนโลยีมาใช้อยู่ในระดับมาก ส่วนระบบการจัดหน่ายห้องพักผ่านช่องทางออนไลน์ ระบบการเชื่อมโยงเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบการบริหารทรัพยากรมนุษย์ และระบบการรวมศูนย์การรับเข้าและการโทรออกภายในสำนักงาน การนำเทคโนโลยีมาใช้อยู่ในระดับปานกลาง

ผลการศึกษาระดับการบริการของโรงแรม พบว่าการจัดการงานบริการของโรงแรมมีการบริการอยู่ในระดับปานกลาง โดยระบบบริการส่วนหน้าและระบบเสริมอื่นๆ มีการบริการอยู่ในระดับมาก ส่วนระบบบริหารจัดการแผนกขาย ระบบบริหารจัดการร้านอาหาร ระบบบริหารงานบุคคลและระบบบริหารบัญชีมีการบริการอยู่ในระดับปานกลาง

การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ของโรงแรมส่งผลต่อการบริการของโรงแรมร้อยละ 75.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: เทคโนโลยี การบริการ โรงแรม

คำนำ

ช่วงหลายปีที่ผ่านมา อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวได้รับอิทธิพลจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขนาดใหญ่ของโลก (Global Megatrend) ซึ่งรวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ การเมือง สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้ส่งผลให้การมองแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของโลก (Megatrend) ที่มีอิทธิพลต่อการท่องเที่ยวเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยก่อนการแพร่ระบาด ธุรกิจท่องเที่ยวและโรงแรมได้รับแรงขับเคลื่อนจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของโลก ได้แก่ การขยายตัวของจำนวนชนชั้นกลาง การหาสถานที่ท่องเที่ยวใหม่ๆ การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ และวิถีท่องเที่ยวที่คำนึงถึงสุขภาพ อย่างไรก็ตามโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้ส่งผลกระทบต่อปัจจัยดังกล่าว บางอย่างถูกเร่งให้เกิดเร็วขึ้น บางอย่างถูกชะลอลง วิจัยกรุงศรีจึงได้วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อธุรกิจโรงแรมในอนาคตโดยหลักๆ มี 4 ด้าน ประกอบด้วย (1) การเปลี่ยนแปลงทางด้านประชากรและสังคม (Demographic and social change) (2) การปรับการท่องเที่ยวให้ตอบโจทย์รายบุคคล (Individualization) (3) การนำเทคโนโลยีมาเปลี่ยนแปลงรูปแบบการดำเนินธุรกิจและระบบควบคุมอัตโนมัติ (Digital transformation and automation) และ (4) สุขภาพและความสะอาดมาอันดับหนึ่ง (Health and hygiene)

ธุรกิจท่องเที่ยวและโรงแรมของไทยที่เติบโตอย่างรวดเร็วและสร้างรายได้ให้กับประเทศในแต่ละปีเป็นจำนวนมากต้องเผชิญกับภาวะวิกฤตอย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อนจากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ผลกระทบใน

ครั้งนี้รุนแรงและมีแนวโน้มจะยาวนาน สถิติรายได้ในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวและโรงแรมไทยปี 2021 มีแนวโน้มลดลงจากปี 2019 ซึ่งเป็นปีที่นักท่องเที่ยวเดินทางเข้าประเทศไทยราว 39.8 ล้านคน จนเกิดสัดส่วนการจองห้องพัก 62% รวมรายได้กว่า 3 ล้านล้านบาท อย่างเห็นได้ชัด การหดตัวเพราะโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้ปี 2021 เป็นปีที่อุตสาหกรรมโรงแรมต้องปรับตัวเพื่อเปลี่ยนแปลงอย่างจริงจัง โดยเฉพาะในส่วนเทคโนโลยีและการปรับตัวสู่ดิจิทัลอย่างเต็มรูปแบบ ซึ่งเป็น 1 ในแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของโลกที่จะปฏิวัติอุตสาหกรรมโรงแรมในยุคภายใต้ฐานวิถีชีวิตใหม่ (New normal) โดยโรงแรมมีการทำระบบจองห้องพักออนไลน์ และระบบชำระเงินออนไลน์แล้ว รวมถึงนำสัญญาณ WiFi ไปติดในพื้นที่โรงแรม แต่หลังจากนี้ที่โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้ทุกอย่างเปลี่ยนไป ธุรกิจโรงแรมจะต้องปรับเปลี่ยนไปอีกขั้น เทคโนโลยีและโซลูชั่นต้องถูกออกแบบโดยอิงจากทฤษฎีในการเข้าใจลูกค้า เพื่อโน้มน้าวพฤติกรรมการบริโภคของลูกค้าได้ถูกช่วงเวลาและถูกวิธี (Customer journey) ตั้งแต่การสร้างการรับรู้ การสร้างคุณค่า กระบวนการซื้อขาย การใช้บริการจริง การซื้อซ้ำ และการสร้างความภักดีในแบรนด์ให้เกิดในโลกออนไลน์เป็นส่วนใหญ่ ลูกค้าจะมองเห็นภาพลักษณ์ของแบรนด์ที่แข็งแกร่งเมื่อเขารับรู้ข้อความที่สอดคล้องกันผ่านการสื่อสารที่แตกต่างกัน การสื่อสารการตลาดครบวงจรสามารถกระตุ้นได้ความสัมพันธ์ความภักดีต่อแบรนด์ผู้บริโภคที่เข้มข้นและกระตือรือร้นโดยสิ่งอำนวยความสะดวก (Keller, 2003) โดยมุ่งเน้นการใช้งานเทคโนโลยีใน 3 ด้านสำคัญ ได้แก่ (1) ปัญญาประดิษฐ์ AI (Artificial Intelligence) หรือพวกเครื่องมือระบบอัตโนมัติต่าง ๆ (2) อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง IOT (Internet of Things) และ (3) เทคโนโลยีการวิเคราะห์ข้อมูล (Data analytic)

เมื่อเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงคาดเดาไม่ได้ ทำให้โรงแรมต้องก้าวให้ทันกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีล่าสุดเพื่อตอบสนองผู้บริโภค (Bilgihan *et al.,* 2016) ระบบ Hotel Management Software เป็นเทคโนโลยีที่จะสามารถเชื่อมต่อกับระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจหลักได้อย่างราบรื่น เช่น ระบบ ERP ระบบหรือซอฟต์แวร์ หลักๆ ที่ใช้กับธุรกิจโรงแรม คือ PMS และ POS ซึ่งเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการบริการห้องพัก และการบริการร้านอาหาร PMS หรือระบบบริการส่วนหน้า (Property management system) เป็นระบบหลักและสำคัญที่สุดในธุรกิจโรงแรม เพราะเป็นระบบที่ทำหน้าที่บริหารจัดการห้องพัก การรับจองห้องพัก การเข้าพัก ตลอดจนการเก็บเงินลูกค้า กรณีการลงทะเบียนเพื่อเข้าพัก/ออกจากห้องพัก (Online check-in/out) การรับรู้ถึงประโยชน์ของเทคโนโลยี เป็นระบบที่ใช้งานง่ายเป็นสิ่งที่สำคัญของพนักงานโรงแรม (Venkatesh and Davis, 2000) นอกจากนี้ ระบบยังรองรับการควบคุมและบริหารห้องพักในส่วนของแผนกแม่บ้าน ไม่ว่าจะเป็นการปิดห้องซ่อม การปรับสถานะห้องพัก ห้องว่าง ห้องสกปรก เป็นต้น POS (Point of sale system) ระบบขายหน้าร้านและระบบบริการร้านอาหาร (Restaurant management system) เป็นระบบที่ใช้สำหรับเก็บเงินลูกค้าที่มาใช้บริการห้องอาหาร เป็นอีกหนึ่งระบบที่มักควบคู่กับระบบบริการส่วนหน้า เพราะทั้งสองระบบควรจะต้องเชื่อมต่อ (Integrate) ถึงกันได้ จึงจะสามารถตรวจสอบได้ว่า ลูกค้าที่มาทานอาหารนั้น เป็นลูกค้าที่มาพักจริงหรือไม่ (โดยปกติ ลูกค้าที่มาพักโรงแรม มักจะไม่ชำระเงินทันที หลังรับประทานอาหาร แต่จะชำระเมื่อแจ้งออก หรือ การลงทะเบียนเพื่อเข้าพัก/ออกจากห้องพัก นอกจากนี้ยังมีซอฟต์แวร์สำหรับธุรกิจบริการที่มีการพัฒนาและเพิ่มขีดความสามารถขึ้นเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากความต้องการของโรงแรมนั้นซับซ้อนมากขึ้น เช่น การจัดการทรัพยากรมนุษย์ การทำการตลาด และการบัญชี เป็นต้น

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่องการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริการของโรงแรมในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี เพื่อช่วยในการจัดการเทคโนโลยีในการบริหารจัดการธุรกิจโรงแรม และปรับปรุงแก้ไขการให้บริการแก่ลูกค้าที่เหมาะสม ตลอดจนผู้บริหารสามารถนำข้อมูลและการทำงานขององค์การไปใช้ในการวิเคราะห์และการตัดสินใจได้

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

คือ โรงแรมที่ได้รับมาตรฐาน Amazing Thailand Safety and Health Administration (SHA) ในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี จำนวน 294 แห่ง โดยการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา

กลุ่มตัวอย่าง

คือ ผู้จัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศของโรงแรมจาก จำนวน 294 แห่ง ซึ่งกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างของ เครจซี มอร์แกน Krejcie and Morgan (1970) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 167 แห่ง

เครื่องมือการวิจัย

ได้แก่ แบบสอบถามจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและผู้วิจัยได้ใช้มาตรวัดลิเคิทสเกล Likert (1932) แบ่งคะแนนของทัศนคติ 5 ช่วงเท่า ๆ กัน โดยเรียงลำดับมาตรวัดจาก 5-1 และแบ่งช่วงของค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์คะแนนค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก ในการแบ่งอันตรภาคชั้นและแบ่งระดับคะแนน หลังจากที่ได้แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์แล้วผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามจากกลุ่มที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ราย เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach,1951) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบาคมีค่าเท่ากับ 0.90 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.60 ทุกตัวแปร ถือว่ามีความน่าเชื่อถือในระดับมากที่สุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมแบบสอบถามจากผู้จัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 167 คิดเป็นร้อยละ 100

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อาชีพ ระดับการศึกษา อายุ รายได้ วิเคราะห์โดยค่าสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) การวิเคราะห์ระดับการนำแอพพลิเคชั่นมาประยุกต์ใช้ของโรงแรม วิเคราะห์โดยใช้ค่าสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) การวิเคราะห์ระดับการบริการผ่าน Smart Phone ของโรงแรม วิเคราะห์โดยใช้ค่าสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) การวิเคราะห์การนำแอพพลิเคชั่นมาประยุกต์ใช้ที่ส่งผลต่อการบริการผ่าน Smart Phone ของโรงแรม โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Adjusted R^2

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้จัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศของโรงแรม จำนวน 167 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชายจำนวน 136 คน คิดเป็นร้อยละ 81 และเพศหญิงจำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 19 อายุส่วนใหญ่ 40-50 ปีจำนวน 115 คน คิดเป็นร้อยละ 69 ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับปริญญาตรีจำนวน 120 คน คิดเป็นร้อยละ 72 และส่วนใหญ่มีรายได้จากการประกอบอาชีพต่อเดือน 15,000–25,000 บาท จำนวน 127 คน คิดเป็นร้อยละ 76

ผลการศึกษาระดับการนำเทคโนโลยีมาใช้ของโรงแรม พบว่า ระบบหลัก และ ระบบเพิ่มเติม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.32 หมายถึง การจัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศของโรงแรมมีการนำเทคโนโลยีมาใช้อยู่ในระดับปานกลาง โดยระบบระบบบริการส่วนหน้า (PMS) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.71 รองลงมาคือระบบการจัดทำบัญชี มีค่าเฉลี่ย 3.67 ระบการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) มีค่าเฉลี่ย 3.59 และระบบขายหน้าร้าน (POS) มีค่าเฉลี่ย 3.53 หมายถึง มีการนำเทคโนโลยีมาใช้อยู่ในระดับมาก ส่วนระบบการจัดหน่ายห้องพักผ่านช่องทางออนไลน์ (IDS) มีค่าเฉลี่ย 3.30 ระบบการเชื่อมโยงเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีค่าเฉลี่ย 3.20 ระบบการบริหารทรัพยากรมนุษย์ (HRM) มีค่าเฉลี่ย 2.87 และระบบการรวมศูนย์การรับเข้าและการโทรออกภายในสำนักงาน มีค่าเฉลี่ย 2.67 หมายถึง มีการนำเทคโนโลยีมาใช้อยู่ในระดับปานกลาง ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Technology adoption level

Variable	$\overline{X}$	S.D.	Technology adoption level
Main Hotel Software			
Property Management System (PMS)			
Reservation and registration system	3.62	0.545	High
Data check system	3.75	0.524	High
The system is connected to other related functions	3.65	0.511	High
Average	**3.71**	**0.527**	**High**
Point of Sales System (POS)			
The system is applied to the dining room	3.55	0.521	High
The system can be applied to other tasks	3.50	0.534	High
Average	**3.53**	**0.528**	**High**
Accountant system			
Accounting system	3.70	0.515	High
The system works independently or connected to the PMS	3.64	0.563	High
Average	**3.67**	**0.539**	**High**

Table 1 (Continued)

Variable	$\overline{X}$	S.D.	Technology adoption level
Human Resource Management (HRM)			
Employee registration system	2.80	0.560	Moderate
Payroll system	2.69	0.575	Moderate
Time control system	3.12	0.578	Moderate
Average	**2.87**	**0.571**	**Moderate**
Addition Hotel Software			
Online Distribution System (IDS)			
Room distribution system	3.30	0.501	Moderate
The system works independently or connected to the PMS	3.29	0.535	Moderate
Average	**3.30**	**0.518**	**Moderate**
Customer Relationship Management System (CRM)			
Customer relationship management	3.62	0.521	High
System Independent use system or linkage with PMS	3.55	0.510	High
Average	**3.59**	**0.516**	**High**
Internet connection			
Communication systems and services	3.00	0.524	Moderate
Hotel website system	3.40	0.560	Moderate
Average	**3.20**	**0.542**	**Moderate**
Call center			
Service center system	2.78	0.610	Moderate
Phone management system	2.55	0.582	Moderate
Average	**2.67**	**0.591**	**Moderate**
Total average	**3.32**	**0.542**	**Moderate**

ผลการศึกษาระดับการบริการของโรงแรม พบว่า ระบบสำหรับงานบริการส่วนหน้าและระบบบริการส่วนหลัง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 หมายถึง การจัดการงานบริการของโรงแรมมีการบริการอยู่ในระดับปานกลาง โดยระบบบริการส่วนหน้ามีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.65 รองลงมาคือ ระบบเสริมอื่น ๆ มีค่าเฉลี่ย 3.51 หมายถึง มีการบริการอยู่ในระดับมาก ส่วนระบบบริหารจัดการแผนกขาย มีค่าเฉลี่ย 3.28 ระบบบริหารจัดการร้านอาหาร มีค่าเฉลี่ย 3.23 ระบบบริหารงาน

บุคคล มีค่าเฉลี่ย 2.86 และระบบบริหารบัญชี มีค่าเฉลี่ย 2.71 หมายถึง มีการบริการอยู่ในระดับปานกลาง ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Service level

Variable	$\overline{X}$	S.D.	Service level
Front Office System			
System front office department			
Hotel room booking	3.68	0.560	High
Price and sales control	3.75	0.551	High
Working with other departments	3.52	0.550	High
Average	**3.65**	**0.554**	**High**
Restaurant management system			
Dining table management	3.10	0.533	Moderate
Food ordering menu	3.35	0.535	Moderate
List the kitchen or bar and charge the food	3.24	0.560	Moderate
Average	**3.23**	**0.543**	**Moderate**
Sales department management system			
Customer records	3.32	0.505	Moderate
Store customer order information	3.10	0.573	Moderate
Storing return information	3.43	0.549	Moderate
Average	**3.28**	**0.542**	**Moderate**
Back Office System			
Account management system			
Recording income and expenses	2.80	0.545	Moderate
Accounts receivable	2.69	0.510	Moderate
Accounts payable	2.65	0.534	Moderate
Average	**2.71**	**0.530**	**Moderate**
Personnel management system			
Employee registration work	3.00	0.561	Moderate
Payroll	2.82	0.556	Moderate
Time control	2.75	0.541	Moderate
Average	**2.86**	**0.556**	**Moderate**

Table 2 (Continued)

Variable	$\overline{X}$	S.D.	Service level
Other auxiliary systems			
Customer Relationship Management System	3.61	0.573	High
Hotel central reservation system	3.40	0.590	Moderate
Average	**3.51**	**0.582**	**Moderate**
Total average	**3.21**	**0.551**	**Moderate**

ผลการทดสอบสมมติฐาน การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ของโรงแรมส่งผลต่อการบริการของโรงแรมร้อยละ 75.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Adoption of technology the hotels affects the service of the hotel

Variable	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1.524	0.123		134.51	0.000
Adoption of technology	0.630	0.040	0.705	17.360	0.000
Adjusted R^2 = 0.750, F = 1139.070, SEE = 0.20621, Sig. = 0.000, α = .05**					

วิจารณ์ผลการวิจัย

โรงแรมมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริการของโรงแรมระบบหลัก 1) ระบบบริการส่วนหน้า (PMS) ได้แก่ ระบบการจองและการลงทะเบียน ระบบการตรวจเช็คข้อมูล ระบบเชื่อมต่อกับการทำงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยบริหารจัดการห้องพัก เพื่ออำนวยความสะดวกในการบริหารงานพนักงานต้อนรับส่วนหน้า เริ่มตั้งแต่การจองห้องพัก การรับเงินมัดจำ การเข้าพัก การบันทึกรายได้ รวมถึงการเรียกเก็บเงินและการรับชำระเงิน (Melián-González and Bulchand-Gidumal, 2016) การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศสามารถหลีกเลี่ยงความหนาแน่นของลูกค้าบริเวณโรงแรมได้ โดยสามารถเช็คอินด้วยตนเอง เช็คเอาท์ด้วยตนเอง และเช็คอินออนไลน์ ประหยัดเวลาในการรอในการให้บริการต่าง ๆ ของโรงแรมได้อีกด้วย 2) ระบบขายหน้าร้าน (POS) ได้แก่ ระบบนำมาใช้กับห้องอาหาร และระบบนำไปประยุกต์ใช้กับงานส่วนอื่น ๆ เป็นระบบที่ใช้สำหรับเก็บเงินลูกค้าที่มาใช้บริการห้องอาหาร เป็นอีกหนึ่งระบบที่มักควบคู่กับระบบบริการส่วนหน้า เพราะทั้งสองระบบควรจะต้องเชื่อมต่อถึงกันได้ จึงจะสามารถตรวจสอบได้ว่า ลูกค้าที่มาทานอาหารนั้น เป็นแขกที่มาพักจริงหรือไม่ โดยปกติ ลูกค้าที่มาพักโรงแรม มักจะไม่ชำระเงินทันที หลังรับประทานอาหาร แต่จะชำระเมื่อแจ้งออก ตลอดจนการเพิ่มทางเลือกในการรับประทานอาหาร เช่น

(Hayeemad *et al.*, 2020) ประเทศไทยยังไม่มีโรงแรมฮาลาลตามหลักกฎหมายอิสลามอย่างแท้จริง ซึ่งมีเพียงโรงแรมที่มีครัวฮาลาลหรือโรงแรมที่เป็นมิตรกับมุสลิม การบริการที่สอดคล้องกับหลักการอิสลามจะทำให้นักท่องเที่ยวมุสลิมเกิดความพึงพอใจ สำหรับตลาดนักท่องเที่ยวมุสลิมยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวมุสลิมจากประเทศในกลุ่มอาเซียนและจีน ปัญหาที่สำคัญในการจัดการโรงแรมที่มีครัวฮาลาลด้านพนักงานและผู้บริหารมืออาชีพที่เป็นมุสลิมยังมีไม่เพียงพอ หากมีการบริหารจัดการที่ดีโรงแรมที่มีครัวฮาลาลก็จะมีความได้เปรียบเชิงแข่งขันในตลาดนักท่องเที่ยวมุสลิมได้เป็นอย่างดี

ด้าน 3) ระบบการจัดทำบัญชี ได้แก่ ระบบบัญชีและระบบทำงานได้ทั้งแบบอิสระหรือเชื่อมกับ PMS โดยระบบบัญชีใช้ในการคิดคำนวณทางบัญชีแยกประเภทต่าง ๆ ภายในโรงแรม ฯลฯ อาจทำงานได้ทั้งแบบอิสระหรือเชื่อมกับระบบ PMS เพื่อจัดการบัญชีค่าใช้จ่าย ระบบสารสนเทศการบัญชีโรงแรมเพื่อการบริหารงานโรงแรม ธุรกิจโรงแรมในด้านการบัญชีและการบริหารทั่วไปจะใช้ข้อมูลจากระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ หลักใหญ่ ๆ ได้แก่ รายได้ ค่าใช้จ่าย และการรายงานงบการเงิน หรือรายงานผลกำไรขาดทุน (Seensattayawong *et al.*, 2020) ผู้บริหารส่วนใหญ่มีความเห็นว่าคุณภาพข้อมูลบัญชีบริหารและสารสนเทศทางการบัญชีบริหาร มีผลกระทบต่อการดำเนินงานขององค์การ และพนักงานบัญชีมีความเห็นว่าข้อมูลบัญชีบริหารทุกด้าน มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก และสารสนเทศทางการบัญชีบริหารสามารถนำไปใช้ได้ค่อนข้างมาก 4) ระบบการบริหารทรัพยากรมนุษย์ (HRM) ได้แก่ ระบบทะเบียนประวัติพนักงาน ระบบการจ่ายเงินเดือน และระบบการควบคุมเวลาเข้าออกงาน ระบบบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล โรงแรมสามารถตรวจสอบการขาด ลา มา สายของพนักงาน สามารถคิดเวลาทำงาน ได้อัตโนมัติถูกต้องแม่นยำ ตั้งแต่รับสมัคร คัดเลือก บรรจุเป็นพนักงาน คิดเวลาทำงานเงินเดือน การพัฒนาบุคลากร ประเมินผล เลื่อนตำแหน่ง จนถึงสิ้นสุดการเป็นพนักงาน (Rotchanakitumnuai *et al.*, 2015) องค์ประกอบของความพร้อมของโรงแรมในการให้บริการท่องเที่ยว คือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในงานทรัพยากรบุคคลเพื่อการเตรียมความพร้อมในการให้บริการการท่องเที่ยว

โรงแรมมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริการของโรงแรมระบบเพิ่มเติม 1) ระบบการจัดหน่ายห้องพักผ่านช่องทางออนไลน์ (IDS) ได้แก่ ระบบการจัดจัดหน่ายห้องพัก ระบบทำงานโดยอิสระหรือเชื่อมต่อกับ PMS เช่น แผนกแม่บ้าน เป็นอีกแผนกหนึ่งที่มีความสำคัญในการบริหารจัดการโรงแรม คุณสมบัติของระบบจัดการแม่บ้าน ตัวบ่งชี้ความสะอาดของห้องพัก การมอบหมายห้องพักให้กับพนักงานด้วยระบบกระจายงานตามจุด สถานะของการให้บริการห้องพักพร้อมกับการดูแลรักษาห้องพัก การซักรีดและการจัดการกระเป๋าเดินทาง รายงานการดูแลห้องพัก ความชื่นชอบของลูกค้า และการจัดการเปลี่ยนผ้าปู ซึ่งหากแม่บ้านมีประวัติลูกค้าและสามารถจัดเตรียมไว้โดยไม่จำเป็นต้องร้องขอจะช่วยเพิ่มความพึงพอใจ เกิดการบอกต่อและกลับมาเข้าพักอย่างต่อเนื่อง 2) ระบบการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) ได้แก่ ระบบบริหารความสัมพันธ์ลูกค้า ระบบการใช้อิสระหรือการเชื่อมโยงกับ PMS นับตั้งแต่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรน่าสายพันธุ์ใหม่ 2019 ซึ่งส่งผลกระทบกับอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวได้แก่ ธุรกิจโรงแรม และการโดยสาร เป็นอย่างมากเนื่องจากผู้คนงดเว้นการเดินทางเคลื่อนที่ เพื่อลดการพบปะผู้คน ซึ่งอาจนำไปสู่การติดเชื้อหรือแพร่กระจายเชื้อโรคได้ ผู้ประกอบการธุรกิจโรงแรมได้ทำการการเพิ่มบริการขายอาหารแบบบริการจัดส่งถึงที่ หรือการทำการตลาดด้วยการทำ CSR ให้บุคลากรทางการแพทย์เข้าพักฟรี การทำอาหารแจกบุคคลยากไร้ เป็นต้น หลายโรงแรมมีการหารายได้และเตรียมพร้อมสำหรับการต่อยอดธุรกิจด้วยการขายการขายเวาเชอร์ (Voucher) สามารถขายได้ทั้งที่พัก ที่พักพร้อม

แพ็กเกจทัวร์ หรือแม้แต่ร้านอาหารในที่พักเพื่อสร้างรายได้ (Hongpukdee and Hongpukdee, 2021) การสร้างรายได้ของโรงแรมสามารถทำได้โดย การลดราคาค่าห้องพัก การเปลี่ยนรูปแบบการให้เข้าพัก การเปลี่ยนจากการบริการเป็นการขายแบบสั่งกลับบ้านและบริการอาหารส่งเดลิเวอรี่ การให้บริการห้องพักแก่ผู้ป่วยโรค COVID-19 ที่มีอาการไม่รุนแรง การนำเทคโนโลยีมาช่วยในธุรกิจมากขึ้น แพลตฟอร์มขายของออนไลน์การใช้ข้อมูล Big data ในการวิเคราะห์พฤติกรรมและความต้องการของลูกค้าจะช่วยลดต้นทุนการบริหารจัดการและเพิ่มช่องทางการตลาด กระตุ้นการตัดสินใจในการเลือกใช้บริการของโรงแรมได้

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริการของโรงแรม ในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี พบว่า ระดับการนำเทคโนโลยีมาใช้ของโรงแรม การจัดการแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศของโรงแรมมีการนำเทคโนโลยีมาใช้อยู่ในระดับปานกลาง โดยระบบบริการส่วนหน้า ระบบการจัดทำบัญชี ระบบการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ และระบบขายหน้าร้าน มีการนำเทคโนโลยีมาใช้อยู่ในระดับมาก ส่วนระบบการจัดหน่ายห้องพักผ่านช่องทางออนไลน์ ระบบการเชื่อมโยงเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบการบริหารทรัพยากรมนุษย์ และระบบการรวมศูนย์การรับเข้าและการโทรออกภายในสำนักงาน การนำเทคโนโลยีมาใช้อยู่ในระดับปานกลาง ผลการศึกษาระดับการบริการของโรงแรม พบว่า การจัดการงานบริการของโรงแรมมีการบริการอยู่ในระดับปานกลาง โดยระบบบริการส่วนหน้าและระบบเสริมอื่น ๆ มีการบริการอยู่ในระดับมาก ส่วนระบบบริหารจัดการแผนกขาย ระบบบริหารจัดการร้านอาหาร ระบบบริหารงานบุคคลและระบบบริหารบัญชีมีการบริการอยู่ในระดับปานกลาง และการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ของโรงแรมส่งผลต่อการบริการของโรงแรมร้อยละ 75.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ข้อเสนอแนะ

1. ธุรกิจโรงแรมจะต้องปรับเปลี่ยนและพัฒนาให้ก้าวทันปัจจุบันและในอนาคต โดยการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อการสร้างการรับรู้ การสร้างคุณค่า กระบวนการซื้อขาย การใช้บริการจริง การซื้อซ้ำ และการสร้างความภักดีในแบรนด์ของโรงแรม

2. ควรมุ่งเน้นการใช้งานเทคโนโลยีใน 3 ด้านสำคัญ ได้แก่ 1) ปัญญาประดิษฐ์หรือพวกเครื่องมือระบบอัตโนมัติต่าง ๆ 2) อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ 3) เทคโนโลยีการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างครอบคลุมและทั่วถึง

3. ควรเพิ่มการเช็คอินอออนไลน์สามารถลดความหนาแน่นของผู้คน ลดการพบปะ การสัมผัส การเว้นระยะห่างทางสังคม โดยกรอกชื่อ เบอร์โทร ข้อมูลบัตรประชาชน เพื่อให้ระบบส่งข้อมูลให้แก่พนักงานหน้าเคาน์เตอร์ เป็นการลดกระบวนการเหลือเพียงการเซ็นเอกสารและรับกุญแจเข้าห้องพัก ประหยัดเวลาและลดความหนาแน่นของผู้คนเหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการสนับสนุนงานการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Bilgihan, A. J. Kandampully and T. Zhang. 2016. Towards a unified customer experience in online shopping environments. **International Journal of Quality and Service Sciences** 8: 102-119.

Cronbach, L.J. 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika** 16: 297-334.

Hayeemad, M., A. Hasama. T. Noipom. and BostanAli. W. 2020. Halal kitchen hoteland its opportunities in the muslim tourist market. **Business Review Journal** 12(1): 104-118. [in Thai]

Hongpukdee, N. and S. Hongpukdee. 2021. Know how to survive hotel business solution. **Journal of Roi Kaensarn Academi** 6(6): 357-369. [in Thai]

Keller, K.L. 2003. Brand synthesis the multidim ensionality of brand knowledge. **Journal of Consumer Research** 29: 595-600.

Krejcie, R.V. and D.E. Morgan. 1970. Determining sample size for research activities. **Journal Education and Psychological Measurement** 30(3): 608-609.

Likert, R. 1932. A Technique for measurement of attitudes. **Archives of Psychology** 22: 1.

Melián-González, S. and J. Bulchand-Gidumal. 2016. A model that connects information technology and hotel performance. **Tourism Management** 53: 30–37.

Rotchanakitumnuai, S., P. Punnachaiya, S. Kointarangkul W. Khanti, and A. Tanvisuth. 2015 . E-tourism readiness of hotels in Thailand. **Chulalongkorn Business Review** 37(4): 97-114. [in Thai]

Seensattayawong, J., C. Theekaautamakorn, and P. Meejaiseu. 2020. The effects of managerial accounting data quality and managerial accounting information on hotel performance in the Cha-Am and Hua Hin area. **Ph.D.in Social Sciences Journal** 10(2): 464-474. [in Thai]

Venkatesh, V. and F. Davis. 2000. A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies. **Management Science** 46: 186-204.

การพัฒนาจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหาร ในจังหวัดเชียงใหม่ด้วยนวัตกรรมท้องถิ่น

Development of Experiential Gastronomy Tourism Destination in Chiang Mai through Local Innovation

นิทัศน์ บุญไพศาลสถิตย์[1*] กานดา ธีรานนท์[2] และณัฐพล เนียมแก้ว[3]

Nithat Boonpaisarnsatit[1*], Kanda Teeranon[2], and Nattapon Niamkaew[3]

[1]กลุ่มวิชาภาษาตะวันตก คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ภาควิชาการจัดการการท่องเที่ยว คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น เชียงใหม่ 50100

[3]สาขาการท่องเที่ยวและนันทนาการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

[1]Western Language Section, Faculty of Liberal Arts, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Tourism Management Department, Faculty of Arts, The Far Eastern University, Chiang Mai, Thailand 50100

[3]Tourism and Recreation, Faculty of Arts, Thailand National Sports University, Chiang Mai Campus, Thailand 50100

*Corresponding author: nithat_bp@mju.ac.th

Abstract

Gastronomy tourism is in the present, changing dramatically. Tourism communities have to adapt and cope with the changing trend of tourism. This research aims to develop a management model for experiential gastronomy tourism destinations in Chiang Mai develop processes to add value to the destination; and provide branding guidelines for experiential gastronomy destinations in Chiang Mai. This participatory action research is conducted in Ban Pang Ma Kluai, Tambon Pa Pae, Mae Taeng district, Chiang Mai, Ban Don Chiang, Tambon Sop Poeng, Mae Taeng district, Chiang Mai and Ban San Ton Pao, Tambon San Pa Pao, San Sai district, Chiang Mai. Data were collected from 120 community stakeholders and 35 advocates. The results showed that Ban Pang Ma Kluai was developed as an outdoor dining experience destination. Ban Don Jiang was a destination for an authentic organic food experience, and Ban San Ton Pao was a destination for a health food experience. The destination development is based on the unique local plants of each village which are used to add value to tourism activities at the destination. In terms of branding, experiential gastronomy destinations should emphasize symbolic communication and meaning of space. The focus should place on activities that create a good memory. Brand preference should be boosted through social media targeting at the right group. The results of the trial of experiential gastronomy tourism (online) indicated that the target groups were satisfied with the experience at a very high level and were willing to the destination when the pandemic situation is mitigated.

Keywords: experiential gastronomy tourism, tourism destination value adding, local innovation, destination branding

บทคัดย่อ

การท่องเที่ยวเชิงอาหารในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ชุมชนท่องเที่ยวจึงต้องปรับตัวเพื่อให้สามารถรองรับกระแสการท่องเที่ยวที่มีแนวโน้มเปลี่ยนไปนี้ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในจังหวัดเชียงใหม่ พัฒนากระบวนการเพิ่มคุณค่าและมูลค่าในจุดหมายปลายทาง และจัดทำแนวทางการสร้างแบรนด์จุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในจังหวัดเชียงใหม่ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ดำเนินการในพื้นที่บ้านปางมะกล้วย ตำบลป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ บ้านดอนเจียง ตำบลสบเปิง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และบ้านสันต้นเปา ตำบลสันป่าเปา อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เก็บข้อมูลจากกลุ่มผู้เกี่ยวข้องในชุมชนจำนวน 120 คน และกลุ่มผู้สนับสนุนจำนวน 35 คน ผลการศึกษาพบว่าบ้านปางมะกล้วยพัฒนาเป็นจุดหมายปลายทางสำหรับประสบการณ์อาหารกลางแจ้ง (Outdoor dining experience) บ้านดอนเจียงเป็นจุดหมายปลายทางสำหรับประสบการณ์อาหารอินทรีย์แท้ (Authentic organic experience) และบ้านสันต้นเปาเป็นจุดหมายปลายทางสำหรับประสบการณ์อาหารเพื่อสุขภาพ (Health food experience) โดยใช้ฐานพืชพื้นถิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละหมู่บ้านในการเพิ่มคุณค่าและมูลค่าแก่กิจกรรมการท่องเที่ยวในจุดหมายปลายทาง ด้านการสร้างแบรนด์จุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในแต่ละพื้นที่ควรเน้นการสื่อสารเชิงสัญลักษณ์ การให้ความหมายกับพื้นที่ เน้นกิจกรรมที่สร้างให้เกิดความภาพจำที่ดี และมีการกระตุ้นให้เกิดความชอบผ่านสื่อสังคมออนไลน์ที่ตรงกลุ่มเป้าหมาย ผลการทดลองจัดประสบการณ์การท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหาร (แบบออนไลน์) พบว่ากลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจต่อประสบการณ์ที่ได้รับในระดับดีมากและมีแนวโน้มจะเดินทางไปท่องเที่ยวในพื้นที่จริงเมื่อสถานการณ์โรคระบาดคลี่คลายลง

คำสำคัญ: การท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหาร จุดหมายปลายทางการท่องเที่ยว การเพิ่มคุณค่าและมูลค่า นวัตกรรมท้องถิ่น การสร้างแบรนด์จุดหมายปลายทาง

คำนำ

ประเทศไทยเป็นจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงอาหาร (Gastronomy tourism) ที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก (Berno and Wisansing, 2019) จนได้รับเลือกเป็นเจ้าภาพจัดการประชุมด้านการท่องเที่ยวเชิงอาหารโลก “UNWTO World Forum on Gastronomy Tourism” ครั้งที่ 4 ที่กรุงเทพมหานครในปี 2561 (UNWTO, 2018). โดยประเทศไทยมีรายได้จากการท่องเที่ยวเชิงอาหารกว่า 456,0000 ล้านบาท หรือกว่าร้อยละ 20 ของรายได้จากการท่องเที่ยว (Suanpleang, *et al.*, 2016) การท่องเที่ยวเชิงอาหารจึงจัดอยู่ในกลุ่มกิจกรรมการท่องเที่ยวที่มีศักยภาพสูงมาอย่างต่อเนื่อง (Ministry of Tourism and Sports, 2020) โดยในภาคเหนือนั้นมีจังหวัดเชียงใหม่เป็นศูนย์กลางด้านการท่องเที่ยวเชิงอาหารของภูมิภาคและมีการผลักดันเชิงนโยบายจนเกิดเป็นโครงการ Lanna Gastronomy “คิดถึงเชียงใหม่”ขึ้นในปี 2564 (Citylife, 2021).

นอกจากนี้ผลการวิจัยของ Sommit and Boonpaisarnsatit (2020) ได้พบว่าชุมชนในจังหวัดเชียงใหม่มีศักยภาพเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารต้นแบบ ซึ่งเมื่อพิจารณากิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงอาหารในพื้นที่อย่างรอบด้านแล้วพบว่าสามารถเชื่อมโยงกับการท่องเที่ยวรูปแบบอื่นได้หลายมิติ อาทิ การท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์ (Experience tourism) การท่องเที่ยวเชิงเกษตร (Agriculture-tourism), การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ (Eco-tourism) เช่น ให้นักท่องเที่ยวได้เข้าไปเรียนรู้วัตถุดิบในพื้นที่ป่าชุมชน หรือในแปลงปลูก การเก็บพืชผักผลไม้มาประกอบอาหาร หรือการนำวัตถุดิบจากชุมชนท้องถิ่นมาเป็นส่วนประกอบในการจัดกิจกรรม Chef’s table และยังสามารถเชื่อมโยงกับการท่องเที่ยวเพื่อสุขภาพและความงาม (Wellness tourism) โดยใช้เรื่องราวเกี่ยวกับความสำคัญของอาหารที่มีผลต่อการมีสุขภาพดีเป็นสิ่งดึงดูดใจทางการท่องเที่ยวได้อีกด้วย

การเชื่อมโยงกิจกรรมเกี่ยวกับอาหารกับแนวคิดการท่องเที่ยวแบบบูรณาการทำให้ประเทศไทยสามารถสร้างประโยชน์จากการท่องเที่ยวเพิ่มมากขึ้นจากเดิมอีกหลายเท่า จากการวิจัยในระยะที่ผ่านมาพบว่าการท่องเที่ยวสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับพืชพรรณท้องถิ่นได้หลายชนิด เช่น มะแขว่น หรือลูกระมาด หากขายสดมีราคากิโลกรัมละ 27 บาท แต่เมื่อแปรรูปเป็นเครื่องเทศผ่านประสบการณ์การเดินทางของเชฟจากประเทศฝรั่งเศสสามารถทำราคาได้ถึงประมาณ 14,000 บาทต่อกิโลกรัม หรือแตงกวาจิ๊วที่ในพื้นที่ชุมชนไม่มีมูลค่าใดๆ แต่สามารถขายได้ถึงกิโลกรัมละ 400 บาทเมื่อเชฟได้เข้ามารับประสบการณ์วัตถุดิบที่ดูไร้ค่าในพื้นที่ (Sommit and Boonpaisarnsatit, 2020) ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจึงเป็นการกระจายรายได้สู่ท้องถิ่นผ่านกิจกรรมการท่องเที่ยวที่สามารถเห็นเป็นรูปธรรม

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าแหล่งผลิตพืชพรรณที่เป็นส่วนประกอบในอาหารนั้นมีศักยภาพในการดึงดูดนักท่องเที่ยวให้เข้าไปศึกษาเรียนรู้ผ่านประสบการณ์การเก็บ การปรุง และการชิมอาหารสูตรดั้งเดิมในพื้นที่ได้ สามารถสร้างรายได้ให้ชุมชนเจ้าของพื้นที่ในระดับหนึ่ง และชุมชนเหล่านี้เริ่มเป็นที่รู้จักในกลุ่มเชฟและผู้ติดตามผลงานของเชฟที่มีชื่อเสียงเหล่านี้ ทำให้มีผู้คนที่มีความชอบการท่องเที่ยวแบบเดียวกันต่างทยอยเดินทางไปเยี่ยมชุมชนอย่างไม่ขาดสาย รวมถึงมีสื่อมวลชนแขนงต่างๆ ได้เข้ามาทำรายการเกี่ยวกับอาหารในพื้นที่ทำให้ชุมชนเป็นที่รู้จักมากขึ้น อย่างไรก็ดี เนื่องจากในพื้นที่ยังไม่ได้พัฒนาขึ้นเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สามารถรองรับผู้คนจำนวนมากได้ ทำให้ยังขาดระบบและกลไกที่มีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการนักท่องเที่ยว รวมถึงกระบวนการจัดกิจกรรมรองรับการท่องเที่ยวที่ยังขาดระบบที่ดีทำ

ให้การดำเนินการในระยะที่ผ่านมาไม่สามารถได้รับประโยชน์จากการท่องเที่ยวอย่างที่ควรจะเป็น ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกภาคส่วนในพื้นที่จึงได้ทำการหารือกันและมีความเห็นตรงกันว่าควรพัฒนาชุมชนพื้นที่แหล่งอาหารให้เป็นจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวที่เน้นประสบการณ์ตั้งแต่การปลูก การเก็บเกี่ยว การปรุง และการชิมอาหารดั้งเดิมจากพื้นที่ทั้งนี้โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเป็นเครื่องมือในการพัฒนาจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ: 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในจังหวัดเชียงใหม่ 2) เพื่อพัฒนากระบวนการเพิ่มคุณค่าและมูลค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยว และ 3) เพื่อจัดทำแนวทางการสร้างแบรนด์ของจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในจังหวัดเชียงใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกพื้นที่ตามสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะ คือ 1) เขตพื้นที่สูง ความสูงจากระดับน้ำทะเล 900-1200 เมตร 2) เขตพื้นที่ดอน ความสูงจากระดับน้ำทะเล 400-450 เมตร และ 3) เขตพื้นที่ราบลุ่ม ความสูงจากระดับน้ำทะเล 200-300 เมตร พื้นที่ชุมชนทำการศึกษาได้แก่

(1) เขตพื้นที่สูง พื้นที่บ้านปางมะกล้วย ตำบลป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

(2) เขตพื้นที่ดอน บ้านดอนเจียง ตำบลสบเปิง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

(3) เขตพื้นที่ราบลุ่ม บ้านสันต้นเปา ตำบลสันป่าเปา อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ดำเนินการวิจัยด้วยวิธีผสมผสาน (Mixed Method Research) โดยใช้เครื่องมือการวิจัยทั้งแบบสอบถาม การประชุมกลุ่มย่อย การระดมสมอง การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้วยการประชุมกึ่งทางการ (Semi –formal) และการสร้างกิจกรรมร่วมกันระหว่างนักวิจัยและชุมชนที่ร่วมโครงการ โดยมีขอบเขตการวิจัยที่ครอบคลุมเนื้อหาคือ 1) ด้านองค์ประกอบของการท่องเที่ยวได้แก่ สิ่งดึงดูดใจทางการท่องเที่ยว การเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว ที่พักแรม สิ่งอำนวยความสะดวก กิจกรรมการท่องเที่ยว บริการเสริมทางการท่องเที่ยว และการบริหารจัดการ 2) แนวคิดการท่องเที่ยวเชิงอาหาร โดยศึกษารูปแบบการท่องเที่ยวเชิงอาหารที่สามารถพัฒนาเป็นเอกลักษณ์ของชุมชนในพื้นที่วิจัย 3) แนวคิดการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์ โดยศึกษาแนวทางการจัดการประสบการณ์นักท่องเที่ยวที่สามารถสร้างคุณค่าและมูลค่าเพิ่มสำหรับการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในพื้นที่วิจัย 4) แนวคิดการพัฒนาจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยว โดยศึกษากระบวนการพัฒนาจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวที่เหมาะสมกับพื้นที่วิจัย 5) แนวคิดการพัฒนาคุณภาพการบริการในแหล่งท่องเที่ยว โดยศึกษารูปแบบการพัฒนาคุณภาพการบริการ เพื่อสร้างสร้างคุณค่าและมูลค่าเพิ่มสำหรับการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในพื้นที่วิจัย และ 6) แนวคิดนวัตกรรมท้องถิ่น โดยศึกษาแนวทางการนำนวัตกรรมท้องถิ่นมาเป็นเครื่องมือในการการพัฒนาจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวในพื้นที่

การเก็บรวบรวมข้อมูลเก็บจากกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มผู้เกี่ยวข้องในชุมชน ดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสโนวบอล ศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 ชุมชน ชุมชนละ 40 คน รวมเป็น 120 ตัวอย่าง และ 2) กลุ่มผู้สนับสนุน จำนวน 7 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มร้านอาหาร กลุ่ม

โรงแรม กลุ่มบริษัทนำเที่ยว กลุ่มนักท่องเที่ยว กลุ่มนักวิชาการ หน่วยงานภาคประชาสังคม และสื่อมวลชน ทำการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง กลุ่มละ 5 ตัวอย่าง รวม 35 ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 แบบ คือ 1) ข้อมูลจากการทดลองระบบการจัดการและการดำเนินการพัฒนาจุดหมายปลายทาง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) 2) ข้อมูลจากการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างชุมชน และการระดมความคิดเห็นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) และวิเคราะห์แก่นสาระ (Thematic analysis)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาด้านการพัฒนารูปแบบการจัดการจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารพบว่า พื้นที่สูงบ้านปางมะกล้วย เป็นหมู่บ้านรายล้อมไปด้วยผืนป่าที่มีความเขียวขจีตลอดทั้งปี มีทรัพยากรพืชพรรณที่สำคัญคือ ชาเหมี้ยง มะแขว่น และข่าแดง ซึ่งพืชเหล่านี้ล้วนเป็นอาชีพหลักของชาวบ้านที่ทำกินมาอย่างช้านาน ปัจจุบันบ้านปางมะกล้วยได้รับความสนใจจากกลุ่มนักท่องเที่ยวที่เข้ามาตั้งแคมป์ทำอาหารรับประทานกันเองในกลุ่มเพื่อนและครอบครัวซึ่งเป็นผลมาจากพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่เปลี่ยนไปจากสถานการณ์โรคไวรัสโควิด 19 ที่ระบาดในประเทศไทย ซึ่งจากการสังเกตของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่พบว่านักท่องเที่ยวนิยมทำอาหารแบบปิ้งย่างที่สามารถใส่ส่วนผสมของเครื่องเทศชั้นดีในพื้นที่ นอกจากนี้ยังมีพืชผักจากป่านานาชนิดที่สามารถเพิ่มประสบการณ์การท่องเที่ยวเชิงอาหารให้แก่นักท่องเที่ยวที่มาตั้งแคมป์ในพื้นที่หมู่บ้านได้ การพัฒนาจุดหมายปลายทางของบ้านปางมะกล้วยที่ควรดำเนินการ คือ การเป็นจุดหมายปลายทางสำหรับนักท่องเที่ยวที่ต้องการประสบการณ์กินอยู่กับป่าใกล้ชิดธรรมชาติ เน้นประสบการณ์อาหารกลางแจ้ง (Outdoor dining experience) มีแนวนโยบายการพัฒนาที่สำคัญ ดังนี้ 1) ส่งเสริมการใช้มะแขว่นและเครื่องเทศพื้นบ้านในการประกอบอาหารแก่นักท่องเที่ยว 2) พัฒนาลานตั้งแคมป์ในพื้นที่ให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและสร้างความประทับใจแก่นักท่องเที่ยว และ3) ส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ระบบนิเวศพืชพรรณในป่ารวมถึงเรื่องราวและวิธีการประกอบอาหารแก่นักท่องเที่ยว

พื้นที่ดอนบ้านดอนเจียง เป็นหมู่บ้านที่ทำเกษตรอินทรีย์มากว่า 20 ปี เป็นแหล่งปลูกถั่วเหลืองอินทรีย์ที่มีชื่อเสียงที่สุดแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ ชาวบ้านดอนเจียงได้รวมกันเป็นกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์ และได้ร่วมกับเครือข่ายเกษตรอินทรีย์กลุ่มต่าง ๆ ทั้งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และลำพูนได้ก่อตั้งตลาดเกษตรอินทรีย์ขึ้นภายใต้ชื่อ “ข่วงเกษตรอินทรีย์” ใช้เป็นจุดจำหน่ายผลผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรในเครือข่าย มีกลุ่มผู้บริโภคซึ่งส่วนใหญ่เป็นคนรักสุขภาพ กลุ่มแพทย์ พยาบาล อาจารย์มหาวิทยาลัย ข้าราชการ และกลุ่มคนวัยเกษียณเข้ามาจับจ่ายในข่วงเกษตรอินทรีย์จนเรียกได้ว่ามีลูกค้าประจำอยู่จำนวนหนึ่ง แต่จากการประชุมร่วมกับผู้เกี่ยวข้องได้พบว่า สภาพที่ผ่านมาของบ้านดอนเจียงและข่วงเกษตรอินทรีย์นั้นมีแต่กลุ่มผู้สูงอายุเป็นผู้ดำเนินการเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งปัจจุบันได้มีการตื่นตัวของคนรุ่นใหม่ที่ได้รับผลกระทบจากวิกฤตโควิด 19 ได้กลับบ้านมาช่วยพ่อแม่ทำการเกษตร และเมื่อคนรุ่นใหม่เหล่านี้ได้ไปแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในพื้นที่กรณีตัวอย่าง และได้กลับมาวิเคราะห์พื้นที่ของตนเองก็พบว่าสามารถพัฒนาต่อยอดจากสิ่งที่มีอยู่เดิมได้ โดยเพิ่มศักยภาพตามความถนัดและความชอบของกลุ่มคนรุ่นใหม่เข้าไปเติมเต็มภูมิปัญญาดั้งเดิมของคนรุ่นพ่อแม่ที่มีอยู่แล้ว

โดยจุดที่จะพัฒนาเป็นจุดหมายปลางทางที่เหมาะสมที่สุด คือบริเวณข่วงเกษตรอินทรีย์ โดยได้วางนโยบายการพัฒนาให้เป็นจุดหมายปลายทางสำหรับประสบการณ์อาหารอินทรีย์แท้ (Authentic organic experience) นักท่องเที่ยวสามารถได้รับประสบการณ์อาหารท้องถิ่นอินทรีย์แบบครบวงจร ทั้งการเรียนรู้วัตถุดิบ การเรียนรู้วิธีการปรุง หรือการชิมอาหารที่ท้องถิ่นที่หลากหลายโดยไม่ต้องเดินทางไกล มีแนวนโยบายการพัฒนาที่สำคัญ คือ 1) พัฒนาข่วงเกษตรอินทรีย์ให้เป็นแหล่งเรียนรู้ด้านอาหารท้องถิ่นแบบครบวงจร 2) พัฒนากิจกรรมส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวกับการอนุรักษ์พืชพันธุ์ท้องถิ่น 3) สร้างเวทีสำหรับคนรุ่นใหม่ในการดำเนินกิจกรรมในรูปแบบใหม่ที่สอดคล้องกับยุคสมัย และ4) เชื่อมโยงผลิตภัณฑ์ชุมชนกับการท่องเที่ยวในพื้นที่สมาชิกข่วงเกษตรอินทรีย์

พื้นที่ราบลุ่ม บ้านสันต้นเปา เป็นหมู่บ้านชนบทกึ่งเมืองที่มีประชากรสูงวัยอาศัยอยู่เป็นจำนวนมากและประชากรกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ใส่ใจในสุขภาพ มีการผลิตพืชผักปลอดภัยจำหน่ายแก่สมาชิกในชุมชน มีการรวมกลุ่มจนสามารถจัดตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชน ในนาม “วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเพียงดิน” ซึ่งทางกลุ่มได้เน้นถ่ายทอดความรู้ด้านการปลูกผักปลอดภัยและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติให้แก่คนในชุมชน ซึ่งจากการดำเนินการวิจัยในระยะที่ผ่านมาพบว่าชุมชนนี้สามารถยกระดับพืชท้องถิ่นหลายชนิดที่ถูกมองว่าเป็นวัชพืชให้สามารถนำมาปรุงอาหารและเพิ่มมูลค่าให้แก่พืชที่ไม่เป็นที่ต้องการได้ เช่น การนำหญ้าปีนนกไส้มาเป็นเมนูขึ้นชื่อของชุมชน และจากการประชุมร่วมกับกลุ่มผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่พบว่าจุดยืนของชุมชนคือการเป็นชุมชนที่ใส่ใจสุขภาพโดยเฉพาะสุขภาพผู้สูงอายุ ดังนั้นกลุ่มสมาชิกผู้สูงวัยในพื้นที่จึงมีภูมิความรู้และวิธีการดูแลสุขภาพโดยเฉพาะเรื่องอาหารเป็นอย่างดี และปัจจุบันวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเพียงดิน ได้ก่อตั้งตลาดชุมชนเล็ก ๆ ขึ้นมาเพื่อเป็นจุดศูนย์กลางในการซื้อขายแลกเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ของกลุ่มให้แก่สมาชิกและบุคคลที่สนใจ โดยใช้ชื่อตลาดนี้ว่า “กาดเพียงดิน” ซึ่งข้อสรุปจากการประชุมผู้เกี่ยวข้องเห็นว่าควรยกระดับให้เป็นจุดหมายปลายทางสำหรับประสบการณ์อาหารเพื่อสุขภาพ (Health food experience) เพื่อให้นักท่องเที่ยวสามารถเข้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้การผลิตและการบริโภคอาหารสุขภาพจากพืชผักใกล้ตัว และเป็นแหล่งกิจกรรมอาหารเชิงสร้างสรรค์ที่ทุกคนมีส่วนร่วมได้ มีแนวนโยบายการพัฒนาที่สำคัญ คือ 1) พัฒนาและปรับปรุงภูมิทัศน์ของกาดเพียงดินให้สวยงามอยู่เสมอ 2) จัดกิจกรรมอาหารสุขภาพที่นักท่องเที่ยวสามารถเข้ามามีส่วนร่วมได้เป็นประจำ 3) สื่อสารและสร้างการรับรู้แก่นักท่องเที่ยวผ่านการเชื่อมโยงเครือข่ายที่มี และ 4) ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของคนรุ่นใหม่ในชุมชน

ผลการศึกษาด้านกระบวนการเพิ่มคุณค่าและมูลค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวพบว่ามีประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญคือ 1) ด้านการจัดการพื้นที่ท่องเที่ยว 2) ด้านการให้การศึกษาและสื่อความหมาย 3) ด้านการจัดการการท่องเที่ยวและบริการการท่องเที่ยว 4) การจัดการสิ่งแวดล้อม การป้องกันและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 5) การส่งเสริมการตลาด และ 6) ด้านการมีส่วนร่วมในชุมชน สามารถสรุปประเด็นการพัฒนาและแนวทางการดำเนินการดังนี้

บ้านปางมะกล้วยจัดรูปแบบด้านการจัดการพื้นที่ท่องเที่ยวโดยจัดพื้นที่บริการพื้นฐานที่จำเป็น ได้แก่ จุดจอดรถ พื้นที่กางเต็นท์/ตั้งแคมป์ จุดบริการห้องน้ำ จุดชุมวิว จุดประกอบอาหาร ด้านการให้การศึกษาและสื่อความหมายโดยการใช้ป้ายสื่อความหมาย วิทยากรและมัคคุเทศก์ท้องถิ่น ด้านการจัดการการท่องเที่ยวและบริการการโดยบริการจัดกิจกรรมเดินป่าศึกษาระบบนิเวศและพืชพรรณในป่าชุมชนและสวนวนเกษตร และบริการข้อมูลท่องเที่ยวในพื้นที่ใกล้เคียง ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม เน้นการป้องกันและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จัดจุดคัดแยก

ขยะ และจัดการขยะอย่างถูกวิธี รวมถึงจัดพื้นที่ปลูกพืชพรรณที่ใช้ในการปรุงอาหาร ด้านการส่งเสริมการตลาดโดยร่วมมือกับเครือข่ายที่มีและทำประชาสัมพันธ์กิจกรรมผ่าน เฟสบุ๊ค (Facebook) ด้านการมีส่วนร่วมนั้นชุมชนได้ดำเนินการผ่านระบบของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและส่งเสริมคนรุ่นใหม่ในชุมชนให้เข้ามามีส่วนร่วมมากขึ้น

บ้านดอนเจียงจัดรูปแบบด้านการจัดการพื้นที่ท่องเที่ยวโดยจัดพื้นที่บริการพื้นฐานที่จำเป็น ได้แก่ จุดจอดรถ จุดคัดกรองโรค จุดบริการห้องน้ำ จุดสาธิต จุดถ่ายภาพ จุดรับประทานอาหาร ด้านการให้การศึกษาและสื่อความหมายโดยการใช้ป้ายสื่อความหมาย จัดจุดประชาสัมพันธ์ จุดสาธิตให้ความรู้ ด้านการจัดการการท่องเที่ยวและบริการการท่องเที่ยวโดยจัดบริการทัศนศึกษาเยี่ยมสวนของเกษตรกร ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม การป้องกันและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจัดจุดคัดแยกขยะ และจัดการขยะอย่างถูกวิธี และสร้างพื้นที่สีเขียวเพิ่มเติมในตลาด ด้านการส่งเสริมการตลาดโดยร่วมมือกับเครือข่ายที่มีและประชาสัมพันธ์กิจกรรมผ่าน เฟสบุ๊ค (Facebook) ด้านการมีส่วนร่วมในชุมชนโดยการทำงานผ่านระบบกลุ่มเกษตรอินทรีย์และจัดกิจกรรมหมุนเวียนที่ให้สมาชิกสลับกันมาสาธิตองค์ความรู้ของกลุ่ม

บ้านสันต้นเปาจัดรูปแบบด้านการจัดการพื้นที่ท่องเที่ยวโดยการจัดพื้นที่บริการพื้นฐานที่จำเป็น ได้แก่ จุดจอดรถ จุดคัดกรองโรค จุดบริการห้องน้ำ จุดสาธิต ด้านการให้การศึกษาและสื่อความหมายโดย ใช้ป้ายสื่อความหมาย จัดจุดประชาสัมพันธ์ จุดสาธิตให้ความรู้ ด้านการจัดการการท่องเที่ยวและบริการการท่องเที่ยวโดยการจัดบริการทัศนศึกษาเยี่ยมสวนของเกษตรกรและจัดกิจกรรมท่องเที่ยวในพื้นที่ใกล้เคียง ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม การป้องกันและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จัดจุดคัดแยกขยะ และจัดการขยะอย่างถูกวิธี และ สร้างพื้นที่สีเขียวเพิ่มเติมในตลาด ด้านการส่งเสริมการตลาด โดยร่วมมือกับเครือข่ายที่มีและประชาสัมพันธ์กิจกรรมผ่านเฟสบุ๊ค (Facebook) และด้านการมีส่วนร่วมในชุมชน โดยการทำงานผ่านกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเพียงดิน

ในส่วนรูปแบบด้านการดำเนินการพัฒนาจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวนั้นบ้านปางมะกล้วยจะดำเนินการในรูปแบบคณะกรรมการการท่องเที่ยวของหมู่บ้าน มีการสร้างทีมในการดำเนินการในแต่ละด้าน ได้แก่ กลุ่มแม่บ้านดำเนินการด้านกิจกรรมอาหาร กลุ่มปราชญชุมชนดำเนินการด้านการถ่ายทอดความรู้ กลุ่มเยาวชนดำเนินการด้านการออกแบบปละปรับปรุงภูมิทัศน์ ซึ่งการพัฒนาจุดหมายปลายทางของบ้านปางมะกล้วยจะอาศัยพื้นที่ส่วนบุคคลที่มีการดำเนินการด้านกิจกรรมการตั้งแคมป์อยู่แล้ว ซึ่งเป็นสมาชิกที่อยู่ในกลุ่มท่องเที่ยวของหมู่บ้านอยู่แล้ว ทั้งนี้ให้เน้นในเรื่องการจัดสรรผลประโยชน์ให้ทั่วถึง เป็นธรรมและโปร่งใสตามระเบียบของกลุ่มท่องเที่ยวบ้านปางมะกล้วยที่ได้ตั้งไว้

บ้านดอนเจียงจะดำเนินการร่วมกับคณะกรรมการข่วงเกษตรอินทรีย์โดยการดำเนินการต่างๆ ให้เป็นไปตามระเบียบของข่วงเกษตรอินทรีย์ เน้นการต่อยอดจากกิจกรรมที่มีอยู่เดิม โดยการเสริม เพิ่มเติม ปรับปรุงภูมิทัศน์และกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ให้น่าสนใจและตรงกับความคาดหวังของกลุ่มเป้าหมาย นอกจากนี้ได้มีการทดลองเปิดตลาดวันเสาร์เพื่อให้กลุ่มคนรุ่นใหม่ได้ลองดำเนินการตามแนวทางของตนเอง ซึ่งเป็นการดำเนินการในลักษณะทำให้เห็นเป็นรูปธรรมเพื่อให้กลุ่มคนรุ่นก่อนมีความเชื่อมั่นในกลุ่มคนรุ่นใหม่ เน้นกิจกรรมเติมเต็มความเป็นจุดหมายปลายทางทางการท่องเที่ยวของข่วงเกษตรอินทรีย์

บ้านสันต้นเปาจะดำเนินการพัฒนาจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวโดยคณะกรรมการวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเพียงดิน ดำเนินการจัดหาทัพยากรและงบประมาณสนับสนุนในการพัฒนาปรับปรุงภูมิทัศน์และจุดบริการพื้นฐานในพื้นที่กาด

เพียงดิน การดำเนินการด้านบุคลากรให้มีการแบ่งหน้าที่ตามความถนัดของสมาชิกแต่ละคน ดำเนินการดึงคนรุ่นใหม่ให้เข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมของกลุ่มเพิ่มขึ้น เน้นหลักจิตอาสาและความสุขในการทำงานเป็นสำคัญ การแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้ผ่านเวทีการประชุมประจำเดือนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

กระบวนการเพิ่มคุณค่าและมูลค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวพบว่ามีกระบวนการ 5 ขั้นตอน คือ 1) กำหนดรูปแบบสำหรับการเพิ่มคุณค่าและมูลค่า 2) ค้นหาคุณค่าเชิงบวก 3) แก้ไขภาพลักษณ์เชิงลบ 4) ออกแบบเรื่องราวและวิธีการเล่าเรื่อง และ 5) ออกแบบนวัตกรรม โดยในขั้นแรกพบว่าพื้นที่ 3 ชุมชนได้ธีมสำหรับการเพิ่มคุณค่าและมูลค่า ดังนี้ บ้านปางมะกล้วยเป็นดินแดนแห่งเครื่องเทศและอาหารจากป่า บ้านดอนเจียงเป็นถั่วเหลืองและพืชผักอินทรีย์ บ้านสันต้นเปาใช้รูปแบบวิถีการปรุงอาหารเพื่อสุขภาพ

ในขั้นการค้นหาคุณค่าเชิงบวกพบว่าบ้านปางมะกล้วยมีเครื่องเทศที่ให้รสเผ็ดร้อน เช่น มะแขว่นช่วยให้ร่างกายอบอุ่นสามารถรับมือกับสภาพอากาศหนาวเย็นในพื้นที่นอกจากนี้ยังมีน้ำมันหอมระเหยที่จะช่วยให้ระบบการหายใจและระบบไหลเวียนเลือดทำงานได้ดีในสภาพอากาศหนาว บ้านดอนเจียงมีถั่วเหลืองอินทรีย์ของบ้านดอนเจียงเป็นถั่วเหลืองพันธุ์พื้นเมืองที่ไม่ได้ผ่านการตัดแต่งพันธุกรรม เป็นถั่วเหลืองที่มีความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ประกอบการผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์ทำให้มั่นใจว่าจะได้คุณค่าจากถั่งเหลืองบริสุทธิ์แบบเต็มที่ นอกจากนี้ยังมีพืชผักพื้นบ้านที่เป็นสายพันธุ์ดั้งเดิมที่ได้รับการอนุรักษ์สืบทอดกันมาตั้งแต่บรรพบุรุษ ส่วนบ้านสันต้นเปามีวิถีการกินอาหารเพื่อดูแลสุขภาพ มีวัตถุดิบที่ดีและรู้จักวิธีการปรุง วิธีการแปรรูปและถนอมอาหารโดยเฉพาะการใช้จุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติกส์ที่ช่วยให้ระบบย่อยอาหารทำงานได้ดี

ในขั้นแก้ไขภาพลักษณ์เชิงลบนั้นบ้านปางมะกล้วยจะแก้ไขด้านกลิ่นและรสของเครื่องเทศที่ไม่คุ้นชินสำหรับคนต่างถิ่นเน้นการให้ข้อมูลที่ถูกต้องแก่นักท่องเที่ยว บ้านดอนเจียงจะแก้ไขด้านกลิ่นและรสของถั่วเหลืองและผักพื้นบ้านโดยการการแจ้งข้อมูลเรื่องกลิ่นและรสและพัฒนาสูตรอาหารที่สามารถปรับปรุงกลิ่นของวัตถุดิบได้ และบ้านสันต้นเปาจะแก้ไขภาพด้วยการการสื่อสารข้อมูลที่ถูกต้องรวมถึงการให้ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือแก่ผู้ใช้บริการ รวมถึงการนำเสนอประสบการณ์ที่ดีของผู้ที่เคยมาใช้บริการเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้แก่นักท่องเที่ยวรายใหม่

ในขั้นการออกแบบเรื่องราวรวมและการเล่าเรื่องนั้นบ้านปางมะกล้วยมีการออกแบบเรื่องราวคือเรื่องตำนานมะแขว่นและเครื่องเทศอื่นๆ วัฒนธรรมการกินที่เกี่ยวข้อง ผักป่าและระบบนิเวศ ภูมิปัญญาการหาพืชผักป่า รวมถึงข้อมูลสนับสนุนเชิงวิทยาศาสตร์ด้วย บ้านดอนเจียงมีเรื่องราวคือ เรื่องประวัติการทำเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ ความสำคัญของถั่วเหลือง Non-GMO และวิธีการผลิต ผักพื้นบ้านกับวิถีชีวิตเคล็ดลับการปรุงและข้อมูลสนับสนุนทางวิทยาศาสตร์ ส่วนบ้านสันต้นเปามีเรื่องราว คือ .สุขภาพกับอาหารการกิน ภูมิปัญญาการแปรรูปอาหารในท้องถิ่น เคล็ดลับการหมักดอง เทคนิควิธีการปรุงอาหารเพื่อดูแลสุขภาพ และข้อมูลสนับสนุนเชิงวิทยาศาสตร์

และในขั้นออกแบบนวัตกรรมนั้นพื้นที่เป้าหมายทั้ง 3 ชุมชนได้ให้ความสำคัญกับการใช้นวัตกรรมด้านความรู้ ทุนชุมชนและด้านภาคีเครือข่ายในการขับเคลื่อนการทำงานในกระบวนการเพิ่มคุณค่าและมูลค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในครั้งนี้ กล่าวคือ นวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นต้องตั้งอยู่บนฐานทุนชุมชนที่มีอยู่และการแสวงหาความรู้ใหม่เข้ามาเสริมแล้วขับเคลื่อนต่อด้วยภาคีเครือข่ายทั้งภายในภายนอกชุมชน และประสานงานเครือข่ายข้ามชุมชน

ผลการศึกษาการทำแนวทางการสร้างแบรนด์จุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารได้ข้อสรุปดังแสดงในตารางต่อไปนี้

Table 1 Destination Branding for Experiential Gastronomy Tourism in Chiang Mai

Symbols and Meaning	Making Good Memories	Inducing Liking
- Dark green symbolizes the fertile forest of Ban Pang Ma Kluay. - Use the name of the village (Pang-Ma-Kluay) to be the name of the destination. - roof gable is a symbol of camping.– - The Outdoor Food Experience message describes the nature of the food experience that customers will experience.	1) Camping activities in the beautiful scenery area of the village 2) Hiking activities to find raw materials (this is an optional activity for adventurous people) 3) Outdoor Cooking/Outdoor Dining activities using local ingredients and spices Cooked by locals/guest chefs	1) Design media to create awareness of the distinctive image of the area 2) Encourage traveler reviews 3) Promote the presentation of the village overview through both mainstream and alternative media.
- Yellow symbolizes the color of soybeans produced in the Don Jiang - Use the name of Don Jiang Village as a brand name for food experiential travel destinations - The green bean is a symbol of organic production. - The message "Authentic Organic Experience" conveys the food experience that customers will receive.	1) Activities to learn how to process organic soybean products 2) Organic food tasting activities 3) Food festival activities from organic agriculture 4) Organic farm tour and dining activities	
- Blue is a symbol of food wisdom for health care of the people of Ban San Ton Pao. - Use the name of the village of (San Ton Pao) as the destination brand - food cup symbol Representing healthy food in the area - Health, Food, Experience messages reflect the experiences that tourists will receive.	1) Health food tasting activity 2) Healthy food processing workshop activities 3) herb garden tour and cooking activities	

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

1. รูปแบบจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารที่เหมาะกับการท่องเที่ยววิถีใหม่

สถานการณ์การท่องเที่ยวของไทยในปัจจุบันนับว่ายังไม่ฟื้นตัวจากเหตุวิกฤติโควิด-19 แม้ในหลายพื้นที่จะเริ่มเปิดรับนักท่องเที่ยวแล้ว แต่ในส่วนของจังหวัดเชียงใหม่นั้นสถานการณ์การท่องเที่ยวนับว่ายังทรงตัวอยู่ ซึ่งจากการการคาดการณ์แนวโน้ม 3 สถานการณ์ของการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย คือสถานการณ์ที่ 1 การท่องเที่ยวฟื้นตัวปลายปี 2564 ตั้งแต่ ต.ค.2564 เป็นต้นไป สถานการณ์ที่ 2 การท่องเที่ยวฟื้นตัวกลางปี 2564 และสถานการณ์ที่ 3 การท่องเที่ยวฟื้นในช่วงต้นปีตั้งแต่เดือนเม.ย.2564 นั้น สำหรับพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีแนวโน้มว่าสถานการณ์ที่ 1 (การท่องเที่ยวฟื้นตัวปลายปี 2564 ตั้งแต่ ต.ค.2564 เป็นต้นไป) มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุด จากแผนการเปิดประเทศ 4 ระยะของรัฐบาลไทย พบว่าจังหวัดเชียงใหม่จัดอยู่ในกลุ่มจังหวัดนำร่องที่จะเปิดในช่วงแรกโดยให้นักท่องเที่ยวที่ได้รับวัคซีนครบโดสแล้วมาเที่ยวได้โดยไม่ต้องกักตัว อย่างไรก็ดีการท่องเที่ยวที่จะกลับมาอาจไม่เหมือนเดิมอีกต่อไปดังนั้นจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยว

ควรมีรูปแบบที่เหมาะสมกับการท่องเที่ยววิถีใหม่ตามแนวคิด BEST ของการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยด้วย ซึ่งเมื่อพิจารณารูปแบบการจัดการจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในจังหวัดเชียงใหม่พบว่าสอดคล้องกับหลักการของการท่องเที่ยววิถีใหม่ 3 ประเด็น คือ Booking (วางแผนการเดินทางก่อน-ระหว่าง-หลังเดินทาง การจัดสรรคนร่วมเดินทาง จองล่วงหน้าภายใต้เงื่อนไขการจำกัดจำนวน และการบริหารพื้นที่แบบเว้นระยะห่าง) Environment การอนุรักษ์และรักษาธรรมชาติโดยนักท่องเที่ยวมีส่วนร่วมในการท่องเที่ยวอย่างรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม) และ Safety (ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจ การให้ความสำคัญกับความสะอาด ปลอดภัย และสุขอนามัยที่ดี) ส่วนประเด็นที่ยังเป็นข้อจำกัดของพื้นที่ที่เป็นจุดหมายปลายทาง การท่องเที่ยวคือด้านเทคโนโลยี ที่จำเป็นต้องอาศัยงบประมาณและบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเข้ามาช่วยชุมชนในการดำเนินการ ทั้งนี้ในเบื้องต้นพื้นที่จุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวอาจใช้เครื่องมือที่ภาครัฐส่วนกลางและส่วนภูมิภาคพัฒนาขึ้นมาใช้ก่อนเช่น แอพพลิเคชั่นไทยชนะ และ CM-Chana เป็นต้น นอกจากนี้ต้องดำเนินการเพื่อให้ได้มาตรฐาน Amazing Thailand Safety & Health Administration (SHA) ประเภทแหล่งท่องเที่ยวด้วย

2. คุณค่าและมูลค่าของการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารกับตลาดนักท่องเที่ยวเฉพาะ

จากผลการศึกษาทำให้ได้ข้อสรุปในเบื้องต้นว่าคุณค่าและมูลค่าของการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารนั้นจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการค้นหาเอกลักษณ์อันโดดเด่นด้านอาหารที่มีอยู่แล้วนำมาเสริมภาพลักษณ์เชิงบวกแก้ไขภาพเชิงลบจากนั้นออกแบบเรื่องราวและวิธีการเล่าเรื่องรวมถึงการใช้นวัตกรรมท้องถิ่นเข้ามาสร้าง คุณค่าและมูลค่าของเอกลักษณ์อาหารที่นำเสนอ แต่อย่างไรก็ดีกระบวนการสร้างคุณค่าและมูลค่าเช่นนี้อาจไม่มีความหมายอะไรเลยหากนำเสนอไปยังนักท่องเที่ยวที่ไม่ถูกกลุ่ม ดังนั้นจึงการเข้าใจตลาดนักท่องเที่ยวที่เป็นกลุ่มเฉพาะที่แสวงหาประสบการณ์อาหารท้องถิ่นจึงเป็นเรื่องสำคัญมาก

ทั้งนี้การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยได้ตั้งเป้าหมายเจาะตลาดนักท่องเที่ยวกลุ่มมิลเลนเนียล ซึ่งถือว่าเป็นตลาดใหญ่ที่สุด และเป็นกลุ่มที่กล้าตัดสินใจเดินทางมากที่สุด โดยข้อมูลที่น่าสนใจคือนักท่องเที่ยวกลุ่มมิลเลนเนียลสนใจเรื่องโซเชี่ยลมีเดียและเทคโนโลยี สามารถรับข้อมูลข่าวสารเร็วกว่ากลุ่ม และที่สำคัญคือคนกลุ่มนี้สนใจท่องเที่ยวเพื่อเรียนรู้เสริมสร้างประสบการณ์ ชอบเปิดประสบการณ์ใหม่ๆ นอกจากนี้ยังมีกลุ่มเกษียณอายุที่มีกำลังซื้อสูงและรักสุขภาพอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความน่าสนใจ

จากกระบวนการสร้างคุณค่าและมูลค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารที่พื้นที่จุดหมายปลายทางได้เสนอไว้เป็นความท้าทายว่าจะสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวกลุ่มดังกล่าวได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งหากพิจารณาตามแนวคิดแรงผลักและแรงดึงทางการท่องเที่ยว อาจเป็นไปได้ที่นักท่องเที่ยวกลุ่มมิลเลนเนียลจะเข้ามาท่องเที่ยวพื้นที่บ้านปางมะกล้วยที่มีกิจกรรมแคมปิ้งและ Outdoor dining ซึ่งน่าจะสามารถตอบสนองความต้องการพักผ่อนหรือความต้องการผจญภัยของคนกลุ่มนี้ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับแนวคิดของ Phakdeeaksorn (2012) นอกจากนี้พื้นที่จุดหมายปลายทางบ้านปางมะกล้วยยังมีลักษณะภูมิประเทศที่สวยงามและเงียบสงบซึ่งน่าจะเป็นแรงดึงที่เพียงพอสำหรับนักท่องเที่ยวกลุ่มมิลเลนเนียล ส่วนจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวบ้านดอนเจียงและบ้านสันต้นเปาน่าจะสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวกลุ่มเกษียณอายุผู้รักสุขภาพได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ต้องรอผลการศึกษาในระยะต่อไปที่จะทดลองดำเนินการตามกระบวนการสร้างคุณค่าและมูลค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารที่ได้เสนอไว้

3. เอกลักษณ์ นวัตกรรมท้องถิ่นและความยั่งยืนของจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยว

จากการศึกษาพบว่าเอกลักษณ์อันโดดเด่นของพื้นที่ที่เป็นจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์นั้นมีความสำคัญอย่างมากต่อการสร้างแรงดึงดูดให้นักท่องเที่ยวเดินทางเข้ามาหาประสบการณ์ในพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Park and Santos (2017) ที่เสนอว่าการมีเอกลักษณ์เฉพาะท้องถิ่นที่มีการนำเสนอผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือ การมองเห็น การได้ยินเสียง การสัมผัส การได้ลิ้มรส และ การได้กลิ่นนั้นมีความสำคัญ ทั้งนี้ประสบการณ์ที่นักท่องเที่ยวได้รับในขณะเดินทางท่องเที่ยวมีหลายรูปแบบทั้งประสบการณ์ทางประสาทสัมผัส (Sensory experiences or Sense) ประสบการณ์ทางความรู้สึก (Affective Experiences or Feel) ประสบการณ์ทางพฤติกรรมและวิถีชีวิต (Physical Experiences, Behaviors and Lifestyle or ACT) และประสบการณ์ในเชิงอัตลักษณ์สังคม (Social-Identity Experiences) ซึ่งการสร้างประสบการณ์เหล่านี้ล้วนต้องอาศัยนวัตกรรมท้องถิ่นในส่วนของความรู้และทุนชุมชนทั้งสิ้น และผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rojrungsat (2013) ที่เสนอว่าความมีเอกลักษณ์เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จะส่งผลต่อความจงรักภักดีของนักท่องเที่ยวทำให้นักท่องเที่ยวกลับมาใช้บริการซ้ำได้

อย่างไรก็ดีผลจากการศึกษาข้อมูลจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารในพื้นที่เป้าหมายทั้ง 3 แห่ง มีประเด็นที่น่าเป็นห่วงคล้ายคลึงกันคือคณะทำงานส่วนใหญ่เป็นผู้สูงวัยทำให้มีความเสี่ยงเรื่องการสืบทอดเอกลักษณ์ภูมิปัญญาของพื้นที่ ดังนั้นการดึงคนรุ่นใหม่เข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการทำงานตั้งแต่ต้นจึงเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นมาก ซึ่งการที่จะดึงความสนใจของคนรุ่นใหม่เข้ามาได้นั้นจำเป็นต้องอาศัยนวัตกรรมท้องถิ่นด้านการมีจิตอาสาและจิตสาธารณะ ด้านการจัดการ และด้านการสนับสนุนด้วย

และเมื่อพิจารณาด้านความยั่งยืนของจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์อาหารนั้นจำเป็นต้องสร้างความเข้มแข็งให้กับแบรนด์จุดหมายปลายทางที่สร้างขึ้นมา ทั้งนี้ผู้รับผิดชอบในการดำเนินการจุดหมายปลายทางนั้นจำเป็นต้องมีการประเมินภาพลักษณ์ของจุดหมายปลายทาง ดังที่ Baloglu and McCleary (1999) ได้เสนอเอาไว้ว่าต้องประเมินภาพลักษณ์ 3 ส่วนคือ ภาพลักษณ์ที่เกิดจากการรับรู้ (Cognitive image) ภาพลักษณ์ที่เกิดจากความรู้สึกหรือทัศนคติ (Affective image) และภาพลักษณ์ที่มีต่อสถานที่โดยรวม (Overall/Global image)

ข้อเสนอแนะ

ผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้แก่ เทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล หน่วยงานฝ่ายปกครอง หรือหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้อง ควรบูรณาการการทำงานร่วมกันกับพื้นที่จุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวที่พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมแบรนด์จุดหมายปลายทางให้เป็นที่รู้จักและช่วยตอกย้ำเอกลักษณ์อันโดดเด่นของพื้นที่ให้มากขึ้น รวมถึงการส่งเสริมให้คนรุ่นใหม่ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานพัฒนาจุดหมายปลางทางตั้งแต่ต้น และสำหรับผู้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาจุดหมายปลายทางในพื้นที่ควรเร่งดำเนินการตามนโยบายและแนวทางที่ได้ช่วยกันวางแผนไว้ ทั้งนี้เพื่อให้พื้นที่มีความพร้อมก่อนการเปิดประเทศรับการท่องเที่ยวที่จะกลับมาในอนาคตอันใกล้นี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักประสานงานโครงการวิจัยอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนงานวิจัยในพื้นที่ทุกท่านและคณะนักวิจัยทุกคนที่ช่วยกันทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Baloglu, S. and K.W. McCleary. 1999. A model of destination image formation. **Annals of Tourism Research** 26: 868-897

Berno, T. and J. Wisansing. 2019. **The Development of ASEAN Gastronomy Network and Region of Gastronomy Master Plan.** Bangkok: Ministry of Sport and Tourism, Thailand. 52 p.

Citylife. 2021. **Gastronomy tourism – a project that bring Chiang Mai back to fun again after Covid-19. Spoon and fork by Citylife.** [Online] Available https://www.chiangmaicitylife.com/spoonandfork/spoon-and-fork-magazine/gastronomy-tourism (23 July 2021).

Ministry of Tourism and Sports. 2020. **The Project "Thailand Street Food Festival 2020".** Bangkok: Ministry of Tourism and Sports. 6 p.

Park, S. and C.A. Santos. 2017. Exploring the tourist experience: a sequential approach. **Journal of Travel Research** 56(1): 16-27.

Phakdeeaksorn, P. 2012. Tourism motivation theory and tourism. **Journal of Management Sciences.** 29(2): 130-148.

Rojrungsat, P. 2013. Importance and communicative learning activities through food tourism for international women market tourists of Thailand. **Journal of Thai Hospitality & Tourism** 8(1): 61-72.

Sommit, K. and N. Boonpaisarnsatit. 2020. Experiential tourism development on lanna Local plant-based gastronomy. **ABAC Journal** 40(4): 23-38.

Suanpleng, P. 2016. **Gastronomy Tourism. Tourism Economic Review** 4(2): 38-45.

UNWTO. 2018. **UNWTO World Forum on Gastronomy Tourism–Seizing The Power of Technology.** Madrid: World Tourism Organization. 5 p.

การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าทางการตลาด โดยผ่านการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร

Development of the Local Resource Database for Creating Value and Market Value through Ecotourism and Agro-tourism

สันติ วัฒฐานะ* วีรชัย อาจหาญ ราตรี คมสูงเนิน อุไรรัตน์ กาญจนขุนดี รุ่งเพชร ปัญญาวุฒิ
ศรัณย์ ขันติประเสริฐ พศัลย์สิริ มนต์ขลัง สุภาวดี ชมกลาง และธัญญา วรรณประภา
Santi Wattana*, Weerachai Arjharn, Ratree Khomsoongnern, Urairat Ganjanakhundee
Rungpech Punyawut, Saran Khantiprasert, Pasansiri Monklang,
Supawadee Chomklang and Thanya Wannaprapa
ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30340
Plant Genetic Conservation Center under the Royal Initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn
Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand 30340
*Corresponding author: santibio@sut.ac.th

Abstract

The development of the Local resource database for creating value and market value through ecotourism and agro-tourism aims to collect learning bases and tourist attractions with the community and analyze the strengths of the area and market opportunities; develop a local resource base system, extending the plant genetic conservation project under the Royal Initiative of Her Roy al Highness Princess Maha Chakri Sirind horn (RSPG), conservation and use encourage people to know the value of local products to create added value from the original products of the community. Establish a route for ecotourism and agrotourism and create added marketing value from products and tourist spots with the community. This research project is a participatory action research. The population in the study consisted of tourism-related sectors in Khlong Phai sub- district, Sikhio district, Nakhon Ratchasima province, namely community leaders and government officials. Tourism operators determine a sample of 100 people, collect qualitative and quantitative data by gathering learning bases and tourist spots with the community workshops to educate and make travel routes economic, social and environmental impact testing revealed that local resources have the potential to develop to attract interest in ecotourism and agrotourism. Developing a database system on top of plant genetic con-servation project under the RSPG can be divided into 4 categories: 1) tourism resources, 2) learning bases and activities, 3) accommodation, and 4) shops and restaurants, both government agencies and local communities especially Royal projects, which have 200 agencies across the country. And local administrative organizations be able to apply knowledge from research to be used in the policy-making process strategies for developing a local resource base system to create value and market value at regional, provincial, local levels or department level. This will lead to a balanced, continuous and sustainable economic, social, cultural and environmental development.

Keyword: market value, ecotourism, agro-tourism, tourism in Khlong Phai subdistrict, plant genetic conservation project

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าทางการตลาด โดยผ่านการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมฐานการเรียนรู้และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน และวิเคราะห์จุดแข็งของพื้นที่และโอกาสทางการตลาด พัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นต่อยอดโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ด้านการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ ส่งเสริมให้ประชาชนรู้คุณค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลิตภัณฑ์เดิมของชุมชน จัดทำเส้นทางการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร และสร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาดจากผลิตภัณฑ์และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน โครงการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory action research) ประชากรในการศึกษาประกอบด้วยภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวในพื้นที่ตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ ผู้นำชุมชน บุคลากรหน่วยงานภาครัฐ และผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว กำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยการรวบรวมฐานการเรียนรู้และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อให้ความรู้และจัดทำเส้นทางการท่องเที่ยว ทดสอบผลกระทบทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม พบว่า ทรัพยากรท้องถิ่นมีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อดึงดูดความสนใจด้านการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นต่อยอดโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ ด้านการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ สามารถแบ่งข้อมูลเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านแหล่งท่องเที่ยว 2) ด้านฐานการเรียนรู้และกิจกรรม 3) ด้านที่พัก และ 4) ด้านร้านค้าและร้านอาหาร หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งหน่วยงานภาครัฐและชุมชนท้องถิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โครงการในพระราชดำริ ซึ่งมี จำนวน 200 หน่วยงานทั่วประเทศ และองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น สามารถนำองค์ความรู้จากงานวิจัยไปใช้ในกระบวนการกำหนด

นโยบาย กลยุทธ์ในการพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าทางการตลาด ระดับภูมิภาค ระดับจังหวัด ระดับท้องถิ่น หรือระดับหน่วยงาน ซึ่งจะนำไปสู่พัฒนาเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม อย่างสมดุล ต่อเนื่อง และยั่งยืน

คำสำคัญ: มูลค่าทางการตลาด การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ การท่องเที่ยวเชิงเกษตร การท่องเที่ยวในพื้นที่ตำบลคลองไผ่ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช

คำนำ

โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) และมีนโยบายให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ทั่วประเทศร่วมสนองพระราชดำริ โดยทำการสำรวจและทำฐานข้อมูลทรัพยากรท้องถิ่น โดยมี อปท. เข้าร่วมสนองพระราชดำริแล้ว ไม่ต่ำกว่า 4,000 แห่งทั่วประเทศ ซึ่งหากนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นบนฐานทรัพยากรที่มีอยู่ เพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าทางการตลาด และเป็นกุญแจสำคัญนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ที่ตั้งอยู่รอบบริเวณสันเขื่อนลำตะคอง มีลักษณะทางภูมิศาสตร์เฉพาะที่มีภูเขาหินทรายรูปทรงมีดอีโต้ที่เรียกว่า เขาสันอีโต้ (cuesta) มีวิวทิวทัศน์สวยงาม โดยมีองค์การบริหารส่วนตำบลคลองไผ่เป็นผู้รับผิดชอบพื้นที่ และดำเนินโครงการโดย อพ.สธ. ซึ่งมีกิจกรรมการสำรวจข้อมูลฐานทรัพยากรท้องถิ่นมาอย่างต่อเนื่อง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลฐานทรัพยากรท้องถิ่น อบต. คลองไผ่ ที่เกิดจากกิจกรรมสำรวจเก็บรวบรวมทรัพยากรตามแนวพระราชดำริฯ ตามแบบฟอร์มการสำรวจข้อมูล 9 ใบงาน (ใบงาน อพ.สธ.) ประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐานของการประกอบอาชีพ ลักษณะทางกายภาพ ประวัติหมู่บ้าน ชุมชนวิถี การใช้ประโยชน์ของพืช สัตว์และชีวภาพอื่น ๆ ข้อมูลภูมิปัญญาแหล่งทรัพยากรและโบราณคดี เป็นต้น ซึ่งมีแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญในพื้นที่ ได้แก่ ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ ศูนย์การเรียนรู้ กฟผ. ลำตะคอง ศูนย์การเรียนรู้ด้านเกษตรกรรมเรือนจำเขาพริก และพื้นที่สำคัญอีกที่หนึ่งคือ โครงการโคราชจีโอพาร์ค ที่มีฐานทรัพยากรธรรมชาติที่ค่อนข้างหลากหลาย ซึ่งเป็นสถานที่ที่มีศักยภาพเหมาะสำหรับการพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวแหล่งใหม่เป็นอย่างยิ่ง

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมฐานการเรียนรู้และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน หาจุดแข็งของพื้นที่และโอกาสทางการตลาด พัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นต่อยอดศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ ด้านการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ ส่งเสริมให้ประชาชนรู้คุณค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลิตภัณฑ์เดิมของชุมชน จัดทำเส้นทางการท่องเที่ยว Ecotourism และ Agro-tourism โดยมี ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ เป็นแกนนำการพัฒนาท่องเที่ยวชุมชน และสร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาด โดยผ่านการท่องเที่ยว Ecotourism และ Agro-tourism จากผลิตภัณฑ์และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน พัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าผ่านการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร โดยการมีส่วนร่วมในการวิจัยของชุมชน (Participation Action Research หรือ PAR) ผ่านการประชุมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) เพื่อรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์สถานการณ์ ณ

ปัจจุบันโดยชุมชน ซึ่งเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก เพื่อนำไปสู่การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและส่งเสริมการท่องเที่ยวท้องถิ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าทางการตลาด โดยผ่านการท่องเที่ยวเชิง Ecotourism และ Agro-Tourism โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าทางการตลาด โดยผ่านการท่องเที่ยวเชิง Ecotourism และ Agro-Tourism ได้กำหนดประชากรกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน โดยใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ได้แก่ ผู้นำชุมชน หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว และผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว โดยมีการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เครือข่ายการท่องเที่ยวลำตะคอง จากหน่วยงานในพื้นที่ ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย องค์การบริหารส่วนตำบลคลองไผ่ และทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก

2. การเลือกพื้นที่วิจัย

พื้นที่ในการวิจัยครั้งนี้คือ ตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา และพื้นที่โดยรอบในรัศมี 50 กิโลเมตร จากศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

3. เครื่องมือและวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การรวบรวมฐานการเรียนรู้และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและโอกาสทางการตลาด โดยมีกระบวนการดังนี้

3.1.1 ศึกษาข้อมูลทุติยภูมิฐานทรัพยากรท้องถิ่น ได้แก่ ข้อมูลด้านกายภาพ ข้อมูลด้านชีวภาพ และข้อมูลด้านภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อเป็นฐานการเรียนรู้และจุดท่องเที่ยว จากข้อมูลฐานทรัพยากรท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา เพื่อคัดเลือกทรัพยากรท้องถิ่นที่มีอัตลักษ์โดดเด่น และมีศักยภาพด้านการท่องเที่ยว ซึ่งผ่านการรับรองจากผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ ได้แก่ 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านพฤษศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สันติ วัฒฐานะ 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภาพร จันทร์ฉาย 3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาด ดร.บุษกรณ์ ลีเจ้ยวะระ 4) ผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว จากหน่วยงานภาครัฐ จำนวน 5 คน ได้แก่ 1) นางอรวรรณ กอบวิทยา โรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา 2) นายนาวิน แก้วจันทร์ ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก 3) นางพิศมัย จันคำใจ เทศบาลตำบลคลองไผ่ 4) นางสาวสุกัญญา ไทยน้อย ทัณฑสถานหญิงนครราชสีมา และ 5) นายชาญชัย สินมีสัตย์ เขื่อนลำตะคอง กรมชลประทาน

3.1.2 ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิโดยคณะผู้วิจัยร่วมกับผู้นำชุมชนสำรวจองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยว (5 As) ได้แก่ สิ่งดึงดูดความสนใจด้านการท่องเที่ยว (Attractions) กิจกรรมด้านการท่องเที่ยว (Activities) ความสามารถในการ

เข้าถึงพื้นที่ (Accessibility) สิ่งอำนวยความสะดวก (Amenities) และที่พักอาศัย (Accommodation) ในพื้นที่ตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา และพื้นที่โดยรอบในรัศมี 50 กิโลเมตร

3.1.3 วิเคราะห์จุดแข็งของพื้นที่และโอกาสทางการตลาดของทรัพยากรท้องถิ่นที่รวบรวมเพื่อจัดทำฐานการเรียนรู้สนับสนุนการท่องเที่ยว โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 จำนวน 100 คน ร่วมกับผู้นำชุมชน หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว และผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว

3.2 การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นต่อยอดศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ด้านการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ ได้แก่

3.2.1 การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นด้านการท่องเที่ยวเพิ่มเติมจากฐานข้อมูลเดิมของศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ จากแบบสำรวจแหล่งท่องเที่ยวตามองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยว 5 As และจัดทำแบบสำรวจทรัพยากรท้องถิ่นที่มีศักยภาพด้านการท่องเที่ยว (ใบงานที่ 10) เพื่อนำไปสู่การเสนอให้องค์กรการปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ (อปท.) ร่วมสนองโครงการพระราชดำริ อพ.สธ. ซึ่งเป็นการต่อยอดจากแบบสำรวจที่มีอยู่ 9 ประเภท (9 ใบงาน) เป็นแบบสำรวจทรัพยากรการท่องเที่ยว (ใบงานที่ 10)

3.2.2 จัดทำฐานข้อมูลทรัพยากรการท่องเที่ยวและฐานการเรียนรู้เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวและบันทึกข้อมูลลงในโปรแกรม Microsoft Excel 2016

3.3 การส่งเสริมให้ประชาชนรู้คุณค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลิตภัณฑ์ ดังต่อไปนี้

3.3.1 จัดอบรมเพื่อถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับข้อมูลทรัพยากรท้องถิ่นและและฐานการเรียนรู้เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวเพื่อให้ประชาชนรู้คุณค่าทรัพยากรและผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่นและนำไปสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลิตภัณฑ์ โดยการจัดอบรมให้แก่ผู้นำชุมชน สมาชิกในชุมชน หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว และผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว จำนวน 50 คน การเลือกผู้เข้าอบรมโดยใช้เครือข่ายการท่องเที่ยวลำตะคอง จากหน่วยงานในพื้นที่ ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย องค์การบริหารส่วนตำบลคลองไผ่ ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก และผู้นำชุมชน

3.3.2 ประเมินการรับรู้คุณค่าของแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศและแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรในชุมชนก่อนและหลังการอบรม โดยใช้แบบสอบถาม เรื่อง การประเมินการรับรู้คุณค่าของแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศและเชิงเกษตรในชุมชนและเกณฑ์การให้คะแนนและแปลความหมายของคะแนนแบบอิงเกณฑ์ (Ketsing, 1995)

3.4 การสร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาด โดยผ่านการท่องเที่ยว Ecotourism and Agro-tourism จากผลิตภัณฑ์และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชนและจัดทำเส้นทางการท่องเที่ยว Ecotourism and Agro-tourism โดยมีศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ เป็นแกนนำพัฒนาท่องเที่ยวชุมชน

โดยการวิเคราะห์ความต้องการของนักท่องเที่ยวและการกำหนดกลุ่มเป้าหมายนักท่องเที่ยวโดยการจัดสนทนากลุ่มจำนวน 50 คน ร่วมกับผู้นำชุมชน หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว และผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว การเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เครือข่ายการท่องเที่ยวลำตะคอง จากหน่วยงานในพื้นที่ ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย องค์การบริหารส่วนตำบลคลองไผ่ ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก และผู้นำชุมชน เพื่อวิเคราะห์ความต้องการของนักท่องเที่ยว กำหนดกลุ่มนักท่องเที่ยวเป้าหมาย พัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านการท่องเที่ยว จัดทำเส้นทางการ

ท่องเที่ยว และส่งเสริมการตลาด โดยใช้กระบวนการ Design thinking ที่มุ่งเน้นการการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร จากความต้องการของนักท่องเที่ยว

3.5 สร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาด โดยผ่านการท่องเที่ยว Ecotourism และ Agro-tourism จากผลิตภัณฑ์และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน โดยมีวิธีการดังนี้

3.5.1 พัฒนาสินค้าที่มาจากทรัพยากรในท้องถิ่นเพื่อสนับสนุนเส้นทางการท่องเที่ยวโดยการจัดอบรมต่อยอดการส่งเสริมพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยวและพัฒนาสินค้าที่มาจากทรัพยากรในท้องถิ่นเพื่อเป็นของฝากของที่ระลึกในเส้นทางการท่องเที่ยว จากนั้นนำชุมชนที่เป็นเจ้าของสินค้าให้นำสินค้ามาขายในพื้นที่ที่จัดไว้ให้

3.5.2 จัดกลุ่มข้อมูลด้วยเครื่องมือส่วนประสมทางการตลาดบริการ (Marketing Mix 7Ps) และทำการประชาสัมพันธ์สร้างการรับรู้ในกลุ่มลูกค้าหรือนักท่องเที่ยวเป้าหมายดึงดูดให้มาท่องเที่ยวโดยการทำการตลาดเชิงเนื้อหา (Content marketing) ผ่านเว็บไซต์ (Website) และการโฆษณาผ่านสื่อโซเชียลมีเดียจนเกิดเป็นมูลค่าทางการตลาด ได้แก่ 1) วิเคราะห์การบริการตามความต้องการของลูกค้าด้วย ส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix 7Ps) โดยเอาความต้องการของลูกค้า ที่ได้จากการสัมภาษณ์หลังการทดสอบโปรแกรมหรือเส้นทางท่องเที่ยว (Prototype test) ไปจับคู่กับการบริการตามความต้องการลูกค้า 2) สร้างการรับรู้ให้กลุ่มลูกค้าเป้าหมายดึงดูดความสนใจมาท่องเที่ยวด้วยการจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์โดยการทำการตลาดเชิงเนื้อหา (Content marketing) ผ่านเว็บไซต์ (Website) และการโฆษณาผ่านสื่อโซเชียลมีเดีย และ 3) สรุปผลการโฆษณาผ่านสื่อ

ผลการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าทางการตลาด โดยผ่านการท่องเที่ยวเชิง Ecotourism และ Agro-Tourism ได้ผลการวิจัย ดังนี้

1 การสำรวจและรวบรวมฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อจัดทำฐานการเรียนรู้และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชนเพื่อหาจุดแข็งและโอกาสทางการตลาด

จากการศึกษาข้อมูลงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น 9 ใบงาน ขององค์การบริหารส่วนตำบลคลองไผ่ พบว่า มี 2,960 ข้อมูล สามารถจัดกลุ่มข้อมูลได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ข้อมูลชีวภาพ ข้อมูลกายภาพ และข้อมูลภูมิปัญญาและวัฒนธรรม ซึ่งในแต่ละฐานข้อมูลมีความสำคัญ เป็นเอกลักษณ์ และมีประโยชน์ต่อชุมชน ช่วยในการสร้างรายได้ เช่น ข้อมูลด้านชีวภาพ มี 2,934 ข้อมูล ได้แก่ พืช มี 2,878 ข้อมูล สัตว์ มี 40 ข้อมูล และ ชีวภาพอื่น ๆ มี 16 ข้อมูล ข้อมูลกายภาพ มี 4 ข้อมูล และข้อมูลภูมิปัญญาและวัฒนธรรม มี 22 ข้อมูล จากข้อมูลทั้งหมดพบว่าทรัพยากรที่มีศักยภาพด้านการท่องเที่ยว มี 19 ข้อมูล ได้แก่

1) ข้อมูลชีวภาพ พืช ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า (*Coffea arabica* L.) พบปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจใน อบต. คลองไผ่ และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์การแฟดิฟ หม่อน (*Morus alba* L.) ปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจในศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ เป็นจุดเช็คอิน และจุดถ่ายรูป จัน (*Diospyros decandra* Lour.) เป็นไม้ไทยโบราณพบในตำบลคลองไผ่ เป็นต้นที่ใหญ่และพบเพียงต้นเดียว จำปีสิรินธร (*Magnolia sirindhorniae* Noot & Chalermglin.) เป็นพืชหายาก

และใกล้สูญพันธุ์ของประเทศไทย และตะขบยักษ์ (*Flacourtia indica* (Burm.f.) Merr.) ปลูกเป็นพืชอนุรักษ์และเป็นพืชเศรษฐกิจในศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ สัตว์ ได้แก่ หิ่งห้อยช้างยักษ์ (*Lamprigera* sp.) พบการกระจายพันธุ์ในศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ ลำตัวแบ่งเป็นปล้อง ๆ สีดำสามารถทำแสงได้บริเวณปล้องท้องปล้องสุดท้าย นกกระจอกเทศ (*Struthio camelus* linn.) เลี้ยงเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ ที่ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก แพะ (*Capra aegagrus* hircus) เลี้ยงเพื่อการค้าสร้างรายได้ แปรรูปและจำหน่ายเป็นแพะเนื้อ และแพะนม สุนัขพันธุ์บีเกิ้ล (*Canis lupus* familiaris.) เลี้ยงเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ที่ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก ควาย (*Bubalus bubalis* L.) เป็นแหล่งเรียนรู้ในชื่อโรงเรียนสอนเลี้ยงควาย ที่ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก และ ชีวภาพอื่น ๆ ได้แก่ เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing.) แหล่งเรียนรู้การเลี้ยงเห็ดในโครงการชีววิถีเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ไลเคน (*Parmotrema tinctorum* (Delise ex Nyl.) Hale.) พบมีการกระจายพันธุ์ที่เขาพริก ในพื้นที่ อบต. คลองไผ่ ใช้ในการย้อมสีธรรมชาติ

2) ข้อมูลกายภาพ ได้แก่ เขื่อนลำตะคอง บ้านคลองไผ่ ตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ เก็บน้ำได้ 310 ล้านลูกบาศก์เมตร อ่างหนองคู บ้านซับศิลาทอง ตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา เก็บน้ำได้ 551,040 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีความสมบูรณ์และสวยงาม หนองขุ่น บ้านเขาพริก ตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา เก็บน้ำได้ 20,000 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นแหล่งน้ำที่สำคัญของชุมชนบ้านซับศิลาทอง เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีความสมบูรณ์

3) ภูมิปัญญาและวัฒนธรรม ได้แก่ การย้อมสีธรรมชาติ ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ องค์ความรู้การใช้ประโยชน์ทรัพยากรพืช และสัตว์ ในการย้อมสีผ้าให้มีสีสันสวยงาม การแปรรูปชาสมุนไพร ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ องค์ความรู้การแปรรูปพืชสมุนไพรให้เป็นชาเพื่อสุขภาพ สมุนไพร ปราชน์ชาวบ้าน ของคุณสถิต แพงโพธิ์ เป็นแหล่งเรียนรู้การใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรในท้องถิ่น ในการรักษาโรค และ แหล่งเรียนรู้หินตัดบ้านโตดตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา แหล่งเรียนรู้การแปรรูปหินทรายของชุมชนคลองไผ่

2. การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นต่อยอดศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ด้านการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์

จากแบบสำรวจแหล่งท่องเที่ยวตามองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยว 5 As คณะผู้วิจัยได้พัฒนาและนำมาสู่ระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นด้านการท่องเที่ยว มาเป็นแบบสำรวจทรัพยากรท้องถิ่นที่มีศักยภาพด้านการท่องเที่ยว พบว่าสามารถจัดระบบฐานข้อมูลและแยกประเภทของทรัพยากรการท่องเที่ยวท้องถิ่นที่มีศักยภาพด้านการท่องเที่ยวทั้งหมด 30 แหล่งท่องเที่ยว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 แหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มี 6 แหล่ง ได้แก่ 1) ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก 2) ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ 3) ศูนย์การเรีนรู้ กฟผ. ลำตะคอง 4) สำนักสงฆ์พระพุทธบาทพระธาตุพานทอง 5) ศูนย์ฝึกอบรม อพ.สธ. คลองไผ่ และ 6) แหล่งท่องเที่ยวเทศบาลคลองไผ่

2.2 แหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร มี 11 แหล่ง ได้แก่ 1) โครงการชีววิถีเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน 2) ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก 3) ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ 4) ศูนย์ปฏิบัติธรรมภูแสนดาว 5) แปลงปลูก

ผักเกษตรอินทรีย์องค์รวม 6) ศูนย์เรียนรู้แปลงปลูกผักหวานป่า 7) สวนฝรั่งไต้หวันลำตะคอง 8) แสนพันฟาร์ม 9) ไร่องุ่นคุณปู่ 10) ไร่องุ่นลายเถาว์ และ 11) ไร่องุ่นรักษ์ดินกลิ่นดาว

2.3 แหล่งท่องเที่ยวประเภทอื่น ๆ มี 13 แหล่ง ได้แก่ 1) ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก 2) ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ 3) สมุนไพร ปราชน์ชาวบ้าน 4) ศูนย์การเรีนรู้ กฟผ. ลำตะคอง 5) สำนักสงฆ์พระพุทธบาทพระธาตุพานทอง 6) กาแฟเขายายเที่ยง 7) ศูนย์การเรียนรู้มะค่างาม 8) บ้านโตดเขาล่ะ 24 9) วิสาหกิจชุมชนบ้านซับศิลาทอง 10) ศูนย์ฝึกอบรม อพ.สธ. คลองไผ่ 11) แหล่งเรียนรู้เทศบาลคลองไผ่ 12) ทัณฑสถานหญิง จังหวัดนครราชสีมา และ 13) วัดพระพุทธบาทคีรีวันน์เขาพริก

3 ผลการวิจัยการส่งเสริมให้ประชาชนรู้คุณค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลิตภัณฑ์

การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ “คืนความรู้สู่ชุมชน” เรื่อง “ทรัพยากรท้องถิ่นและฐานการเรียนรู้เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวและการสร้างคุณค่าทางการตลาดจากทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรและเชิงนิเวศ และการสร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาดด้านการท่องเที่ยว เพื่อส่งเสริมให้ประชาชนรู้คุณค่าทรัพยากรและผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นจำนวน 50 คน จากภาคส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากการอบรม พบว่า ผู้เข้าอบรมมีการรับรู้คุณค่าของแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศและเชิงเกษตรในชุมชนเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระดับการรับรู้คุณค่าของแหล่งท่องเที่ยวก่อนและหลังการอบรม โดยการวัดและการให้คะแนนมี 3 ระดับ ได้แก่ ระดับปานกลาง ระดับมาก และระดับมากที่สุด ดังแสดงใน Table 1 และ 2 ดังนี้

Table 1 The level of perception of the value of ecotourism in the community before and after the training

Details	Before training			After training		
	Average	S.D.	Result	Average	S.D.	Result
1. In the community, there are natural resources, animals, plants or geomorphs that are hard to find in Thailand.	3.28	1.09	Medium	4.46	0.68	Much
2. In the community, there are natural resources, animals, plants or landscapes that can attract tourists.	3.40	1.07	Medium	4.56	0.73	Maximum
3. The community has abundant natural resources.	3.58	1.01	Much	4.64	0.66	Maximum
4. There are natural resources in the community that contribute to learning ecosystems.	3.50	1.04	Much	4.52	0.68	Maximum

Table 1 (Continued)

Details	Before training			After training		
	Average	S.D.	Result	Average	S.D.	Result
5. There are natural resources in the community that are related to the local culture.	3.14	0.90	Medium	4.40	0.73	Much
6. Tourism to natural resources in the community is safe.	3.48	1.02	Medium	4.32	0.87	Much

จาก Table 1 พบว่า ผู้เข้าอบรมมีการรับรู้คุณค่าแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศก่อนการอบรมในระดับปานกลางและหลังการอบรมในระดับมาก ได้แก่ ในชุมชนมีแหล่งธรรมชาติ สัตว์ พืช หรือ ธรณีสัณฐาน ที่หาได้ยากในประเทศไทย (3.28/4.46) ในชุมชนมีแหล่งธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมท้องถิ่น (3.14/4.40) และการท่องเที่ยวแหล่งธรรมชาติในชุมชนมีความปลอดภัย (3.48/4.32) ผู้เข้าอบรมมีการรับรู้คุณค่าแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศก่อนการอบรมในระดับปานกลางและหลังการอบรมในระดับมากที่สุด ได้แก่ ในชุมชนมีแหล่งธรรมชาติ สัตว์ พืช หรือ ธรณีสัณฐาน ที่สามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวได้ (3.40/4.56) ผู้เข้าอบรมมีการรับรู้คุณค่าแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศก่อนการอบรมในระดับมากและหลังการอบรมในระดับมากที่สุด ได้แก่ ในชุมชนมีแหล่งธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ (3.58/4.64) และในชุมชนมีแหล่งธรรมชาติที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ระบบนิเวศ (3.50/4.52)

Table 2 The level of perception of the value of agro-tourism in the community before and after the training

Details	Before training			After training		
	Average	S.D.	Result	Average	S.D.	Result
1. Community agriculture uses unique tools and technologies.	3.06	0.956	Medium	4.28	0.858	Much
2. Community agriculture uses outstanding local wisdom.	3.06	0.978	Medium	4.38	0.780	Much
3. The agricultural area in the community has a beautiful natural environment.	3.46	0.994	Medium	4.48	0.707	Much

Table 2 (Continued)

Details	Before training			After training		
	Average	S.D.	Result	Average	S.D.	Result
4. The agricultural areas in the community are diverse.	3.24	0.847	Medium	4.52	0.735	Maximum
5. The agricultural products in the community are diverse.	3.22	0.910	Medium	4.38	0.830	Much
6. Community agriculture can develop various agro-tourism activities.	3.34	0.917	Medium	4.48	0.886	Much

จาก Table 2 พบว่า ผู้เข้าอบรมมีการรับรู้คุณค่าแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรก่อนการอบรมในระดับปานกลางและหลังการอบรมในระดับมาก ได้แก่ การเกษตรในชุมชนใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีที่เป็นเอกลักษณ์ (3.06/4.28) การเกษตรในชุมชนใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่โดดเด่น (3.06/4.38) พื้นที่ทางการเกษตรในชุมชนมีสภาพแวดล้อมที่สวยงามตามธรรมชาติ (3.46/4.48) ผลผลิตทางการเกษตรในชุมชนมีความหลากหลาย (3.22/4.38) การเกษตรในชุมชนสามารถพัฒนากิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรได้อย่างหลากหลาย (3.34/4.48) ผู้เข้าอบรมมีการรับรู้คุณค่าแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศก่อนการอบรมในระดับปานกลางและหลังการอบรมในระดับมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่ทางการเกษตรในชุมชนมีความหลากหลาย (3.24/4.52)

4. การสร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาดโดยผ่านการท่องเที่ยว Ecotourism และ Agro-Tourism จากผลิตภัณฑ์และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน และจัดทำเส้นทางการท่องเที่ยว Ecotourism and Agro-tourism โดยมีศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อเป็นแกนนำพัฒนาท่องเที่ยวชุมชน

4.1 การสร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาดโดยผ่านการท่องเที่ยว Ecotourism และ Agro-tourism จากผลิตภัณฑ์และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน และจัดทำเส้นทางการท่องเที่ยว โดยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจากเครือข่ายการท่องเที่ยวลำตะคอง (Stakeholders) ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย องค์การบริหารส่วนตำบลคลองไผ่ ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก ผู้นำชุมชน สมาคมการท่องเที่ยวจังหวัดนครราชสีมา และผู้ประกอบการ ทั้งหมด 50 คน สรุปผลการเลือกกลุ่มเป้าหมายได้ 3 กลุ่ม คือ

4.1.1 กลุ่มนักท่องเที่ยวที่ต้องการศึกษาดูงาน โดยมีความต้องการในการจัดประชุมสัมมนาและสร้างความสัมพันธ์ในองค์กรด้วยกิจกรรมศึกษาดูงานและท่องเที่ยวพักผ่อน ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีกำลังซื้อ มีการจับจ่ายใช้สอยของฝาก และมีการบอกต่อผู้อื่นรวมถึงนำครอบครัวกลับมาท่องเที่ยวเป็นการส่วนตัวหลังจากศึกษาดูงาน จากหน่วยงานราชการมากมายทั่วประเทศไทย โดยเฉพาะกลุ่มหน่วยงานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

4.1.2 กลุ่มนักท่องเที่ยวแบบครอบครัว โดยส่วนใหญ่เป็นกลุ่มนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในเขตอำเภอเมืองนครราชสีมา กรุงเทพมหานครและปริมณฑล รวมถึงเขตจังหวัดใกล้เคียงนครราชสีมา ที่มีพฤติกรรมในการท่องเที่ยวพักผ่อนในวันหยุดราชการและเสาร์อาทิตย์ มีสมาชิกครอบครัวตั้งแต่สองคนขึ้นไป

4.1.3 กลุ่มนักท่องเที่ยวสูงวัย โดยมุ่งเน้นกลุ่มที่มีอายุตั้งแต่ 50-65 ปี มีอาชีพรับราชการ พนักงานบริษัท และอยู่ในช่วงท้ายของการทำงานจนถึงเกษียณอายุจากการทำงานไม่เกิน 10 ปี มีความต้องการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติเพื่อพักผ่อนอย่างสงบ ดูแลสุขภาพกายและใจ แสวงหาความสุขที่แท้จริงในบั้นปลาย

4.2 จัดทำโปรแกรมในเส้นทางท่องเที่ยว โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว ตัวแทนนักท่องเที่ยว และที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจากเครือข่ายการท่องเที่ยวลำตะคองผ่านการรประชุมกลุ่มร่วมกัน (Focus group) เพื่อแบ่งปันข้อมูลและระดมสมอง ทำการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและนักท่องเที่ยวแต่ละกลุ่ม เพื่อนำไปปรับปรุงโปรแกรมหรือเส้นทางท่องเที่ยว ดังแสดงใน Figure 1 แผนที่ท่องเที่ยวเควสตาการ์เด้น ได้ผลการจัดทำโปรแกรมเส้นทางท่องเที่ยว ดังนี้

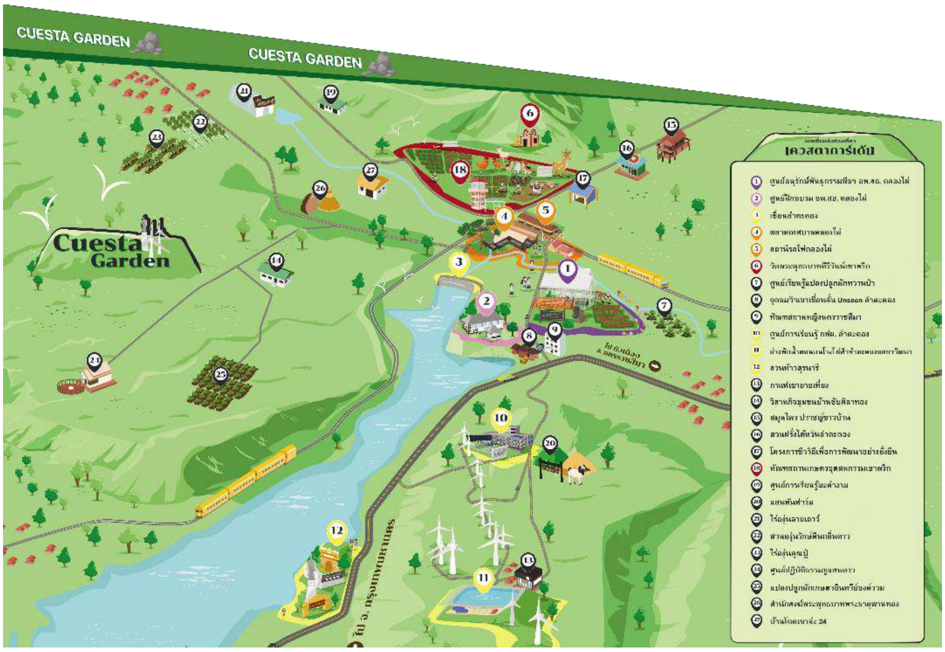


Figure 1 Questa Garden tourist map

นักท่องเที่ยวลงทะเบียนที่ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ อพ.สธ. คลองไผ่ เวลา 09.30 น. จากนั้นเยี่ยมชมแหล่งเรียนรู้การย้อมสีจากธรรมชาติ การแปรรูปชาสมุนไพร และเลือกซื้อสินค้าชุมชน เวลา 10.00 น. เยี่ยมชมศูนย์เรียนรู้แปลงปลูกผักหวานป่า สวนฝรั่งไต้หวันลำตะคอง เวลา 10.50 น. เยี่ยมชมการเลี้ยงเห็ดนางฟ้า ในโครงการชีววิถีเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน เยี่ยมชมแหล่งเรียนรู้สมุนไพรปราชน์ชาวบ้าน เวลา 11.30 น. เยี่ยมชมแหล่งเรียนรู้ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก เวลา 12.00 น. รับประทานอาหารกลางวันที่ศูนย์ปฏิบัติธรรมภูแสนดาว เวลา 13.00 น. เยี่ยมชมการทำเกษตรอินทรีย์ในแปลงปลูกผักเกษตรินทรีย์องค์รวม เยี่ยมชมการปลูกองุ่นในสวนองุ่นรักษ์ดินกลิ่นดาว ไร่องุ่นคุณปู่

และ ไร่องุ่นลายเถาว์ เวลา 14.20 น. เยี่ยมชมการปลูกกาแฟอาราบิก้าของวิสาหกิจชุมชนบ้านซับศิลาทอง เวลา 14.40 น. เยี่ยมชมการแปรรูปหินบ้านโตดเขาล่ะ 24 และสักการะรอยพระพุทธบาทสำนักสงฆ์พระพุทธบาทพระธาตุพานทอง เวลา 15.00 น. สัมผัสวิถีชุมชนในแหล่งเรียนรู้เทศบาลคลองไผ่ เวลา 15.30 น. สัมผัสธรรมชาติบนจุดชมวิวเขาเขื่อนลั่น Unseen ลำตะคอง เขื่อนลำตะคอง และศูนย์ฝึกอบรม อพ.สธ. คลองไผ่ เวลา 15.50 น. เยี่ยมชมแหล่งเรียนรู้การเลี้ยงแพะที่แสนพันฟาร์ม เวลา 16.00 น. เยี่ยมชมศูนย์การเรีนรู้ กฟผ. ลำตะคอง และชมพระอาทิตย์ตกบนอ่างพักน้ำตอนบนโรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา เวลา 16.30 น. เดินทางกลับโดยสวัสดิภาพ

5. การสร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาดเพื่อประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เชื่อมโยงกับบริบทของสังคมและสิ่งแวดล้อมโดยผ่านการท่องเที่ยว Ecotourism และ Agro-tourism จากผลิตภัณฑ์และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากฐานทรัพยากรท้องถิ่น เป็นการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พันธุกรรมพืชของชุมชน เพื่อตอบสนองความต้องการซื้อสินค้าจากทรัพยากรท้องถิ่นผลิตเป็นสินค้าที่จะสามารถส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวบนเส้นทางท่องเที่ยวคลองไผ่และนำมาซึ่งรายได้จากการขาย 14 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แยมมัลเบอร์รี่ผสมกระเจี๊ยบ กัมมี่โปร่งฟ้า ไซรัปมะตูมผสมชะเอม ไข่เค็มใบโปร่งฟ้า เม็ดบัวลำไยในน้ำมะตูม ชามะตูม ชาผักเชียงดา ชากระเจี๊ยบ ชามะรุม ชาใบหม่อน ชารางจืด ชาผักหวานป่า ผ้าพันคอผ้าไหมตราหยาดป่า และตุ๊กตาผ้าไหมตราหยาดป่า

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการสำรวจและรวบรวมฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อจัดทำฐานการเรียนรู้และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน พบว่า ฐานทรัพยากรท้องถิ่นที่มีทั้งหมดมีจำนวน 2,960 ข้อมูล สามารถจัดกลุ่มข้อมูลได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ข้อมูลด้านชีวภาพ มี 2,934 ข้อมูล 2) ข้อมูลกายภาพ มี 4 ข้อมูล และ 3) ข้อมูลภูมิปัญญาและวัฒนธรรม มี 22 ข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับ Janchai *et al*. (2017) ที่กล่าวว่า ทรัพยากรการท่องเที่ยวสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่ ทรัพยากรการท่องเที่ยวทางธรรมชาติ ทรัพยากรการท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์และศิลปะวัฒนธรรม ทรัพยากรการท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมและวิถีชีวิตชุมชน และทรัพยากรการท่องเที่ยวที่มนุษย์สร้างขึ้น

การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นต่อยอดโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ด้านการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ พบว่า จากการสำรวจข้อมูลโดยแบบสำรวจทรัพยากรท่องเที่ยวที่มีศักยภาพ สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาพัฒนาและจัดระบบฐานทรัพยากรใหม่ เพื่อการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ทางด้านการท่องเที่ยว ซึ่งจะสอดคล้องกับ Visadsoontornsaku *et al*. (2020) ที่พบว่า ศักยภาพด้านกิจกรรมการท่องเที่ยวชุมชนที่มีกิจกรรมเฉพาะของแต่ละชุมชน จะถือเป็นข้อดีของชุมชน

จากการประเมินผลการรับรู้คุณค่าก่อนและหลังการอบรมของแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศและเชิงเกษตรซึ่งเป็นทรัพยากรท้องถิ่นและผลิตภัณฑ์ที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้นั้น สรุปได้ว่า ผู้เข้าอบรมมีการรับรู้คุณค่าแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศและเชิงเกษตรเพิ่มมากขึ้นหลังจากอบรม และการให้ความรู้เป็นองค์ประกอบสำคัญของการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (Mowforth and Munt, 2009)

การวิจัยการสร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาดโดยผ่านการท่องเที่ยว Ecotourism และ Agro-Tourism จากผลิตภัณฑ์และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน และจัดทำเส้นทางการท่องเที่ยว โดยใช้กระบวนการแนวคิดเชิงออกแบบที่นำเอาความต้องการของนักท่องเที่ยวมาเป็นศูนย์กลางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับ Hjalager (2015) การออกแบบผลิตภัณฑ์บริการที่ตอบโจทย์ความต้องการของนักท่องเที่ยวอย่างแท้จริงอย่างมีส่วนร่วมจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมด จนเกิดโปรแกรมและเส้นทางท่องเที่ยว และผลิตภัณฑ์จากชุมชนเพื่อตอบโจทย์ความต้องการนักท่องเที่ยวที่สุด

จากผลสรุปโปรแกรมการท่องเที่ยวทั้งสามโปรแกรม ผลิตภัณฑ์ชุมชน 14 ผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการซื้อสินค้าจากทรัพยากรท้องถิ่นของลูกค้านักท่องเที่ยวเป้าหมาย ผ่านกระบวนการแนวคิดเชิงออกแบบที่มีความต้องการของมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human-Centred Design) ในการออกแบบ โปรแกรมการท่องเที่ยว และผลิตภัณฑ์บริการที่ตอบโจทย์ความต้องการของนักท่องเที่ยวอย่างแท้จริง สอดคล้องกับ Hjalager (2015) ที่เชื่อว่าแนวคิดเชิงออกแบบสามารถสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่จะเปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวได้

สรุปผลการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าทางการตลาด โดยผ่านการท่องเที่ยวเชิง Ecotourism และ Agro-tourism สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1. การรวบรวมฐานการเรียนรู้และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและโอกาสทางการตลาด

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าทางการตลาด โดยผ่านการท่องเที่ยวเชิง Ecotourism และ Agro-tourism ทำให้ทราบถึงฐานทรัพยากรเดิมของท้องถิ่นที่มีศักยภาพในชุมชน และนำมาพัฒนาให้เป็นสถานที่ท่องเที่ยว สู่การท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร การสำรวจและรวบรวมฐานทรัพยากรท้องถิ่นที่มีศักยภาพด้านการท่องเที่ยวเพื่อหาจุดแข็งและโอกาสทางการตลาด พบว่า ฐานทรัพยากรท้องถิ่นที่มีศักยภาพด้านการท่องเที่ยวทั้งหมดมีจำนวน 2,960 ข้อมูล สามารถจัดกลุ่มข้อมูลได้เป็น 3 ประเภท ซึ่งในแต่ละกลุ่มฐานข้อมูลมีความสำคัญ มีเอกลักษณ์ และมีประโยชน์ต่อการท่องเที่ยวชุมชน ได้แก่ 1) ข้อมูลด้านชีวภาพ มี 2,934 ข้อมูล ได้แก่ พืช (2,878 ข้อมูล) สัตว์ (40 ข้อมูล) และชีวภาพอื่น ๆ (16 ข้อมูล) 2) ข้อมูลกายภาพ มี 4 ข้อมูล ได้แก่ข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น พื้นดิน ภูเขา ป่าไม้แม่น้ำ ลำธาร สภาพลมฟ้าอากาศ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเกิดแหล่งทรัพยากรในพื้นที่ และ 3) ข้อมูลภูมิปัญญาและวัฒนธรรม มี 22 ข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่นซึ่งสั่งสมมาจากประสบการณ์ของชีวิต สังคม และในสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น โดยถ่ายทอดสืบต่อกันมาจากบรรพบุรุษ เป็นวัฒนธรรมที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตดั้งเดิมของชาวบ้าน

2. การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นต่อยอดศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ด้านการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์

การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นต่อยอดอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ด้านการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ พบว่า จากการสำรวจข้อมูลโดยแบบสำรวจทรัพยากรท่องเที่ยวที่มีศักยภาพ สามารถนำข้อมูลดักล่าวมาพัฒนาและจัดระบบฐานทรัพยากรใหม่ เพื่อการอนุรักษ์และ

ใช้ประโยชน์ทางด้านการท่องเที่ยว ได้แก่ ข้อมูลด้านแหล่งท่องเที่ยว มีจำนวน 30 แหล่ง โดยแบ่งเป็น แหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร 11 แหล่ง แหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ 6 แหล่ง และแหล่งท่องเที่ยวประเภทอื่น ๆ 13 แหล่งท่องเที่ยว

3. การส่งเสริมให้ประชาชนรู้คุณค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลิตภัณฑ์

จากการจัดอบรมการเชิงปฏิบัติการ “คืนความรู้สู่ชุมชน” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการวิจัยเพื่อส่งเสริมให้ประชาชนรู้คุณค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลิตภัณฑ์ สรุปได้ว่า ผู้เข้าร่วมการอบรมจำนวน 50 คน ได้รับรู้คุณค่าก่อนและหลังการอบรมของแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศและเชิงเกษตรซึ่งเป็นทรัพยากรท้องถิ่นและผลิตภัณฑ์ที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้นั้น สรุปได้ว่า ผู้เข้าอบรมมีการรับรู้คุณค่าแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศและเชิงเกษตรเพิ่มมากขึ้นหลังจากอบรม ได้แก่ ผู้เข้าอบรมมีการรับรู้คุณค่าในด้านชุมชนมีแหล่งธรรมชาติ สัตว์ พืช หรือ ธรณีสัณฐาน ที่หาได้ยากในประเทศไทย ชุมชนมีแหล่งธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมท้องถิ่น และการท่องเที่ยวแหล่งธรรมชาติในชุมชนมีความปลอดภัย จากระดับปานกลางเป็นระดับมาก ผู้เข้าอบรมมีการรับรู้คุณค่าในด้านชุมชนมีแหล่งธรรมชาติ สัตว์ พืช หรือ ธรณีสัณฐาน ที่สามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวได้ จากระดับปานกลางเป็นระดับมากที่สุด และผู้เข้าอบรมมีการรับรู้คุณค่าในด้านชุมชนมีแหล่งธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ และในชุมชนมีแหล่งธรรมชาติที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ระบบนิเวศ จากระดับมากเป็นระดับมากที่สุด

4. การสร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาดโดยผ่านการท่องเที่ยว Ecotourism และ Agro-Tourism จากผลิตภัณฑ์และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน และจัดทำเส้นทางการท่องเที่ยว Ecotourism and Agro-tourism โดยมีศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อเป็นแกนนำพัฒนาท่องเที่ยวชุมชน

ผลการวิจัยการสร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาดโดยผ่านการท่องเที่ยว Ecotourism และ Agro-Tourism จากผลิตภัณฑ์และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน และจัดทำเส้นทางการท่องเที่ยว โดยใช้กระบวนการแนวคิดเชิงออกแบบที่นำเอาความต้องการของนักท่องเที่ยวมาเป็นศูนย์กลางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์การท่องเที่ยว ได้กลุ่มเป้าหมาย 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มนักท่องเที่ยวที่ต้องการศึกษาดูงาน 2) กลุ่มนักท่องเที่ยวแบบครอบครัว และ 3) กลุ่มนักท่องเที่ยวสูงวัย

การออกแบบแนวทางในการตอบสนองความต้องการด้านคุณประโยชน์และความคาดหวัง ความสอดคล้องระหว่างความต้องการและคุณค่าที่นำเสนอ (Value Proposition Canvas) ซึ่งนำไปสู่การออกแบบโปรแกรมการท่องเที่ยวเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและรายได้จากแผนการท่องเที่ยว จากผลิตภัณฑ์และจุดท่องเที่ยวร่วมกับชุมชน จากนั้นตรวจสอบความสอดคล้องและวางแนวทางการจัดการแหล่งท่องเที่ยวตามเกณฑ์การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนระดับโลก (Global Sustainable Tourism Council: GSTC) และดำเนินการประชาสัมพันธ์เพื่อให้เกิดการรับรู้และประเมินการตอบสนองความต้องการท่องเที่ยวของกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบฐานทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าทางการตลาด โดยผ่านการท่องเที่ยวเชิง Ecotourism และ Agro-Tourism ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่ม

ความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) ประจำปีงบประมาณ 2563 และขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ อพ.สธ. คลองไผ่ การไฟฟ้าโรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา ทัณฑสถานเกษตรอุตสาหกรรมเขาพริก ทัณฑสถานหญิงนครราชสีมา เทศบาลตำบลคลองไผ่ องค์การบริหารส่วนตำบลคลองไผ่ เขื่อนลำตะคอง กรมชลประทาน การรถไฟตำบลคลองไผ่ ที่ได้ให้ความร่วมมือและร่วมกันพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยว การใช้ประโยชน์พื้นที่ร่วมกัน และการพัฒนาเพื่อให้ได้ข้อมูลการท่องเที่ยวที่ถูกต้องจนทำให้การศึกษาวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Hjalager, A.M. 2015. 100 innovations that transformed tourism. **Foundations of Tourism Research** 54(1): 3-21.

Janchai, N., R. Yenchaipruk, S. Aphirat and P. Marksap. 2017. **Influential factors on tourist Loyalty for floating market**. 61 p. *In* Research Report. Bangkok: Suan Dusit University. [in Thai]

Ketsing, W. 1995. Average with interpretation: simple things that can sometimes be missed. **Education research News** 18(3): 8-11. [in Thai]

Mowforth, M. and I. Munt. (eds.). 2009. **Tourism and Sustainability Development, globalization and New Tourism in the Third World.** London and New York: Routledge Taylor & Francis Group. 448 p.

Visadsoontornsaku, P., N.T. Chawalee., S. Tungbenchasirikul and C. Jittithavorn. 2020. Potentiality development approach for community-based tourism in Nakhon Ratchasima province. **Journal of Development Management Research** 10(3): 1-12. [in Thai]

การประเมินต้นทุนของระบบการผลิตขมิ้นชันอินทรีย์ที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติ

Cost Evaluation of Organic Turmeric (*Curcuma longa* L.) Production by Substrate Culture in Smart Greenhouse

คธา วาทกิจ[1*] ชลธร โพธิ์แก้ว[2] พนิดา กันตะวงษ์[2] และโสภิรญา ทองมาก[2]

Khatha Wathakit[1*], Chonlathon Pokaew[2], Panida Kantawong[2] and Sophiraya Thongmak[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

[2]ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

[1]School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology Nakhon Ratchasima, Thailand 30000

[2]Plant Genetic Conservation Project Under the Royal Initiation of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG) Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand 30000

Corresponding author: vkata@sut.ac.th

Abstract

The objective of this research was to evaluate the cost of the organic turmeric production system by substrate culture in a smart greenhouse to compare with the cost of the traditional turmeric production. It was found that the traditional turmeric production system has a lower total cost per area than the turmeric substrate culture production in the greenhouse. The production cost per yielded by weight of the traditional turmeric production is higher than the substrate culture system due to the difference in the yield produciton. The main cost of both turmeric production system is the price of turmeric basic seeds.

Keywords: turmeric, organic farming, cost evaluation, substrate culture, greenhouse

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะประเมินต้นทุนของระบบการผลิตขมิ้นชันอินทรีย์โดยใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติต้นแบบ และนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลผลการศึกษาต้นทุนวิธีการผลิตขมิ้นชันในรูปแบบปัจจุบัน จากการศึกษาพบว่าระบบการผลิตขมิ้นชันในแปลงปลูกตามวิธีการปัจจุบันจะมีต้นทุนการปลูกทั้งหมดต่อพื้นที่ต่ำกว่าต้นทุนของการผลิตขมิ้นชันที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือน ขณะที่ต้นทุนการผลิตต่อน้ำหนักของผลผลิตที่ได้จากการปลูกด้วยวิธีการปัจจุบันกลับมีค่าสูงกว่าเนื่องจากสัดส่วนปริมาณผลผลิตที่ได้แตกต่างกัน โดยต้นทุนส่วนใหญ่ของระบบการผลิตขมิ้นชันของทั้งสองรูปแบบ คือ ต้นทุนของหัวแม่พันธุ์

คำสำคัญ: ขมิ้นชัน เกษตรอินทรีย์ การประเมินต้นทุน การปลูกพืชในวัสดุปลูก โรงเรือน

คำนำ

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ขิงข่า (Zingiberaceae) มีถิ่นกำเนิดในประเทศแถบเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีลักษณะลำต้นเหนือดินเป็นลำต้นที่เกิดจากการอัดตัวกันของกาบใบ สูงประมาณ 50 - 70 เซนติเมตร ลำต้นจริงเรียกว่าเหง้าขมิ้นซึ่งอยู่ใต้ดิน ประกอบด้วยเหง้าหลักใต้ดินเรียกว่าหัวแม่ ซึ่งมีรูปไข่และแตกแขนงทรงกระบอกออกด้านข้างทั้ง 2 ด้านที่เรียกว่าแง่งขมิ้น เนื้อในของเหง้ามีสีเหลืองเข้มจนถึงสีแดงเข้ม มีกลิ่นหอมเฉพาะ ใบเป็นใบเดี่ยว ก้านยาว ใบเหนียว เรียวและปลายแหลม กว้าง 12 - 15 เซนติเมตร ยาว 30 - 40 เซนติเมตร ดอกเป็นดอกช่อทรงกระบอก มีก้านช่อแทงจากเหง้าโดยตรง ยาว 7 - 15 เซนติเมตร ประกอบด้วยใบประดับจำนวนมาก มีสีเขียวอ่อน ใบประดับตรงปลายช่อจำนวน 6 - 10 ใบ มีสีขาวหรือขาวแกมชมพู ดอกมีสีเหลืองอ่อน เกิดในซอกใบประดับ ดอกบานครั้งละ 3 - 4 ดอก ผลรูปกลมมี 3 พู สืบทอดพันธุ์โดยวิธีการคัดเลือกพันธุ์และปลูกขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Hanchanlert *et al*., 1996) ขมิ้นชันเป็นพืชที่นิยมนำมาใช้แต่งสี แต่งกลิ่นและรสของอาหาร ตลอดจนเป็นสมุนไพรรักษาโรคต่าง ๆ เช่น แผลในกระเพาะอาหาร อาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับลม เนื่องจากมีสารสำคัญเคอร์คูมินอยด์ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางยาในการรักษาอาการต่าง ๆ ขมิ้นชันเป็นพืชปลูกง่ายสามารถปลูกขึ้นได้ทุกภาคของประเทศไทย โดยมีแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี สุราษฎร์ธานี และลำปาง เติบโตได้ดีในที่ดอนไม่ชอบน้ำท่วมขัง ปัญหาของโรคแมลงรบกวนน้อย อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 8 - 9 เดือน

ขมิ้นชันถูกจัดเป็นพืชสมุนไพร 1 ใน 6 ของยารักษากลุ่มอาการของระบบทางเดินอาหาร ตามรายการบัญชียาสมุนไพรและบัญชียาหลักแห่งชาติ (Supaporn, 2015) อีกทั้งยังได้รับการสนับสนุนให้เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบนำร่อง ตามนโยบายเร่งด่วนภาครัฐที่สนับสนุนให้มีการพัฒนางานวิจัยและการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรของไทย ทั้งในด้านการผลิตเป็นยารักษาโรคทดแทนการนำเข้ายาแผนปัจจุบันจากต่างประเทศ การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเพิ่มมูลค่าและผลักดันให้เป็นสินค้าส่งออกของประเทศไทย จากข้อมูลบทวิเคราะห์ของศูนย์วิจัยกสิกรไทย K-SME Research (2019) แสดงให้เห็นว่ามูลค่าตลาดโลกของกลุ่มสารสกัดจากขมิ้นชันมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นจากระดับ 159 ล้านเหรียญสหรัฐในปี พ.ศ. 2560 ไปแตะที่ระดับ 300 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี พ.ศ. 2566 ขณะที่ความต้องการในประเทศ

พบว่ายอดการสั่งใช้ยาที่มีส่วนผสมของขมิ้นชันจากบัญชียาหลักแห่งชาติถูกเบิกใช้มากที่สุดในบรรดากลุ่มยาจากพืชสมุนไพรถึงกว่าประมาณ 590,000 ครั้งต่อปี โดยทั่วไปราคาหัวขมิ้นชันสดจะมีราคาอยู่ในช่วงประมาณ 15 – 20 บาทต่อกิโลกรัม หัวขมิ้นชันแห้งจะมีราคาอยู่ในช่วงประมาณ 50 – 60 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่ราคาหัวขมิ้นชันที่หั่นตากแห้งแล้วจะมีราคาเพิ่มขึ้นถึง 100 บาทต่อกิโลกรัม และอาจจะมีราคาเพิ่มสูงขึ้นไปจนถึง 180 – 200 บาทต่อกิโลกรัมสำหรับขมิ้นชันที่นำมาสกัดและแปรรูปให้อยู่ในลักษณะผง จากความต้องการของตลาดและมูลค่าที่ค่อนข้างสูงส่งผลให้มีการปลูกและผลิตขมิ้นชันในประเทศกว่าปีละ 5 ตัน ถึงแม้ปริมาณการผลิตดังกล่าวจะเพียงพอต่อการใช้งานในประเทศแล้วแต่ในการนำขมิ้นชันเพื่อนำไปแปรรูปเป็นยาหรือสารสกัดที่มีมูลค่าสูงนั้นจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบขมิ้นชันที่มีคุณภาพ โดยทั่วไปขมิ้นชันที่เก็บเกี่ยวแล้วควรมีสารสำคัญเคอร์คูมินอยด์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 และมีน้ำมันหอมระเหยไม่น้อยกว่าร้อยละ 6 ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ ได้แก่ ชนิดสายพันธุ์และระบบการปลูก สายพันธุ์ขมิ้นชันที่ได้รับการรับรองและขึ้นทะเบียนจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์แล้วว่ามีปริมาณสารออกฤทธิ์สูงได้แก่ สายพันธุ์ตรัง-1 และสายพันธุ์ตรัง 84-2 ซึ่งมีสารสำคัญเคอร์คูมินอยด์ปริมาณสูงถึง 10.62 และ 11.04 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ (DOA, 2010) อย่างไรก็ตามการปลูกและผลิตขมิ้นชันเพื่อให้ปลอดโรคและมีคุณสมบัติต่างๆ ตามที่ต้องการนั้นยังมีข้อจำกัดทางด้านโรคและ แมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะระบบการปลูกขมิ้นชันลงแปลงปลูกตามวิธีการในปัจจุบัน เช่น โรคเหี่ยวจากแบคทีเรีย (Bacterial Wilt) ซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas solanacearum* โรคโคนเหง้าเน่าจากเชื้อรา (Rhizome Rot) ที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และ *Pythium graminicolum* ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาจากอุณหภูมิและความชื้นในดินที่สูงเกินไป อีกทั้งการใช้สารเคมีหรือสารกำจัดศัตรูพืชในการผลิตพืชสมุนไพรนั้นไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับการนำไปผลิตเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพร การผลิตขมิ้นชันอินทรีย์แบบปลอดโรคโดยการพัฒนาระบบการปลูกในวัสดุปลูกได้เริ่มต้นถูกพัฒนาขึ้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย โดยพัฒนารูปแบบการผลิตขมิ้นชันอินทรีย์บนโครงกระบะปลูกและใช้วัสดุปลูกได้แก่ กาบมะพร้าวสับเพื่อเพาะเลี้ยงแทนรูปแบบการผลิตขมิ้นชันในปัจจุบันโดยมีข้อดีคือสามารถลดปัญหาการปนเปื้อนจากสารพิษโลหะหนักหรือเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของโรคพืชจากสารที่ตกค้างอยู่ในดิน ลดข้อจำกัดของพื้นที่ที่ต้องใช้ในการปลูก ประหยัดแรงงานและเวลาในการไถเตรียมดิน การกำจัดวัชพืชช่วยลดขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวหัวขมิ้นชันและการล้างทำความสะอาดผลผลิต นอกจากนั้นยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดให้มีรูปแบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมในเชิงอุตสาหกรรมได้ (Figure 1) โดยพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของระบบการปลูกในโรงเรือนปิดที่ควบคุมสภาพอากาศแบบอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามระบบการปลูกดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในเรื่องของต้นทุนในการผลิตโดยเฉพาะโรงเรือนซึ่งต้องมีโครงสร้างและหลังคาผ้าใบพลาสติกคลุมเพื่อป้องกันลมฝนและควบคุมระดับความเข้มของแสง อีกทั้งจำเป็นต้องมีการติดตั้งระบบให้น้ำและปุ๋ยที่แม่นยำเพื่อกำหนดปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสมในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของการปลูก

(a) (b)

Figure 1 Organic turmeric production, (a) traditional farming and (b) substrate culture

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะประเมินต้นทุนของระบบการผลิตขมิ้นชันอินทรีย์โดยใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติต้นแบบและนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลผลการศึกษาต้นทุนวิธีการผลิตขมิ้นชันแบบปัจจุบัน สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัยทดลองระบบการปลูกและเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบของระบบการผลิตขมิ้นชันอินทรีย์ในวัสดุปลูกให้มีรูปแบบการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมกับระบบอุตสาหกรรมรวมไปถึงแนวทางการบริหารจัดการปัจจัยและต้นทุนในการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่ารูปแบบการผลิตในปัจจุบันซึ่งจะช่วยให้สามารถลดต้นทุนของการผลิตในระยะยาว อีกทั้งยังได้ผลผลิตขมิ้นชันที่มีปริมาณและคุณภาพสูงขึ้น สำหรับนำไปใช้เป็นวัตถุดิบต้นน้ำในการแปรรูปให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงเพิ่มขึ้นต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ระบบการผลิตขมิ้นชันอินทรีย์โดยใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติต้นแบบที่ใช้ในการศึกษาตั้งอยู่ที่ศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา (พิกัด GPS : 14.861732, 101.571477) (Figure 2)

Figure 2 Organic turmeric production by smart greenhouse at RSPG

โรงเรือนต้นแบบมีขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 2.5 x 5 x 4.5 เมตร ประกอบขึ้นจากโครงเหล็กชุบสังกะสีคลุมทับด้วยผ้าใบพลาสติกใสสำหรับโรงเรือนปลูกพืช พื้นโรงเรือนปูด้วยแผ่นคอนกรีตเพื่อยกระดับให้สูงขึ้นจากพื้นดิน ด้านหลังโรงเรือนติดตั้งแผงระเหยน้ำทำจากกระดาษอัดแบบรังผึ้งขนาดกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1 x 2.5 x 0.2 เมตร สำหรับให้น้ำไหลผ่านเพื่อลดอุณหภูมิด้วยหลักการระเหยน้ำโดยอาศัยปั๊มน้ำที่อยู่ในถังน้ำซึ่งฝังอยู่ใต้ผิวดินภายนอก ด้านหน้าโรงเรือนมีพัดลม 2 ชุดเพื่อดึงอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงระเหยน้ำ ภายนอกโรงเรือนติดตั้งชุดผลิตไอหมอกด้วยระบบอัลตราโซนิคเพื่อพ่นไอน้ำตามแนวท่อที่ติดตั้งตามยาวอยู่บนคานโรงเรือน โดยอาศัยชุดพัดลมขนาดเล็กที่ติดอยู่กับถังน้ำของชุดผลิตไอหมอก ภายในโรงเรือนมีชุดโครงกระบะปลูกทำจากโครงเหล็กชุบสังกะสีจำนวน 2 ชุด ขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 1 x 4 x 1.2 เมตร วางตามแนวยาวโรงเรือนโดยเว้นช่องทางเดินกลางไว้ ระบบน้ำที่ใช้การผลิตขมิ้นชันอินทรีย์ในโรงเรือนเป็นระบบหัวน้ำหยดวางห่างกันทุกๆ ระยะ 25 เซนติเมตร จำนวน 2 ชุดตามจำนวนชุดกระบะปลูก พื้นชุดกระบะปลูกปูรองด้วยแผ่นตาข่ายพลาสติกเพื่อรองใส่วัสดุปลูกโดยใช้วัสดุกากมะพร้าวสับย่อยเป็นวัสดุปลูกหลัก ขมิ้นชันที่ใช้ปลูกเป็นหัวแม่พันธุ์ตรัง-1 โดยใช้ระยะปลูก 25 x 25 เซนติเมตร จำนวน 64 หัวต่อชุดโครงกระบะปลูก ระบบการควบคุมอัตโนมัติของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในโรงเรือนประยุกต์ใช้แผงวงจรระบบสมองกลฝังตัวร่วมกับชุดเซนเซอร์

วัดความชื้นดิน ชุดเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และค่าความเข้มแสงเพื่อสั่งงานชุดพัดลม ปั๊มน้ำของชุดแผงระเหยน้ำและชุดผลิตไอหมอกด้วยระบบอัลตราโซนิค โดยตั้งค่าให้ระบบต่างๆ เริ่มทำงานเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลงต่ำกว่า 65 เปอร์เซนต์ Table 1 แสดงรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบการผลิตขมิ้นชันอินทรีย์โดยใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติต้นแบบ

Table 1 Costs of equipment and materials for turmeric production by substrate culture in smart greenhouse

No.	Items	Quantity	Unit	Costs (Baht)
Equipments				
1	Galvanized steel pipe	18	sets	5,080
2	Greenhouse plastic sheet	52.4	m^2	1,500
3	Evaporative cooling pads	2.5	m^2	3,480
4	LDPE floor sheet	12.5	m^2	175
5	Concrete slab	15	sets	13,500
6	Aquarium pump 220VAC 60W 2,800 L/h	1	set	350
7	Ventilation fan 16-inch 220VAC 188W	2	sets	2,800
8	Ultrasonic mist maker	1	set	2,780
9	6-Litre storage plastic box	1	set	120
10	DC brushless fan 2	2	sets	100
11	PVC pipe and valve set	1	sets	590
12	Control box & switching power supply	1	set	470
13	Arduino UNO atmega328p & module set	1	sets	220
14	Temperature-humidity-light sensor RS485	1	set	1,450
15	Soil moisture sensor RS485	1	set	1,400
16	Electrical & signal wiring set	1	set	300
17	Drip irrigation & sprinkler head sets	50	set	780
	Total			35,095
Materials				
18	Turmeric Variety	4	kg	80
19	Manure	20	kg	250
20	Substrate (coconut fiber)	80	kg	560
	Total			890

ในการศึกษาจะประเมินต้นทุนของระบบการผลิตขมิ้นชันที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติเพื่อนำมาวิเคราะห์เชิงพรรณนาโดยพิจารณาความสัมพันธ์ของต้นทุนทั้งหมดและเปรียบเทียบกับผลการศึกษาข้อมูลของต้นทุนวิธีการผลิตขมิ้นชันแบบปัจจุบันในสัดส่วนพื้นที่การปลูกต่อ 1 ไร่ต่อหนึ่งปีฤดูกาลผลิต

ผลการวิจัย

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลการผลิตขมิ้นชันในแปลงปลูกตามวิธีการปัจจุบันอ้างอิงจากผลการศึกษาของ Siriburee (2016) และระบบการผลิตขมิ้นชันอินทรีย์ที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติต้นแบบโดยปรับข้อมูลจาก Table 1 ให้อยู่ในรูปของต้นทุนในสัดส่วนต่อพื้นที่ 1 ไร่ต่อหนึ่งปีฤดูกาลผลิต ดังแสดงใน Table 2 จะพบว่าระบบการผลิตขมิ้นชันในแปลงปลูกตามวิธีการปัจจุบันที่มีระยะปลูก 30 x 30 เซนติเมตร จะมีต้นทุนการปลูกทั้งหมดที่ยังไม่รวมต้นทุนคงที่เท่ากับ 23,647.5 บาทต่อไร่หรือประมาณ 14.08 บาทต่อกิโลกรัม ที่ปริมาณผลผลิตสดเฉลี่ย 1,680 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีต้นทุนที่เป็นเงินสดเท่ากับ 21,160 บาทต่อไร่และมีต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสดเท่ากับ 4,487.5 บาทต่อไร่ ต้นทุนแปรผันประกอบไปด้วย ค่าจ้างเตรียมดินซึ่งเป็นต้นทุนที่เป็นเงินสด 500 บาทต่อไร่ ค่าจ้างปลูก 1,200 บาทต่อไร่ โดยแบ่งเป็นต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสด 600 บาทต่อไร่และต้นทุนที่เป็นเงินสด 600 บาทต่อไร่ ค่าดูแลรักษาซึ่งเป็นต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสดประกอบด้วยค่าจ้างแรงงานในการรดน้ำเป็นเงิน 1,687.5 บาทต่อไร่ ค่าจ้างแรงงานในการกำจัดวัชพืช 600 บาทต่อไร่ และค่าจ้างแรงงานในการเก็บเกี่ยวเป็นเงิน 600 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ค่าวัสดุได้แก่ค่าหัวแม่พันธุ์ขมิ้นชันเป็นเงิน 20,000 บาทต่อไร่ ค่าปุ๋ยคอกเป็นเงิน 60 บาทต่อไร่ ต้นทุนคงที่คือค่าเช่าที่ดินเป็นเงิน 1,000 บาทต่อไร่ ขณะที่ต้นทุนของการผลิตขมิ้นชันที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติ เมื่อพิจารณาต้นทุนต่อพื้นที่การปลูกต่อ 1 ไร่ต่อหนึ่งปีฤดูกาลผลิต โดยใช้ระยะปลูกที่ 25 x 25 เซนติเมตร จะมีต้นทุนการปลูกทั้งหมดที่ยังไม่รวมต้นทุนคงที่เท่ากับ 39,780 บาทต่อไร่ คิดเป็นต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อกิโลกรัมเท่ากับ 12.05 บาทต่อกิโลกรัม ที่ปริมาณผลผลิตสดเฉลี่ย 3,300 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนแปรผันประกอบไปด้วยค่าจ้างในการปลูกและดูแลรักษาซึ่งประกอบด้วย ค่าจ้างแรงงานในการปลูกและค่าจ้างแรงงานในการเก็บเกี่ยวเป็นเงิน 300 บาทต่อไร่ โดยไม่มีค่าจ้างในการเตรียมดิน ดูแลกำจัดวัชพืชและค่าจ้างแรงงานในการรดน้ำ อย่างไรก็ตามการผลิตขมิ้นชันที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนจะยังคงมีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าหัวแม่พันธุ์ ค่าวัสดุปลูก และค่าปุ๋ยคอก เป็นเงิน 11,180 บาทต่อไร่ 4,000 บาทต่อไร่ และ 16,000 บาทต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีค่าดำเนินการของระบบ (ค่าไฟฟ้าและระบบสาธารณูปโภค) เป็นเงิน 8,000 บาทต่อไร่ และค่าโรงเรือนพร้อมวัสดุอุปกรณ์เป็นเงิน 85,200 บาทต่อไร่เมื่อคิดเป็นต้นทุนเฉลี่ยต่อปีฤดูกาลผลิต

Table 2 Cost and expenses of turmeric cultivation per year crop

Cost and expenses	Traditional farming			Substrate culture in greenhouse	
	Cash	Non cash	Total	Cash	Total
1. Variable cost					
1.1 Wage and labor cost					
1.1.1 Wage of hiring tractors for soil preparation	500	-	500	-	-
1.1.2 Wage of cultivation	600	600	1,200	300	300
1.1.3 Wage of watering	-	1,687.5	1,687.5	-	-
1.1.4 Wage of weed control	-	600	600	-	-
1.1.5 Wage of harvesting	-	600	600	300	300
1.2 Material expenses					
1.2.1 Variety*	20,000	-	20,000	11,180	11,180
1.2.2 Manure	60	-	60	4,000	4,000
1.2.3 Substrate (coconut fiber)	-	-	-	16,000	16,000
1.3 Operation cost	-	-	-	8,000	8,000
2. Fixed cost					
2.1 Cost of land rent	1,000	-	1,000	-	-
2.2 Costs of equipment**	-	-	-	85,200	85,200
Total average cost **excludes** fixed cost (Baht/rai)	22,160	2,487.5	23,647.5	39,780	39,780
Total average cost **includes** fixed cost (Baht/rai/crop)	22,160	3,487.5	24,647.5	124,980	124,980
Estimated yield (kg/rai)	-	-	1,680	-	3,300
Cost per yield **excludes** fixed cost (Baht/kg)	-	-	14.08	-	12.05

* Price of turmeric variety is 20 bath/kg

**Estimate price of greenhouse for 1 rai in area is 852,000 Baht with 10 year useful life.

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการจำแนกต้นทุนเพื่อวิเคราะห์ได้อาศัยเกณฑ์ในการจำแนกประเภทต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันโดยพิจารณาจากปริมาณการทำกิจกรรม (พื้นที่ที่เพิ่มขึ้น-ลดลงในการปลูกแต่ละรูปแบบ) ซึ่งเป็นปริมาณที่ต้องการคิดต้นทุน (Cost Object) เมื่อพิจารณาข้อมูลต้นทุนทั้งหมดของระบบการผลิตขมิ้นชันในแปลงปลูกตามวิธีการปัจจุบันพบว่าต้นทุนส่วนใหญ่ของการผลิตจะเป็นต้นทุนของค่าหัวแม่พันธุ์กว่า 85 เปอร์เซนต์ ขณะที่ต้นทุนส่วนที่ไม่ใช่เงินสดจะประกอบด้วยค่าจ้างปลูก ค่าจ้างให้น้ำ ค่าจ้างการดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยวอีก 15 เปอร์เซนต์ ซึ่งโดยทั่วไปหากเกษตรกรสามารถดูแลแปลงปลูกด้วยได้ด้วยตัวเองโดยไม่จำเป็นต้องจ้างแรงงานเพิ่มเติมก็จะสามารถลดต้นทุนในส่วนนี้ลงไปได้ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตขมิ้นชันที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติจะพบว่ามีต้นทุนในการผลิตที่ยังไม่รวมต้นทุนคงที่สูงกว่าซึ่งส่วนใหญ่มาจากค่าใช้จ่ายของปัจจัยการผลิตต่างๆ ได้แก่ ค่าหัวแม่พันธุ์ ค่าวัสดุปลูกและค่าปุ๋ยคอก และค่าดำเนินการของระบบ ขณะที่ต้นทุนต่อน้ำหนักของผลผลิตในระบบการผลิตขมิ้นชันที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนจะพบว่ามีต้นทุนต่อกิโลกรัมต่ำกว่าการผลิตขมิ้นชันตามวิธีการปัจจุบันอยู่เล็กน้อย สาเหตุเนื่องจากการผลิตขมิ้นชันที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนสามารถตัดลดค่าจ้างในการไถเตรียมดิน การดูแลกำจัดวัชพืช การให้น้ำและการเก็บเกี่ยวลงได้ รวมไปถึงการที่ระบบการผลิตขมิ้นชันที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนจะได้ปริมาณผลผลิตที่สูงกว่าเนื่องมาจากมีสภาวะการผลิตที่สามารถควบคุมได้อย่างแม่นยำซึ่งจะส่งผลต่อมูลค่าของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นในระยะยาว อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาต้นทุนในการผลิตซึ่งรวมต้นทุนคงที่จะพบว่าต้นทุนต่อปีการผลิตของระบบจะสูงกว่าต้นทุนการผลิตขมิ้นชันในแปลงปลูกกว่า 5 เท่า ซึ่งเป็นต้นทุนส่วนของค่าโรงเรือนและระบบปลูก จากผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าต้นทุนของระบบการผลิตขมิ้นชันส่วนใหญ่ของทั้งสองรูปแบบคือต้นทุนทางด้านแม่พันธุ์ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักในการผลิตซึ่งสามารถลดได้โดยการแบ่งผลผลิตที่ได้บางส่วนเพื่อนำกลับมาผลิตเป็นแม่พันธุ์ใหม่ในรอบการผลิตถัดไป

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะประเมินต้นทุนของระบบการผลิตขมิ้นชันอินทรีย์โดยใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติต้นแบบและนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลผลการศึกษาต้นทุนวิธีการผลิตขมิ้นชันแบบปัจจุบัน จากการศึกษาพบว่าระบบการผลิตขมิ้นชันในแปลงปลูกตามวิธีการปัจจุบันจะมีต้นทุนการปลูกทั้งหมดที่ยังไม่รวมต้นทุนคงที่เท่ากับ 23,647.5 บาทต่อไร่ หรือเท่ากับ 14.08 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่ต้นทุนของการผลิตขมิ้นชันที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติซึ่งยังไม่รวมต้นทุนคงที่มีค่าเท่ากับ 39,780 บาทต่อไร่ คิดเป็นต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อกิโลกรัมเท่ากับ 12.05 บาทต่อกิโลกรัม จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบการผลิตขมิ้นชันที่ใช้วัสดุปลูกในโรงเรือนอัตโนมัติจะมีปริมาณผลผลิตที่สูงกว่า ขณะที่ต้นทุนส่วนใหญ่ของระบบการผลิตขมิ้นชันของทั้งสองรูปแบบคือต้นทุนทางด้านแม่พันธุ์

กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ (อพ.สธ.-มทส.) คลองไผ่ ที่ได้ให้การสนับสนุนสถานที่ วัสดุอุปกรณ์และงบประมาณการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Department of Agriculture (DOA). 2010. **Database of recommended and certified plants**. [Online]. Available https://www.doa.go.th/share/docs/cultivarhort/suggestcv/turmerictrang84-2.pdf (8 August 2021).

K-SME Research. 2019. It's time to show SME in THAI herbal market. **K Analysis** (1 January 2019): 4. [in Thai]

Hanchanlert O., C. Babpraserth and Y. Paisooksantivatana. 1996. **Production cost and yield of turmeric.** 116 p. *In* Research Report. Bangkok: Inseechandrasatit Inst. Plant Res. Dev. Pakchong Research Station, Nakhon Ratchasima, Kasetsart University. [in Thai]

Supaporn. S. 2015. **Research and development of sustainable production Kamin: (Tumeric: *Curcuma longa* Linn.).** 33 p. *In* Research Report. Bangkok: Department of Agriculture. [in Thai]

สถานภาพทางสังคม และเศรษฐกิจของสมาชิกกลุ่มทอผ้าบ้านนายางเหนือ เมืองน้ำบาก แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
Social And Economy Contexts of the Community Weaving Group Members at Northern Nayang Village, Nambak District, Luang Prabang Province Lao People’s Democratic Republic

สมใจ ภัยวงษ์ สายสกุล ฟองมูล* พหล ศักดิ์คะทัศน์ และกังสดาล กนกหงษ์
Somchay Phaignavong, Saisakul Fongmul*, Phahol Sakkatat and Kangsadan Kanokhong
สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
Program in Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production, Maejo University
Chiang Mai, Thailand 50290
*Corresponding author: saisakul_tor@yahoo.com

Abstract

This study aimed to investigate the social and economy contexts of the community weaving group at Northern Nayang Village Nambak District Luang Prabang Province Lao People’s Democratic Republic (Lao PDR). The total number of the participant was 200, the data *were collected* using the questionnaire. The results of the data *were displayed* by descriptive statistics including frequency, percentage, mean and standard deviation.

The results of the study revealed that *the majority* of the community weaving group members was from 53-67 years of age (39.5%), this group has made weaving as their main living (84.5%) and also represents the ethnic minority called Thai Lue (96%). the number of years in Being a cloth weaving Group Member was from 20-30 years (52.9%). The group received information regarding the weaving from social media including Facebook equals 37.6% and the highest number of receiving training was 3 to 4 times (59.2%). The No of household workforce who have participated in the weaving activities were between 2 to 3 people (58.0%) and have had Cloth weaving experience from 21 to 40 years (57.5%). Initially, the weaving Investment from 5,000-12,000 Thai Bath with the percentage of 68.5 and the family income per year was from 25,001 to 50,000 Thai Baht (66.5%).

Keywords: social, economy, weaving group members

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานภาพทางสังคม และเศรษฐกิจของสมาชิกกลุ่มทอผ้าบ้านนายางเหนือ เมืองน้ำบากแขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาด้วยค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาพบว่า สมาชิกกลุ่มทอผ้าบ้านนายางเหนือมีอายุอยู่ระหว่าง 53-67 ปีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 39.5 มีอาชีพทอผ้าเป็นอาชีพหลัก คิดเป็นร้อยละ 84.5 และเป็นชาติพันธุ์ไทยลื้อ คิดเป็นร้อยละ 96.0 เข้าเป็นสมาชิกกลุ่มทอผ้า 20-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 52.9 ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการทอผ้าทางโซเชียลมีเดีย (Facebook) คิดเป็นร้อยละ 37.6 และได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการทอผ้า 3-4 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 59.2 มีจำนวนแรงงานครอบครัวที่ทอผ้า 2-3 คน คิดเป็นร้อยละ 58.0 มีประสบการณ์ในการทอผ้า 21-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 57.5 มีเงินทุนที่ใช้ในการทอผ้า 5,000-12,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 68.5 และรายได้ของครอบครัวต่อปี 25.001-50.000 บาทคิดเป็นร้อยละ 66.5

คำสำคัญ: สังคม เศรษฐกิจ และสมาชิกกลุ่มทอผ้า

คำนำ

การทอผ้าเป็นภูมิปัญญา และเป็นวัฒนธรรมสำคัญของชุมชนเป็นกระบวนการขัดเกลาทางสังคมอย่างหนึ่งถือได้ว่าเป็นแขนงหนึ่งในงานหัตถกรรมที่ได้ทำหน้าที่รับใช้มนุษย์มานานนับพันปีการทอผ้าเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ทักษะความชำนาญหรือความเชี่ยวชาญในการทอผ้าเป็นประสบการณ์ และทักษะที่ต้องมีการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอของช่างทอผ้า เนื่องจากการทอผ้าเป็นงานที่ต้องใช้ความละเอียดปราณีตความเอาใจใส่ และมีความอดทนสูงจึงจะทอผ้าได้สวยงาม ปัจจุบันจึงพบว่าช่างทอผ้าส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงสูงอายุ และมีประสบการณ์ในการทอผ้ามาอย่างยาวนาน

บ้านนายางเหนือตั้งอยู่ห่างจากนครหลวงพระบางไปทางทิศเหนือประมาณ 130 กิโลเมตร ชาวบ้านนายางเหนือเป็นชาติพันธุ์ไทยลื้อเชื่อถือศาสนาพุทธ ก่อนหน้าปี ค.ศ. 1364 ได้ตั้งถิ่นถานอยู่สาธารณรัฐประชาชนจีนเนื่องจากภัยสงครามของศักดิ์นา พม่าและจีนจึงได้อพยพเคลื่อนย้ายเข้ามาตั้งถิ่นฐานอยู่สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กลุ่มไทยลื้อดังกล่าวได้มาตั้งบ้านเรือนอยู่ในพื้นที่ราบบริเวณริมแม่น้ำบากเมืองน้ำบาก แขวงหลวงพระบาง ชื่อของบ้านนายางได้จากเรียกชื่อในภาษาไทยลื้อคำว่า“นา”หมายถึง ทุ่งนา และ“ยาง” หมายถึง นกยาง ตามคำบอกกล่าวของผู้ใหญ่บ้านในอดีตมีบ่อน้ำใหญ่อยู่พื้นที่ตอนใต้ของหมู่บ้าน และมีนกยางจำนวนมากลงมากินปลาบริเวณบ่อน้ำ ปัจจุบันบ่อน้ำดังกล่าวชาวบ้านได้ถมเพื่อขยายพื้นที่ทำนา ดังนั้นจึงเรียกชื่อบ้านว่าบ้านนายาง ต่อมาเมือประชากรขยายตัวมากขึ้นจึงได้แยกออกเป็น 2 หมู่บ้านคือ บ้านนายางเหนือ และบ้านนายางใต้ ด้านอาชีพของชาวบ้านนายางเหนือยึดถือการทำไร ทำนา ทำสวน และการทอผ้า

การทอผ้าของกลุ่มทอผ้าบ้านนายางเหนือ เมืองน้ำบาก แขวงหลวงพระบาง เป็นวิถีชีวิตวัฒนธรรมชุมชน ซึ่งเป็นการผลิตและย้อมสีธรรมชาติ ปัจจุบันนโยบายของภาครัฐได้มีการส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาระดับท้องถิ่นหรือชุมชน

ให้เกิดการพึ่งพาตนเองได้ภายใต้การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ โดยการจัดตั้งกลุ่มหรือองค์กรชุมชนในการพัฒนาอาชีพให้ประชาชนสามารถประกอบอาชีพได้อย่างหลากหลายสร้างรายได้ให้กับครัวเรือน ทำให้หลายชุมชนต้องมีการรวมกลุ่มในแก้ไขปัญหาด้วยตนเองให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน โดยกระบวนการผลิตของชุมชนในชนบทแต่เดิมที่มีการผลิตเพื่อยังชีพหรือเพื่อกินเพื่อใช้เอง และเพื่อแลกเปลี่ยนระหว่างสมาชิกในชุมชน และเมื่อมีผลผลิตเหลือจากการบริโภคของคนในชุมชนก็จะขายเพื่อให้ได้เงินเข้าสู่ครอบครัวการผลิตแบบนี้ทำให้ครอบครัว และชุมชนสามารถพึ่งตนเองได้ โดยไม่ต้องพึ่งภายนอกมากนัก และมุ่งเน้นให้เกิดการพึ่งพาตนเองทางเศรษฐกิจโดยการใช้ต้นทุนทางสังคมที่มีอยู่ในชุมชน ได้แก่ ภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่ได้รับการสั่งสมสืบทอดมาจากประสบการณ์ และความสามารถของชาวบ้านอย่างสอดคล้องกับบริบททางสังคม และรวมทั้งทุนทางธรรมชาติที่เอื้อต่อการนำมาแปรรูปให้เป็นผลผลิตทางภูมิปัญญาเพื่อสร้างอาชีพสร้างรายได้ที่จะนำมาซึ่งการพึ่งตนเองทางเศรษฐกิจของครอบครัวอีกด้วย (Ministry of Planning and Investment, 2016)

ธุรกิจชุมชนที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของครอบครัวนั้นคือการดำเนินการทอผ้าซึ่งส่วนใหญ่ได้รับการสนับสนุน และส่งเสริมจากหน่วยงานภาครัฐเช่น ระยะที่ผ่านมากระบวนการผลิตสินค้าหัตถกรรมและบริการได้ขยายตัว ทางจังหวัดหลวงพระบางได้ส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าของสินค้าหัตถกรรมพื้นบ้าน อาทิเช่น การทอผ้าไหม ผ้าฝ้าย การผลิตเครื่องทอง เครื่องเงิน ไม้แกะสลัก และของที่ระลึก โดยเปิดตลาดนัดเพื่อให้ชาวบ้านได้นำสินค้าหัตถกรรมมาจำหน่ายบริเวณสถานที่ท่องเที่ยวในตัวเมืองหลวงพระบาง เพื่อแก้ไขปัญหาความทุกข์ยาก และยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนให้ดีขึ้น (Department of Planning and Investment, 2017)

การขยายตัวของธุรกิจทอผ้าซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ทำไว้เพื่อการบริโภคในครัวเรือนได้เปลี่ยนแปลงไป ปัจจุบันการทอผ้าได้กลายเป็นอาชีพหลักอาชีพหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ตลอดปีให้ครอบครัวอีกด้วย เพราะว่านอกจากการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในท้องถิ่นแล้ว ยังผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยว ที่สำคัญผ้าทอบ้านนายางเหนือ เมืองน้ำบาก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากฝ้าย ไหม และย้อมสีธรรมชาติ เป็นสินค้าหัตกรรมพื้นเมืองที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว แต่เมื่อการเติบโตของตลาดเพิ่มมากขึ้นทำให้ชาวบ้านสามารถนำผ้าทอมาจำหน่าย เพื่อสร้างรายได้ให้กับครอบครัวและชุมชนอีกด้วย (Department of Industry and Handicraft, 2016)

ดังนั้น จึงสนใจที่จะศึกษาสถานภาพทางสังคม และเศษฐกิจของสมาชิกกลุ่มทอผ้าบ้านนายางเหนือ เมืองน้ำบาก เป็นอย่างไร ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการทอผ้าเพื่อให้เกิดประโยชน์ และสามารถที่จะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิต และวิถีวัฒนธรรมของชุมชนให้เข้มแข็งยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ สมาชิกกลุ่มทอผ้าบ้านนายางเหนือเมืองน้ำบาก แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีสมาชิกกลุ่มทอผ้าจำนวนทั้งหมด 400 คน จากนั้นคำนวณจากสูตร (Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และยอมให้มีความคาดเคลื่อนที่ระดับ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่าง 200 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เก็บรวบรวมข้อมูลจากสมาชิกกลุ่มทอผ้าบ้านนายางเหนือ เมืองน้ำบาก แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ปี พ.ศ. 2563 จำนวน 200 คน ในการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ด้านคุณลักษณะส่วนบุคคล ส่วนที่ 2 ด้านสังคม และส่วนที่ 3 ด้านเศรษฐกิจ

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วได้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และนำมาวิเคราะห์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาข้อมูลด้านคุณลักษณะส่วนบุคคล ด้านสังคม และด้านเศรษฐกิจ ด้วยค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ผลการวิจัย

1. ด้านคุณลักษณะส่วนบุคคล

ผลการศึกษพบว่า กลุ่มทอผ้ามีอายุเฉลี่ย 49 ปี อายุต่ำสุด 20 ปี และสูงสุด 67 ปี สมาชิกกลุ่มทอผ้ามีอายุอยู่ระหว่าง 53-67 ปีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 39.5 รองลงมาได้แก่ มีอายุอยู่ระหว่าง 20-44 ปีคิดเป็นร้อยละ 32.5 และมีอายุอยู่ระหว่าง 45-52 ปี คิดเป็นร้อยละ 28.0 อาชีพหลักของกลุ่มทอผ้าพบว่า สมาชิกกลุ่มทอผ้ามีอาชีพทอผ้าเป็นอาชีพหลักมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 84.5 รองลงมาได้แก่ อาชีพทำนาคิดเป็นร้อยละ 11.5 และอาชีพทำสวน คิดเป็นร้อยละ 4.0 ระดับการศึกษาของกลุ่มทอผ้าพบว่า สมาชิกกลุ่มทอผ้ามีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่า มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 95.0 รองลงมาได้แก่ระดับการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 3.0 และระดับการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย คิดเป็นร้อยละ 2.0 สถานภาพสมรสของกลุ่มทอผ้าพบว่า สมาชิกกลุ่มทอผ้ามีสถานภาพสมรสมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 95.5 รองลงมาได้แก่ โสด คิดเป็นร้อยละ 2.5 และเป็นหม้าย คิดเป็นร้อยละ 2.0 ส่วนชาติพันธุ์ของกลุ่มทอผ้าพบว่า สมาชิกกลุ่มทอผ้าเป็นชาติพันธุ์ไทยลื้อมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 96.0 รองลงมาได้แก่ ชาติพันธุ์ลาวคิดเป็นร้อยละ 3.0 และชาติพันธุ์ยวนคิดเป็นร้อยละ 1.0 ตามลำดับ

2. ด้านสังคม

ผลการศึกษาพบว่า การเข้าเป็นสมาชิกกลุ่มทอผ้าโดยเฉลี่ย 23 ปี เข้าเป็นสมาชิกกลุ่มต่ำสุด 10 ปี และสูงสุด 36 ปี เข้าเป็นสมาชิกกลุ่มทอผ้า 20-30 ปี มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 52.9 รองลงมาได้แก่ เข้าเป็นสมาชิกกลุ่มทอผ้าน้อยกว่า 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 25 และเข้าเป็นสมาชิกกลุ่มทอผ้ามากกว่า 30 ปีขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 22.1 การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการทอผ้าพบว่า สมาชิกกลุ่มทอผ้าได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการทอผ้าทางโซเชียลมีเดีย (Facebook) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.6 รองลงมาได้แก่ สื่อโทรทัศน์คิดเป็นร้อยละ 35.9 และสื่อวิทยุคิดเป็นร้อยละ 26.5 การฝึกอบรมเกี่ยวกับการทอผ้าพบว่า สมาชิกกลุ่มทอผ้าได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการทอผ้าโดยเฉลี่ย 2 ครั้ง ต่ำสุด 1 ครั้ง และสูงสุด 6 ครั้ง สมาชิกกลุ่มทอผ้าได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการทอผ้า 3-4 ครั้งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.2 รองลงมาได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการทอผ้า 1-2 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 30.3 และ 5 ครั้งขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 10.5 การไปทัศนศึกษาดูงานเกี่ยวกับการทอผ้าพบว่า สมาชิกกลุ่มทอผ้าเคยไปทัศนศึกษาดูงานเกี่ยวกับการทอผ้าโดยเฉลี่ย 2 ครั้ง ต่ำสุด 1 ครั้ง และสูงสุด 7 ครั้ง สมาชิกกลุ่มทอผ้าเคยไปทัศนศึกษาดูงานเกี่ยวกับการทอผ้า 1-2 ครั้งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.8 รองลงมาได้แก่ 3- 4 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 32 และ 5 ครั้งขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 9.2 ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Percentage of the cloth weaving group based on the social context

Item	No	Percentage
Being a cloth weaving group members		
< 20 years	50	25.0
20 - 30	106	52.9
> 30 years	44	22.1
Sum	**200**	**100.00**
$\overline{x}$ = 23.0 Years S.D.= 1.024 Min= 10.0 Years Max= 36.0 Years		
Information reception		
Radio	53	26.5
Television	72	35.9
Social Media (Facebook)	75	37.6
Sum	**200**	**100.00**

Table 1 (Continued)

Item	No	Percentage
Training received		
1- 2 times	61	30.3

3 - 4 times	118	59.2
5 and above	21	10.5
Sum	**200**	**100.00**
$\overline{x}$ =2.03 times S.D.= 1.026 Min= 1.0 times Max= 6.0 times		

Item	No	Percentage
Educational Trip		
1 - 2 times	118	58.8
3 - 4 times	64	32.0
5 and above	18	9.2
Sum	**200**	**100.00**
$\overline{x}$ =2.05 times S.D.= 1.065 Min= 1.0 times Max= 7.0 times		

3. ด้านเศรษฐกิจ

ผลการศึกษาพบว่า จำนวนแรงงานในครอบครัวที่ทอผ้าโดยเฉลี่ย 2.21 คน มีจำนวนแรงงานทอผ้าต่ำสุด 1 คน และสูงสุด 5 คน มีจำนวนแรงงานทอผ้า 2-3 คน มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.0 รองลงมาได้แก่ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 32.5 และ 4 คนขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 9.5 เหตุผลที่มีจำนวนแรงงานในครอบครัวที่ทอผ้ามีน้อยคนเนื่องจาก คนรุ่นใหม่ไม่ได้สนใจงานทอส่วนมากจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแล้วไปศึกษาต่อละดับวิชาชีพในเมือง และไปทำงานอย่างอื่น ประสบการณ์ในการทอผ้าสมาชิกกลุ่มทอผ้าเคยทอผ้ามาแล้วโดยเฉลี่ย 29 ปี มีประสบการณ์ในการทอผ้าต่ำสุด 3 ปี และสูงสุด 56 ปี สมาชิกกลุ่มทอผ้าเคยทอผ้ามาแล้ว 21-40 ปีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 57.5 รองลงมาได้แก่ 3-20 ปี คิดเป็นร้อยละ 25.0 และ 41 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 17.5 สมาชิกกลุ่มทอผ้าใช้เวลาในการทอผ้าตลอดทั้งปีมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 90.6 รองลงมาได้แก่ หลังดำนา (ส.ค-ก.ย) คิดเป็นร้อยละ 7.2 และหลังเก็บเกี่ยวข้าว (พ.ย-ม.ค) คิดเป็นร้อยละ 2.2 ส่วนเงินทุนที่ใช้ในการทอผ้าสมาชิกกลุ่มทอผ้ามีเงินทุนที่ใช้ในการทอผ้าโดยเฉลี่ย 16,472 บาท เงินทุนที่ใช้ในการทอผ้าต่ำสุด 5,000 บาท และ สูงสุด 31,333 บาท สมาชิกกลุ่มทอผ้ามีเงินทุนที่ใช้ในการทอผ้าอยู่ระหว่าง 5,000-12,000 บาท มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 68.5 รองลงมาได้แก่ 12,001-22,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 28.7 และ22,001 บาทขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 2.8 รายได้ของครอบครัวต่อปีพบว่า ครอบครัวสมาชิกกลุ่มทอผ้ามีรายได้ต่อปีโดยเฉลี่ย 20,694 บาท มีรายได้ต่อปีต่ำสุด 2,833 บาท และสูงสุด 83,333 บาท ครอบครัวสมาชิกกลุ่มทอผ้ามีรายได้ต่อปีอยู่ระหว่าง 25,001-50,000 บาท มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 66.5 รองลงมาได้แก่ มีรายได้อยู่ระหว่าง 2,883- 25,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 32 และ50,001 บาทขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 1.5 ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Percentage of the cloth weaving group based on the economy context

No	No of household workforce	No	Percentage
1	1 person	65	32.5
2	2-3 persons	116	58.0

3	4 and above	19	9.5
	Sum	**200**	**100.00**
	$\overline{x}$ = 2.21 persons S.D. = 0.981 Min = 1.0 person Max = 5.0 persons		

Table 2 (Continued)

No	Cloth Weaving Experience	No	Percentage
1	3-20 years	50	25.0
2	21-40 years	115	57.5
3	41 and above	35	17.5
	Sum	**200**	**100.00**
	$\overline{x}$ =29.29 years S.D. =11.171 Min = 3.0 years Max =56.0 years		
No	**Cloth Weaving time spend**	**No**	**Percentage**
1	The whole year	181	90.6
2	After rice transplanting	14	7.2
3	After rice harvesting	5	2.2
	Sum	**200**	**100.00**
No	**Weaving Investment**	**No**	**Percentage**
1	5,000-12,000 Bath	137	68.5
2	12,001-22,000 Bath	57	28. 7
3	22,001 and above Bath	6	2.8
	Sum	**200**	**100.00**
	$\overline{x}$ =16,472 Bath S.D.=4.569.92 Min=5,000.0 Bath Max=31,333.0 Bath		
No	**Family Income per Year**	**No**	**Percentage**
1	2,833-25,000 Bath	64	32.0
2	25.001-50.000 Bath	133	66.5
3	50.001 and above Bath	3	1.5
	Sum	**200**	**100.00**
	$\overline{x}$ =20,694 Bath, S.D.= 11.547, Min=2,833 Bath, Max=83,333 Bath		

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า การเข้าเข้าเป็นสมาชิกกลุ่มทอผ้า 20-30 ปีมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 52.9 รองลงมาได้แก่ เข้าเป็นสมาชิกกลุ่มทอผ้าน้อยกว่า 20 ปีคิดเป็นร้อยละ 25 และ เข้าเป็นสมาชิกกลุ่มทอผ้ามากกว่า 30 ปีขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 22.1 ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับ Lao Women’s Union (2000) ที่กล่าวว่า การดำเนินการผลิตแบบร่วมกลุ่ม

มีบทบาทสำคัญเพราะเกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า และบริการเพื่อสนองความต้องการของครอบครัว และสังคม ซึ่งเป็นงานที่ก่อให้เกิดมูลค่าที่สามารถแลกเป็นตัวเงินหรือสิ่งของได้ รวมทั้งเป็นกิจกรรมที่สามารถซื้อขายแลกเปลี่ยนได้ในตลาด และแม้แต่กิจกรรมที่ผลิตเพื่อยังชีพในครัวเรือนก็สามารถมีมูลค่าในการแลกเปลี่ยน และสามารถผลิตเป็นสินค้าเพื่อสร้างรายได้ให้ครอบครัว เช่น การผลิตหัตถกรรม เกษตรกรรม ทำไร่ ทำสวน เลี้ยงสัตว์ เป็นต้น และสอดคล้องกับแนวคิดเกี่ยวกับกลุ่มคือการรวมกลุ่มทำให้เกิดการดำรงชีวิตที่มีคุณภาพ ซึ่งกระบวนการกลุ่มนั้นเกี่ยวข้องการแสดงความสัมพันธ์ของมนุษย์ในท้องถิ่นหรือชุมชนที่สามารถทำให้เกิดการพัฒนา และสร้างสรรค์สิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อตนเอง และชุมชนโดยการรวมกลุ่มของคนในชุมชนมีการแสดงพฤติกรรมผ่านความคิดประสบการณ์ที่แตกต่างกัน และเมื่อมารวมกลุ่มกันก็จะเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกัน และกันในการพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สำคัญการรวมกลุ่ม และการทำงานเป็นกลุ่มถือว่าเป็นหัวใจของงานพัฒนา (Cartwright and Zander 1968)

สมาชิกกลุ่มทอผ้ามีเงินทุนที่ใช้ในการทอผ้าอยู่ระหว่าง 5,000-12,000 บาทมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 68.5 รองลงมาได้แก่ 12, 001-22,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 28.7 และ22,001 บาทขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 2.8 รายได้ของครอบครัวต่อปีสมาชิกกลุ่มทอผ้ามีรายได้ต่อปีอยู่ระหว่าง 25,001-50,000 บาท มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 66.5 รองลงมาได้แก่ มีรายได้อยู่ระหว่าง 2,883-25,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 32 และ50,001 บาทขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ1.5 ตามลำดับ ผลการศึกษาดังกล่าวมีความสอดคล้องกับ Sirisamphannawa (2002) การจัดการธุรกิจขนาดย่อมที่ว่าเป็นธุรกิจขนาดเล็กที่มีทุนในการดำเนินการไม่มาก ธุรกิจดังกล่าวก่อตั้งโดยบุคคลเดียวเป็นธุรกิจที่มีทรัพย์สินจำกัด มีรายได้ในท้องถิ่นที่มียอดขายน้อยมีพนักงานไม่มากส่วนใหญ่เจ้าของมักเป็นผู้จัดการดำเนินงานอยู่ภายในท้องถิ่นมีการจัดองค์กรแบบง่ายโดยเจ้าของเป็นผู้บริหารงานด้วยตนเองในด้านการประกอบการมีการให้บริการพิเศษมีความสะดวกสบายที่เป็นส่วนตัวและมีการปรับตัวให้เข้ากับรสนิยมท้องถิ่นได้ดี ซึ่งประโยชน์ของธุรกิจขนาดย่อมเป็นแหล่งสร้างเสริม และพัฒนาความสามารถเปิดโอกาสให้ผู้ประกอบการมีความคิดริเริ่มและแสวงหาความก้าวหน้าเพื่อทำให้เกิดนวัตกรรมด้านเทคนิคต่างๆ ที่เป็นพื้นฐานของเศรษฐกิจ ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มผลผลิต และเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัว และประชาชาติอีกทั้งรองรับแรงงานจากภาคเกษตรกรรมเมื่อหมดฤดูกาลเพาะปลูกรวมทั้งเป็นแหล่งที่สามารถรองรับแรงงานที่เข้ามาใหม่และเป็นการป้องกันการอพยพแรงงานที่เข้ามาหางานทำในเขตตัวเมืองและปริมณฑล ซึ่งช่วยกระจายการกระจุกตัวของโรงงาน ในเขตตัวเมืองและปริมณฑลไปสู่ภูมิภาคก่อให้เกิดการพัฒนาความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในส่วนภูมิภาคและของประเทศอย่างยั่งยืนต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า สมาชิกกลุ่มทอผ้าบ้านนายางเหนือเมืองน้ำบากแขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้จำนวน 200 คน มีอายุอยู่ระหว่าง 53-67 ปีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 39.5 มีอาชีพทอผ้าเป็นอาชีพหลักมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 84.5 มีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่ามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 95.0 สมาชิกกลุ่มทอผ้ามีสถานภาพสมรสมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 95.5 และเป็นชาติพันธ์ไทยลื้อมากที่สุดคิด

เป็นร้อยละ 96.0 เข้าเป็นสมาชิกกลุ่มทอผ้า 20-30 ปีมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 52.9 สมาชิกกลุ่มทอผ้าได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการทอผ้าทางโซเชียลมีเดีย (Facebook) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.6 สมาชิกกลุ่มทอผ้าได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการทอผ้า 3-4 ครั้งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.2 เคยไปทัศนศึกษาดูงานเกี่ยวกับการทอผ้า 1-2 ครั้งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.8 มีจำนวนแรงงานทอผ้า 2-3 คนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.0 เคยทอผ้ามาแล้ว 21-40 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 57.5 สมาชิกกลุ่มทอผ้าใช้เวลาในการทอผ้าตลอดทั้งปีมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 90.6 มีเงินทุนที่ใช้ในการทอผ้าอยู่ระหว่าง 5,000-12,000 บาทมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 68.5 และมีรายได้ต่อปีอยู่ระหว่าง 25,001-50,000 บาท มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 66.5

ข้อเสนอแนะ

1) ควรมีการพัฒนา และส่งเสริมผู้ที่มีอายุน้อยโดยจัดให้มีการอบรมแนะนำขั้นตอนการทอผ้า การเลือกสี และย้อมไหม วิธีการใช้เครื่องมือวัสดุอุปกรณ์การทอผ้าที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อเป็นการให้หนุ่มสาวสามารถเข้ามาเรียนรู้วิธีการทอผ้าทั้งเป็นการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้ยั่งยืนต่อไป

2) ควรให้มีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการทอผ้า ผ่านทางสื่อวิทยุ และสื่อโทรทัศน์มากขึ้น เพื่อให้บุตรหลาน สมาชิกในครอบครัว และชุมชนอื่นได้รับรู้ทั่วกันเพื่ออนุรักษ์ผ้าทอให้ยั่งยืนคงอยู่ต่อไป

3). ควรส่งเสริมครอบครัวผู้ที่มีรายได้น้อยโดยให้เข้ามาร่วมกลุ่มเพื่อดำเนินการทอผ้าเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของครอบครัว และชุมชนให้ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือ ทั้งแนวความคิด ประสบการณ์ และ ข้อมูลอันเป็นประโยชน์จาก กลุ่มทอผ้าหมู่บ้านนาย่างเหนือ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และขอขอบพระคุณอาจารย์ ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประศาสน์ความรู้ทางวิชาการทำให้งานวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไป ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Cartwright, D. and Alvin F. Zander, 1968. **Group Dynamics: Research and Theory.** New York: Harper and Row. 580 p.

Department of Industry and Handicraft. 2016. **A promotion Traditional Weaving Product**. Phnom Penh: Department of Industry and Handicraft. 61 p.

Department of Planning and Investment. 2017. **National Social Economics Development Planning**. Hanoi: Department of Planning and Investment. 33 p.

Lao Women's Union. 2000. **Gender in Development**. Vientiane: Gender Resource Information and Development Center. 5 p.

Ministry of Planning and Investment. 2016. **National Socio-Economics Development Plan**. Vientiane: Ministry of Planning and Investment. 204 p.

Sirisamphannawa, P. 2002. **Small Business Management.** Chonburi: Department of Economics and Agribusiness Faculty of Agriculture Bang Phra, Rajamongkhone Institute of Technology. 204 p. [in Thai]

Yamane, T. 1973. **Statistics: An introductory Analysis.** 3rd ed. New York: Harper and row. 1130 p.

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำกวางซี แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Factors Influencing People's Participation in the Forest Restoration of Kuang Si Watershed Area, Luang Prabang Province, Lao People's Democratic Republic

บุญเซี่ยน เพชลำพัน พหล ศักดิ์คะทัศน์* พุฒิสรรค์ เครือคำ และกังสดาล กนกหงษ์

Bounxian Phetlumphun, Phahol Sakkatat*, Phutthisun Kruekum and Kangsadan Kanokhong

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Department of Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production, Maejo University

Chiang Mai, Thailand 50290

Corresponding author: fafxianfor@gmail.com

Abstract

The objectives of the study were to study the factors related to forest restoration at Kuang Si watershed area, Luang prabang province Lao People's Democratic Republic. The questionnaire was created to collect data from a sample of 206 households. Obtained data were analyzed by using descriptive statistics and multiple regression analysis. The results showed that most of the people are male. Age between 36-45 years old, believes in Buddhism, being a native in the community, be in marital status and finished primary education. The main occupation is agriculture. Income between 2,000-3,500 baht per month, most of them are members of the village organization. And most of them never attended any training on forest restoration. And most of them never received information about forestry. and has never had any experience in restoration watershed forests before. The factors related to the restoration of watershed forests at Kuang Si waterfall protection forest area, Lao PDR found that a total of 12 independent variables were related to the dependent variable, namely, the restoration of watershed forests at the Kuang Si waterfall Protection forest area was at 79.6% (R^2=0.796) and when considering independent variables that had a statistically significant effect on the restoration of watershed forests at Kuang Si waterfall protection forest area. It was found that there were 5 variables, divided into 4 variables with positive correlation: age (Sig.=0.014), organization membership (Sig.=0.001), experience in forest restoration (Sig.=0.008), and the perception of information (Sig.=0.000). The only variable with a negative correlation was gender (Sig.=0.000).

Keywords: watershed forest restoration, Kuang Si waterfall protection forest area
Lao People's Democratic Republic

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฟื้นฟูป่าต้นน้ำกวางชี อำเภอหลวงพระบาง จังหวัดหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ประชาชนที่อาศัยอยู่ใน 4 หมู่บ้านที่อยู่ในเขตป่าต้นน้ำตาดกวางชี ซึ่งมีจำนวน 206 ครัวเรือน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ สถิติพรรณนาการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบคัดเลือกเข้า (Enter multiple regression analysis) ผลการวิจัยพบว่าประชาชนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุอยู่ในระหว่าง 36-45 ปี *ศาสนาพุทธ*เป็นคนถิ่นเดิมในชุมชน อยู่ในสถานภาพสมรส สำเร็จการศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษา อาชีพหลักเป็นเกษตรกรรม มีรายได้ระหว่าง 2,000-3,500 บาทต่อเดือน ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกองค์กรในหมู่บ้าน และส่วนมากไม่เคยเข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการฟื้นฟูป่า และส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับข้อมูลข่าวสารทางด้านป่าไม้ และไม่เคยได้รับประสบการณ์ในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำมาก่อน สำหรับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกับการฟื้นฟูป่าต้นน้ำแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติตาดกวางชี ประเทศ สปป. ลาว พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมด 12 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม คือ การฟื้นฟูป่าต้นน้ำแหล่งท่องเที่ยวตาดกวางขีอยู่ที่ร้อยละ 79.6 (R^2=0.796) และเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีผลต่อการฟื้นฟูป่าต้นน้ำกวางขีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่ามีทั้งหมด 5 ตัวแปร โดยแบ่งออกเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ทางบวก 4 ตัวแปร คือ อายุ (Sig.=0.014) การเป็นสมาชิกองค์กร (Sig.=0.001) ประสบการณ์ในการฟื้นฟูป่า (Sig.=0.008) และการรับรู้ข่าวสาร (Sig.=0.000) ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ทางลบมีเพียงตัวแปรเดียว คือ เพศ (Sig.=0.000)

คำสำคัญ: การฟื้นฟูป่าต้นน้ำ ป่าต้นน้ำกวางชี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

คำนำ

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวในเมื่อก่อนเป็นประเทศที่ยังมีทรัพยากรป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ ซึ่งเป็นแหล่งสหนองสเบียงอาหารในการดำรงชีพให้แก่ประชาชนบรรดาเผ่า โดยเฉพาะ ประชาชนในชนบทที่ดำรงชีพอาศัยธรรมชาติถึงร้อยละ 80 ด้วยการนำใช้ไม้ปลุกสร้าง ไม้ฟืน เส้นใย ยารักษาโรค อาหาร ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึ่งเป็นเหตุทำให้ป่าไม้ลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากผลการสำรวจในปี 2525 พบว่า สปป ลาว มีพื้นที่ป่าไม้ปกคลุมมีถึงร้อยละ 49 มาถึงปี 2535 พื้นที่ปกคลุมป่าไม้ยังสืบต่อลดลงเหลือร้อยละ 47.2 ในปี 2002 มีร้อยละ 41.5 และปี 2553 เหลือเพียงร้อยละ 40.3 (Forestry, 2005) เพื่อแก้ไขปัญหานี้ รัฐบาลลาวได้มีแผนฟื้นฟูป่าโดยการวางกลยุทธ์การฟื้นฟูป่าให้ครอบคลุมร้อยละ 70 ของพื้นที่ทั้งหมดของลาวในปี 2563 เพื่อบรรลุเป้าหมายรัฐบาลลาวได้มอบให้กับกรมป่าไม้ของลาวเป็นผู้รับผิดชอบในการบริหารจัดการและฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ให้อุดมสมบูรณ์และยั่งยืนตลอดไป ซึ่งกรมป่าไม้ของลาวได้ตั้งเป้าที่จะเพิ่มพื้นที่ป่าเป็นร้อยละ 70 ของพื้นที่ของประเทศภายในช่วงปี 2559-2563 โดยการฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรมจำนวน 2,845,000 เฮกตาร์ จัดทำแผนพัฒนาและบริหารจัดการป่าชุมชน จำนวน 1,500 หมู่บ้าน สำรวจและพัฒนาแผนการจัดการป่าผลิต 51 แหล่ง ปรับปรุงกฎหมายการจัดการป่าไม้และขยายความร่วมมือระหว่างประเทศในการจัดการป่าไม้

จากการดำเนินการตามแผนการจัดการป่าไม้ถึงปี 2562 สามารถเพิ่มพื้นที่ป่าไม่ได้ถึงร้อยละ 62 ของประเทศ สำเร็จแผนการบริหารจัดการป่าผลิต 51 แหล่ง มีพื้นที่ทั้งหมด 3.1 ล้านเฮกตาร์ สำเร็จการกำหนดเขตป่าต้นน้ำ 139 แห่ง รวมมี 7,987,700 เฮกตาร์ ฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรมได้จำนวน 1,060,000 เฮกตาร์ (Forestry, 2021)

ป่าต้นน้ำเป็นป่าที่ให้กำเนิดต้นน้ำลำธาร ซึ่งเป็นป่าที่มีความชื้นมากเนื่องจากเป็นป่าดงดิบ และจะมีปริมาณฝนตกค่อนข้างมากกว่าป่าประเภทอื่น ซึ่งป่าต้นน้ำทำหน้าที่ในการกักเก็บน้ำฝนและค่อยปล่อยลงสู่แม่น้ำ ถ้าป่าต้นน้ำมีความอุดมสมบูรณ์ก็จะทำให้แหล่งน้ำนั้นอุดมสมบูรณ์ไปด้วย และส่งผลประโยชน์มหาศาลต่อชุมชนที่อาศัยในเขตแหล่งน้ำนั้น เช่น เป็นแหล่งน้ำใช้ในการบริโภค ใช้ในการทำเกษตร แหล่งพลังงานไฟฟ้า และการท่องเที่ยว ตรงกันข้ามการใช้ประโยชน์ดังกล่าวนั้นอาจเป็นผลกระทบต่อป่าไม้ คือ มีความเสี่ยงต่อการถูกทำลายสูง ด้วยเหตุนี้พรรคและรัฐบาลลาวได้มีนโยบายในการฟื้นฟูป่าไม้ด้วยการส่งเสริมให้ประชาชนปลูกไม้เพื่อขายเป็นสินค้า ห้ามมีการสัมปทานขุดค้นไม้ และกำหนดวันปลูกต้นไม้แห่งชาติลาว เป็นวันที่ 1 มิถุนายน ของทุก ๆ เพื่อเป็นการฟื้นฟูป่าไม้ให้มีความอุดมสมบุรณ์อย่างยั่งยืน (Assembly, 2007)

ป่าต้นน้ำกวางซีมีพื้นที่ 134 ตร.กม. ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของ สปป. ลาว อำเภอหลวงพระบาง แขวงหลวงพระบาง ห่างจากอำเภอหลวงพระบางไปทางทิศใต้ 32 กม. บริเวณพื้นที่ป่าแห่งนี้เป็นพื้นที่ที่ถือกำหนดขึ้นเพื่ออนุรักษ์แหล่งต้นน้ำของน้ำตกกวางซี ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดในระดับชาติและระดับนานาชาติ ในแต่ละปีมีนักท่องเที่ยวชาวลาวและชาวต่างชาติเดินทางมาท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นแหล่งสร้างรายได้หลักให้แก่จังหวัดหลวงพระบาง นอกจากนี้ต้นน้ำแห่งนี้ยังเป็นแหล่งผลิตน้ำกินน้ำใช้ที่สำคัญของจังหวัดหลวงพระบาง ซึ่งพื้นที่ป่าต้นน้ำกวางซีได้กำเนิดขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2530 วัตถุประสงค์หลักเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในเขตป่าต้นน้ำแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติน้ำตกกวางซีอย่างยั่งยืน แต่มาถึงปัจจุบันป่าต้นน้ำแห่งนี้นับวันเสื่อมโทรม สาเหตุเนื่องมาจากการใช้ประโยชน์โดยการตัดไม้ทำลายป่าและการบุกรุกเพื่อทำเกษตรกรรมปลูกข้าว ผัก ข้าวโพด และสวนปลูกไม้สัก (Province, 2008)

ผ่านมาแม้ว่าป่าแห่งนี้จะได้รับการอนุรักษ์และฟื้นฟูมาเป็นเวลานานแล้วก็ตาม ซึ่งก็มีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ได้รับการฟื้นฟู แต่ยังมีบางส่วนยังถูกบุกลุกจากประชาชนเพื่อทำไร่ข้าว ข้าวโพด และพืชเชิงเดี่ยว ทำให้ป่าไม้บางส่วนถูกทำลายสภาพป่าเสื่อมโทรม ทำให้ผิวดินขาดสิ่งปกคลุม ในฤดูฝนง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดินก่อให้เกิดตะกอนทับถมในแหล่งน้ำอาจก็ให้เกิด สภาวะน้ำท่วมฉับพลัน และตรงกันข้ามฤดูแล้งปริมาณน้ำลดลงมาก ทำให้น้ำตกมีปริมาณน้ำลดลงมาก น้ำไม่พอใช้ในการบริโภค และทำการเกษตรอื่น ๆ ซึ่งผ่านมาได้มีประชาชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ทำการฟื้นฟูป่าแห่งนี้มาแล้วก็ตาม แต่การดำเนินการยังไม่เป็นระบบ และไม่มีรูปแบบที่เหมาะสมสอดคล้องกับบริบทของพื้นที ทำให้การฟื้นฟูป่าแห่งนี้ได้รับผลน้อย (Forest Resource Management Sub-Division, 2019) ดังนั้นจำเป็นอย่างมากในการหารูปแบบที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการดำเนินการอนุรักษ์และฟื้นฟู ป่าต้นน้ำแห่งนี้ให้ได้รับผลดีทำให้ป่าแห่งนี้กายเป็นป่าที่อุดมสมบูรณ์ทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพ และเอื้ออำนวยสนองน้ำอย่างยั่งยืนตลอดไป โดยเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฟื้นฟูป่าต้นน้ำแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติตาดกวางซี อำเภอหลวงพระบาง จังหวัดหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยให้ความสำคัญต่อกับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการเข้ามามีส่วนร่วมในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำ เพื่อให้ประชาชนสามารถเข้าถึงสิทธิและหน้าที่เพื่อผลักดันก่อให้เกิดการปฏิรูประบบบริหารจัดการของรัฐให้หันมาทำงานร่วมกับภาคประชาชนในการจัดการป่าต้นน้ำลำธาร

เพื่อให้การฟื้นฟูและอนุรักษ์ป่าต้นน้ำลำธารเกิดความยั่งยืนด้วยมิติการมีส่วนร่วมจองชุมชนคือ ก็คือการรับประโยชน์ทางเศรษฐกิจประโยชน์ทางสังคม รวมทั้งประโยชน์ร่วมกัน ในด้านการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติจากป่าต้นน้ำลำธารให้ยั่งยืนตลอดไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อศึกษา ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฟื้นฟูป่าต้นน้ำกวางซี อำเภอหลวงพระบาง จังหวัดหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีการดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ประชาชนที่อาศัยอยู่ใน 4 หมู่บ้านที่อยู่ในเขตป่าต้นน้ำตาดกวางชี ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 423 ครัวเรือน และทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยมีรายชื่อของทุกหน่วยประชากร มาเรียงเป็นระบบตามบัญชีเรียกชื่อ การสุ่มจะแบ่งประชากรออกเป็นช่วงๆ ที่เท่ากัน อาจใช้ช่วงจากสัดส่วนของขนาดกลุ่มตัวอย่างและประชากร แล้วสุ่มประชากรหน่วยแรก ส่วนหน่วยต่อๆ ไปนับจากช่วงสัดส่วนที่คำนวณไว้ (Prachoom, 1998) เพื่อให้ได้กลุ่มครัวเรือนทุกครัวเรือนได้มีโอกาสถูกเลือกเป็นตัวอย่างได้เท่าๆ กัน การหากลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยได้ใช้สูตรในการคำนวณของ (Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 % โดยยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่ระดับ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตป่าต้นน้ำตาดกวางชี จำนวน 206 คน และขั้นตอนที่ 2 เป็นการสุ่มตัวอย่างประชาชนที่อาศัยอยู่ในแต่ละหมู่บ้าน 4 หมู่บ้าน ด้วยวิธีการแบ่งสัดส่วนประชากร (Proportional collection) เพื่อทราบประชากรแต่ละหมู่บ้าน ดังลุ่มนี้

Table 1 The sampled population from the sampled village

No	Sampled villages	Total households	Sampled households
1	Thapan	119	58
2	Yang	134	65
3	Longlao 1	72	35
4	Longlao 2	98	48
	Total	423	206

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลต้องเป็นกลุ่มที่รู้ข้อมูลการฟื้นฟูป่าต้นน้ำตาดกวางชีเป็นอย่างดีและมีส่วนเกี่ยวข้องและมีบทบาทสำคัญในพื้นที่ศึกษาในแต่ละหมู่บ้าน

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

แหล่งข้อมูลที่รวบรวมเพื่อใช้ในการวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ บทความ ผลงานวิจัย บทรายงาน และตำรา ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีผลต่อการ มีส่วนร่วมของประชาชนในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำ การสอบถามข้อมูลจากผู้นำท้องถิ่น และปราชญ์ชาวบ้านเพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัย และ 2) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ซึ่งมีจำนวน 206 ชุด และเก็บจากประชาชนเป็นรายบุคคลที่เป็นหัวหน้าครัวเรือน หรือ ตัวแทนครัวเรือนในเขตพื้นที่ป่าต้นน้ำกวางชี จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว

การวิเคราะห์ข้อมูล

ตามวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกับการฟื้นฟูป่าต้นน้ำกวางชี ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกับการฟื้นฟูป่าต้นน้ำ มาประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยมีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Enter Multiple Regression Analysis) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ได้แก่ ลักษณะทั่วไปของประชาชน เพศ อายุ ระดับการศึกษา ศาสนา อาชีพ รายได้ต่อเดือนของครัวเรือน สถานภาพ การเป็นคนถิ่นเดิมในชุมชน ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในชุมชน เป็นสมาชิกองค์กรชุมชน การได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการฟื้นฟูป่า และการได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการฟื้นฟูป่า กับการฟื้นฟูป่าต้นน้ำกวางชีประเทศ สปป ลาว

ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของประชาชนอาศัยอยู่ใน 4 หมู่บ้านที่อยู่ในเขตป่าต้นน้ำกวางชี แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ผลการวิจัยพบว่า ประชาชนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุอู่ในระหว่าง 36-45 ปี ศาสนาพุทธ เป็นคนถิ่นเดิมในชุมชน อยู่ในสถานภาพสมรส สำเร็จการศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษา อาชีพหลักเป็นเกษตรกรรม โดยการปลูกข้าว ข้าวโพด ลูกเดือย ผัก ปลูกไม้สัก และเลี้ยงสัตว์ มีรายได้ระว่าง 2,000-3,500 บาทต่อเดือน รายได้ส่วนใหญ่มาจากการทำไร่ข้าว ไร่ข้าวโพด และไร่ลูกเดือย ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกองค์กรในหมู่บ้าน ได้แก่ องค์กรปกครองหมู่บ้าน หน่วยงานป่าไม้ภายในหมู่บ้าน หน่วยงานป้องกันความสงบ หน่วยงานวัยหนุ่ม และสตรี ส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการฟื้นฟูป่า และส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับข้อมูลข่าวสารทางด้านป่าไม้ และไม่เคยได้รับประสบการณ์ในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำมาก่อน ผ่านมาประชาชนในเขตพื้นที่ป่าต้นน้ำกวางชีเพียงแต่ได้มีส่วนร่วมในการปลูกต้นไม้ในวันปลูกต้นไม้แห่งชาติลาว คือ วันที่ 1 มิถุนายนของทุกปี

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกับการฟื้นฟูป่าต้นน้ำแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติตาดกวางชีประเทศ สปป ลาว จากการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกับการฟื้นฟูป่าต้นน้ำของประชาชน โดยการนำใช้สถิติวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบคัดเลือกเข้า (Enter Multiple Regression Analysis) ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (ตัวแปรเกณฑ์) กับตัวแปรอิสระ (ตัวแปรพยากรณ์) ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ว่าตัวแปรอิสระใดมีความสัมพันธ์เชิงบวกหรือเชิงลบกับตัวแปรตาม และมีระดับ

ความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใด โดยการวิเคราะห์ในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวแปรอิสระจากการทบทวนวรรณกรรม ทั้งหมด 12 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ความเชื่อ อาชีพ รายได้ในครัวเรือน สถานภาพสมรส การเป็นคนถิ่นเดิม ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ การเป็นสมาชิกองค์กร ประสบการณ์ในการฟื้นฟูป่า และการรับรู้ข่าวสาร เพื่อวิเคราะห์หาว่าตัวแปรอิสระใดมีผลต่อกับการฟื้นฟูป่าต้นน้ำของประชาชนในเขตป่าต้นน้ำกวางซีประเทศ สปป ลาว และตัวแปรอิสระทั้งหมด 12 ตัวแปร ไม่มีตัวแปรอิสระใดที่มีความสัมพันธ์กันสูงเกิน 0.80 ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหา Multi-collinearity อันเป็นการละเมิดข้อกำหนดของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) (Sincharu, 2005)

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกับการฟื้นฟูป่าต้นน้ำกวางซีประเทศ สปป ลาว พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมด 12 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม คือ การฟื้นฟูป่าต้นน้ำแหล่งท่องเที่ยวตาดกวางขีอยู่ที่ร้อยละ 79.6 (R^2 =0.796) และเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีผลต่อการฟื้นฟูป่าต้นน้ำแหล่งท่องเที่ยวตาดกวางขีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่ามีทั้งหมด 5 ตัวแปร โดยแบ่งออกเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ทางบวก 4 ตัวแปร คือ อายุ (Sig.=0.014) การเป็นสมาชิกองค์กร (Sig.=0.001) ประสบการณ์ในการฟื้นฟูป่า (Sig.=0.008) และการรับรู้ข่าวสาร (Sig.=0.000) ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ทางลบมีเพียงตัวแปรเดียว คือ เพศ (Sig.=0.000) ดังที่แสดงในตรางที่ 2

Table 2 An analysis of Factors related to watershed forest restoration of households in Kuang Si waterfall Protection forest area, Luang Prabang Province Lao People's Democratic Republic

Dependent variables	Factors related to watershed forest restoration		
	B	t	Sig.
1. sex	-1.890	3.778	0.000
2. Age	0.099	2.467	0.014
3. Education Level	0.500	1.548	0.123
4. Religion	1.077	1.926	0.056
5. Occupation	-1.031	-1.731	0.085
6. Income	-3.3E-007	-0.628	0.531
7. Status	0.502	0.752	0.453
8. Native	-.835	-1.624	0.106
9. Length of stay in the Village	0.004	0.128	0.898
10. Organization Membership	1.635	3.383	0.001
11. Forest Restoration Knowledge	0.951	2.701	0.008
12. Information Knowledge	1.623	5.393	0.000
R^2 = 0.796 (79.6%), F = 62.945, Sig. of F = 0.000**			

*Statistically significant level at 0.05; ** Statistically significant level at 0.01

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เพศ มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการมีส่วนร่วมในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำของประชาชน ทั้งนี้พบว่า เมื่อมีเพศยิงเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้การมีส่วนร่วมในการฟื้นฟูป่าของประชาชนลดลง เนื่องมาจากเป็นวัฒนธรรมของชุมชนที่แบ่งหน้าที่รับผิดชอบในครัวเรือน ผู้หญิงมีหน้าที่ทำงานบ้าน (แม่บ้าน) ในขณะที่ผู้ชายเน้นทำหน้าที่เป็นหัวหน้าครัวเรือนรับผิดชอบงานที่เป็นส่วนรวมของหมู่บ้าน การตัดสินใจดำเนินกิจกรรมของหมู่บ้าน การรับผลประโยชน์ และการประเมินผล นอกจากนี้ยังรับหน้าที่หาอาหาร การผลิต และงานที่ต้องใช้กำลังมาก ซึ่งขัดแย่งกับการศึกษาของ (Coulibaly-Lingani *et al.,* 2011) ได้สรุปไว้ว่า การเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้หญิงมีความสำคัญต่อการปรับปรุงความสำเร็จของโปรแกรมการจัดการป่าไม้แบบมีส่วนร่วม และสอดคล้องกับการศึกษาของ (Pangsao *et al*., 2021) พบว่า เพศ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการทรัพยากรป่าไม้ และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ (Kerse, 2016) พบว่า เพศ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการทรัพยากรป่าไม้เพื่อการกักเก็บคาร์บอน

สำหลับอายุจากผลการวิเคราะห์ พบว่า มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการมีส่วนร่วมในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำของประชาชน ทั้งนี้พบว่า เมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้การมีส่วนร่วมในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำของประชาชนเพิ่มขึ้นไปด้วย เนื่องมาจากผู้ที่มีอายุมากขึ้นก็จะได้นำใช้ประโยชน์จากป่ามากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การเกิดความรู้ และเข้าใจเกี่ยวกับการทำลายป่าไม้ และวิธีทางจะทำอย่างไรไม่ให้เป็นการทำลายป่าไม้ และจะฟื้นฟูอย่างไรเพื่อฟื้นฟูป่าที่ถูกทำลายมากกว่าคนที่มีอายุน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา (Nenlaeard *et al.,* 2015) พบว่าปัจจัยด้านอายุเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของ ประชาชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลนพื้นที่หาดสระบัว ตำบลท่าศาลา อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับการศึกษาของ (Mohammed *et al.,* 2017) พบว่าอายุมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการป่าไม้ในภาคเหนือของประเทศกานา และสอดคล้องกับการศึกษาของ (Zhang *et al*., 2011) พบว่าอายุเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจของเกษตรกรที่จะมีส่วนร่วมโครงการแปลงที่ดินทำกินเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำในเขตอนุรักษ์ธรรมชาติแห่งชาติซานเจียงประเทศจีน

ส่วนการเป็นสมาชิกองค์กรในหมู่บ้านพบว่า เมื่อประชาชนได้เป็นสมาชิกองค์กรในหมู่บ้านหลายองค์กรมากเท่าไรทำให้มีโอกาสได้เข้าไปมีส่วนร่วมในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำของประชาชนเพิ่มมากขึ้นไปด้วย เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการฟื้นฟูป่าอยู่ในหมู่บ้านแต่ระครั้งผู้ใหญ่บ้านจะเน้นผู้ที่เป็นสมาชิกองค์กรเป็นแกนนำหลักในการนำพาประชาชนภายในหมู่บ้านดำเนินการ โดยเฉพาะองค์กรที่รับผิดชอบดูแลป่าไม้บ้านทุกครั้งที่มีกิจกรรมเกี่ยวกับป่าไม้องค์กรนี้ต้องเป็นแกนนำในการปฏิบัติงาน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kanto *et al.* (2020) พบว่า การเป็นสมาชิกกลุ่มทางสังคมเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรต่อโครงการสร้างป่า ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Daryaei *et al.* (2014) พบว่าการเป็นสมาชิกองค์กรในชุมชนไม่มีผลต่อหลักสูตรการอบรมเกี่ยวกับการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติ

เมื่อพิจารณาในส่วนของประสบการณ์ในการฟื้นฟูป่า พบว่า เมื่อประชาชนได้รับประสบการณ์การในการฟื้นฟูป่าเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ประชาชนมีความสนใจและเข้าร่วมกิจกรรมการฟื้นฟูป่าเพิ่มขึ้น และได้ทราบถึงประโยชน์และคุณค่าป่าไม้รวมทั้งวิธีการปลูกไม้เพื่อฟื้นฟูป่า เพราะประชาชนได้รับการพัฒนาเพิ่มพูนความรู้ทักษะ ทัศนคติ ทำให้เกิดการเรียนรู้ภายในตัว

ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Watthanachanobon *et al.* (2010) พบว่า ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ มีความสัมพันธ์ต่อระดับบทบาทของชุมชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติด้านการปลูก การฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ และการป้องกันรักษาพื้นที่ต้นน้ำของชุมชน

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยการรับรู้ข่าวสารพบว่า การรับรู้ข่าวสารมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการมีส่วนร่วมในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำของประชาชน ทั้งนี้พบว่า การรับข้อมูลข่าวสารด้านการฟื้นฟูป่าไม้ ทำให้ประชาชนมีความสนใจและติดตามข่าวสารทางด้านการจัดการป่าต้นน้ำอยู่เป็นประจำ ส่งผลให้เกิดการรับรู้แลกเปลี่ยนข่าวสารในกลุ่มอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นประชาชนที่ได้รับข้อมูลข่าวสารจะมีแนวโน้มเข้ามามีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นในการดำเนินการไปในทิศทางเดียวกัน มีความสอดคล้องกัน และสนับสนุนซึ่งกันและกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Pangsao *et al.*, 2021) พบว่า การรับรู้ข้อมูลข่าวสารด้านการจัดการทรัพยากรป่าไม้มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการ จัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมันร้อยละ 99 และสอดคล้องกับการศึกษาของ (Suksard and Srisakbangtoei, 2015) พบว่า ประชาชนที่ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลนมากทำให้เข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลนมากขึ้นด้วย และสอดคล้องกับการศึกษาของ (Stone *et al.*, 2008) พบว่าการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับความสำคัญของป่าชายเลน มีผลต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนในการฟื้นฟูป่าชายเลน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปัจจัยการมีส่วนร่วมต่อการฟื้นฟูป่าต้นน้ำกวางชี เมืองหลวงพระบาง แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่า ประชาชนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุอู่ในระหว่าง 36-45 ปี ศาสนาพุทธ เป็นคนถิ่นเดิมในชุมชน อยู่ในสถานภาพสมรส สำเร็จการศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษา อาชีพหลักเป็นเกษตรกรรม มีรายได้ระหว่าง 2,000-3,500 บาทต่อเดือน ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกองค์กรในหมู่บ้าน ส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการฟื้นฟูป่า และส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับข้อมูลข่าวสารทางด้านป่าไม้ และไม่เคยได้รับประสบการณ์ในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำมาก่อน ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกับการมีส่วนร่วมในกานฟื้นฟูป่าต้นน้ำกวางชี จากการวิเคราะห์ข้อมูลอทั้งหมด 12 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ความเชื่อ อาชีพ รายได้ในครัวเรือน สถานภาพสมรส การเป็นคนถิ่นเดิม ระยะเวลาที่อาสัยอยู่ การเป็นสมาชิกองกร ประสบการณ์ในการฟื้นฟูป่า และการรับรู้ข่าวสาร ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า มี 5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกับการเข้ามามีส่วนร่วมในกานฟื้นฟูป่าต้นน้ำกวางชีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ปัจจัยทางด้านเพศ อายุ การเป็นสมาชิกองค์กร ประสบการณ์ในการฟื้นฟูป่า และการรับรู้ข่าวสารในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรส่งเสริมให้ประชาชนในหมู่บ้านทุกเพศทุกวัยให้ได้รับความรู้ และประสบการณ์ในเรื่องการฟื้นฟูป่าด้วยการให้อบรม หรือให้ข้อมูลข่าวสารแก่ประชาชนให้สามาถเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร และประสบการณ์ในการฟื้นฟูป่าให้มากขึ้น
2. ควรมุ่งเน้นกลุ่มคนที่เป็นสมาชิกขององค์กรในหมู่บ้านเพื่อเป็นผู้นำในการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์ และฟื้นฟูป่าต้นน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณมายังคณาจารย์ และบุคลากรสาขาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ทุกๆท่าน ที่ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณงผู้นำชุมชนในเขตพื้นที่ป่าต้นน้ำตาดกวางซีที่ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Assembly, L.N. 2007. **Foest Law**. Vientiane: Lao People's Democratic Republic. 8 p.

Coulibaly-Lingani, P., P., Savadogo, M. Tigabu, and P.C. Oden, 2011. Factors influencing people's participation in the forest management program in Burkina Faso, West Africa. **Forest Policy and Economics** 13(4): 292-302.

Daryaei, N., S.J. Kashani, and J.F. Hosseini, 2014. Factors influencing attitudes of wheat farmers about the effects of training-extension courses held in the conservation, restoration and development natural resources (case study: Abeshirin Region of Kashan City). **Advances in Environmental Biology** 8(5): 1502-1510.

Forest Resource Management Sub-Division, L.P. 2019. **The Forest Reserved Area in Luang Prabang Province**. LuangPrabang Province, Lao People's Democratic Republic: Forest Resource Management Sub-Division, L.P. 62 p.

Forestry, M.o. A. 2005. **Forest Strategy of the Lao PDR to the Year 2020.** Vientiane: Lao People's Democratic Republic. 98 p.

________. 2021. **The Implementation of Forest Management in the Five-year Period 2016-2020 and the Five-year Plan for 2020-2025.** 152 p. *In* 2020 - 2025 Forest Action Plan: Part II. Vientiane: Lao People's Democratic Republic. Document Number)

Kanto, K., S., Suksard, A. Pattaratuma, and S. Sriarkarin, 2020. people’s participation under the generated income from forestation project, Loei Province. **Journal of Humannities and Social Sciences** 11(2): 349-360. [in Thai].

Kerse, B.L. 2016. Factors affecting local people participation in forest managed for carbon sequestration: The case of Mount Damota, Southern Ethiopia. **METHODOLOGY** 6(5): 56-65.

Mohammed, J., A.K. Osei-Fosu, and H. Yusif. 2017. Factors influencing households' participation in forest management in the northern region of Ghana. **Independent Journal of Management & Production** 8(4): 1324-1340.

Nenlaeard, R., K. Rattana, and W. Niyom. 2015. Factors affecting people participation in mangrove forest resource conservation at Sraboa beach area, tha Sala sub-district, Tha Sala district, Nakhon Si Thammarat province. **Thai J. For.** 34(2): 22-32. [in Thai].

Pangsao, N., S., Fongmul, P. Sakkatat, and P. Kruekum, 2021. Factors affecting people participation in forest resource management in Pa Khun Mae Tha national reserved forest area, Mae Tha sub-district, Mae On district, Chiang Mai, Thailand. **Journal of Agri. Research & Extension** 38(2): 144-156. [in Thai].

Prachoom, S. 1998. Sampling methods for research. **Nida Development Journal** 38(3): 103-130.

Province, T.P.D.a.I.a.L.R. 2008. **The Social Economic Development Plan of Luangprabang province** (2006-2007 **and** 2007-2008). Luang Rabang Province, Lao PDR: Ministry of Planning and Investment. 228 p.

Sincharu, T. 2005. **Research and analyze Statistical Data with SPSS**. Bangkok: V. Inter Print. 520 p.

Stone, K., M., Bhat, R. Bhatta, and A. Mathews. 2008. Factors influencing community participation in mangroves restoration: a contingent valuation analysis. **Ocean & Coastal Management** 51(6): 476-484.

Suksard, S. and R. Srisakbangtoei, 2015. People participation in mangrove forest Conservation of Kho Than sub-district community, Tha Chang district, Surat Thani province. **Thai Journal of Forestry** 34(1): 101-111. [in Thai].

Watthanachanobon, W., Rattana, K. and P. Phetplai. 2010. Factors affecting role of community in natural resources conservation on head watershed of Ban Tum Phuang Tonyoun sub-district, Phanom district, Surat Thani province. **KKU Research Journal (Graduate Studies)** 10(2): 140-147. [in Thai].

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introduction Analysis**. Harper & Row. 1130 p.

Zhang, C., D., Robinson, J., Wang, J., Liu, X. Liu, and L. Tong, 2011. Factors influencing farmers' willingness to participate in the conversion of cultivated land to wetland program in Sanjiang National Nature Reserve, China. **Environmental Management** 47(1): 107-120.

การศึกษาพัฒนาการทางด้านร่างกายและการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของนักเรียน ศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

A Study of Physical Development and Physical Fitness of the Mae Moh Border Patrol Police Camp in Tambon Mae Na Chan, Mae Chaem District, Chiang Mai

อภิสิทธิ์ ชัยมัง

Apisit Chaiyamang

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

Faculty of Education, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50300

Corresponding author: apisit24@hotmail.com

Abstract

The purpose of this research to study the physical development and physical fitness enhancement of students at Ban Mae Mu Nai Border Patrol Police Learning Center, Mae Na Chor s-district, Mae Chaem district, Chiang Mai. Population used in this research are male and female students, Ban Mae Mu Nai Border Patrol Police Learning Center, Mae Na Chor sub-district, Mae Chaem district, Chiang Mai currently studying in the 2018 academic year, aged between 6-12 years, divided into 30 males and 18 females, a total of 48 were and research instruments. Consisting of a physical fitness test consisting of 6 items.

The research found that physical development of school children in various fields have better development which the child can respond to the commands as well as follow the teacher's instructions better also able to prepare physical fitness criteria that is suitable for the sample as well and physical fitness after having tested before and after it appeared that physical fitness.

Keywords: physical development, physical fitness, exercise

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาพัฒนาการทางด้านร่างกายและการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของนักเรียนศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนทั้งเพศชายและหญิงศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ที่กำลังเรียนอยู่ในปีการศึกษา 2561 ที่มีอายุระหว่าง 6-12 ปี แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 30 คน และเพศหญิง จำนวน 18 คน รวมจำนวน 48 คน และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบทดสอบสมรรถภาพทางกาย ประกอบด้วย 6 รายการ

ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาการทางด้านร่างกายของเด็กนักเรียนในด้านต่างๆ มีพัฒนาการที่ดีขึ้นซึ่งเด็กสามารถตอบสนองต่อการออกคำสั่งพร้อมทั้งปฏิบัติตามคำสั่งของครูได้ดีขึ้นอีกทั้งสามารถจัดทำเกณฑ์สมรรถภาพทางกาย ที่เหมาะสำหรับกลุ่มตัวอย่างได้เป็นอย่างดีและสมรรถภาพทางกายหลังจากได้มีการทดสอบก่อนและหลังปรากฏว่าสมรรถภาพทางกายดีขึ้นกว่าก่อนการทดสอบ

คำสำคัญ: การพัฒนาการด้านร่างกาย สมรรถภาพทางกาย การออกกำลังกาย

คำนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าตำรวจตระเวนชายแดนเป็นตำรวจหน่วยหนึ่ง ในสังกัดสำนักงานตำรวจแห่งชาติแต่การปฏิบัติน้าที่มีความแตกต่างกับตำรวจหน่วยอื่นอยู่หลายประการ เพียงแต่ชื่อก็มีความหมายอยู่ชัดเจนแล้วว่าเป็นตำรวจที่ไม่อยู่นิ่งต้องตระเวนตรวจพื้นที่ชายแดนซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบ มีหน้าที่เสมือนรั้วของชาติ และเป็นแนวป้องกันด่านแรกในการปกป้องอธิปไตยของชาติไทยในการปฏิบัติภารกิจดังกล่าวนี้หมู่ลาดตระเวนจะถูกส่งออกไปจากที่ตั้งปกติเพื่อตรวจตรารักษาความสงบเรียบร้อยตามแนวชายแดนป่าเขาทุรกันดารทำให้ได้พบเห็นประชาชน ผู้เดือนร้อนเกี่ยวกับการครองชีพและโรคภัยไข้เจ็บเป็นจำนวนมากตำรวจตระเวนชายแดนได้ให้ความช่วยเหลือเท่าที่จะสามารถช่วยได้ เช่น แจกอาหาร เสื้อผ้า ให้การรักษาพยาบาลผู้เจ็บป่วย แนะนำการประกอบอาชีพหมู่ลาดตระเวนนอกจากจะได้พบเห็นความเจ็บไข้ยากไร้ของประชาชนชาวเขาและไกลคมนาคมแล้วยังมีอีกสิ่งหนึ่งที่หมู่ลาดตระเวนได้พบเห็น คือ ตามหมู่บ้านต่าง ๆ มีเด็กซึ่งอยู่ในวัยเรียนเป็นจำนวนมากยังไม่ได้เรียนหนังสือเนื่องจากหน่วยงานซึ่งรับผิดชอบด้านการศึกษาไม่สามารถเข้าไปจัดตั้งโรงเรียนได้ทั้งนี้เพราะเป็นพื้นที่ซึ่งเป็นป่าเขาทุรกันดาร อีกทั้งบางพื้นที่มีสถานการณ์ก่อการร้ายของฝ่ายตรงข้ามกับรัฐบาล

การจัดตั้งโรงเรียนสอนหนังสือให้แก่ชาวเขาและประชาชนไกลคมนาคมนั้นจะเห็นได้ว่าในระยะเริ่มแรกเป็นการดำเนินการแบบจับเสือมือเปล่าแทบทั้งสิ้นทั้งนี้เพราะไม่มีงบประมาณสนับสนุน ครูก็ต้องใช้ตำรวจตระเวนชายแดน นักเรียนก็เป็นเด็กยากจนไม่มีปัจจัยที่จะจัดซื้อหนังสือ สมุด ดินสอฯ เด็กเหล่านี้จึงได้รับแจกหนังสือและอุปกรณ์การเรียนจากผู้มีจิตเมตตาบริจาคผ่านตำรวจตระเวนชายแดน รวมทั้งเดินทางไปเยี่ยมเด็กถึงโรงเรียนพร้อมกับแจกสิ่งของให้ใช้ประโยชน์ด้วยกิจการโรงเรียนชาวเขาและประชาชนไกลคมนาคมได้เจริญก้าวหน้ามาเป็นลำดับ นอกจากจะได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานราชการองค์กรภาคเอกชน ตลอดจนคณะบุคคลต่างๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือแล้ว ยังได้รับพระ

มหากรุณาธิคุณพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวสมเด็จพระนางเจ้าฯ พระบรมราชินินาถ และสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี ทรงสนพระทัยเกี่ยวกับชาวเขาที่เข้ามาอาศัย พระบรมโพธิสมภารตลอดจนประชาชนไทยไกลคมนาคมจึงได้พระราชทานพระราชทรัพย์สร้างโรงเรียนให้กับพสกนิกรของพระองค์อยู่เสมอ

สมเด็จพระเทพรัตนราชสดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงสืบทอดแนวพระราชดำริและทรงรับพระราชภารกิจมาไว้อย่างเต็มพระราชหฤทัยทรงปกป้องดูแลและรับผิดชอบงานโรงเรียนตำรวจตระเวนชายเเดนอย่างเต็มที่ทรงเห็นว่าครูเป็นทุกอย่างเป็นแหล่งเรียนรู้และเป็นการเรียนรู้ที่ไม่มีวันสิ้นสุด พระองค์ได้ทรงแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนอยู่ตลอดเวลาด้วยพระอัจฉริยภาพ โดยการบูรณาการทั้งศาสตร์และศิลป์เข้าด้วยกันอย่างแยบยล เพื่อคุณภาพชีวิตนักเรียน ครอบครัวตลอดจนครู โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน ดังบทความพระราชทาน ความว่า "..เป้าหมายต่างๆ ที่รวมอยู่มีหลายอย่าง เช่น อยากให้ได้รับความรู้ทางด้านวิชาการ ทางด้านหนังสือดีขึ้นทั้งให้มีสุขภาพที่แข็งแรงเมื่อมีสุขภาพที่แข็งแรงก็จะมีความสามารถในการศึกษาสูงขึ้นไปอีก หรือว่ามีความสามารถมีแรงที่ประกอบอาชีพได้ดียิ่งขึ้น." (สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, 2531)

จากพระราชดำรัส สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีข้างต้นชี้ให้เห็นว่าทรงตระหนักว่าลำพังการพัฒนาเด็กและเยาวชนกลุ่มเดียว ไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดความมั่นคงในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในถิ่นทุรกันดารได้ จำเป็นต้องช่วยเหลือครอบครัวของเด็กและเยาวชนในชุมชนด้วย ทั้งในด้านสุขภาพอนามัยและการศึกษาและให้มีความพร้อมที่จะก้าวให้ทันกับความเปลี่ยนแปลงของ จากจุดเริ่มต้นแห่งโครงการตามพระราชดำริที่พระราชทานให้แก่เด็กนักเรียนในโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนเป็นโครงการแรกในปี พ.ศ. 2523

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นเพื่อเป็นการขจัดปัญหาทางด้านสุขภาพอนามัยของนักเรียนในศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน จึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยเห็นความสำคัญในการที่จะศึกษาพัฒนาการทางด้านร่างกายและการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของนักเรียนศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนในโครงการในพระราชดำริ ประเภทโครงการพัฒนาด้านสวัสดิการสังคม/การศึกษา ของสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) และสอดคล้องกับแผนงานส่งเสริมคุณภาพการศึกษาและสุขภาพอนามัย ในพระราชดำริของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ได้พระราชทานให้แก่เด็กนักเรียนในโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพัฒนาการทางด้านร่างกายของนักเรียนศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุในฯ
2. เพื่อเสริมสร้างและจัดทำเกณฑ์สมรรถภาพทางกายของนักเรียนศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุในฯ

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจะมีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัยกับผู้วิจัยตลอดการดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วยนักเรียนทั้งเพศชายและหญิงศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนทั้งเพศชายและเพศหญิง ศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ที่กำลังเรียนอยู่ในปีการศึกษา 2561 ที่มีอายุระหว่าง 6-12 ปี แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 30 คน และเพศหญิง จำนวน 18 คน รวมจำนวน 48 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วย

แบบทดสอบสมรรถภาพทางกายของเด็กก่อนวัยเรียน ซึ่งประกอบไปด้วยกัน 6 รายการ ดังนี้การชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง นั่งงอตัว แรงบีบมือ ลุกนั่ง 30 วินาทีและการยืนกระโดดไกล

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ในการดำเนินการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ใบบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย นาฬิกาจับเวลา เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง เครื่องวัดแรงบีบมือ ไม้บรรทัด แผ่นยางกระโดดไกล เบาะ และนกหวีด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. พิจารณาแบบทดสอบโดยคำนึงถึง ความมีมาตรฐาน ครอบคลุมถึงองค์ประกอบหลักของสมรรถภาพทางกายมีวิธีการทดสอบไม่ซับซ้อนมากไม่สิ้นเปลืองงบประมาณหรือประยุกต์ดัดแปลงได้
2. จัดทำใบบันทึกให้กลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดสอบและเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย
3. จัดหาเครื่องมืออุปกรณ์สิ่งอำนวยความสะดวก และทดลองระบบขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. ประสานงานกับกลุ่มตัวอย่างที่จะต้องทดสอบในแต่ละรายการ
5. กำหนดวัน เวลา สถานที่การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. วิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำเกณฑ์สมรรถาพทางกาย พร้อมนำไปทดลองใช้
7. จัดพิมพ์เป็นรูปเล่มเพื่อเผยแพร่ไปยังสถาบันการศึกษา และหน่วยงานต่าง ๆ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ย (μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ของอายุน้ำหนัก ส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างทั้งเพศชายและเพศหญิง
2. หาค่าเฉลี่ย (μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ของการทดสอบสมรรถภาพทางกายแต่ละรายการของกลุ่มตัวอย่างทั้งเพศชายและเพศหญิง
3. เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปของตาราง ความเรียง แผนภูมิและกราฟ

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาพัฒนาการทางด้านร่างกายและการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของนักเรียนศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ให้มีพัฒนาการที่เจริญเติบโตให้เหมาะสมกับวัยโดยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษาด้านสถานภาพและขนาดรูปร่างของกลุ่มตัวอย่างเพศชายและหญิง ศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

Table 1 Number and percentage of male and female samples of each age group

Age Range (Years)	Male		Female		Total	
	Amount	Percentage	Amount	Percentage	Amount	Percentage
6 - 9	14	29.16	12	25.00	26	54.16
10 - 12	16	33.34	6	12.50	22	45.84
Total	**30**	**62.50**	**18**	**37.50**	**48**	**100.00**

จากTable 1 พบว่า เพศชายและเพศหญิง ช่วงอายุ 6-9 ปี คิดเป็นร้อยละ 54.16 และช่วงอายุ 10-12 ปี คิดเป็นร้อยละ 45.84 และเป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 62.50 และเป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 37.50 รวมร้อยละ 100

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษาด้านสมรรถภาพทางกายของกลุ่มตัวอย่างเพศชายและหญิงของนักเรียนศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

Table 2 The mean (μ) and standard deviation (σ) were compared before and after physical development. of the male sample, aged 6-9 years

Test Items	Before		After	
	μ	σ	μ	σ
1. Weight (kg)	22.50	3.88	22.06	4.02
2. Height (cm)	122..00	7.24	122.57	7.36
3. Sit and Reach (cm)	5.79	1.48	6.79	2.04
4. Grip Strength (kg)	19.54	5.96	21.41	7.00
5. Sit up for 30 seconds (times)	18.21	3.79	20.93	5.24
6. Standing long jump (cm)	135.00	13.57	142.36	17.23
Total	**53.89**	**5.98**	**56.15**	**7.15**

จากTable 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมรรถภาพทางกาย ช่วงอายุ 6–9 ปี หลังการฝึกจะมีค่ามากกว่าก่อนการฝึกดังนี้ หลังการฝึกมีค่าเฉลี่ย 56.15, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.15 และก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ย 53.89, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.98 ตามลำดับ

Table 3 Compare the mean (μ) and standard deviation (σ) before and after physical development. of the male sample, aged 10 - 12 years

Test Items	Before		After	
	μ	σ	μ	σ
1. Weight (kg)	30.94	6.72	31.46	7.40
2. Height (cm)	133.00	10.94	133.88	11.55
3. Sit and Reach (cm)	6.63	1.15	7.81	2.76
4. Grip Strength (kg)	21.35	5.63	23.66	7.04
5. Sit up for 30 seconds (times)	28.25	6.21	31.88	6.87
6. Standing long jump (cm)	163.50	10.15	169.06	10.98
Total	**63.99**	**6.80**	**66.29**	**7.77**

จาก Table 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมรรถภาพทางกาย ช่วงอายุ 10–12 ปี หลังการฝึกจะมีค่ามากกว่าก่อนการฝึกดังนี้ หลังการฝึกมีค่าเฉลี่ย 66.29 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.77 และก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ย 63.99 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.80 ตามลำดับ

Table 4 Compare the mean (μ) and standard deviation (σ) before and after physical development. of the female sample, aged 6 - 9 years

Test Items	Before		After	
	μ	σ	μ	σ
1. Weight (kg)	19.33	4.62	20.17	5.06
2. Height (cm)	117.00	8.27	117.25	8.56
3. Sit and Reach (cm)	7.92	1.38	8.75	1.76
4. Grip Strength (kg)	18.25	3.36	20.59	3.10
5. Sit up for 30 seconds (times)	15.00	3.22	19.75	10.28
6. Standing long jump (cm)	132.17	11.34	139.58	13.28
Total	**51.61**	**5.36**	**54.35**	**7.00**

จากTable 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมรรถภาพทางกาย ช่วงอายุ 6–9 ปี หลังการฝึกจะมีค่ามากกว่าก่อนการฝึกดังนี้ หลังการฝึกมีค่าเฉลี่ย 54.35 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.00 และก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ย 51.61 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.36 ตามลำดับ

Table 5 Compare the mean (μ) and standard deviation (σ) before and after physical development. of the female sample, aged 10 - 12 years

Test Items	Before		After	
	μ	σ	μ	σ
1. Weight (kg)	34.00	7.48	34.33	7.84
2. Height (cm)	139.00	8.95	140.50	9.75
3. Sit and Reach (cm)	6.67	1.02	8.67	1.37
4. Grip Strength (kg)	23.40	1.63	25.12	1.38
5. Sit up for 30 seconds (times)	27.00	6.01	30.67	7.84
6. Standing long jump (cm)	147.83	10.01	158.00	15.86
Total	**63.01**	**5.85**	**66.21**	**7.34**

จาก Table 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมรรถภาพทางกาย ช่วงอายุ 10–12 ปี หลังการฝึกจะมีค่ามากกว่าก่อนการฝึกดังนี้หลังการฝึกมีค่าเฉลี่ย 66.21 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.34 และก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ย 63.01 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.85 ตามลำดับ

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ด้านขนาดรูปร่างและสมรรถภาพทางกาย

โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีจำนวนทั้งสิ้น 48 คน แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 30 คน หรือคิดเป็น 62.50% ของกลุ่มตัวอย่าง และเป็นเพศหญิง 18 คน หรือคิดเป็น 37.50% ของกลุ่มตัวอย่าง และประชากรที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ คือประชาชนที่เป็นนักเรียนศูนย์การเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ทั้งเพศชายและเพศหญิง ที่มีอายุระหว่าง 6-12 ปี แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 30 คน และเพศหญิง จำนวน 18 คน รวมจำนวน 48 คน จำนวนประชากรครั้งนี้ เพศชายมากกว่าเพศหญิง ซึ่งสอดคล้องกับ (The National Statistical, 2013) เกี่ยวกับสัดส่วนของประชากรในประเทศไทยที่มีจำนวนเพศหญิง 33,626,627 คิดเป็น 50.97% จำนวนเพศชาย 32,355,032 คิดเป็น 49.03% จากจำนวนประชากรทั้งประเทศ 65,981,659 เมื่อปี พ.ศ. 2556 แต่จำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงอายุ เพศ อาจไม่สอดคล้องกับช่วงอายุ เพศของจำนวนประชากร ของนักเรียนศูนย์การ

เรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่มุใน ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่เท่าที่ควร ทั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการสำรวจในปีต่อไป โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบทดสอบบางรายการเพื่อให้มีความเหมาะสมกับสภาพร่างกายมากยิ่งขึ้น

น้ำหนักตัว กลุ่มตัวอย่างทั้งเพศชายและเพศหญิงจะมีน้ำหนักตัวน้อยในช่วงอายุ 6-9 ปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่ออายุสูงขึ้น เมื่อเทียบน้ำหนักตัวระหว่างเพศชายกับเพศหญิงแล้ว พบว่าเพศหญิงจะมีน้ำหนักตัวมากกว่าเพศชายประมาณ 1-3 กิโลกรัมและเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวประชาชนไทยของ (Kerdchantuk *et al*., 2003) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายประชาชนไทย พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาวิจัยมีน้ำหนักตัวมากกว่าประมาณ 1-2 กก. ทั้งเพศชายและหญิง โดยเพศหญิงค่อนข้างมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าเพศชายเล็กน้อย สำหรับการชั่งน้ำหนักตัวนั้นมีความสำคัญในชีวิตประจำวัน เพราะเป็นการประเมินถึงขนาดร่างกาย การเจริญเติบโต ภาวะของความอ้วน และภาวะของการขาดสารอาหาร หรือความผิดปกติที่เกิดจากโรคบางอย่างได้ซึ่ง Hubley-Kozey and Cheryl (1991) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบด้านความสูงมาพิจารณาด้วย ในการตรวจสอบน้ำหนักของตัวเองว่ามีการเพิ่มหรือลดลงมากน้อยเพียงไรสามารถชั่งวัดได้ ปกติในแต่ละวันน้ำหนักตัวอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ถึง + 1 กิโลกรัมสำหรับเด็ก และการชั่งแต่ละวันควรกำหนดช่วงเวลาเดียวกัน และเสื้อผ้าที่สวมใส่ควรจะมีน้ำหนักเบาที่สุด การชั่งน้ำหนักตัวโดยปราศจากเสื้อผ้าจะทำให้ทราบถึงน้ำหนักตัวเองได้ดีที่สุด

ส่วนสูง กลุ่มตัวอย่างมีส่วนสูงมากที่สุดในช่วงอายุ 10-12 ปี โดยเพศหญิงจะมีส่วนสูงมากกว่าเพศชายประมาณ 1-6 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับส่วนสูงของประชาชนไทย ซึ่งสอดคล้องกับ Kerdchantuk *et al*. (2000) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายประชาชนไทย พ.ศ. 2542 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมากเกือบทุกช่วงอายุทั้งเพศชายและหญิงแต่ในช่วงอายุ 10-12 ปี เพศหญิงจะมีความแตกต่างมากกว่าช่วงอื่นๆ ในการศึกษาครั้งนี้ ส่วนสูงมากที่สุดอยู่ในช่วงอายุ 10-12 ปี เพศชายเฉลี่ย 133.88 เซนติเมตร และเพศหญิงเฉลี่ย 140.50 เซนติเมตร ถึงแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างอาจจะมีจำนวนน้อยเกินไป แต่จากการศึกษาเกณฑ์สมรรถภาพทางกายประชาชนไทย เมื่อปี พ.ศ. 2542 มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างของช่วงอายุนี้มากและมีความสูงเฉลี่ยใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ ก็เพียงพอที่จะกล่าวได้ว่าเป็นความสูงที่เป็นไปตามเป้าหมายความสูงขั้นต่ำของเยาวชนไทยที่กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข คาดหมายไว้ในปีพ.ศ.2543 ที่กำหนดเป้าหมายให้คนไทย อายุ 20 ปี มีความสูงเฉลี่ย 169.60 เซนติเมตร ในเพศชาย และ 157.70 เซนติเมตรในเพศหญิง เป็นไปตามที่ Department of Health (1999) เสดงว่าแนวทางการพัฒนารูปร่างของเด็กและเยาวชนไทยเป็นไปตามแนวทางที่ต้องการได้พอสมควร

สำหรับการทดสอบการนั่งงอตัว เป็นการวัดความยืดหยุ่นของกลุ่มกล้ามเนื้อบริเวณ ต้นขาด้านหลังและหลังส่วนล่าง ของกลุ่มตัวอย่างทั้งเพศชายและเพศหญิง พบว่าช่วงอายุ 10-12 ปี มีความอ่อนตัวโดยการนั่งงอตัวได้มากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับ Heyward (1991) ได้กล่าวว่าบางครั้งใช้เป็นตัวชี้วัดของคนที่มีอาการปวดหลัง (Lower back pain) ได้ระดับหนึ่ง Morrow *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่าเพศชาย ช่วงอายุ 10-12 ปีและเพศหญิงช่วงอายุ 10-12 ปี มีความอ่อนตัวโดยการนั่งงอตัวได้มากที่สุด และดีกว่าเพศชาย อาจจะมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ เมื่อมีอายุมากขึ้น เพราะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อ น้ำไขข้อ (Synovial fluid) และระดับกิจกรรมการเคลื่อนไหวของร่างกายลดลง จึงส่งผลให้มีความอ่อนตัวลดลงด้วย Heyward (1991) ได้ทำการศึกษาพบว่า เพศหญิงมีความอ่อนตัวดีกว่าเพศชายเสมอ เพราะว่าลักษณะโครงสร้างเชิงกรานและฮอร์โมนของเพศหญิงส่งผลให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีความยืดหยุ่น

ดีกว่าเพศชาย ในการดำเนินชีวิตประจำวัน บุคคลที่มีความอ่อนตัวยืดหยุ่นของข้อต่อและกล้ามเนื้อ จะส่งผลดีต่อบุคลิกภาพการเคลื่อนไหวร่างกายมักไม่พบการปวดเมื่อยตามร่างกาย กิจกรรมบริหารกายหรือการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นประจำ นอกจากทำให้ร่างกายมีความอ่อนตัวดีขึ้นแล้วยังเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว บรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อ ปวดประจำเดือนลดความตึงเครียดระบบประสาทกล้ามเนื้อ ลดอัตราการหายใจและอาการความดันเลือดสูงได้ด้วย

สำหรับการทดสอบลุกนั่ง 30 วินาที ของกลุ่มตัวอย่างทั้งเพศชายและเพศหญิง พบว่าช่วงอายุ 10-12 ปี มีความแข็งแรงอดทนกล้ามเนื้อหน้าท้องมากที่สุด จากนั้นสมรรถภาพจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อมีอายุมากขึ้น และเมื่อเทียบระหว่างเพศชายและหญิงแล้วพบว่าเพศชายมีค่าความสามารถในการทดสอบลุกนั่ง 30 วินาที มากกว่าเพศหญิงทุกช่วงอายุ โดยเพศหญิงจะมีความแข็งแรงอดทนกล้ามเนื้อหน้าท้อง ประมาณ 65% ของเพศชาย ซึ่งการทดสอบลุกนั่ง 30 วินาที เป็นการทดสอบที่มีความเที่ยงตรงสูงและใช้ชี้วัดสมรรถภาพความแข็งแรงหรืออดทนของกล้ามเนื้อหน้าท้อง ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่มีความสำคัญต่อบุคลิกภาพที่ดีและสุขภาพหลังด้วย Werner and Hoeger (2002) โดยปกติทั่วไปการทดสอบความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อท้องมีวิธีการต่าง ๆ เช่น Sit-ups หรือ Bent-leg-curl-ups เป็นต้น แต่วิธีการดังกล่าวอาจมีการบาดเจ็บต่อหลังช่วงล่างหรือเอวและกล้ามเนื้อต้นขาและขณะทดสอบกล้ามเนื้อต้นขา กล้ามเนื้อในการงอสะโพกจะต้องออกแรงมากกว่ากล้ามเนื้อท้อง การนอนยกตัวจึงเป็นการทดสอบความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อหน้าท้องโดยเฉพาะ และลดความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดจากการทดสอบได้เป็นอย่างดี

การทดสอบแรงบีบมือและยืนกระโดดไกล เป็นการทดสอบความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อช่วงบนของร่างกายของกลุ่มตัวอย่างทั้งเพศชายและเพศหญิง พบว่าช่วงอายุ 10-12 ปี มีความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อมากที่สุดสอดคล้องกับ Wilmore and Costill (1994) ได้ทำการศึกษาผลการแข่งขันยกน้ำหนักที่พบว่า เพศหญิงจะมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อประมาณ 63% ของเพศชาย นอกจากนั้นยังเคยมีการศึกษาความแข็งแรงกล้ามเนื้อช่วงบนของร่างกาย เพศหญิงจะมีความแข็งแรงประมาณ 43-63% ของเพศชาย สาเหตุที่เพศชายมีความแข็งแรงมากกว่าเพศหญิง เนื่องมาจากขนาดรูปร่าง ส่วนประกอบของร่างกายโดยเฉพาะกล้ามเนื้อ การตอบสนองด้านสรีระร่างกายที่มีต่อการฝึก ฯลฯ อย่างไรก็ตามในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ข้อมูลจากการทดสอบสมรรถภาพด้านความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อ มีความสอดคล้องกับหลักการข้างต้น ทั้งในด้านความแข็งแรงสูงสุดของช่วงอายุ การลดลงเมื่ออายุมากขึ้น หรือความแตกต่างระหว่างเพศได้เป็นอย่างดีและ Robbins *et al*. (1999) ได้กล่าวว่า ท่าการทดสอบในเพศชาย แขน หน้าอก ไหล่จะรับน้ำหนักมากกว่าเพศหญิงที่ประยุกต์ท่า เพื่อลดน้ำหนักตัวลงโดยการใช้เข่าแตะพื้น ขณะที่ McArdle *et al*. (2000) ขณะทดสอบ (Modified push-ups) แทนการใช้ปลายเท้าแตะพื้น จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า เพศชายช่วงอายุ 10-12 ปี มีความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อช่วงบนมากที่สุดมากกว่าเพศหญิง หลังจากนั้นจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่ออายุมากขึ้นเช่นกัน โดยเพศชายทำการทดสอบได้มากกว่าเพศหญิงทุกช่วงอายุ โดยเพศหญิงจะมีความแข็งแรงอดทนกล้ามเนื้อช่วงบนร่างกายโดยการทดสอบดันพื้นประมาณ 68% ของเพศชายและ McArdle *et al*. (2000) ได้กล่าวถึง มวลกล้ามเนื้อจะมีมากที่สุดช่วงอายุ 16-20 ปี ในเพศชายและอายุ 18-25 ปี ในเพศหญิงส่วนความแข็งแรงเพศชายจะมีมากที่สุดช่วงอายุ 20-30 ปี ส่วนเพศหญิงมากที่สุดที่อายุ 20 ปี ส่วนการลดลงเรื่อยๆ เมื่ออายุมากขึ้นนั้น โดยทั่วไปหลังอายุ 30 ปี ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะลดลง 1.0-1.5% ในแต่ละปี จนกระทั่งอายุ 70 ปี หลังจากนั้นอาจมีอัตราการลดลงมากกว่านั้นอีกก็ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะการดำเนินชีวิตของแต่ละคนด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ได้สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Department of Health. 1999a. **Reference Criteria, Weight, Height and Indicators of Nutritional Status in Thailand, Aged 1-19 years**. Bangkok: Ministry of Public Health. 21 p. [in Thai]

Heyward, H.V. 1991. **Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription.** 3 ed. Champaign, llinois: Human Kinetics Publishers. 322 p.

Kerdchantuk, S., N. Kerdjantuk, S. Ruamtham, S. Luangtrakul, S. Srichandwong, S. Sawangwaisukwatcharee, C. Rattanakham. 2000. **Criteria for Physical Fitness of Thai People**. Bangkok: Physical Fitness Test Division of Sports Science Sports Science, Department Sports Authority of Thailand. 63 p. [in Thai]

Kerdchantuk, N., S. Ruamtham, S. Luangtrakul, S. Srichandwong, S. Sawangvaisayasuk, W. Chuenjam and S. Rattanakham. 2003. **Simple Physical Fitness Test**. Bangkok: Physical Fitness Test Division of Sports Science Sports Science, Department Sports Authority of Thailand. 35 p. [in Thai]

Hubley-Kozey, H. and L. Cheryl. 1991. **“Teating Flexiblity” in Physiological Testing of the High Performance Athlete.** Dancan, M.D.J. *et al.* (Editor). lllinois: Human Kinetics Publishers. 58 p.

McArdle, D.M., l.K. Frank and L.K. Victor. 2000. **Essentals of Exercse Physiology.** 2 ed. United States of America: Lippincott illiams and Wilkins. 481 p.

Morrow, J.R. D.P. Mood, J.G. Disch, M. Kang. 2010. **Measurement and Evaluation in Human Performance**. United States of America: Human Kinetics Publishers. 42 p.

Robbins, G. Debbic, P. and B. Sharon. 1999. **A Wellness Way of Life. 4 thed**. United States of America: The McGraw-Hill Companies. 55 p.

Werner, W., H. W. and S. A. Hoeger. 2002. **Principles and Labs for Fitness and Wellness.** 6 th ed. Canada: Wadaworth Thomson Learning. 49 p.

Wilmore, H.J. and L.D. Costill. 1994. **Physiology of Sport and Exercise**. Champaign: Human Kinetics Publishers. 48 p.

การมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในพื้นที่ชุมชนสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
Participation in Solving Haze Problem in Suthep Community Area Muang District, Chiang Mai

ปลินดา ระมิงค์วงศ์* ชนกนาฏ คำภิโล สุทธิดา ลอยฟู และสาวิตรี สุจริต

Palinda Ramingwong*, Chanoknart Khamphilo, Sutthida Loyfu and Sawitri Sudcharit

สาขาวิชาการพัฒนาชุมชน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

Devision of Community Development, Faculty of Humanities and Social Sciences, Chiang Mai Rajabhat University Chiang Mai, Thailand 50300

*Corresponding author: palindara@gmail.com

Abstract

The objectives of this study were to examine the methods used for solving the haze problem and to study the participation model of various sectors in solving haze problems in Suthep sub-district, Muang district, Chiang Mai. This study utilized a qualitative research design. Data collection was conducted by employing in-depth interviews and participatory observation methods. The study found that government agencies used a method of organizing brainstorming sessions between various sectors to identify ways to manage fires in the area, together with the civil society and public sector. This included joint building fire lines and forest fire surveillance with villages in the area of responsibility. The civil society organized various activities to campaign for the causes of the problem as well as to help people realize that they can play a part in reducing the haze problem. Further, the public sector has also participated in such activities as organized by government agencies and civil society. As for the participation process of the three parties, it was found that all parties were involved in preventing and solving the problem of haze in the area from joint planning, joint operation, taking benefits and monitoring and evaluating the activities that have been carried out, which was the participation in the level of playing a role.

Keywords: haze, participation, civil society, public sector

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการแก้ไขปัญหาฝุ่นควัน และศึกษารูปแบบการมีส่วนร่วมของภาคส่วนต่าง ๆ ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในพื้นที่ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้วิธีการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม ผลการศึกษาพบว่าหน่วยงานภาครัฐใช้วิธีการจัดประชุมระดมความคิดเห็นจากภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อหาแนวทางในการบริหารจัดการไฟในพื้นที่ร่วมกับภาคประชาสังคมและภาคประชาชน รวมถึงการร่วมทำแนวกันไฟและการเฝ้าระวังไฟป่าร่วมกับหมู่บ้านในพื้นที่รับผิดชอบ ภาคประชาสังคมนั้นได้ดำเนินการจัดกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อรณรงค์เกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาและทำให้ประชาชนเห็นว่าตนเองสามารถเป็นส่วนหนึ่งในการลดปัญหาฝุ่นควันได้ และภาคประชาชนนั้นได้เข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ที่หน่วยงานรัฐและภาคประชาสังคมจัดขึ้น ส่วนกระบวนการมีส่วนร่วมของทั้งสามฝ่ายนั้นพบว่าทุกฝ่ายต่างมีส่วนร่วมในการป้องกันแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในพื้นที่ตั้งแต่การวางแผนร่วมกัน การดำเนินงานร่วมกัน การรับผลประโยชน์ และการติดตามประเมินผลงานที่ได้ดำเนินการไป ซึ่งเป็นการมีส่วนร่วมในระดับของการเข้ามามีบทบาท

คำสำคัญ: ฝุ่นควัน การมีส่วนร่วม ภาคประชาสังคม ภาคประชาชน

คำนำ

ประเทศไทยประสบกับปัญหาของฝุ่นพีเอ็ม 2.5 (PM 2.5) เกินค่ามาตรฐานซึ่งเกิดขึ้นทุกปี โดยเฉพาะในช่วงปลายปีต่อเนื่องถึงช่วงต้นปี เพราะเป็นช่วงเวลาที่ประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากความกดอากาศสูงจากประเทศจีนที่แผ่ลงมาปกคลุม ส่งผลให้เกิดสภาพอากาศปิด ลมสงบ ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลทำให้ฝุ่นพีเอ็ม 2.5 ไม่เกิดการกระจายตัวและนำมาสู่ภาวะเกิดการสะสม จนทำให้ในหลายจังหวัดมีค่าฝุ่นพีเอ็ม 2.5 เกินมาตรฐานติดอันดับโลก ส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงสุขภาพของคนไทยและเศรษฐกิจของประเทศ ที่ผ่านมาหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนมีข้อเสนอในการแก้ปัญหาฝุ่นพีเอ็ม 2.5 โดยคณะรัฐมนตรีให้ความเห็นชอบตามที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเสนอแผนปฏิบัติการขับเคลื่อนวาระแห่งชาติเรื่องการแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2562

การแก้ปัญหาฝุ่นพีเอ็ม 2.5 จำเป็นจะต้องมองในส่วนของแหล่งกำเนิดที่มีปัจจัยของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ฝุ่นพีเอ็ม 2.5 มีต้นทางมาจากหลายแห่ง ไม่ว่าจะเป็นยานยนต์ ภาคอุตสาหกรรม การเผาในที่โล่งโดยเฉพาะภาคการเกษตร เช่น ไร่อ้อย นาข้าว รวมถึงการก่อสร้างและผังเมือง และภาคครัวเรือน (Bangkokbiznews, 2020) ในช่วงเดือนธันวาคมถึงมีนาคมของทุกปี พื้นที่ในเขตภาคเหนือตอนบน เช่น จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน มักจะประสบปัญหาฝุ่นควันพีเอ็ม 2.5 ที่เกิดจากหลายสาเหตุ ไม่ว่าจะเป็นไฟป่า การเผาเศษพืชและวัสดุทางการเกษตรทั้งจากภายในและภายนอกประเทศ การก่อสร้าง การเผาขยะมูลฝอย การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะต่าง ๆ เข้ามาปกคลุมเมืองอย่างหนาแน่น โดยในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 จังหวัดเชียงใหม่กลายเป็นเมืองที่มีอากาศแย่ที่สุดในโลก (Thairath Online, 2020) เนื่องจากเชียงใหม่มีภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อนและมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ ทำให้

ประชาชนจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นเด็กเล็ก ผู้สูงอายุ หญิงตั้งครรภ์ หรือผู้ที่ต้องทำงานกลางแจ้ง ได้รับผลกระทบทางสุขภาพเพิ่มมากขึ้น เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ โรคตาอักเสบ โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด โรคผิวหนังอักเสบ เป็นต้น (Juthakul, 2019)

ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา แม้ว่าภาครัฐบาลได้พยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการออกกฎหมายควบคุมการเผาตามอำนาจความมาตรา 15 มาตรา 12 มาตรา 22 และมาตรา 29 แห่งพระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550 ห้ามเผาในที่โล่งแจ้ง การกำจัดวัชพืช ขยะ หรือสิ่งอื่นใดโดยการเผาอย่างเด็ดขาด (Siamrath Online, 2020) แต่ดูเหมือนเป็นการป้องกันและแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าและยังไม่สามารถแก้ไขได้อย่างครอบคลุมทุกด้าน เนื่องจากไม่สอดคล้องกับวิถีชีวิตและบริบทของชุมชน ซึ่งการแก้ไขปัญหาอย่างแท้จริงนั้นจะต้องลงลึกถึงในระดับพื้นที่ทั้งเขตพื้นที่สูงและพื้นที่ในเมือง และจำเป็นต้องสร้างความรู้ ความเข้าใจ และความตระหนักให้กับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกภาคส่วน รวมถึงอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากประชาชนในเขตพื้นที่เมืองซึ่งได้รับผลกระทบจากฝุ่นควันและมีส่วนสำคัญในการปล่อยมลพิษทางอากาศด้วยเช่นกัน การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในพื้นที่ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ และศึกษาการมีส่วนร่วมของภาคส่วนต่าง ๆ ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในพื้นที่ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการป้องกันแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในพื้นที่เมืองเขตอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งเทศบาลตำบลสุเทพนั้นมีลักษณะภูมิประเทศเป็นทั้งพื้นราบในเขตเมืองและพื้นที่สูง จึงถือเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะพิเศษที่เหมาะกับการศึกษาการจัดการปัญหาฝุ่นควันพีเอ็ม 2.5 ได้เป็นอย่างดี

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้มีระยะเวลาการศึกษาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการระดมทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อป้องกันแก้ไขปัญหาฝุ่นควันที่กำลังจะเกิดขึ้นระลอกใหม่ เป็นการศึกษาโดยใช้ระเบียบวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อแรก ผู้วิจัยใช้วิธีการศึกษาจากเอกสารและการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) กับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้นำชุมชน เจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐ และผู้ปฏิบัติงานภาคประชาสังคม จำนวน 8 คน ส่วนการตอบวัตถุประสงค์ข้อที่สอง ผู้วิจัยใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้นำชุมชน เจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐ และผู้ปฏิบัติงานภาคประชาสังคม จำนวน 8 คน รวมไปถึงหัวหน้าครัวเรือนในเขตเทศบาลตำบลสุเทพที่เข้ามามีส่วนร่วมกับการดำเนินกิจกรรม จำนวน 5 คน และใช้วิธีการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกับกลุ่มตัวอย่างและชุมชน ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกคนที่มีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมป้องกันและแก้ไขฝุ่นพีเอ็ม 2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างและแบบบันทึกการสังเกต และใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าด้านข้อมูล (Data triangulation) โดยตรวจสอบข้อมูลในประเด็นเดียวกันที่ได้จากผู้ให้ข้อมูลหลาย ๆ คนว่าได้ข้อมูลในแนวทางเดียวกันหรือไม่ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตีความข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์ จากนั้นจึงเปรียบเทียบข้อมูล ให้คำอธิบาย และนำเสนอข้อมูลแบบพรรณนา

ผลการวิจัย

1. วิธีการแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในพื้นที่ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ฝุ่นละอองพีเอ็ม 2.5 ที่ปกคลุมเมืองเชียงใหม่ในช่วงปลายปีจนถึงเดือนเมษายนนั้นเกิดจากการคมนาคมขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม ภาคการก่อสร้าง การเกษตรและป่าไม้ โดยเฉพาะการเผาในที่โล่งแจ้ง รวมถึงมลพิษทางอากาศข้ามพรมแดน (Thaipost, 2021) ประกอบกับการยกตัวของอากาศ กระแสลม และอุณหภูมิ ทำให้เกิดปัญหาค่าฝุ่นพีเอ็ม 2.5 ปริมาณมาก ในที่นี้จะศึกษาเฉพาะวิธีการที่ภาคส่วนต่าง ๆ ใช้ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในพื้นที่เทศบาลตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ที่เกิดจากสาเหตุที่มีความเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมและวิถีการดำเนินชีวิต พบว่าหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ คณะกรรมการศูนย์บัญชาการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นพีเอ็ม 2.5 อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย และสถานีควบคุมไฟป่าจังหวัดเชียงใหม่ ภาคประชาสังคม ได้แก่ สภาลมหายใจเชียงใหม่ และภาคประชาชน ได้แก่ ชุมชนจาก 5 หมู่บ้านในเขตเทศบาลตำบลสุเทพ มีดังต่อไปนี้

1.1 หน่วยงานภาครัฐ

มีการจัดตั้งคณะกรรมการศูนย์บัญชาการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นพีเอ็ม 2.5 ซึ่งมีผู้ว่าราชการจังหวัดเชียงใหม่เป็นผู้อำนวยการศูนย์ฯ และกรรมการที่มาจากหน่วยงานภาครัฐหลายหน่วยงาน เช่น องค์การบริหารส่วนจังหวัด ปลัดจังหวัด สาธารณสุขจังหวัด เกษตรจังหวัด ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ สถาบันการศึกษา เป็นต้น เพื่อเป็นคณะทำงานในการแสวงหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาฝุ่นควันร่วมกันระหว่างภาครัฐและภาคประชาชน โดยทำหน้าที่ตรวจสอบและหาแนวทางการป้องกันแก้ไขปัญหาฝุ่นควันอย่างยั่งยืนในอนาคต รวมทั้งจัดทำนโยบาย “เชียงใหม่โมเดล” ขึ้น โดยใช้ชุมชนเป็นฐานรากในการแก้ไขปัญหา เพื่อให้ทุกภาคส่วนได้เข้ามาร่วมในการแก้ไขปัญหาฝุ่นควันให้ลดน้อยลง นอกจากนี้ หน่วยงานรัฐที่รับผิดชอบเขตพื้นที่ป่าอย่างอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย และสถานีควบคุมไฟป่าจังหวัดเชียงใหม่ ได้ดำเนินการทำแนวกันไฟในพื้นที่รับผิดชอบ และมีการวางแผนการบริหารจัดการเชื้อเพลิง โดยเน้นการมีส่วนร่วมระหว่างภาครัฐ ภาคประชาสังคม และภาคประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่สูง เพื่อลดปัญหาการเผาเชื้อเพลิงในเขตชุมชนและป่า

1.2 ภาคประชาสังคม

สภาลมหายใจเชียงใหม่ เกิดจากการรวมตัวของภาคประชาชน ภาคธุรกิจเอกชน นักวิชาการ เพื่อแก้ไขปัญหาฝุ่นควันที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกปี โดยมีเป้าหมายคือการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและอากาศเป็นหลัก การดำเนินงานของสภาลมหายใจเชียงใหม่เริ่มจากการคิดวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาฝุ่นควันที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จากนั้นจึงได้วางแผนการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ และจัดทำโครงการเพื่อลดปัญหาฝุ่นควันอย่างยั่งยืนในจังหวัดเชียงใหม่ เช่น แผนงานสุเทพฮับ (Suthep Hub) ที่ทำให้คนในชุมชนเขตเทศบาลตำบลสุเทพ จำนวน 5 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านอุโมงค์ บ้านสันลมจอย บ้านร่ำเปิง บ้านโป่งน้อย และบ้านห้วยทราย เกิดการเรียนรู้และตระหนักถึงการแก้ไขปัญหาฝุ่นควัน เช่น การรณรงค์ลดการเผาขยะหรือเศษใบไม้โดยนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักไม่กลับกอง การคัดแยกขยะในครัวเรือนเพื่อนำมารีไซเคิล การปลูกต้นไม้ฟอกอากาศ เป็นต้น แผนงานโครงการเพื่อดอยสุเทพ ที่มีการร่วมมือกับ 12 ชุมชนชาติพันธุ์ม้งในเขตอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ร่วมกันทำแนวกันไฟและเฝ้าระวังไฟป่าเพื่อลดปัญหาการเกิดไฟป่า โดยดึง

นักศึกษาจากสถาบันการศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่และบุคคลทั่วไปเข้ามาเรียนรู้และร่วมทำแนวกันไฟร่วมกับชาวบ้าน นอกจากนี้ ยังมีกิจกรรมอื่น ๆ เช่น การรณรงค์ให้ใช้จักรยานหรือรถขนส่งสาธารณะในเขตเมืองเพื่อลดปัญหามลพิษจากท่อไอเสียจากยานพาหนะอีกด้วย นับเป็นการทำงานอย่างรอบด้านและครอบคลุมในเกือบทุกมิติเพื่อให้เกิดการป้องกันแก้ไขปัญหาฝุ่นควันอย่างยั่งยืน

1.3 ภาคประชาชน

ชาวบ้าน 5 ชุมชนในเขตตำบลสุเทพนั้นมีวิธีการลดการเกิดฝุ่นควันด้วยการเข้าร่วมกิจกรรมที่ทางภาครัฐและภาคประชาสังคมจัดขึ้น เช่น การทำปุ๋ยหมักไม่กลับกอง การปลูกผักสวนครัวในบริเวณบ้านเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว การปลูกต้นไม้ฟอกอากาศ การช่วยทำแนวกันไฟ การคัดแยกขยะในครัวเรือนและส่งขยะพลาสติกให้ทางมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่นำไปทำอิฐบล็อกจากพลาสติกรีไซเคิล ตลอดจนการเข้าร่วมเวทีประชุมต่าง ๆ เพื่อเสนอความคิดเห็นและรับฟังแนวทางการดำเนินงานในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาฝุ่นควัน แสดงให้เห็นถึงความกระตือรือร้นของชาวบ้านที่ต้องการเข้ามามีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาฝุ่นควันที่ส่งผลกระทบต่อพวกเขาเป็นอย่างมากด้วยเช่นกัน

จะเห็นได้ว่าวิธีการต่าง ๆ ที่หลายภาคส่วนนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นพีเอ็ม 2.5 นั้นมุ่งเน้นไปที่การมีส่วนร่วมของชุมชน โดยภาครัฐได้ใช้แนวทางการดึงประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรการต่าง ๆ และร่วมปฏิบัติ ส่วนภาคประชาสังคมนั้นใช้วิธีการดึงชุมชนเข้ามาร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งที่เป็นการป้องกันและแก้ไข ส่วนภาคประชาชนนั้นก็ได้เข้าไปมีส่วนร่วมในฐานะผู้กระทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทางภาครัฐและภาคประชาสังคมจัดขึ้น รวมถึงเข้าร่วมรับฟังการกำหนดนโยบายและการลงประชามติที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นพีเอ็ม 2.5 ในเวทีต่าง ๆ

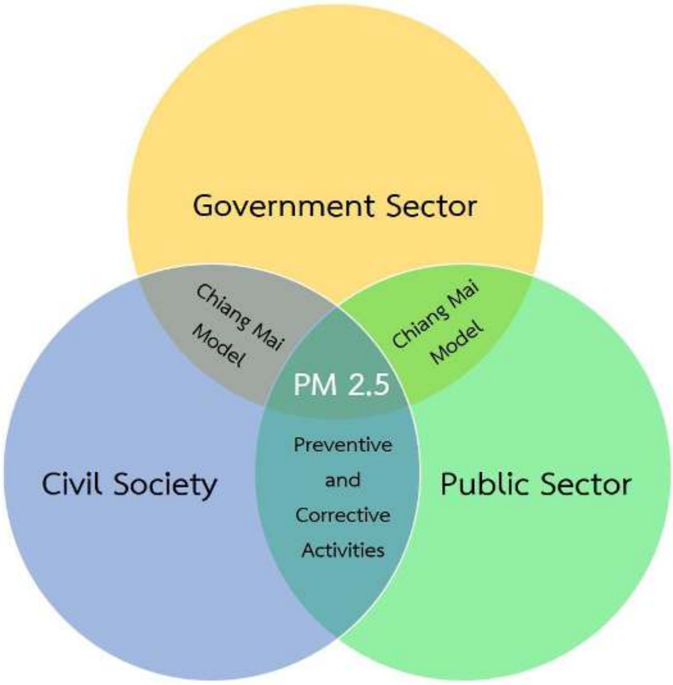


Figure 1 The methods used for solving the haze problem

2. รูปแบบการมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในเขตตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

จากการศึกษาพบว่า ภาคส่วนต่าง ๆ มีส่วนร่วมในการวางแผนงาน การดำเนินงาน และการติดตามประเมินผลการดำเนินงานต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในเขตตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นไปตามรูปแบบการมีส่วนร่วมของ Cohen and Uphoff (1981) และ Kasemsuk (2014) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การมีส่วนร่วมในการวางแผนงาน

2.1.1 หน่วยงานภาครัฐ

มีการจัดทำนโยบายเชียงใหม่โมเดลเพื่อเน้นการป้องกันมากกว่าการไล่ดับไฟร่วมกับหน่วยงานภาคีต่าง ๆ มีการระดมความคิดเห็นเพื่อทำแผนที่แนวกันไฟ การวางแผนเฝ้าระวังการเกิดไฟป่า ร่วมประชุมกับผู้นำชุมชนต่าง ๆ เพื่อหาแนวทางการลดฝุ่นควัน นำไปสู่การกำหนดมาตรการควบคุมการเผาและการบริหารเชื้อเพลิงปี พ.ศ. 2564 ของจังหวัดเชียงใหม่

2.1.2 ภาคประชาสังคม

มีการเข้าร่วมการประชุมวางแผนเพื่อจัดตั้งนโยบาย “เชียงใหม่โมเดล” ร่วมกับหน่วยงานรัฐและภาคประชาชนและวางแผนงานจำนวน 8 แผนของสภาลมหายใจเชียงใหม่ เช่น แผนงานชุมชน ดิน น้ำ ป่า อากาศที่ยั่งยืน แผนงานดอยสุเทพ แผนงานสุเทพฮับ แผนงานภาคเมือง เป็นต้น

2.1.3 ภาคประชาชน

มีการเข้าร่วมประชุมในเรื่องการวางแผนจัดการเชื้อเพลิงในแต่ละชุมชน เช่น การเขียนจุดทำแนวกันไฟ การตั้งจุดตรวจเข้าออกพื้นที่ป่า และการวางแผนจัดการฝุ่นควันด้วยการพึ่งตนเองในชุมชนร่วมกัน

2.2 การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน

2.2.1 หน่วยงานภาครัฐ

มีการจัดกิจกรรมส่งมอบอุปกรณ์สนับสนุนการเตรียมการป้องกันไฟป่า ปี พ.ศ. 2564 ให้กับตัวแทนหมู่บ้านต่าง ๆ ในจังหวัดเชียงใหม่ การเปิดบัญชีเพื่อระดมทุนสนับสนุนชุมชนแก้ไขปัญหาไฟป่าฝุ่นควัน กิจกรรมการทำแนวกันไฟร่วมกับชุมชน กิจกรรมการให้ความรู้ต่าง ๆ ร่วมกับภาคประชาสังคม เช่น การเสวนาปัญหาไฟป่าฝุ่นควัน การให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้ไม้ตบไฟและเครื่องเป่าลม เป็นต้น รวมถึงการเฝ้าระวังการเกิดไฟป่า โดยมีการจัดตั้งเวรยามลาดตระเวนในพื้นที่

2.2.2 ภาคประชาสังคม

มีการทำงานร่วมกับภาครัฐและภาคประชาชนโดยทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการประสานงาน และจัดกิจกรรมร่วมกับชุมชน เช่น โครงการเขียวสู้ฝุ่น การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง การให้ความรู้เกี่ยวกับการสร้างประโยชน์จากขยะทุกชนิด การส่งเสริมการปลูกผักสวนครัวในอาคารพาณิชย์หรือในอาคารบ้านเรือน การทำแนวกันไฟร่วมกับชาวบ้านในพื้นที่ตำบลสุเทพ การรณรงค์จัดกิจกรรมปั่นเพื่อเปลี่ยน เป็นต้น

2.2.3 ภาคประชาชน

ชุมชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินงานเกี่ยวกับการป้องกันแก้ไขฝุ่นควันในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเข้าร่วมกิจกรรมการทำปุ๋ยหมักไม่กลับกองจากเศษใบไม้เพื่อลดการเผา การร่วมทำแนวกันไฟในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติ

ดอยสุเทพ-ปุย การปลูกผักสวนครัวเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและเพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหาร การปลูกต้นไม้สู้ฝุ่น การร่วมกิจกรรมปั่นเพื่อเปลี่ยน เป็นต้น

2.3 การมีส่วนร่วมในการร่วมรับผลประโยชน์

2.3.1 หน่วยงานภาครัฐ

หน่วยงานภาครัฐได้รับประโยชน์จากการให้ความร่วมมือจากประชาชน เนื่องจากมาตรการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการรับฟังเสียงของประชาชนที่ไม่ได้เกิดจากคำสั่งของรัฐเพียงอย่างเดียว เช่น แนวทางการบริหารจัดการไฟ เป็นต้น และภาครัฐยังได้ภาคประชาสังคมมาช่วยในการเข้าถึงชุมชนหมู่บ้านเพื่อประสานงานและกระจายข่าวอีกด้วย

2.3.2 ภาคประชาสังคม

สภาลมหายใจเชียงใหม่นั้นได้รับผลประโยชน์ในแง่ของการได้รับความช่วยเหลือสนับสนุนจากหลายภาคีเครือข่าย เช่น ทีมโดรนอาสา และจากประชาชนในด้านอุปกรณ์เพื่อป้องกันการดับไฟป่า รวมถึงสถาบันการศึกษาในพื้นที่ที่นำความรู้ด้านวิชาการมาช่วยในการศึกษาวิจัย การพัฒนานวัตกรรมการตรวจสอบคุณภาพอากาศ เป็นผลให้การดำเนินงานของสภาลมหายใจเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้

2.3.3 ภาคประชาชน

ในส่วนของภาคประชาชนนั้นได้รับผลประโยชน์ในด้านองค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะในครัวเรือนและชุมชน การปลูกต้นไม้เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและช่วยฟอกอากาศก็ส่งผลต่อสุขภาพในระยะยาว การลดค่าใช้จ่ายจากการทำปุ๋ยหมักไว้ใช้ภายในครัวเรือนและยังสามารถจำหน่ายสร้างรายได้ อีกทั้งยังได้รับความภาคภูมิใจจากการเป็นส่วนหนึ่งในการป้องกันและแก้ไขการเกิดฝุ่นควันพีเอ็ม 2.5 อีกด้วย

2.4 การมีส่วนร่วมในการติดตามประเมินผล

2.4.1 หน่วยงานภาครัฐ

ทางหน่วยงานภาครัฐได้มีการประชุมเพื่อถอดบทเรียนการทำงานเรื่องฝุ่นควันในปี พ.ศ. 2563 ร่วมกับภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อรับฟังความคิดเห็นและปรับเปลี่ยนแนวทางการดำเนินงานในปีต่อ ๆ ไป รวมถึงจะมีการถอดบทเรียนเรื่องฝุ่นควันในปี พ.ศ. 2564 ด้วยเช่นกัน

2.4.2 ภาคประชาสังคม

สภาลมหายใจเชียงใหม่มีการติดตามประเมินผลการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เป็นระยะ เช่น การลงพื้นที่เพื่อติดตามสอบถามผู้นำชุมชนของแต่ละพื้นที่เกี่ยวกับปัญหาและความต้องการ และติดตามผลที่เกิดกับชาวบ้านภายหลังจากการร่วมกิจกรรมที่ทางสภาลมหายใจจัดขึ้น รวมถึงเข้าร่วมการประชุมถอดบทเรียนร่วมกับหน่วยงานภาครัฐและตัวแทนชุมชนต่าง ๆ

2.4.3 ภาคประชาชน

ผู้นำชุมชนได้เข้าร่วมเวทีการประชุมถอดบทเรียนร่วมกับภาครัฐและภาคประชาสังคม รวมถึงชาวบ้านมีการสะท้อนความคิดเห็นและนำเสนอผลงานภายหลังจากที่เข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทางสภาลมหายใจเชียงใหม่จัดขึ้น เช่น การนำเสนอผลผลิตจากแปลงผักสวนครัวภายในบ้านต่อผู้มาเยี่ยมชม การร่วมประกวดบ้านสู้ฝุ่น การแจ้งผลที่ได้รับจากการนำปุ๋ยหมักไม่กลับกองมาใช้กับต้นไม้ที่ปลูกในบ้าน เป็นต้น

วิจารณ์ผลการวิจัย

การแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในจังหวัดเชียงใหม่นั้นจำเป็นจะต้องอาศัยการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน เนื่องจากที่ผ่านมาพบว่า นโยบายที่ถูกสั่งการจากเบื้องบนลงสู่ด้านล่าง (Top-down Policy) โดยภาครัฐเพียงฝ่ายเดียวนั้นไม่สามารถแก้ไขปัญหาเรื่องนี้ได้อย่างสมบูรณ์ (Puanggnam, 2007; Yoothong, 2016) จึงต้องอาศัยการบูรณาการความร่วมมือจากทุกภาคส่วนจึงจะประสบความสำเร็จ ไม่ว่าจะเป็นการเปิดโอกาสในภาคประชาสังคมและภาคประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรการหรือนโยบายต่าง ๆ การชักชวนให้ประชาชนกลายเป็นผู้ปฏิบัติการในการป้องกันการเกิดฝุ่นพีเอ็ม 2.5 ในระดับครัวเรือนและการสัญจรในชีวิตประจำวัน รวมถึงการมีส่วนร่วมกับพี่น้องชาติพันธุ์บนพื้นที่สูงเพื่อช่วยทำแนวกันไฟ เนื่องจากปัญหาฝุ่นควันนั้นเป็นวิกฤตที่ส่งผลกระทบในวงกว้าง ทั้งด้านสังคม เศรษฐกิจ สุขภาพ การเกษตร และการดำรงชีวิตของประชาชน จึงมีความจำเป็นต้องให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวในหลายรูปแบบด้วย ทั้งนี้ จากที่มีการศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการป้องกันแก้ไขปัญหาฝุ่นควันในพื้นที่อื่น ๆ นั้นพบว่า ส่วนใหญ่ใช้วิธีการประชาสัมพันธ์ถึงพิษภัยของฝุ่นควันผ่านการประกาศเสียงตามสายและหาวิธีการลดการเผาในพื้นที่ด้วยการจัดการขยะ การนำเศษกิ่งไม้ ใบไม้มาทำเป็นปุ๋ยหมัก (Pilakantha, 2012; Wongwatcharaamphon, 2014; Prasitnaraphan, 2001) โดยการริเริ่มของผู้นำชุมชนหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Cheuayoung, 2010; Punyo, 2015) และการเฝ้าระวังและควบคุมไฟป่า (Sittimon, 2016) โดยประชาชนจะมีส่วนร่วมในขั้นของการปฏิบัติเท่านั้น แต่ยังไม่ได้มีส่วนร่วมในขั้นตอนการวางแผน การรับผลประโยชน์และการประเมินผลที่ชัดเจน แสดงให้เห็นว่ายังไม่ได้เป็นการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง เป็นเพียงการมีส่วนร่วมพอเป็นพิธีหรือร่วมเป็นบางส่วน แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้วางกรอบแนวคิดเพื่อศึกษาวิธีการป้องกันแก้ไขวิกฤตฝุ่นควันพีเอ็ม 2.5 จากทุกภาคส่วน รวมถึงวิเคราะห์รูปแบบการมีส่วนร่วมในการป้องกันแก้ไขปัญหาร่วมกันของแต่ละภาคส่วน ที่ต่างมีเป้าหมายร่วมกันคือความพยายามป้องกันไม่ให้เกิดการเพิ่มฝุ่นละอองขนาดเล็กซึ่งเป็นการดำเนินการที่สอดคล้องกับศักยภาพของตน เนื่องจากในการแก้ไขปัญหาฝุ่นพีเอ็ม 2.5 นั้นจำเป็นต้องมีกระบวนการทำงานที่ผสานความร่วมมือจากทุกฝ่าย จึงอาจกล่าวได้ว่าการมีส่วนร่วมของภาคส่วนต่าง ๆ ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นพีเอ็ม 2.5 ในงานศึกษาชิ้นนี้ได้สะท้อนลักษณะความเป็นชุมชนเข้มแข็งของเมืองเชียงใหม่ (Nakornthap, 2008; Wattanasiritham, 2008; Puanggnam, 2010) เนื่องจากมีการทำงานร่วมกันของหน่วยงานภาครัฐ ภาคประชาชนและภาคประชาสังคม และขยายเครือข่ายการทำงานอย่างกว้างขวาง มีการเปิดโอกาสให้สมาชิกของชุมชนได้คิดตัดสินใจเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและทำกิจกรรมเพื่อการพัฒนาชุมชนร่วมกัน นับเป็นการมีส่วนร่วมแบบสมบูรณ์ กล่าวคือ มีการเปิดโอกาสให้ประชาชนได้เข้ามามีส่วนร่วมตั้งแต่เริ่มต้นจนจบ โดยเริ่มตั้งแต่ร่วมศึกษาปัญหา ความต้องการ ร่วมหาวิธีแก้ปัญหา ร่วมวางแผนงาน ร่วมตัดสินใจในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่และร่วมปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ รวมไปจนถึงร่วมประเมินผลโครงการ (Bureepakdee, 2002) อย่างไรก็ตาม ระดับการมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาฝุ่นควันพีเอ็ม 2.5 ในเขตเทศบาลตำบลสุเทพนั้น ยังคงไปไม่ถึงระดับของการเสริมอำนาจให้กับประชาชนซึ่งเป็นการมีส่วนร่วมในระดับสูงสุด เนื่องจากประชาชนยังไม่ได้มีบทบาทเป็นผู้ตัดสินใจด้วยตนเองได้ ยังคงต้องปฏิบัติตามแนวทางหรือนโยบายที่กำหนดเป็นกฎหมายอยู่และรัฐยังเป็นฝ่ายริเริ่มดำเนินการต่าง ๆ แต่อาจกล่าวได้ว่าเป็นการมีส่วนร่วมในระดับการเข้ามามีบทบาท ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานใน

กระบวนการตัดสินใจ แลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันได้ และเกือบจะมีลักษณะของการมีส่วนร่วมในระดับการสร้างความร่วมมือ เพียงแต่กิจกรรมที่ภาครัฐ ภาคประชาชนและภาคประชาสังคมได้ลงมือปฏิบัตินั้นอาจจะยังไม่ได้เป็นกิจกรรมถาวร (Kokphol, 2009) แต่เป็นกิจกรรมที่ยังต้องมีการปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสถานการณ์อยู่เสมอและต้องอาศัยการติดตามหนุนเสริมจากภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในระยะยาว

สรุปผลการวิจัย

จากการที่ภาครัฐหรือภาคประชาสังคมจัดเวทีหรือเปิดพื้นที่ให้ภาคประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการจัดทำแผนงานและเป็นผู้ร่วมปฏิบัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ในเมืองที่ต่างก็มีส่วนในการทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กพีเอ็ม 2.5 ด้วยเช่นกัน เป็นความพยายามสร้างความรู้สึกเป็นเจ้าของปัญหานี้ร่วมกัน (Sense of belonging) และนำไปสู่ความต้องการเข้ามามีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหานี้ โดยปรับเปลี่ยนแนวทางการทำงานจากการสั่งการจากบนลงล่าง (Top-down) เป็นการทำงานร่วมกันจากข้างล่างขึ้นข้างบน (Bottom-up) ในรูปแบบของการมีชุมชนเป็นฐานโดยมีภาคประชาสังคมเป็นตัวเชื่อมประสาน ก่อให้เกิดกระบวนการมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอน ทั้งขั้นของการตัดสินใจ การดำเนินงาน การรับผลประโยชน์ และการประเมินผลที่เป็นรูปธรรมจากหลายภาคส่วนที่มีความสอดคล้องกับศักยภาพและวิถีของแต่ละฝ่าย ซึ่งเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการค้นหาปัญหา สอบถามความคิดเห็น และแสวงหาแนวทางในการทำงานร่วมกันที่ไม่ได้เป็นการทำเกินกำลังของตนหรือเป็นการเพิ่มภาระให้กับฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีการจัดเวทีเพื่อทบทวนการทำงานที่ผ่านมา (After Action Review) และวางแผนการทำงานในปีต่อ ๆ ไปร่วมกันอีกด้วย นับเป็นแนวทางการบูรณาการความร่วมมือที่สร้างการมีส่วนร่วมซึ่งขับเคลื่อนบนฐานของชุมชน ซึ่งหากจะให้การทำงานร่วมกันเช่นนี้ประสบความสำเร็จอย่างยั่งยืนนั้น ควรต้องมีการขยายพื้นที่การดำเนินงานให้ครอบคลุมทั้งเขตเมือง เขตชนบท และเขตพื้นที่สูง โดยลดบทบาทของหน่วยงานภาครัฐมาเป็นผู้สนับสนุนและเสริมอำนาจให้กับประชาชน ให้ประชาชนได้มีสิทธิในการตัดสินใจด้วยตนเองบนฐานของข้อมูลที่ชัดเจนและเพียงพอ และแสวงหาแนวปฏิบัติบนฐานที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชนตนเอง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหัวหน้าอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย เจ้าหน้าที่ของสถานีควบคุมไฟป่าเชียงใหม่ ประธานคณะกรรมการอำนวยการสภาลมหายใจเชียงใหม่ ประธานและรองประธานคณะทำงานภาคเมืองสภาลมหายใจเชียงใหม่ เจ้าหน้าที่ของสภาลมหายใจเชียงใหม่ ผู้ใหญ่บ้านและประชาชนใน 5 หมู่บ้านของเทศบาลตำบลสุเทพเป็นอย่างยิ่งที่ได้สละเวลาในการเอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับการทำวิจัยชิ้นนี้ และขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาการพัฒนาชุมชน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่อำนวยความสะดวกในการประสานงานจนงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Bangkokbiznews. 2020. **'PM 2.5' problem, everyone can fix it**. [Online]. Available https://www.bangkokbiznews.com/news/912305 (15 December 2020). [in Thai]

Bureepakdee, C. 2002. **Community Research Study**. Bangkok: Bureau of Educational Standards. 346 p. [in Thai].

Cheuayoung, S. 2010. **Role of Donkaew Tambon Administrative Organization and People in the Prevention and Elimination of Smog.** 89 p. *In* Independent Study. Chiang Mai: Chiang Mai University. [in Thai]

Cohen, J.M. and N.T. Uphoff. 1981. **Rural Development Participation: Concept and Measure For Project Design Implementation and Evaluation.** New York: Cornell University Press. 20 p.

Juthakul, P. 2019. **Health hazard from the haze problem**. [Online]. Available https://www.thaihealth.or.th/Content (15 December 2020). [in Thai]

Kasemsuk, J. 2014. **Principles of Participation in Sustainable Community Development**. Bangkok : Chulalongkorn Publishing. 88 p. [in Thai]

Kokphol. O. 2009. **Public Participation Handbook for Local Administrators**. Bangkok: Sor Charoen Publishing. 81 p.

Nakornthap, A. 2008. **Education in the Community: A Synthesis of Experiences in a Community Education Research Project**. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). 164 p. [in Thai]

Pilakantha, R. 2012. **Community's Participation in Solving Smog Problem in Tumbon Nongfag, Saraphi District, Chiang Mai Province**. Master Thesis. Chiang Mai University. 145 p. [in Thai]

Prasitnaraphan, T. 2001. **Community Waste Management: A Case of Ban Dong Mon Krating, Lampang Municipality**. Master Thesis. Chiang Mai University. 106 p. [in Thai]

Puanggnam, K. 2007. **Thai Local Government**. Bangkok: Winyuchon Publishing Company Limited. 180 p. [in Thai]

__________. K. 2010. **Community and Local Self-management**. Bangkok: Borphit Publishing. 752 p. [in Thai]

Punyo, P. 2015. **Participatory Waste Management of Farmers in Ban Sopsa-Nongfan Community Don Kaeo Sub-district, Mae Rim District, Chiang Mai Province**. Master Thesis. Chiang Mai University. 102 p. [in Thai]

Siamrath Online. 2020. **The problem of toxic dust is a national agenda**. [Online]. Available https://www.siamrath.co.th/ (15 December 2020). [in Thai]

Sittimon, C. 2016. **Participation in the Implementation of 80 Days Surveillance in the Prevention and Control of Smog and Forest Fire Project in Banpalay, Chiang Dao Subdistrict, Chiang Dao District, Chiang Mai Province**. Master Thesis. Chiang Mai University. 182 p. [in Thai]

Thaipost. 2021. **Toxic dust, PM 2.5, a noticeable environmental situation**. [Online] Available https://www.thaipost.net (4 January 2021). [in Thai].

Thairath Online. 2020. **Chiang Mai, Haze, Forest fires in the crisis district: The governor ordered the strict prohibition of burning**. [Online]. Available https://www.thairath.co.th (15 December 2020). [in Thai]

Wattanasiritham, P. 2008. **Social Administration: Science of the Century for Thai and World Society**. Bangkok : Community Organizations Development Institute. 49 p. [in Thai]

Wongwatcharaamphon, T. 2014. **Participatory Learning Process in Environmental Management to Reduce Smog Pollution from Burning in Baan-kuan Community, Harnkwaew Sub-district, Hang Dong District, Chiang Mai Province**. Master Thesis. Chiang Mai University. 161 p. [in Thai]

Yoothong, J. 2016. **Obstacles and problems of participation in Thai society**. [Online]. Available https://www.mgronline.com/south/ (20 December 2020). [in Thai]

การจัดการขยะในแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล กรณีศึกษาบ่อหินฟาร์มสเตย์ อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

Solid Waste Management in Marine Tourism: A Case Study of Bo-Hin Farmstay Sikao District, Trang Province

กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์* ฌานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น บรรพต สุขลิ้ม และเอนก สาวะอินทร์

Kattinat Sagulsawasdipan*, Chanika Saenge Chooklin, Bunpot Suklim and Aneak Sawain

สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเลและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตรัง 92150

Department of Marine Science and Environment, Faculty of Science and Fisheries Technology

Rajamangala University of technology Srivijaya, Trang, Thailand 92150

*Corresponding author: kattinat.s@rmutsv.ac.th

Abstract

This research is solid waste management in marine tourism: a case study of Bo-Hin farmstay, Sikao district, Trang province. By setting 5 measurements for solid waste management. Comparing the quantity of the waste and the elements which occurred by different activities focusing on before and after of implementing the measurement for defining the appropriate guideline of reducing the quantity of solid waste in Bo-Hin farmstay. From the study implement 1st measurement found that service recipients cooperate in waste separation. However, in order to educate the public, public relations must be strict. The 2nd measurement is utilization of each types utilization of waste by compostable waste into liquid fertilizer, recycled waste will be disposed of and crafted, dispose the general waste and hazardous waste property. The 3rd measurement is the way to reduce the plastic can reduce the quantity of waste 96.47% in the criteria of controlling the age of customer must below 20 years old. The 4th measurement is reducing the foam box, and the amount of foam box is significantly decrease by 99.38%. The last measurement which is reducing the usage of plastic bag, the amount of plastic bags/bottles are reduced by 98.78%.

Keywords: solid waste, marine debris, management, marine tourism, Bo-Hin farmstay

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจัดการขยะในแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล กรณีศึกษาบ่อหินฟาร์มสเตย์ อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง โดยกำหนดมาตรการการจัดการขยะ 5 มาตรการ เปรียบเทียบปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมก่อน-หลังกำหนดมาตรการ เพื่อกำหนดแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการจัดการขยะในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ จากการศึกษาพบว่ามาตรการที่ 1 การสนับสนุนการคัดแยกประเภทขยะ ผู้รับบริการให้ความร่วมมือในการคัดแยกองค์ประกอบของขยะ แต่ต้องมีความเข้มงวดในการประชาสัมพันธ์ให้ความรู้ มาตรการที่ 2 การใช้ประโยชน์จากขยะแต่ละประเภท โดยการนำขยะย่อยสลายทำน้ำหมักชีวภาพ ขยะรีไซเคิลวางแผนนำขยะไปจำหน่ายและทำสิ่งประดิษฐ์ ขยะทั่วไปและขยะอันตรายนำไปกำจัดอย่างถูกวิธี มาตรการที่ 3 การลดขวดพลาสติก สามารถลดปริมาณขวดพลาสติกได้ร้อยละ 96.47 แต่ต้องควบคุมการใช้ขวดพลาสติกสำหรับผู้รับบริการช่วงอายุน้อยกว่า 20 ปี มาตรการที่ 4 การลดกล่องโฟมบรรจุอาหาร มีปริมาณกล่องโฟมบรรจุอาหารลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยคิดเป็นร้อยละ 99.38 และมาตรการที่ 5 การลดถุงพลาสติก มีปริมาณถุงพลาสติกลดลงร้อยละ 98.78

คำสำคัญ: ขยะมูลฝอย ขยะทะเล การจัดการ แหล่งท่องเที่ยวทางทะเล บ่อหินฟาร์มสเตย์

คำนำ

จากการก่อเกิดปัญหาขยะในพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวทางทะเล ทั้งบริเวณชายหาด และในทะเล จากการทิ้งขยะจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เช่น กิจการร้านค้า รีสอร์ท โรงแรม และที่พัก ที่อยู่บริเวณริมฝั่งทะเล รวมทั้งกิจกรรมการเดินเรือเพื่อการท่องเที่ยวและการขนส่งสินค้า กิจกรรมทางน้ำและการพักผ่อน กิจกรรมทางน้ำ เช่น การประมงและกิจกรรมเกี่ยวกับเรือ ขยะที่ถูกทิ้งลงสู่ทะเล กลายเป็นขยะที่เรียกว่า “ขยะทะเล (Marine Debris or Marine Litter)” เป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สร้างความเดือดร้อนอย่างทั่วถึงทั้งต่อมหาสมุทร และชายหาด รวมถึงพื้นที่อื่น ๆ บริเวณชายฝั่งทะเล การเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะทะเลเป็นผลสืบเนื่องจากปัจจัยเกี่ยวข้องหลายประการ อาทิ การขยายตัวระบบเศรษฐกิจการท่องเที่ยวทางทะเล การเพิ่มจำนวนกิจการร้านค้า และที่พักทางทะเล การสนับสนุนการท่องเที่ยวทางทะเลของหน่วยงานภาครัฐ และเอกชน การผลิตขยะทะเลเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น แต่แทนที่จะถูกกำจัดด้วยวิธีการที่เหมาะสมกลับถูกทิ้งและไหลไปรวมกันอยู่ในมหาสมุทร ส่งผลต่อทัศนียภาพใต้ท้องทะเล ขาดความสวยงาม ซึ่งเส้นทางสุดท้ายที่ขยะเหล่านี้จะไปคือทะเล และอาจถูกคลื่นพัดออกไปไกลสู่มหาสมุทร ทะเลและมหาสมุทรจึงเปรียบเสมือนถังขยะใบใหญ่ ที่รองรับขยะและของเสียจำนวนมากจากแผ่นดิน ขยะต่าง ๆ เหล่านี้นับวันจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ถ้าหากไม่มีการบริหารจัดการอย่างต่อเนื่อง ก็จะส่งผลกระทบต่อแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเล และกิจกรรมทางด้านการท่องเที่ยว รวมถึงคุณภาพชีวิตของประชาชนที่อาศัยบริเวณชายฝั่งทะเล

พื้นที่อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง บ่อหินฟาร์มสเตย์ เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางทะเลอีกแห่งหนึ่งที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยว เข้ามาใช้บริการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งการพักแรมเพื่อการท่องเที่ยวทางทะเล การจัดกิจกรรมค่ายทั้งจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดกิจกรรมและ

มาตรการการลดปริมาณขยะจากแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล โดยการศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่ก่อเกิดในพื้นที่ฟาร์มสเตย์ต่อกิจกรรมการคัดแยกและการลดปริมาณขยะของนักท่องเที่ยวที่มาใช้บริการในพื้นที่ฟาร์มสเตย์ และหาแนวทางการจัดการขยะในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์เป็นพื้นที่กรณีศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

การจัดการขยะในแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล เป็นการศึกษาแนวทางการจัดการขยะที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการท่องเที่ยวบริเวณชายฝั่งทะเลประเภทฟาร์มสเตย์ ทำการศึกษา ณ บ่อหินฟาร์มสเตย์ อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย

บ่อหินฟาร์มสเตย์ เป็นกลุ่มการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ วิถีชุมชน และวัฒนธรรมท้องถิ่น เป็นหนึ่งในกิจกรรมหลักของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเลี้ยงปลากระชังบ้านพรุจูด ตั้งอยู่เลขที่ 145/1 หมู่ 2 หมู่บ้านพรุจูด ตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง แผนที่แสดงที่ตั้งบ่อหินฟาร์มสเตย์ (Figure 1)

Figure 1 Map of Bo-Hin farmstay (Khon Rim Le, 2010)

2. การศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่ก่อเกิดในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ก่อนกำหนดมาตรการ

การสำรวจข้อมูลปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่ก่อเกิดในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ 2 แหล่งกำเนิด คือ บนพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์และกิจกรรมการท่องเที่ยวทางทะเล โดยการคัดแยกองค์ประกอบของขยะ นับจำนวนและจดบันทึก และศึกษาข้อมูลผู้รับบริการและผู้ให้บริการภายในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ในเดือนมีนาคม 2560 โดยใช้แบบสำรวจ

3. การกำหนดมาตรการการจัดการขยะในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์

การกำหนดมาตรการการจัดการขยะในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ 5 มาตรการ ดังนี้

3.1 มาตรการส่งเสริมการคัดแยกประเภทขยะ โดยการออกแบบและกำหนดจุดวางถังรองรับขยะเพื่อคัดแยกประเภทของขยะจำนวน 4 จุด ภายในอาคาร 3 จุด และภายนอกอาคาร 1 จุด การออกแบบจะคำนึงถึงความกลมกลืนความสวยงามและความเหมาะสมกับสถานที่ เพื่อให้เกิดแรงจูงใจในการทิ้งขยะ ซึ่งถังรองรับขยะที่ออกแบบในครั้งนี้ทำด้วยวัสดุที่เป็นไม้ เนื่องจากบ่อหินฟาร์มสเตย์เป็นฟาร์มสเตย์ที่ก่อสร้างด้วยไม้ ทำการออกแบบถังรองรับขยะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนบนฝาจะมีช่องวงกลม 4 ช่อง แต่ละช่องจะทาสีกำกับบริเวณขอบปากเพื่อทิ้งขยะแต่ละประเภทดังนี้ สีแดงทิ้งขยะอันตราย สีเหลืองทิ้งขยะรีไซเคิล สีน้ำเงินทิ้งขยะทั่วไป และสีเขียวทิ้งขยะย่อยสลาย

3.2 มาตรการการใช้ประโยชน์จากขยะแต่ละประเภท นำขยะจากมาตรการที่ 1 การส่งเสริมการคัดแยกประเภทขยะมาใช้ประโยชน์

3.3 มาตรการการลดขวดพลาสติก กำหนดจุดบริการน้ำดื่มให้เพียงพอ มีการวางจุดบริการเติมน้ำดื่มและแก้วน้ำ บริเวณส่วนกลางฟาร์มสเตย์ ทางเข้าจุดรวมพล และใช้ภาชนะบรรจุน้ำดื่มสำหรับกิจกรรมการท่องเที่ยวทางทะเล

3.4 มาตรการการลดกล่องโฟมบรรจุอาหาร กำหนดให้ใช้ภาชนะบรรจุอาหารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือใช้ภาชนะที่สามารถใช้ซ้ำได้ เช่น ปิ่นโต กล่องข้าว เป็นต้น

3.5 มาตรการการลดถุงพลาสติก กำหนดให้ใช้ภาชนะที่สามารถใช้ซ้ำได้ เช่น ถุงผ้า กระเป๋าสะพาย เป็นต้น

4. การศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่ก่อเกิดในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์หลังกำหนดมาตรการ

การสำรวจปริมาณและองค์ประกอบของขยะหลังกำหนดมาตรการ โดยการนับจำนวนขยะจากถังรองรับแต่ละจุดที่ทำการจัดวาง และศึกษาข้อมูลผู้รับบริการและผู้ให้บริการภายในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2561 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 โดยใช้แบบสำรวจ

5. การเปรียบเทียบปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย

นำข้อมูลจากการสำรวจปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่ก่อเกิดในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ก่อน-หลังกำหนดมาตรการเปรียบเทียบปริมาณและองค์ประกอบของขยะ และคำนวณอัตราการเกิดขยะ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่ก่อเกิดในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ก่อนกำหนดมาตรการ

จากการสำรวจปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่ก่อเกิดในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ ในช่วงเดือนมีนาคม 2560 พบว่ามีจำนวนขยะทั้งหมด 4,978 ชิ้น มีจำนวนผู้รับบริการ 185 คน และผู้ให้บริการ 39 คน รวมทั้งสิ้น 224 คน มีอัตราการเกิดขยะเฉลี่ย 7.41 ชิ้นต่อคนต่อวัน (Table 1)

Table 1 Survey of the quantity and composition of the waste in the Bo-Hin farmstay on before of implementing the measurement

No.	List	Quantity (pcs)	Generation Rate (pieces/person/day)	percentage
1	Paper	895	1.330	17.98***
2	Plastic bag	1,314	1.960	26.39**
3	Rubber	0	0.000	0
4	Leather	0	0.000	0
5	Cloth (wet)	18	0.030	0.37
6	Wood	2	0.000	0.03
7	Plastic included	202	0.300	4.05
8	Metal	26	0.040	0.52
9	Stone, tile	33	0.050	0.67
10	Hazardous waste/infectious waste	138	0.210	2.77
11	Plastic bottle	232	0.340	4.65*****
12	Glass bottles/Glass shards	25	0.040	0.50
13	Food packaging/Foam box	106	0.160	2.13
14	Coffee mug/Paper cup	437	0.650	8.78****
15	Product sachet	1,343	2.000	26.98*
16	Plastic tumbler	84	0.130	1.69
17	Plastic straws/Spoons	85	0.130	1.71
18	Milk carton/Juice box	39	0.060	0.78
19	Other	0	0.000	0
Total		**4,978**	**7.410**	**100**

*1st Generation rate; ** 2nd Generation rate; *** 3rd Generation rate; ****4th Generation rate; *****5st Generation rate

จาก Table 1 แสดงให้เห็นว่ามีการก่อเกิดขยะบนพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ 5 อันดับแรก คือซองผลิตภัณฑ์ ถุงพลาสติก กระดาษ แก้วกาแฟ/ถ้วยกระดาษ และขวดน้ำพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 26.98, 26.39, 17.98, 8.78 และ 4.65 ตามลำดับ และมีอัตราการเกิดขยะคิดเป็น 2.000, 1.960, 1.330, 0.650 และ 0.340 ชิ้นต่อคนต่อวัน ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่ก่อเกิดในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์หลังกำหนดมาตรการ

2.1 มาตรการที่ 1 การส่งเสริมการคัดแยกประเภทขยะ

การส่งเสริมการคัดแยกประเภทขยะ โดยกำหนดจุดวางถังรองรับขยะจำนวน 4 จุด จุดวางภายในตัวอาคาร 3 จุด และภายนอกอาคารจำนวน 1 จุด พร้อมติดป้ายให้ความรู้เรื่องการคัดแยกขยะ (Figure 2) พบว่า ในช่วงเดือนแรก ผู้รับบริการให้ความร่วมมือในการคัดแยกประเภทขยะก่อนทิ้งแต่ส่วนใหญ่ยังทิ้งขยะผิดประเภท จึงแก้ไขปัญหาโดยการติดป้ายประชาสัมพันธ์และเข้มงวดการคัดแยกขยะแต่ละประเภทของผู้รับบริการ พบว่าหลังประชาสัมพันธ์และเข้มงวดการคัดแยกประเภทขยะ ผู้รับบริการมีการคัดแยกขยะตรงตามประเภทมากขึ้น ซึ่งงานวิจัยของ Ali and Saywell (1995) กล่าวว่าการร่วมสร้างแนวทางในการจัดการขยะอย่างถูกต้อง คือ การสร้างความตระหนักในการคัดแยกขยะ สร้างความรู้และความเข้าใจต่อประเภทขยะอย่างถูกต้อง และวิธีการส่งเสริมให้ลูกค้ามีความร่วมมือในการจัดการขยะ คือการสื่อสารหลายประเภทเพื่อให้เกิดการรับรู้ เช่น ป้ายรณรงค์ประชาสัมพันธ์ โปสเตอร์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Paphaya (2006) ศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะของสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างได้รับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ประสบการณ์เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อม ความรู้ในการจัดการขยะ ทำให้ผลการศึกษาในการจัดการขยะของกลุ่มตัวอย่างได้ร้อยละ 77.3

Figure 2 Public relations media for waste separation in Bo-Hin farmstay

2.2 มาตรการที่ 2 การใช้ประโยชน์จากขยะแต่ละประเภท

จากมาตรการที่ 1 การส่งเสริมการคัดแยกประเภทขยะ ผู้ให้บริการสามารถนำขยะแต่ละประเภทมาใช้ประโยชน์ ดังนี้

2.2.1 ขยะย่อยสลาย โดยการนำเศษอาหารจากห้องครัวและเศษเหลือจากการรับประทานอาหารผลิตน้ำหมักชีวภาพ เพื่อใช้ในการบำรุงต้นปาล์ม (Figure 3)

Figure 3 Liquid fertilizer by compostable waste

2.2.2 ขยะรีไซเคิล การวางแผนนำไปจำหน่ายและทำสิ่งประดิษฐ์

2.2.3 ขยะอันตราย ไม่นำขยะประเภทนี้ไปใช้ประโยชน์ โดยจะจัดส่งให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปกำจัดอย่างถูกหลักวิชาการต่อไป

2.2.4 ขยะทั่วไป ไม่นำขยะประเภทนี้ไปใช้ประโยชน์ โดยจะนำขยะทิ้งรวมกับขยะของชุมชนและนำไปกำจัดต่อไป

นอกจากการนำขยะแต่ละประเภทมาใช้ประโยชน์แล้ว ยังมีข้อดีของการคัดแยกขยะ ซึ่งข้อมูลของ Century21 (2019) กล่าวว่าข้อดีของการคัดแยกขยะ คือช่วยลดปริมาณขยะ เพราะเมื่อคัดแยกขยะที่รีไซเคิลได้ จะเหลือขยะจริง.ๆ เพื่อนำไปกำจัดน้อยลง ใช้งบเพื่อการกำจัดขยะน้อยลง สามารถนำงบไปพัฒนาด้านอื่นเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นได้ ช่วยลดการสิ้นเปลืองพลังงานและทรัพยากร โดยการรีไซเคิล ซึ่งบางอย่างสามารถขายและช่วยเพิ่มรายได้เล็ก ๆ น้อย ๆ ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม และเกิดมลพิษต่อโลกน้อยลง

2.3 มาตรการที่ 3 การลดขวดพลาสติก

มาตรการการลดขวดพลาสติกโดยการกำหนดจุดบริการน้ำดื่ม บริเวณส่วนกลางฟาร์มสเตย์ ทางเข้าจุดรวมพล และใช้ภาชนะบรรจุน้ำดื่มสำหรับกิจกรรมการท่องเที่ยวทางทะเลเก็บข้อมูลอัตราการเกิดขวดพลาสติกตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2561 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 พบว่ามีอัตราการเกิดขวดพลาสติกเฉลี่ยดังนี้ 0.053 0.037 0.518 0.917 0.135 0.166 ไม่มีผู้รับบริการ 0.076 และ 0.063 ชิ้นต่อคนต่อวัน ตามลำดับ (เดือนธันวาคม 2561 ไม่มีผู้รับบริการ) (Figure 4)

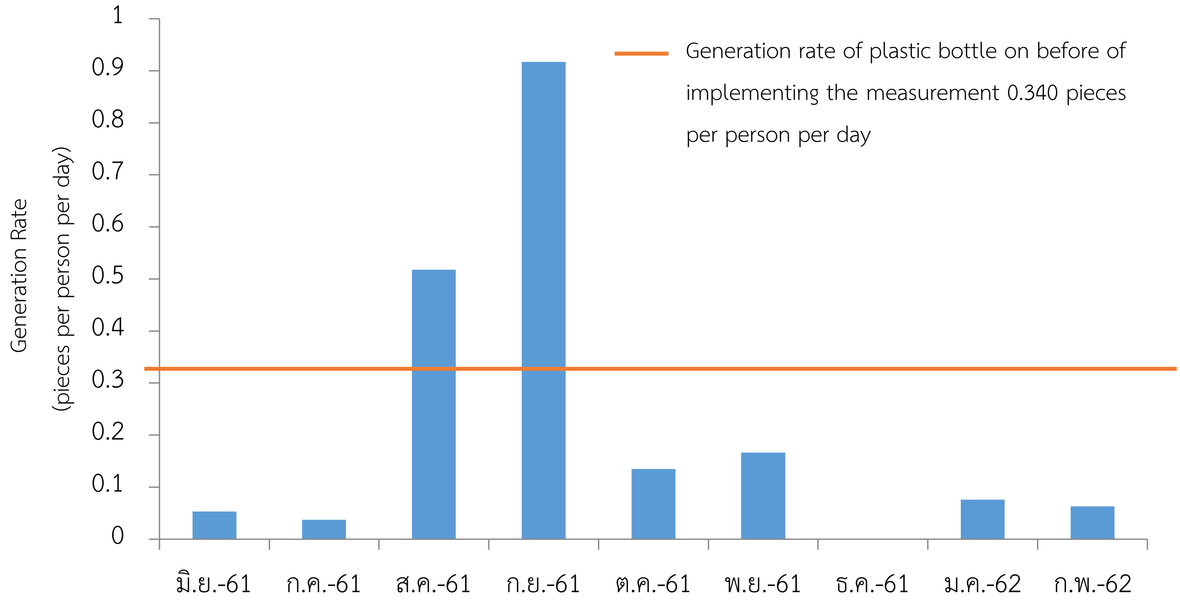


Figure 4 Generation rate of plastic bottle on after of implementing the measurement

Note: December no tourists

จาก Figure 4 แสดงให้เห็นว่าตลอดระยะเวลา 9 เดือนที่ทำการศึกษาเดือนมิถุนายน กรกฎาคม ตุลาคม พฤศจิกายน 2561 และมกราคม กุมภาพันธ์ 2562 มีอัตราการเกิดขวดพลาสติกหลังกำหนดมาตรการน้อยกว่าก่อนกำหนดมาตรการ แต่เดือนสิงหาคมและกันยายน 2561 มีอัตราการเกิดขวดพลาสติกสูงกว่าก่อนกำหนดมาตรการ เนื่องจากเมื่อพิจารณาข้อมูลผู้รับบริการ พบว่าช่วงเดือนดังกล่าวผู้รับบริการมีอายุต่ำกว่า 20 ปี ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มนักเรียนชั้นประถมศึกษา มีการใช้บริการแก้วน้ำที่จัดเตรียมไว้ แต่มีการซื้อเครื่องดื่มจากร้านค้าบริเวณใกล้เคียงเข้าดื่มเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้มีปริมาณการก่อเกิดขวดพลาสติกสูง จากการสำรวจพบว่าผู้รับบริการให้ความร่วมมือในการลดการใช้ขวดพลาสติก เมื่อต้องการดื่มน้ำจะใช้บริการจากจุดน้ำดื่ม และบางส่วนจะนำกระบอกน้ำหรือแก้วน้ำส่วนตัวมาใช้ แต่ปัจจัยที่ส่งผลต่อการก่อเกิดขวดพลาสติกในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์เกิดจากพฤติกรรมของผู้รับบริการที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเกิดขวดพลาสติกเฉลี่ยก่อน-หลังกำหนดมาตรการ 0.340 และ 0.012 ชิ้นต่อคนต่อวัน พบว่าสามารถลดการเกิดขวดพลาสติกได้ร้อยละ 96.47

2.4 มาตรการที่ 4 การลดกล่องโฟมบรรจุอาหาร

มาตรการการลดกล่องโฟมบรรจุอาหาร โดยการใช้ภาชนะบรรจุอาหารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือภาชนะที่สามารถใช้ซ้ำได้ เก็บข้อมูลอัตราการเกิดกล่องโฟมบรรจุอาหารตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2561 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 พบว่ามีอัตราการเกิดกล่องโฟมบรรจุอาหารเฉลี่ยดังนี้ 0 0.032 0.036 0 0 0.005 ไม่มีผู้รับบริการ 0 และ 0 ชิ้นต่อคนต่อวัน ตามลำดับ (เดือนธันวาคม 2561 ไม่มีผู้รับบริการ) (Figure 5)

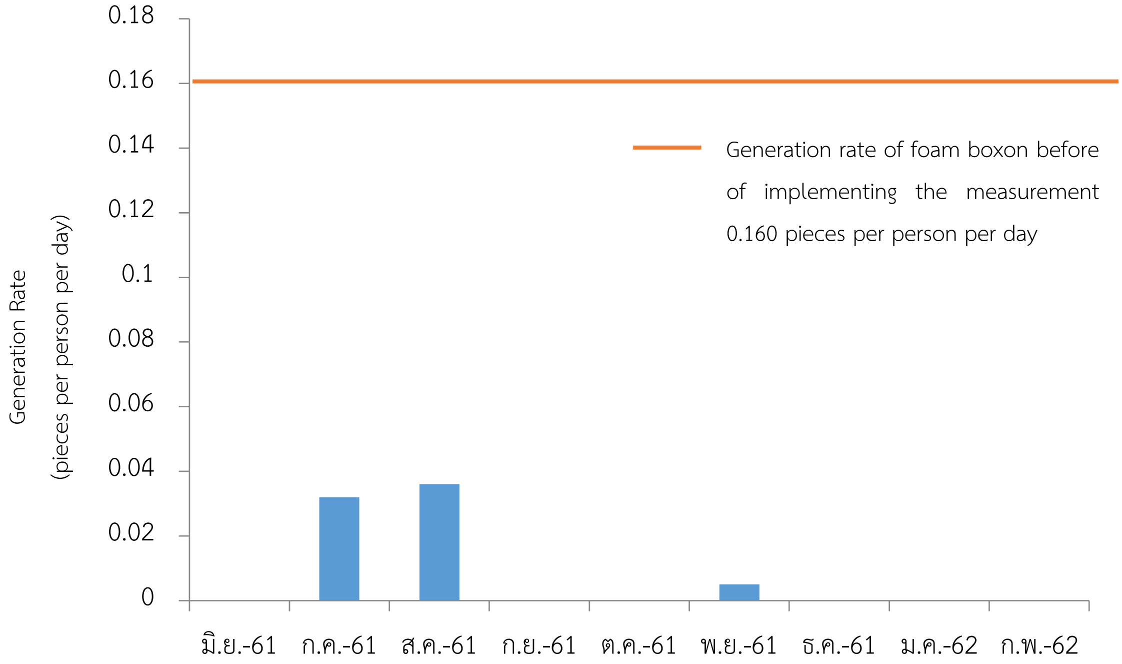


Figure 5 Generation rate of foam box on after of implementing the measurement

Note: December no tourists

จาก Figure 5 แสดงให้เห็นว่าอัตราการเกิดกล่องโฟมบรรจุอาหารในเดือนมิถุนายน 2561 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 มีอัตราการเกิดกล่องโฟมบรรจุอาหารหลังกำหนดมาตรการน้อยกว่าก่อนกำหนดมาตรการ และบางเดือนไม่มีอัตราการเกิดกล่องโฟมบรรจุอาหาร เนื่องจากผู้ให้บริการมีความเคร่งครัดในการห้ามนำกล่องโฟมบรรจุอาหารไปรับประทานระหว่างการทำกิจกรรมการท่องเที่ยวทางทะเล โดยกำหนดให้ผู้รับบริการรับประทานอาหารบนพื้นที่ฟาร์มสเตย์ก่อนและหลังดำเนินกิจกรรม จากการสำรวจพบว่าปัจจัยที่ส่งผลให้ก่อเกิดกล่องโฟมบรรจุอาหารบนพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ เนื่องจากผู้รับบริการบางส่วนซื้ออาหารจากภายนอกเข้ามารับประทาน ซึ่งมีปริมาณกล่องโฟมบรรจุอาหารที่ก่อเกิดส่วนน้อยเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเกิดกล่องโฟมบรรจุอาหารเฉลี่ยก่อน-หลังกำหนดมาตรการ 0.160 และ 0.001 ชิ้นต่อคนต่อวัน พบว่าสามารถลดการเกิดกล่องโฟมบรรจุอาหารได้ร้อยละ 99.38 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chompunut (2021) ศึกษาการจัดการขยะแบบมีส่วนร่วมของชุมชนเกาะพิทักษ์ อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร พบว่าเมื่อชาวชุมชนดำเนินการตามข้อตกลงร่วมกันสามารถลดปริมาณกล่องโฟมบรรจุอาหารได้ร้อยละ 100.00

2.5 มาตรการที่ 5 การลดถุงพลาสติก

มาตรการการลดถุงพลาสติก โดยการใช้ภาชนะที่สามารถใช้ซ้ำได้ เช่น ถุงผ้า และกระเป๋าสะพายเก็บข้อมูลอัตราการเกิดถุงพลาสติกตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562 พบว่ามีอัตราการเกิดถุงพลาสติกเฉลี่ยดังนี้ 0.473, 0, 0.518, 1.24, 0.492, 0.192 ไม่มีผู้รับบริการ 0.135 และ 0.038 ชิ้นต่อคนต่อวัน ตามลำดับ (เดือนธันวาคม 2561 ไม่มีผู้รับบริการ) (Figure 6)

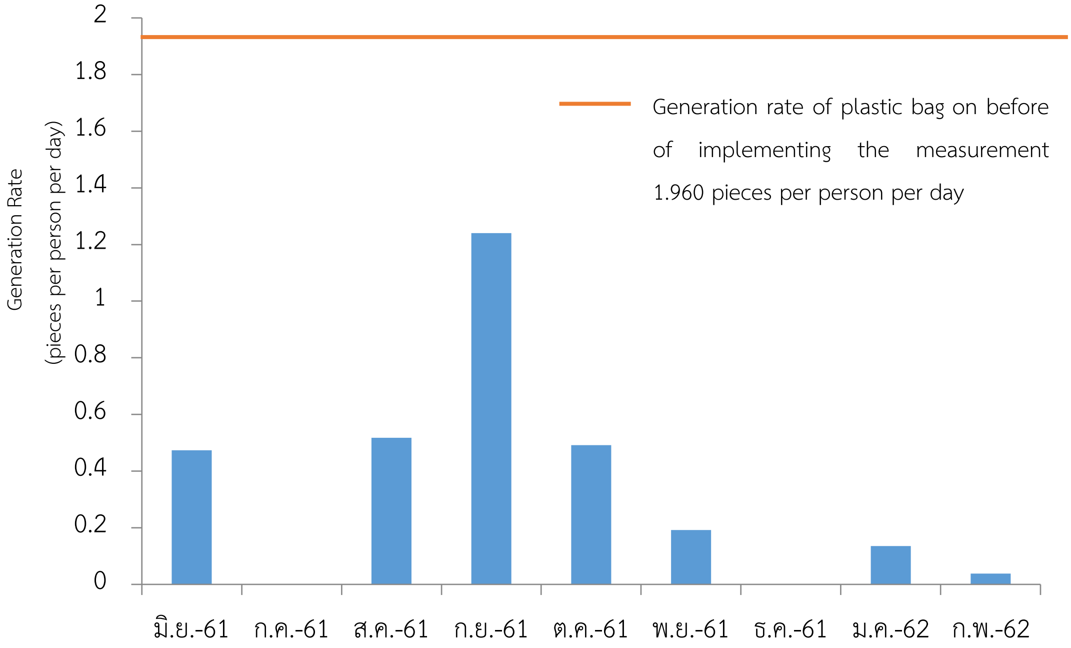


Figure 6 Generation rate of plastic bag on after of implementing the measurement

Note: December no tourists

จาก Figure 6 แสดงให้เห็นว่าอัตราการเกิดถุงพลาสติกในเดือนมิถุนายน 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562 มีอัตราการเกิดถุงพลาสติกหลังกำหนดมาตรการน้อยกว่าก่อนกำหนดมาตรการ เนื่องจากผู้รับบริการส่วนใหญ่ไม่นำถุงพลาสติกมาใช้ในพื้นที่ฟาร์มสเตย์ สำหรับกิจกรรมการท่องเที่ยวทางทะเล ผู้รับบริการส่วนใหญ่นำอาหาร เครื่องดื่มและของใช้ส่วนตัวใส่ในตะกร้า (Figure 7) สำหรับปัจจัยที่ก่อเกิดถุงพลาสติกบนพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ส่วนใหญ่เกิดจากผู้รับบริการมีการทำกิจกรรมในช่วงกลางคืนเช่น กิจกรรมสังสรรค์ งานเลี้ยง เป็นต้น ถุงพลาสติกจึงเกิดจากการบรรจุเครื่องดื่มและการบรรจุถ่าน เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเกิดถุงพลาสติกเฉลี่ยก่อน-หลังกำหนดมาตรการ 1.960 และ 0.024 ชิ้นต่อคนต่อวัน พบว่าสามารถลดการเกิดถุงพลาสติกได้ร้อยละ 98.78 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chompunut (2021) ศึกษาการจัดการขยะแบบมีส่วนร่วมของชุมชนเกาะพิทักษ์ อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร พบว่าเมื่อชาวชุมชนดำเนินการตามข้อตกลงร่วมกันสามารถลดปริมาณถุงพลาสติกได้ร้อยละ 64.92

Figure 7 Baskets for marine tourism

การกำหนดมาตรการการจัดการขยะทั้ง 5 มาตรการทำให้มีปริมาณของขยะที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kumlap (2010) ศึกษาพฤติกรรมการจัดการขยะแบบมีส่วนร่วมของชุมชนบ้านเมืองใหม่ ตำบลในเมือง อำเภอเวียงเก่า จังหวดขอนแก่น พบว่าเมื่อชาวชุมชนได้ศึกษาถึงแนวปฏิบัติในการจัดการขยะ โดยใช้ 4 ประการ คือ 1) การงด-เลิก 2) การลดการใช้ 3) การใช้แล้วนำกลับมาใช้อีก และ 4) การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ทำให้ปริมาณขยะลดลง ซึ่งก่อนการดำเนินกิจกรรมแบบมีส่วนร่วม ปริมาณขยะเฉลี่ยครัวเรือนละ 3.29 กิโลกรัมต่อวันต่อครัวเรือน และหลังจากการดำเนินกิจกรรมแบบมีส่วนร่วม ปริมาณของขยะเหลือเพียง 1.75 กิโลกรัมต่อวันต่อครัวเรือน จะเห็นได้ว่ามีแนวทางการลดปริมาณขยะที่คล้ายคลึงกัน

สรุปผลการวิจัย

การจัดการขยะในแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล กรณีศึกษาบ่อหินฟาร์มสเตย์ อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง พบว่า มีปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่ก่อเกิดในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ก่อนกำหนดมาตรการ 5 อันดับแรก คือ ซองผลิตภัณฑ์ ถุงพลาสติก กระดาษ แก้วกาแฟ/ถ้วยกระดาษ และขวดน้ำพลาสติก โดยมีอัตราการเกิดขยะ 2.000, 1.960 1.330, 0.650 และ 0.340 ชิ้นต่อคนต่อวัน ตามลำดับ หลังกำหนดมาตรการพบว่า มาตรการที่ 1 การสนับสนุนการคัดแยกประเภทขยะผู้รับบริการมีความร่วมมือในการคัดแยกองค์ประกอบของขยะ แต่ผู้ให้บริการต้องมีความเข้มงวดในการประชาสัมพันธ์ให้ความรู้ มาตรการที่ 2 การใช้ประโยชน์จากขยะแต่ละประเภท ขยะย่อยสลายนำมาทำน้ำหมักชีวภาพ ขยะรีไซเคิลวางแผนนำขยะไปจำหน่ายและทำสิ่งประดิษฐ์ ขยะทั่วไปและขยะอันตรายนำไปกำจัดอย่างถูกวิธี มาตรการที่ 3 การลดขวดพลาสติก สามารถลดปริมาณขวดพลาสติกได้ร้อยละ 96.47 (อัตราการเกิดขวดพลาสติกเฉลี่ย 0.012 ชิ้นต่อคนต่อวัน) มาตรการที่ 4 การลดกล่องโฟมบรรจุอาหาร สามารถลดปริมาณกล่องโฟมบรรจุอาหารได้ร้อยละ 99.38 (อัตราการเกิดกล่องโฟมบรรจุอาหารเฉลี่ย 0.001 ชิ้นต่อคนต่อวัน) และมาตรการที่ 5 การลดถุงพลาสติก สามารถลดถุงพลาสติกได้ร้อยละ 98.78 (อัตราการเกิดถุงพลาสติกเฉลี่ย 0.024 ชิ้นต่อคนต่อวัน)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2561 ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณ คุณบรรจง นฤพรเมธา ประธานบ่อหินฟาร์มสเตย์ และผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายในพื้นที่บ่อหินฟาร์มสเตย์ คุณประจวบ โมฆรัตน์ ผู้อำนวยการสำนักงานบริหารจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่ 7 (ตรัง) กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

Ali, M. and D. L. Saywell. 1995. Community Initiatives in Solid Waste. pp. 198-202. *In* **Proceedings of the 12st WEDC Conference**. Kampula: WEDC.

Century21 Property Aims. 2019. **Advantages of separating waste**. [Online]. Available http://www.century21propertyaims.com (28 November 2021). [in Thai]

Chompunut, C. 2021. Participation in Solid Waste Management of Koh Phithak Community, Lang Suan District, Chumphon Province. **Law and Local Society Journal** 5(1): 29-49. [in Thai]

Khon Rim Le. 2010. **Travel as a hostel, the charm of the community.** [Online]. Available http://oknation.nationtv.tv (25 September 2021). [in Thai]

Nuanpan, K. 2012. **Types and Sources of Marine Debris in Bangsaen Beach, Chonburi Province.** Master Thesis. Chulalongkorn University. 144 p. [in Thai]

Paphaya, B. 2006. **The Participation Process in Solid Waste Management of Subdistrict Administration Organization Council, Ban Laem Distriot, Phetchaburi Province**. Master Thesis. Science (Environmental Science). College of Environment. 111 p. [in Thai]

Kumlap, S. 2010. **Waste Management Behavior of the Ban Muang-Mai Community, Ni-Muang Tambon, Viang-kau District, Khon Kaen Province**. Master Thesis. KhonKaen University. 75 p. [in Thai]

แนวทางการสร้างเศรษฐกิจฐานรากของชุมชนโดยอาศัยการสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรม ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19

Approaches to Developing Local Economies through Innovation and Added Value during the COVID-19 Pandemic

ศณัทชา ธีระชุนห์[1*] สมรักษ์ รอดเจริญ[2] ธัชชา สามพิมพ์[3] และฐิติมา บูรณวงศ์[1]

Sanatcha Theerachun[1*], Somrak Rodjaroen[2], Tatcha Sampim[3] and Thitima Booranawong[1]

[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาการตลาด คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280

[2]สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280

[3]สาขาวิชานวัตกรรมชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280

[1]Business Administration Program in Marketing, Faculty of Management Sciences, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University Nakhon Si Thammarat, Thailand 80280

[2]Agriculture Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University Nakhon Si Thammarat, Thailand 80280

[3]Biological innovation Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University Nakhon Si Thammarat, Thailand 80280

*Corresponding author: sanatcha_the@nstru.ac.th

Abstract

This research aimed to analyze the guidelines for building communities' local economies via value added and innovation to community products. This research nailed the empirical results for the communities to develop their local economies in terms of income. The quantitative research methodology was used to obtain in-depth information according to the community context. Non probability samplings or purposive samplings were used to collect the data about income and costs from heads or treasurers of the community enterprises. Communities with similar conditions were chosen for comparison.

The research found that different types of innovations were applied to the communities; namely, process innovation of arts and design activities for tie-dye products and eco print products, product innovation of chocolate coated Pra, and process innovation of sharing idea and design for curry with raw mangosteen. In summary, the guidelines for building value added and local economies found from the research were unique local identity and local wisdoms and innovation that caused the differentiation from competitors. Community products that were outputs of this research innovation came from the integration between local wisdoms and identities to build value added.

Keywords: approaches to developing local economies, value added building, innovation community products

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แนวทางการสร้างเศรษฐกิจฐานรากของชุมชนโดยอาศัยการสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรมให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนเชิงประจักษ์ด้านรายได้ให้กับชุมชนในการพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก ใช้วิธีดำเนินงานวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเชิงลึกและเหมาะสมกับบริบทชุมชนให้มากที่สุด เลือกกลุ่มเป้าหมายโดยไม่ใช้หลักความน่าจะเป็น โดยวิธีการเลือกสุ่มแบบเจาะจง เพื่อให้ได้ข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลที่มีความรู้มากในชุมชนเกี่ยวกับรายได้และต้นทุน เช่น ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน หรือเหรัญญิกกลุ่ม เป็นต้น และเป็นการควบคุมเงื่อนไขในการวิจัยโดยเลือกชุมชนที่ผลิตผลิตภัณฑ์รูปแบบใกล้เคียงกันเพื่อเปรียบเทียบกัน

ผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า มีการนำนวัตกรรมในรูปแบบที่แตกต่างกันมาประยุกต์ใช้กับแต่ละชุมชน ได้แก่ นวัตกรรมกระบวนการทางกิจกรรมศิลปะและออกแบบสำหรับผลิตภัณฑ์ผ้ามัดย้อมและผ้าพิมพ์พฤกษา นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเคลือบเมล็ดประ และนวัตกรรมกระบวนการทางการคิดและออกแบบร่วมกันสำหรับแกงส้มมังคุดคัด สรุปได้ว่า แนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มและเศรษฐกิจฐานรากสามารถแบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่ อัตลักษณ์ที่โดดเด่นของชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่น และนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดความแตกต่างจากคู่แข่งขัน ผลิตภัณฑ์ชุมชนที่เป็นผลผลิตจากนวัตกรรมการวิจัยครั้งนี้ เป็นการนำภูมิปัญญาที่มีมาผสมผสานกับอัตลักษณ์ท้องถิ่นเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มนั่นเอง

คำสำคัญ: แนวทางการสร้างเศรษฐกิจฐานราก การสร้างมูลค่าเพิ่ม นวัตกรรม ผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำนำ

ตั้งแต่ต้นปีพ.ศ. 2563 เป็นต้นมา ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 เป็นระลอก ส่งผลให้เศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศไทยหดตัวลง ล่าสุดเมื่อเดือนกรกฎาคม สำนักงานเศรษฐกิจการคลังได้ประมาณการเศรษฐกิจไทยว่า ปีพ.ศ. 2564 จะขยายตัวที่ร้อยละ 1.3 ต่อปีลดลงจากที่ประมาณการเมื่อเดือนเมษายนที่ร้อยละ 2.3 ต่อปี (Finance Information Group, 2021) ส่งผลกระทบต่อสภาพคล่องทางธุรกิจ การจ้างงาน รายได้ครัวเรือน ทำให้กำลังซื้อในประเทศลดลง จึงมีความพยายามส่งเสริมการฟื้นตัวของเศรษฐกิจไทยผ่านการสร้างเศรษฐกิจฐานรากในระดับท้องถิ่นและชุมชนให้มั่นคง (Office of the National Economic and Social Development Council, 2020) มีความพยายามที่จะสนับสนุนให้มีการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรมให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อกระจายรายได้ลงสู่ชุมชนให้มากยิ่งขึ้น โดยมุ่งเน้นการยกระดับความเป็นอยู่ของคนในชุมชน การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยที่มูลค่าเพิ่ม หมายถึง สิ่งที่ช่วยสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันโดยผ่านการสร้างคุณค่าสำหรับลูกค้าที่ดีขึ้น (Customer Value) โดยมีขั้นตอนการผลิต หรือบริการที่ดีกว่า เพื่อการเป็นผู้นำในผลิตภัณฑ์นั้น ๆ นอกจากการสร้างความแตกต่างในตลาดแล้วมูลค่าเพิ่มจะเป็นตัวช่วยในการสร้างคุณค่าที่ส่งผลต่อการรับรู้ของผู้บริโภคที่สูงกว่า ซึ่งนำไปสู่ความมั่นใจในการตัดสินใจเลือก หรือซื้อผลิตภัณฑ์และบริการต่อไป (Paseang *et al.*, 2017) แม้ว่า การแบ่งปันความรู้และนวัตกรรมจะเป็นปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงการทำธุรกิจให้ดีขึ้น ช่วยให้ชุมชนสามารถทำธุรกิจได้อย่างยั่งยืน (Christa and Kristinae, 2021) แต่จากการค้นคว้าพบว่า มีงานวิจัยจำนวนไม่มากที่

สามารถหาข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อสนับสนุนว่า การวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรมใหม่ ๆ ให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้จริง เศรษฐกิจของชุมชนดีขึ้นจริง หรือรายได้กระจายตัวสู่ชุมชนแทนที่จะเป็นกลุ่มนายทุนอย่างแท้จริง ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แนวทางการสร้างเศรษฐกิจฐานรากของชุมชนโดยอาศัยการสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรมให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนเชิงประจักษ์ให้กับชุมชนในการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นงานวิจัยที่เน้นในเชิงคุณภาพเนื่องจากเล็งเห็นว่า การวิเคราะห์แนวทางการสร้างเศรษฐกิจฐานรากของชุมชนโดยอาศัยการสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรมให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น ยังไม่มีองค์ความรู้ที่ลึกซึ้งเพียงพอและยืดหยุ่นไปตามสถานการณ์จริงในพื้นที่ หากต้องการข้อมูลเชิงประจักษ์ต้องเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข อาทิ รายได้ ต้นทุนต่าง ๆ จึงใช้งานวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเชิงลึกและเหมาะสมกับบริบทชุมชนให้มากที่สุด Unit of Analysis คือ ชุมชน จำนวน 4 ชุมชน การได้มาซึ่งข้อมูลของชุมชน จึงต้องมาจากผู้ให้ข้อมูลหรือกลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้เกี่ยวกับบริบทชุมชน รายได้ ต้นทุนเป็นอย่างดี เลือกกลุ่มเป้าหมายโดยไม่ใช้หลักความน่าจะเป็น โดยวิธีการเลือกสุ่มแบบเจาะจง เพื่อให้ได้ข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลที่มีความรู้มากในชุมชน จำนวน 8 คนจาก 4 ชุมชน ชุมชนละ 2 คน ได้แก่ ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และเหรัญญิกกลุ่ม ซึ่งเป็นผู้ดูแลเกี่ยวกับรายได้ ต้นทุนของชุมชน และมีประสบการณ์การทำงานในตำแหน่งดังกล่าวไม่น้อยกว่า 1 ปี และเป็นการควบคุมเงื่อนไขในการวิจัยโดยเลือกชุมชนที่ผลิตผลิตภัณฑ์รูปแบบใกล้เคียงกันเพื่อเปรียบเทียบกันได้แก่ วิสาหกิจชุมชนต้นน้ำตาปีแฮนด์เมด และวิสาหกิจชุมชนสวนตาเหน่ง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้ามัดย้อม ทั้งประเภทที่ใช้สีเคมีและสีธรรมชาติ และวิสาหกิจท่องเที่ยวโดยชุมชนปากพูน และการท่องเที่ยวโดยชุมชน ซึ่งเน้นผลิตภัณฑ์ที่เป็นอาหาร และมีกลุ่มเป้าหมายหลักเป็นนักท่องเที่ยว

เครื่องมือสำหรับงานวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือสำหรับวัดการเพิ่มขึ้นของมูลค่าและวัดการกระจายรายได้ 1 ชุด ปรับปรุงจากโครงการการวัดผลกระทบต่อการกระจายของรายได้ของชุดโครงการ "มหาวิทยาลัยกับการพัฒนากลไกเพื่อดูดซับเศรษฐกิจภายในพื้นที่“ โดย Treewanchai *et al*. (2019) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ให้ตัวแทนชุมชนเป็นผู้กรอกเองและทำการทดสอบเครื่องมือโดยการสุ่มให้ตัวแทนวิสาหกิจชุมชน 4 คนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายแต่มีการดำเนินกิจการที่ใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมาย เป็นผู้ทดลองกรอกข้อมูล เพื่อพิจารณาว่า เครื่องมือที่ออกแบบขึ้น มีความยากง่ายในการลงข้อมูลเพียงใด สามารถเก็บข้อมูลได้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือไม่ และควรปรับแต่งอย่างไรให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น จากนั้นคณะผู้วิจัยได้ลงเก็บข้อมูลด้วยตนเองจากชุมชนที่เคยเป็นผู้ทดลองกรอกข้อมูลอีกครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันข้อมูลที่ได้รับว่าไม่ว่าผู้กรอกข้อมูลจะเป็นคณะผู้วิจัยหรือชุมชนก็สามารถได้ข้อมูลตรงกันตามที่ต้องการ สำหรับช่วงเวลาในการทำวิจัยและเก็บข้อมูลนั้น การเก็บข้อมูลคาบเกี่ยวกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 ช่วงเวลาปกติคือ เก็บข้อมูลมิถุนายน 2563 – พฤษภาคม 2564 แต่แผนงานวิจัยได้รับอนุญาตให้ขยายเวลาจากสถานการณ์ COVID-19 จึงมี 2 ชุมชนจาก 4 ชุมชนที่ดำเนินการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมไปได้จนถึงเดือนกรกฎาคม 2564 ตามบริบทของแต่ละชุมชน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้รับแบ่งเป็น

1) ข้อมูลเชิงพรรณนา

ข้อมูลเชิงพรรณนาที่ได้รับจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจะใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ในการวิเคราะห์ถึงข้อมูลทั่วไปของเศรษฐกิจฐานรากในจังหวัดนครศรีธรรมราช และการกระจายรายได้ของผลิตภัณฑ์ชุมชนของวิสาหกิจชุมชน/OTOP รวมถึงการวิเคราะห์เพื่อเห็นถึงการเพิ่มขึ้นของมูลค่าสินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชน

2) ข้อมูลเชิงปริมาณ

เป็นการวัดการกระจายรายได้ การวิเคราะห์เศรษฐกิจฐานราก และการวัดมูลค่าที่เพิ่มขึ้นของนวัตกรรม เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเป็นการแสดงรายละเอียดของชุมชนทั้งหมด 4 ชุมชนในแง่ของบริบทชุมชน การสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรมให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน และสภาพเศรษฐกิจฐานรากของชุมชนภายใต้แผนงานวิจัยเดียวกัน ประกอบด้วย

1) วิสาหกิจชุมชนต้นน้ำตาปีแฮนด์เมด

1.1 บริบทชุมชน: วิสาหกิจชุมชนที่ตั้งอยู่ในอำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช มีรายได้หลักมาจากผลิตภัณฑ์มัดย้อมสีเคมีและสีธรรมชาติ ทั้งผลิตภัณฑ์ผ้าชิ้นและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น ผ้าพันคอ ผ้าคลุมไหล่ เสื้อยืด เสื้อสำเร็จรูป ก่อนเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัยชุมชนมีรายได้ 68,200 บาทต่อปี (มิถุนายน 2562 – พฤษภาคม 2563) หลังเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัยชุมชนมีรายได้รวม 165,385 บาท (เก็บข้อมูล มิถุนายน 2563 – พฤษภาคม 2564) รายละเอียดของรายได้ชุมชนแสดงใน Figure 1 โดยในส่วนของโครงการวิจัยภายใต้แผนงานชุมชนนวัตกรรม ชุมชนได้เข้าร่วมกิจกรรมออกร้านต่าง ๆ ของโครงการวิจัยโดยเฉพาะ และมีรายได้จากการจำหน่ายสินค้าที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ผลิตภัณฑ์จากผ้ามัดย้อมสีธรรมชาติลวดลายใหม่ที่พัฒนาขึ้น หรือ การจำหน่ายผ่านช่องทางของโครงการวิจัย รวม 17,880 บาท โดยเป็นรายได้จากผลิตภัณฑ์เดิมร้อยละ 13.31 และลวดลายใหม่ร้อยละ 83.69 ผู้นำชุมชนเป็นนวัตกรที่สามารถถ่ายทอดข้อมูล ทักษะ และองค์ความรู้เกี่ยวกับการมัดย้อมให้กับบุคคลอื่นในชุมชน

1.2 การสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรมให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน: นวัตกรรมกระบวนการทางกิจกรรมศิลปะและออกแบบ ผลผลิตจากโครงการคือ ลวดลายผ้ามัดย้อมที่แปลกใหม่จากสีธรรมชาติ จากการดำเนินการในโครงการวิจัย มีการออกแบบและมัดย้อมผ้าคลุมไหล่ 3 รูปแบบ เพื่อให้เทียบเคียงได้สะดวก ขอยกตัวอย่างสำหรับผ้าคลุมไหล่ 1 ผืน ดังนี้

ผ้าสปันจ์เรยอนสำหรับทำผ้าคลุมไหล่ เมตรละ 60 บาท ใช้ผ้า 2 เมตร รวม 120 บาท (มูลค่าเพิ่ม 1X)

ผ้าคลุมไหล่มัดย้อมแบบที่ 1 ใช้ผ้า 2 เมตร รวมรายได้ผืนละ 600 บาท (มูลค่าเพิ่ม 5X)

ผ้าคลุมไหล่มัดย้อมแบบที่ 2 ใช้ผ้า 2 เมตร รวมรายได้ผืนละ 550 บาท (มูลค่าเพิ่ม 4.58X)

ผ้าคลุมไหล่มัดย้อมแบบที่ 3 ใช้ผ้า 2 เมตร รวมรายได้ผืนละ 680 บาท (มูลค่าเพิ่ม 5.67X)

ประมาณการรายได้เพิ่มขึ้นผืนละ 430 - 560 บาท

1.3 สภาพเศรษฐกิจฐานรากของชุมชน: จากรายได้ของชุมชนในส่วนที่เข้าร่วมโครงการวิจัย มีการกระจายรายได้ภายในชุมชน 16,709.24 บาท มีการกระจายรายได้ภายนอกชุมชน 1,170.76 บาทต่อระยะเวลาตลอดโครงการวิจัย

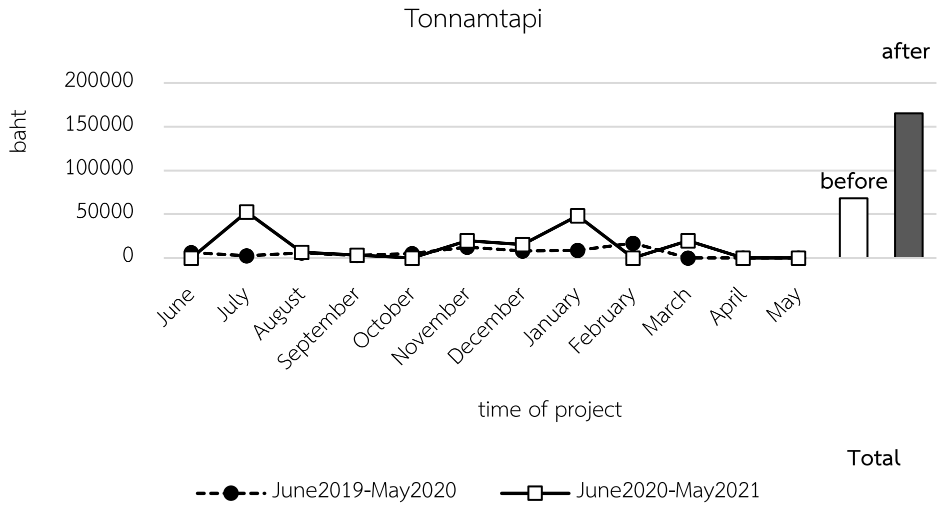


Figure 1 Comparison of Tonnamtapi’s income before vs after joining the project

2) วิสาหกิจชุมชนสวนตาเหน่ง

2.1 บริบทชุมชน: วิสาหกิจชุมชนที่ตั้งอยู่ในอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช มีรายได้หลักมาจากผลิตภัณฑ์สีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด เปลือกสละ และคราม ทั้งผลิตภัณฑ์ผ้าชิ้นและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ก่อนเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัยชุมชนมีรายได้ 103,800 บาทต่อปี (มิถุนายน 2562 – พฤษภาคม 2563) หลังเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัยชุมชนมีรายได้รวม 263,575 บาท (เก็บข้อมูล มิถุนายน 2563 – มิถุนายน 2564 แผนงานวิจัยได้รับอนุญาตให้ขยายเวลาจากสถานการณ์ COVID-19) รายละเอียดของรายได้ชุมชนแสดงใน Figure 2 โดยในส่วนของโครงการวิจัยภายใต้แผนงานชุมชนวัตกรรม ชุมชนได้เข้าร่วมกิจกรรมออกร้านต่าง ๆ ของโครงการวิจัยโดยเฉพาะ และมีรายได้จากการจำหน่ายสินค้าที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ผลิตภัณฑ์จากผ้ามัดย้อมสีธรรมชาติลวดลายใหม่ รวมถึงผลิตภัณฑ์จากผ้าพิมพ์พฤกษา (Eco print) ที่พัฒนาขึ้น หรือ การจำหน่ายผ่านช่องทางของโครงการวิจัย รวม 54,570 บาท โดยเป็นรายได้จากผลิตภัณฑ์เดิมร้อยละ 52.43 และลวดลายใหม่ร้อยละ 47.57 แต่ผลิตภัณฑ์จากผ้าพิมพ์พฤกษาจำหน่ายให้กับลูกค้าที่มีกำลังซื้อระดับกลางหรือระดับบนในราคาที่สูงกว่า แม้จะจำหน่ายในปริมาณน้อยแต่มีสัดส่วนกำไรสูง ผู้นำชุมชนเป็นนวัตกรที่สามารถถ่ายทอดข้อมูล ทักษะ และองค์ความรู้เกี่ยวกับการมัดย้อมให้กับบุคคลอื่นในชุมชน

2.2 การสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรมให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน: นวัตกรรมกระบวนการทางกิจกรรมศิลปะและออกแบบ ผลผลิตจากโครงการคือ ลวดลายผ้าพิมพ์พฤกษา (Eco print) ที่แปลกใหม่จากสีธรรมชาติ จากการดำเนินการในโครงการวิจัย มีการออกแบบและมัดย้อมผลิตภัณฑ์หลายรูปแบบ เพื่อให้เทียบเคียงได้สะดวก ขอยกตัวอย่างสำหรับผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้น ดังนี้

เสื้อยืดสีขาว ราคาตัวละ 90 บาท (มูลค่าเพิ่ม 1X)

เสื้อยืดมัดย้อมคราม ราคาตัวละ 250 บาท (มูลค่าเพิ่ม 2.78X)

เสื้อยืดพิมพ์พฤกษา ราคาตัวละ 690 บาท (มูลค่าเพิ่ม 7.67X)

ประมาณการรายได้เพิ่มขึ้นตัวละ 160 - 600 บาท

2.3 สภาพเศรษฐกิจฐานรากของชุมชน: จากรายได้ของชุมชนในส่วนที่เข้าร่วมโครงการวิจัย มีการกระจายรายได้ภายในชุมชน 40,780.54 บาท มีการกระจายรายได้ภายนอกชุมชน 13,789.46 บาทต่อระยะเวลาตลอดโครงการวิจัย

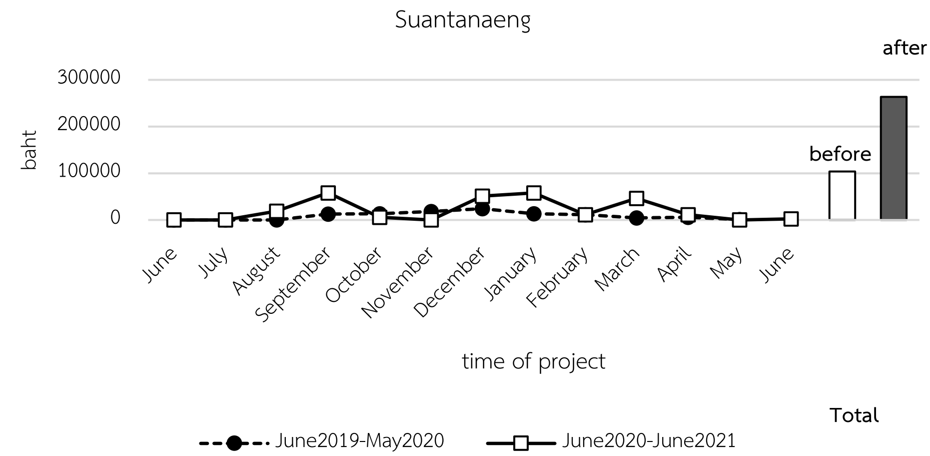


Figure 2 Comparison of Suantanaeng's income before vs after joining the project

3) วิสาหกิจท่องเที่ยวโดยชุมชนปากพูน

3.1 บริบทชุมชน: วิสาหกิจชุมชนที่ตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีรายได้หลักมาจากการท่องเที่ยวในชุมชน โดยหนึ่งในกิจกรรมหลักเป็นการเยี่ยมชมศูนย์เรียนรู้การทำช็อกโกแลตจากเมล็ดโกโก้นครศรีธรรมราช oneMore เนื่องจากนวัตกรรมที่เกิดขึ้นจากโครงการนี้เป็นการผลิตช็อกโกแลตเคลือบเมล็ดประ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ไม่เคยผลิตมาก่อน จึงไม่มีการจัดเก็บข้อมูลรายได้ของชุมชนก่อนเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัย หลังเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัยชุมชนมีรายได้จากการทดลองจำหน่ายรวม 11,340 บาท (มิถุนายน 2563 – พฤษภาคม 2564) รายละเอียดของรายได้ชุมชนแสดงใน Figure 3 โดยในส่วนของโครงการวิจัยภายใต้แผนงานชุมชนนวัตกรรม ชุมชนได้เข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะ และมีรายได้จากการจำหน่ายสินค้า รวม 11,340 บาท

3.2 การสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรมให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน: นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเคลือบเมล็ดประ ชุมชนคาดหวังจะเป็นเครือข่ายและร่วมกันผลิตช็อกโกแลตเคลือบเมล็ดประร่วมกับอีกชุมชนหนึ่ง ซึ่งสามารถจัดหาวัตถุดิบเมล็ดประมาได้ หากเริ่มดำเนินการได้ จะมีมูลค่าเพิ่มจากการจำหน่ายขั้นต้น โดยที่ชุมชนเก็บประได้ปีละ 140 กิโลกรัมดังนี้

ลูกประสด กิโลกรัมละ 50 บาท รวมรายได้ 7,000 บาท (มูลค่าเพิ่ม 1X)

ลูกประดอง กิโลกรัมละ 150 บาท รวมรายได้ 21,000 บาท (มูลค่าเพิ่ม 3X)

ลูกประทอด กิโลกรัมละ 500 บาท รวมรายได้ 70,000 บาท (มูลค่าเพิ่ม 10X)

ช็อกโกแลตลูกประ กิโลกรัมละ 1,620 บาท รวมรายได้ 226,800 บาท (มูลค่าเพิ่ม 32.4X)

ประมาณการรายได้เพิ่มขึ้น 219,800 บาท

3.3 สภาพเศรษฐกิจฐานรากของชุมชน: จากรายได้ของชุมชนในส่วนที่เข้าร่วมโครงการวิจัย มีการกระจายรายได้ภายในชุมชน 10,851.11 บาท มีการกระจายรายได้ภายนอกชุมชน 488.89 บาทต่อระยะเวลาตลอดโครงการวิจัย

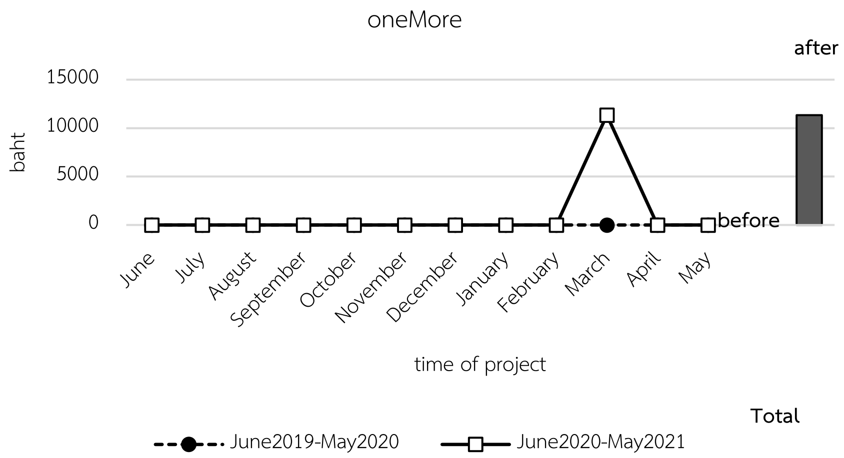


Figure 3 Comparison of oneMore's income before vs after joining the project

4) การท่องเที่ยวโดยชุมชน

4.1 บริบทชุมชน: ชุมชนที่ตั้งอยู่ในอำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช มีรายได้หลักมาจากการทำอาหารให้กับนักท่องเที่ยวที่เข้ามาท่องเที่ยวในชุมชน โดยเป็นอาหารพื้นถิ่น ได้แก่ น้ำพริกลูกประ ปลาใส่อวน ยำละมุด ก่อนเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัย ชุมชนมีรายได้ 56,000 บาทต่อปี (มิถุนายน 2562 – พฤษภาคม 2563) โดยที่ชุมชนดังกล่าวไม่เคยจัดเก็บข้อมูลมาก่อนที่จะเข้าร่วมโครงการวิจัย ชุมชนให้สัมภาษณ์เป็นการเฉลี่ยรายได้โดยรวมต่อปี หลังเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัยชุมชนมีรายได้รวม 32,000 บาท (เก็บข้อมูล มิถุนายน 2563 – กรกฎาคม 2564 แผนงานวิจัยได้รับอนุญาตให้ขยายเวลาจากสถานการณ์ COVID-19) รายละเอียดของรายได้ชุมชนแสดงใน Figure 4 โดยในส่วนของโครงการวิจัยภายใต้แผนงานชุมชนนวัตกรรม นักวิจัยและชุมชนได้ร่วมกันออกแบบเมนูแกงส้มมังคุดคัด และมีรายได้จากการจำหน่ายสินค้า รวม 6,000 บาท

4.2 การสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรมให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน: นวัตกรรมกระบวนการทางการคิดและออกแบบร่วมกัน ผลผลิตจากโครงการคือ แกงส้มมังคุดคัด หากเริ่มดำเนินการได้ จะมีมูลค่าเพิ่มจากการจำหน่ายขั้นต้น

โดยที่ชุมชนขายแกงส้มมังคุดคัดได้ ในการขายครั้งแรกจากงานวิจัย 120 ถุง ใช้มังคุดทั้งสิ้นประมาณ 8 กิโลกรัม สามารถคำนวณมูลค่าเพิ่ม ดังนี้

มังคุดสดคละไซส์ ขายส่งล้งมังคุด กิโลกรัมละ 5 บาท รวมรายได้ 40 บาท (มูลค่าเพิ่ม 1X)

มังคุดสดคละไซส์ ดำเนินการขายปลีกเอง กิโลกรัมละ 25 บาท รวมรายได้ 200 บาท (มูลค่าเพิ่ม 5X)

มังคุดกวน กิโลกรัมละ 550 บาท รวมรายได้ 4,400 บาท (มูลค่าเพิ่ม 110X)

แกงส้มมังคุดคัด 120 ถุง (ใช้มังคุดทั้งสิ้นประมาณ 8 กิโลกรัม) รวมรายได้ 6,000 บาท (มูลค่าเพิ่ม 150X)

ประมาณการรายได้เพิ่มขึ้น 5,960 บาท

4.3 สภาพเศรษฐกิจฐานรากของชุมชน: จากรายได้ของชุมชนในส่วนที่เข้าร่วมโครงการวิจัย มีการกระจายรายได้ภายในชุมชน 5,950 บาท มีการกระจายรายได้ภายนอกชุมชน 50 บาทต่อระยะเวลาตลอดโครงการวิจัย

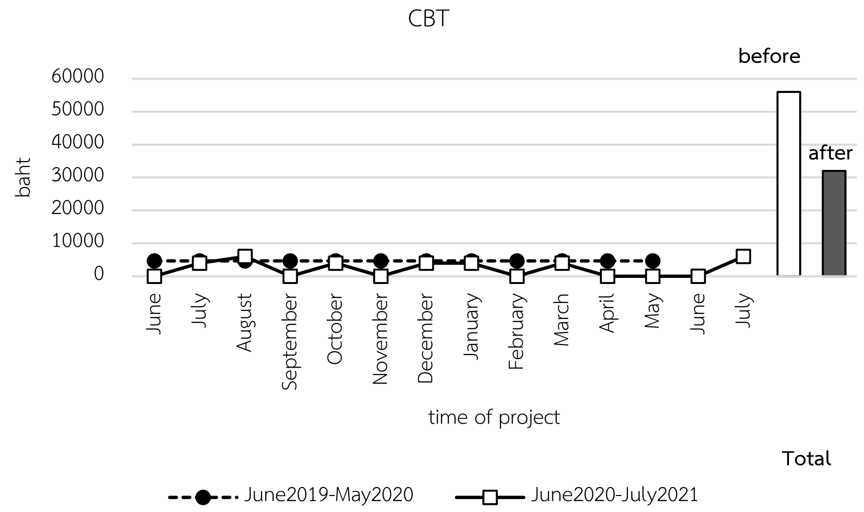


Figure 4 Comparison of CBT’s income before vs after joining the project

ชุมชนทั้ง 4 ชุมชนข้างต้นอยู่ภายใต้แผนงานวิจัย “การจัดการทรัพยากรและพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนแบบมีส่วนร่วมเพื่อยกระดับและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชุมชนของวิสาหกิจชุมชน/OTOP อำเภอนบพิตำ และพื้นที่เชื่อมโยงจังหวัดนครศรีธรรมราช” ซึ่งมีการดำเนินการวิจัยในลักษณะร่วมกันคือ มีการพัฒนานวัตกรรม การถ่ายทอดนวัตกรรมให้กับนวัตกร และนวัตกรถ่ายทอดความรู้และนวัตกรรมดังกล่าวส่งต่อให้กับสมาชิกในชุมชนต่าง ๆ นอกเหนือจากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์และสร้างรายได้

จากข้อมูลของชุมชนทั้ง 4 ชุมชน จะเห็นได้ว่า สภาพเศรษฐกิจฐานรากของชุมชนที่ได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัยนั้น พบว่า มีการกระจายรายได้เกิดขึ้นทั้งภายในและภายนอกชุมชน ซึ่งการกระจายรายได้ประกอบด้วยค่าใช้จ่าย (ต้นทุน) และผลกำไรเกิดขึ้นตกอยู่ในพื้นที่และนอกพื้นที่เป็นจำนวนเท่าใด โดยพบว่า จากทั้ง 4 ชุมชนสามารถเรียงลำดับชุมชนที่มีสัดส่วนการกระจายรายได้ในชุมชนสูงที่สุดไปถึงต่ำที่สุด ได้แก่ การท่องเที่ยวโดยชุมชน (กระจายใน

พื้นที่ร้อยละ 99.17 นอกพื้นที่ร้อยละ 0.83) oneMore (กระจายในพื้นที่ร้อยละ 95.69 นอกพื้นที่ร้อยละ 4.31) วิสาหกิจชุมชนต้นน้ำตาปีแฮนด์เมด (กระจายในพื้นที่ร้อยละ 93.45 นอกพื้นที่ร้อยละ 6.55) วิสาหกิจชุมชนสวนตาเหน่ง (กระจายในพื้นที่ร้อยละ 74.73 นอกพื้นที่ร้อยละ 25.27) เมื่อวิเคราะห์ในรายละเอียดพบว่า ชุมชนที่มีการกระจายรายได้ในชุมชนสูงซื้อวัตถุดิบและใช้แรงงานในพื้นที่เป็นหลัก ในขณะที่ชุมชนที่มีการกระจายรายได้นอกพื้นที่จะเน้นการซื้อวัสดุสำเร็จรูปจากภายนอกเพื่อลดความไม่แน่นอนของแรงงานในพื้นที่ ลดต้นทุนค่าแรง ลดต้นทุนการผลิตบางส่วน รวมถึงวัตถุดิบบางประเภทไม่สามารถหาได้ในพื้นที่ รายละเอียดของการเปรียบเทียบสัดส่วนการกระจายรายได้ของชุมชนแสดงใน Figure 5

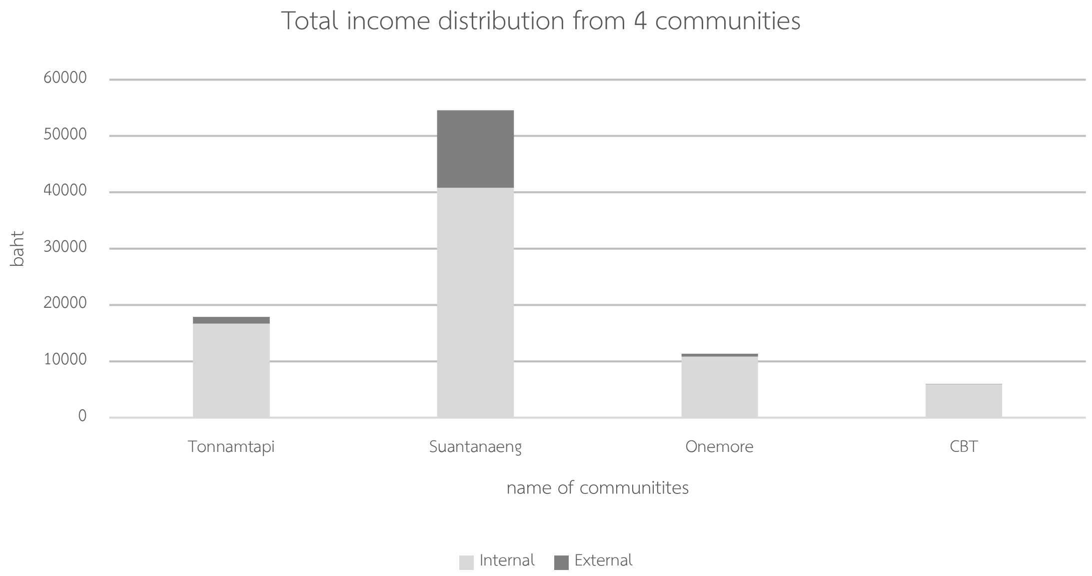


Figure 5 Comparison of total income distribution from 4 communities

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย จะเห็นได้ว่า มีการนำนวัตกรรมในรูปแบบที่แตกต่างกันมาประยุกต์ใช้กับแต่ละชุมชน ได้แก่ นวัตกรรมกระบวนการทางกิจกรรมศิลปะและออกแบบ นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตเคลือบเมล็ดประ และนวัตกรรมกระบวนการทางการคิดและออกแบบร่วมกัน และช่วยก่อให้เกิดรายได้แม้จะเป็นช่วงที่ชุมชนเผชิญสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 ตั้งแต่ช่วงต้นปี พ.ศ. 2564 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwannapusit and Chayomchai (2018) ที่แสดงให้เห็นว่า นวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมกระบวนการมีความสำคัญและจำเป็นสำหรับกิจการ OTOP ในการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ออกสู่ตลาด เพื่อให้เกิดผลการดำเนินงานที่ดีและความสำเร็จในระยะยาว

ผลิตภัณฑ์ชุมชนที่เป็นผลผลิตจากนวัตกรรมการวิจัย เป็นการนำภูมิปัญญาที่มีมาผสมผสานกับอัตลักษณ์ท้องถิ่น อาทิ กลุ่มการท่องเที่ยวโดยชุมชนนำภูมิปัญญาการทำแกงส้มปักษ์ใต้มาผสมผสานกับมังคุดคัดซึ่งเป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดนครศรีธรรมราช กลุ่ม oneMore นำภูมิปัญญาการทำช็อกโกแลตมาผสมผสานกับโกโก้ที่ปลูกในพื้นที่และเมล็ดประซึ่ง

เป็นผลผลิตจากป่าประผืนสุดท้ายที่ใหญ่ที่สุดในโลกของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากที่เน้นการใช้ผลผลิตและกระจายรายได้ให้เกิดในท้องถิ่นให้มากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tancharoen (2018) ซึ่งพบว่า นักท่องเที่ยวต้องการให้วิสาหกิจชุมชนพัฒนาสินค้าที่อนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น วัฒนธรรม ความเป็นไทย โดยเชื่อมโยงการสื่อสารภาพลักษณ์กับการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการผลิตหรือสื่อถึงวัฒนธรรม

ยิ่งไปกว่านั้น การนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาสร้างมูลค่าเพิ่มนับเป็นอีกแนวทางในการสร้างเศรษฐกิจฐานรากของชุมชน อาทิ การใช้ภูมิปัญญาสีธรรมชาติมามัดย้อมให้เกิดลวดลายที่แปลกใหม่ หรือทำเป็นพิมพ์พฤกษา (Eco Print) จากใบไม้ในท้องถิ่นที่ให้สีสันต่างกัน หรือการที่ชุมชนคิดค้นสีธรรมชาติจากวัสดุธรรมชาติเหลือใช้ในชุมชน อาทิ เปลือกสละ เปลือกมังคุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mochammad and Adek (2018) ที่พบว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่นมีอิทธิพลต่อผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์ตรงกับความคาดหวังของลูกค้ายิ่งขึ้น กิจการหรือธุรกิจที่นำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ จะดึงดูดความสนใจจากผู้บริโภคและสามารถขายสินค้าในราคาที่แพงขึ้น อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Parameswara and Wulandari (2020) ที่พบว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่นสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มและเป็นปัจจัยพื้นฐานของการพัฒนาอย่างยั่งยืน

จากผลการวิจัยและการวิจารณ์ผลการวิจัยข้างต้น สามารถสรุปผลการวิจัยแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มและเศรษฐกิจฐานรากของชุมชนในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 ได้ รายละเอียดของแนวทางที่สังเคราะห์มานั้นแสดงใน Figure 6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การสร้างมูลค่าเพิ่มและเศรษฐกิจฐานรากสามารถแบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่ อัตลักษณ์ที่โดดเด่นของชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่น และนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดความแตกต่างจากคู่แข่งขัน โดยที่ แกงส้มมังคุดคัดและผลิตภัณฑ์มัดย้อมสีธรรมชาติ มีความเป็นอัตลักษณ์สูง แต่มีนวัตกรรมที่ใกล้เคียงกับชุมชนอื่นรอบด้านที่ผลิตสินค้าประเภทใกล้เคียงกัน ผ้าพิมพ์พฤกษา (Eco Print) แม้จะมีความเป็นนวัตกรรมและแปลกใหม่สูงเมื่อเทียบกับชุมชนรอบด้านที่ผลิตสินค้าประเภทใกล้เคียงกัน กลับมีอัตลักษณ์และภูมิปัญญาท้องถิ่นต่ำ เนื่องจากจำกัดที่ชนิดของใบไม้หรือดอกไม้ในการให้สีคมชัดจากการพิมพ์ภาพ ในขณะที่ ช็อกโกแลตเคลือบเมล็ดประมีความเป็นอัตลักษณ์สูง ใช้การคั่วเมล็ดประจากภูมิปัญญาท้องถิ่น ผสานกับการนำนวัตกรรมช็อกโกแลตมาเคลือบเป็นครั้งแรก

		Innovation	
		Similar	Different
Unique identity and local wisdoms	High	Curry with raw mangosteen / natural tie-dye products	Pra chocolate
	Low		Eco print products

Figure 6 Guidelines for building local economies

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ โดยหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณแหล่งทุนเป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาจัดสรรทุนให้กับคณะผู้วิจัย ผู้ประกอบการในชุมชนทุกท่านที่ให้ข้อมูลอย่างละเอียดและให้ความช่วยเหลืออยู่เสมอ รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำ เจ้าหน้าที่โครงการที่ช่วยติดต่อประสานงาน และผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ช่วยให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Christa R.U. and V. Kristinae. 2021. The effect of product innovation on business performance during COVID 19 pandemic. **Uncertain Supply Chain Management** 9(1): 151–158.

Finance Information Group. 2021. **News from Ministry of Finance no. 160/2564.** [Online]. Available shorturl.asia/qd1ta (28 September 2021). [in Thai]

Mochammad, J. and Adek. 2018. Exploration dimensions of local wisdom and their impact to sustain marketing performance. **European Research Studies Journal** 21(1): 708-718.

Office of the National Economic and Social Development Council (NESDC). 2020. **Economic and social recovery plan from the impacts of COVID-19.** [Online]. Available shorturl.asia/zyR7g (28 September 2021). [in Thai]

Parameswara, A. and A. Wulandari. 2020. Sustaining local communities through cultural industries based on local wisdom in Tigawasa village. **Journal of Sustainable Development** 13(6): 139-150.

Paseang, P., N. Ngernwongnai and R. Sukpirom. 2017. **Studying of value creation of native woven fabrics in Nan province**. 42 p. *In* Research Report. Nan: Nan Community College. [in Thai]

Suwannapusit, U. and A. Chayomchai. 2018. Innovations and their effects on One Tambon One Product (OTOP) enterprises' performance. **University of the Thai Chamber of Commerce Humanities and Social Sciences** 38(1): 18-35. [in Thai]

Tancharoen, S. 2018. Quality development guidelines for OTOP product of community enterprise in Muang district, Samutsongkhram province. **Lampang Rajabhat University Journal** 7(2): 155-166. [in Thai]

Treewanchai, S., S. Chongwilaikasem and P. Saelim. 2019. **The project of measuring the impacts on income distribution of the research program " The universities and development of local economic absorbtion mechanism" (income and cost collecting forms)**. 66 p. *In* Research Report. Songkhla: Prince of Songkla University. [in Thai]

Session 3

ภาคโปสเตอร์

รูปแบบสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเมืองเชียงใหม่ภายใต้สถานการณ์โรคโควิด-19
Media Type for Presenting of Tourist Attractions in Chiang Mai under the COVID-19 Pandemic

พิมพ์ชนก สุวรรณศรี

Pimchanok Suwannasri

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

Department of Computer, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50300

Corresponding author: pimchanok_tham@cmru.ac.th

Abstract

The objectives of this research are: 1) to study the effects of tourist behaviors in the current situation; 2) to study the satisfaction of tourists towards the use of media for presenting tourist attractions in various formats. The research tools are: 1) questionnaire on effects of tourist behaviors in the current situation, responded by 88 samples; 2) three kinds of media for presenting tourist attractions in Chiang Mai, including an application for presenting tourist attractions in Muang Kaen Pattana municipality, a multimedia for presenting tourist attractions in Ban Muang Kued, and an application for presenting cultural tourist attractions via virtual technology; and 3) questionnaire on satisfaction towards media usage. The sampling consisted of 45 tourists and people who live in Chiang Mai with smart phones, obtained by using simple random sample. The results revealed that: 1) tourist behaviors were changed, i.e., the frequency of travel was reduced; and 2) the results on satisfaction towards the use of 3 kinds of media for presenting tourism revealed that the application for presenting cultural tourist attractions via virtual technology could respond to tourism in the current situation at the highest level.

Keywords: tourism, media, applications, COVID-19

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบัน 2) ศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวต่อการใช้งานสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวในรูปแบบต่างๆ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบสอบถามผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบัน กลุ่มตัวอย่าง คือ บุคคลทั่วไป จำนวน 88 คน 2) สื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ในรูปแบบต่างๆ จำนวน 3 สื่อ ได้แก่ แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา สื่อมัลติมีเดียนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวบ้านเมืองกึ้ด และแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีเสมือน 3) แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานสื่อ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักท่องเที่ยวและบุคคลทั่วไปที่มีสมาร์ทโฟน จำนวน 45 คน ได้มาโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย ผลการวิจัยพบว่า 1) พฤติกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวเปลี่ยนไป คือ จำนวนครั้งในการท่องเที่ยวมีจำนวนลดลง 2) ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวทั้ง 3 รูปแบบ พบว่าแอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีเสมือน สามารถตอบสนองต่อการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุด

คำสำคัญ: การท่องเที่ยว สื่อนำเสนอ แอปพลิเคชัน โรคโควิด-19

คำนำ

อุตสาหกรรมท่องเที่ยวเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่สุดของโลก เพราะเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม เป็นอุตสาหกรรมที่สร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นอันดับต้น ๆ เพราะนอกจากจะมีการลงทุน และซื้อสินค้าด้วยเงินตราต่างประเทศแล้วการที่นักท่องเที่ยวจับจ่ายใช้สอย ซื้อสินค้า และบริการ ทำให้เกิดอาชีพ สร้างและกระจายรายได้ เกิดการหมุนเวียนทางเศรษฐกิจ (Kulsantiwong, 2021) จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดท่องเที่ยวที่สำคัญจังหวัดหนึ่งในภาคเหนือ มีนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเป็นจำนวนมาก ทำให้เศรษฐกิจด้านการท่องเที่ยวของจังหวัดเชียงใหม่มีสภาพคล่อง แต่เมื่อเกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ส่งผลให้เศรษฐกิจในจังหวัดเชียงใหม่หดตัวลงมาก เพราะได้รับผลกระทบรุนแรงจากการกำหนดมาตรการควบคุมโรคระบาดที่เข้มงวดทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเศรษฐกิจเชียงใหม่ที่ต้องพึ่งพิงนักท่องเที่ยวจากต่างประเทศในเกณฑ์สูง และการท่องเที่ยวฟื้นตัวช้าที่สุดทำให้เงินหมุนเวียนในระบบเศรษฐกิจในพื้นที่ตลอดทั้งปีหายไป หลังวิกฤตการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมักจะมีความเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเสมอ การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ส่งผลต่อรูปแบบการดำเนินชีวิต การปรับชุดพฤติกรรมของมนุษย์ และการปรับตัวทางด้านธุรกิจและบริการให้ทันต่อสถานการณ์ปัจจุบัน รวมถึงพฤติกรรมการท่องเที่ยวก็มีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน

ด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้พฤติกรรมการท่องเที่ยวในปัจจุบันลดลง แต่นักท่องเที่ยวก็ยังคงมีความต้องการที่จะออกไปท่องเที่ยว แม้ว่าไม่สามารถท่องเที่ยวได้เหมือนเดิม สิ่งที่นักท่องเที่ยวใช้ทดแทนการออกไปเที่ยวยังสถานที่จริง คือการดูภาพ คลิปวิดีโอหรือสื่อต่างๆ ผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อเป็นการผ่อนคลายในสถานการณ์ปัจจุบัน และจะเห็นได้ว่านักท่องเที่ยวมักจะสืบค้นข้อมูลต่างๆ ผ่านสมาร์ทโฟน ที่มีคุณลักษณะที่ใช้งานได้ง่าย คล่องตัว

สามารถค้นหาข้อมูลได้สะดวก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการนำเทคโนโลยีมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับสถานการณ์ในปัจจุบันและเป็นการผ่อนคลายในสถานการณ์ตึงเครียดกับพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งในปัจจุบันมีงานวิจัยต่างๆ ที่มีการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการท่องเที่ยว อาทิ สื่อมัลติมีเดียนำเสนอแหล่งท่องเที่ยว หรือแอปพลิเคชันต่างๆ แนะนำแหล่งท่องเที่ยว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความต้องการของนักท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบันกับการใช้งานโปรแกรมต่างๆ ที่ใช้เพื่อผ่อนคลายในสถานการณ์ปัจจุบัน และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานหรือนักท่องเที่ยวมากที่สุด ผู้วิจัยจึงทำการสำรวจความคิดเห็นต่อการใช้งานสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อยของสื่อแต่ละชนิด

จากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยจึงทำการสำรวจผลกระทบต่อพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ที่เปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ และทดลองใช้สื่อในการนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ในรูปแบบต่างๆ เพื่อทำการประเมินความพึงพอใจของสื่อแต่ละชนิดเพื่อให้ทราบว่า การนำเสนอสื่อชนิดใดสามารถตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวมากที่สุดในสถานการณ์ปัจจุบัน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบัน
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวต่อการใช้งานสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวในรูปแบบต่างๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากร คือ นักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้ ประกอบไปด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มนักท่องเที่ยวผู้ตอบแบบสอบถามผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบัน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 88 คน
2. กลุ่มนักท่องเที่ยวผู้ใช้งานสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ในรูปแบบต่างๆ และตอบแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานสื่อ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงที่ชื่นชอบการท่องเที่ยว และมีสมาร์ทโฟน ที่ใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จำนวน 45 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถามผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบัน
2. สื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ในรูปแบบต่างๆ
3. แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานสื่อ

แบบสอบถามที่ใช้เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) ซึ่งมีระดับมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของ Likert (1932) ดังนี้

4.51 – 5.00 อยู่ในระดับ มากที่สุด

3.51 – 4.50 อยู่ในระดับ มาก

2.51 – 3.50 อยู่ในระดับ ปานกลาง

1.51 – 2.50 อยู่ในระดับ น้อย

1.00 – 1.50 อยู่ในระดับ น้อยที่สุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษาผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบัน

การศึกษาผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบัน ผู้วิจัยศึกษาจากผลการตอบแบบสอบถามของนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ โดยแบบสอบถามที่ใช้ มีทั้งหมด 4 ส่วน คือ ข้อมูลพื้นฐาน พฤติกรรมการท่องเที่ยวก่อนโควิด-19 ระบาด พฤติกรรมการท่องเที่ยวหลังโควิด-19 ระบาด สามส่วนแรกเป็นคำถามปลายปิด ส่วนที่ 4 สอบถามความต้องการของแอปพลิเคชันที่นักท่องเที่ยวต้องการในสถานการณ์ปัจจุบัน เป็นคำถามปลายเปิด ซึ่งผู้วิจัยทำการออกแบบและปรับปรุงคำถามให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ และใช้สมาร์ทโฟน เป็นประจำ โดยนักท่องเที่ยวตอบแบบสอบถามผ่านกูเกิลฟอร์ม

2. การใช้งานสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยว

ผู้วิจัยทำการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อในการนำเสนแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ในรูปแบบต่างๆ เพื่อต้องการทราบว่า ในสถานการณ์ปัจจุบันที่มีผลต่อการท่องเที่ยวในรูปแบบเดิมเป็นอย่างมาก หากมีสื่อในการนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่เพื่อทดแทนการไปท่องเที่ยวยังสถานที่จริง ที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อของโรคโควิด 19 สื่อในรูปแบบใดที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในรูปแบบปัจจุบันมากที่สุด โดยสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวที่นำมาทดลองใช้ในครั้งนี้ มีรูปแบบที่ต่างๆ กัน ดังนี้

2.1 แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา (Suwannasri and Patcharatanaroach, 2018) เป็นแอปพลิเคชันที่ใช้งานผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ภายในแอปพลิเคชันมีการนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวโดยแบ่งเป็นหมวดต่างๆ คือ วัด สถานที่ท่องเที่ยว ที่พักและโฮมสเตย์ ทุกหมวดมีการนำเสนอข้อความ และรูปภาพสถานที่จริง รวมทั้งสามารถใช้งานกูเกิลแมพ ผ่านแอปพลิเคชันได้

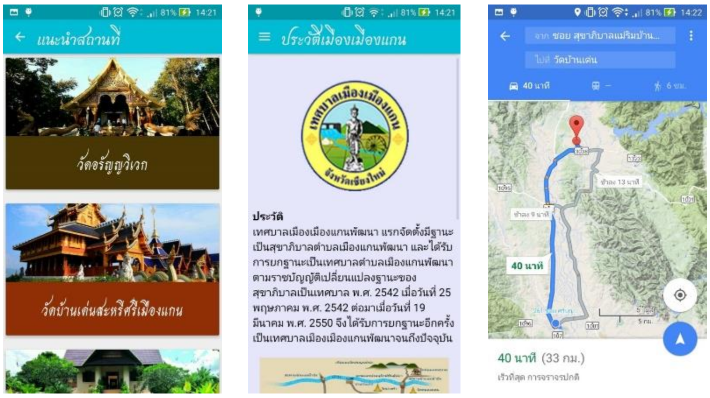


Figure 1 Application presents tourist destinations in Muang Kaen Pattana municipality

2.2 สื่อมัลติมีเดียนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวบ้านเมืองกึ๊ด (Suwannasri, 2020) โดยนำเสนอผ่านรูปแบบวิดีโอภายในสื่อมีองค์ประกอบในการนำเสนอ คือ มีรูปภาพสถานที่จริง วิดีโอจากสถานที่จริง ข้อความ การ์ตูน และคำบรรยายประกอบ ผู้ใช้สามารถเข้าถึงสื่อโดยการสแกนคิวอาร์โค้ด

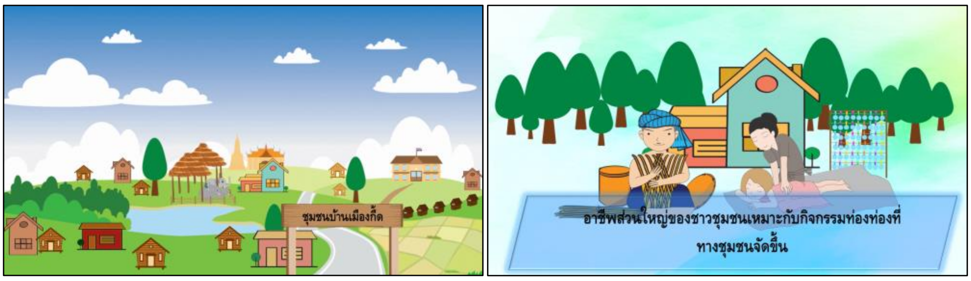


Figure 2 Multimedia media presenting tourist attractions in Ban Muang Kued community

2.3 แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีเสมือน (Suwannasri *et al.,* 2019) ซึ่งเป็นการนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมในเขตกำแพงเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นวัดที่ตั้งอยู่ภายในเขตกำแพงเมือง และเป็นสถานที่ที่นิยมสำหรับนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ การนำเสนอภายในแอปพลิเคชันมีลักษณะการนำเสนอในรูปแบบภาพถ่ายแบบพาโนรามา ผู้ใช้สามารถเลื่อนดูบรรยากาศโดยรอบของสถานที่ท่องเที่ยวได้ เสมือนกับได้อยู่ในสถานที่จริง และภายในแอปพลิเคชันสามารถใช้งานกูเกิลแมพได้

Figure 3 The application offers cultural attractions with virtual technology

การทดลองใช้งานสื่อทั้ง 3 รูปแบบ ผู้วิจัยให้นักท่องเที่ยวทดลองใช้งานแอปพลิเคชันทั้ง 3 แบบ และตอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อในการนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ในรูปแบบต่างๆ และทำการวิเคราะห์ผลด้วยค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบัน

ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 88 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นเพศชายมีจำนวน 56 คน (ร้อยละ 63.64) เพศหญิง จำนวน 28 คน (ร้อยละ 31.82) และ ไม่ต้องการระบุ จำนวน 4 คน (ร้อยละ 4.55) โดยส่วนมากมีอายุระหว่าง 18-20 ปี จำนวน 68 คน (ร้อยละ 77.27) มีภูมิลำเนาอยู่ในภาคเหนือ จำนวน 88 คน (ร้อยละ 100)

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการท่องเที่ยวก่อนโควิด-19 ระบาด พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความคิดเห็นประเด็นความถี่ในการท่องเที่ยว มากที่สุด คือ 1 ครั้ง/เดือน จำนวน 47 คน (ร้อยละ 53.41) รองลงมาคือ มากกว่า 3 ครั้ง/ เดือน จำนวน 24 คน (ร้อยละ 27.27) ให้ความคิดเห็นประเด็นแหล่งข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยว มากที่สุด คือ เฟสบุ๊ค จำนวน 35 คน (ร้อยละ 39.77) รองลงมาคือ อินเทอร์เน็ต/โปรแกรมอื่นๆ จำนวน 19 คน (ร้อยละ 21.59) ให้ความคิดเห็นประเด็นลักษณะสถานที่ท่องเที่ยวที่ชอบไป มากที่สุด คือ คาเฟ่/ร้านกาแฟ จำนวน 36 คน (ร้อยละ 40.91) รองลงมาคือ ท่องเที่ยวธรรมชาติ จำนวน 27 คน (ร้อยละ 30.68) ให้ความคิดเห็นประเด็นลักษณะการเดินทาง มากที่สุด คือ เพื่อนๆ จำนวน 64 คน (ร้อยละ 72.73) รองลงมา คือ ครอบครัว จำนวน 5 คน (ร้อยละ 5.68) ให้ความคิดเห็นประเด็นยานพาหนะ มากที่สุด คือ มอเตอร์ไซค์ จำนวน 59 คน (ร้อยละ 67.05) รองลงมา คือ รถยนต์ จำนวน 26 คน (ร้อยละ 29.55)

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการท่องเที่ยวหลังโรคโควิด-19 ระบาด พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความคิดเห็นประเด็นความถี่ในการท่องเที่ยว มากที่สุด คือ ไม่เคยเลย จำนวน 42 คน (ร้อยละ 47.73) รองลงมาคือ 1 ครั้ง/เดือน จำนวน 38

คน (ร้อยละ 43.18) ให้ความคิดเห็นประเด็นแหล่งข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยว มากที่สุด คือ เฟสบุ๊ค จำนวน 48 คน (ร้อยละ 54.55) รองลงมาคือ อินเทอร์เน็ต/โปรแกรมอื่นๆ จำนวน 25 คน (ร้อยละ 28.41) ให้ความคิดเห็นประเด็นลักษณะสถานที่ท่องเที่ยวที่ชอบไป มากที่สุด คือ คาเฟ่/ร้านกาแฟ จำนวน 22 คน (ร้อยละ 25) รองลงมาคือ อื่นๆ จำนวน 20 คน (ร้อยละ 22.73) ให้ความคิดเห็นประเด็นลักษณะการเดินทาง มากที่สุด คือ เพื่อนๆ จำนวน 59 คน (ร้อยละ 67.05) รองลงมา คือ ครอบครัว จำนวน 27 คน (ร้อยละ 30.68) ให้ความคิดเห็นประเด็นยานพาหนะ มากที่สุด คือ มอเตอร์ไซค์ จำนวน 63 คน (ร้อยละ 71.59) รองลงมา คือ รถยนต์ จำนวน 20 (ร้อยละ 22.73)

ผลการแสดงความคิดเห็นแบบคำถามปลายเปิด ในประเด็น แอปพลิเคชันในลักษณะใดที่สามารถทดแทนการท่องเที่ยวในการเดินทางไปสถานที่จริงได้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความคิดเห็นสิ่งที่ควรแสดงภายในแอปพลิเคชัน ดังนี้ รูปภาพของสถานที่ท่องเที่ยว จุดเด่นของสถานที่นั้น ภาพจำลองเสมือนจริง การนำเสนอแบบโลกเสมือน 3 มิติ ภาพสถานที่ทั้งภายในและภายนอก การรีวิวสถานที่ กูเกิลแมพ นำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบ 360 องศา เส้นทางการเดินทาง ภาพอาหาร และแสดงยอดผู้ติดเชื้อโควิด-19 ในสถานที่นั้นๆ

ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยว

ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยว จากนักท่องเที่ยวจำนวน 45 คน ทดลองใช้งานสื่อ ทั้ง 3 รูปแบบ คือ แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา สื่อมัลติมีเดียนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวบ้านเมืองกื้ด และ แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีเสมือน สามารถแสดงผลความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันแต่ละรูปแบบ ดังนี้

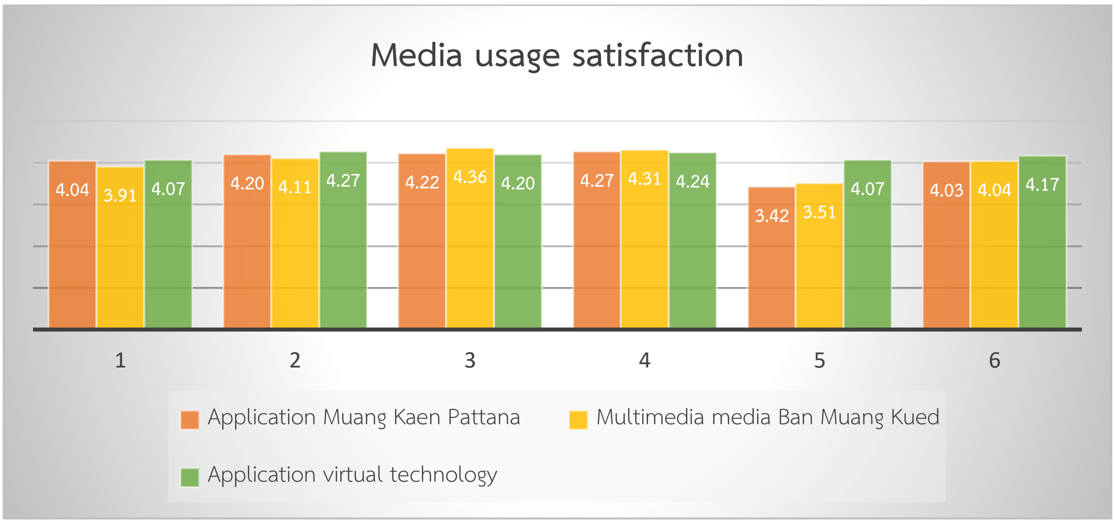


Figure 4 The results of the study of satisfaction with the use of tourist attractions media

จาก Figure 4 สามารถอธิบายผลการประเมิน ได้ดังนี้ รายการประเมินแอปพลิเคชันทั้ง 3 รูปแบบใช้รายการประเมินเดียวกันทั้งหมด ดังนี้ 1) ความพึงพอใจในการแสดงผลข้อความ แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีเสมือน มีความพึงพอใจมากที่สุดด้วยค่าเฉลี่ย 4.07 (SD = 0.74) 2) ความพึงพอใจในการ

แสดงผลรูปภาพ แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีเสมือน มีความพึงพอใจมากที่สุดด้วยค่าเฉลี่ย 4.27 (SD = 0.77) 3) ความพึงพอใจในความสะดวกในการใช้งาน สื่อมัลติมีเดียนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวบ้านเมืองกื้ด มีความพึงพอใจมากที่สุดด้วยค่าเฉลี่ย 4.36 (SD = 0.82) 4 ความพึงพอใจในรายละเอียดในการนำเสนอข้อมูล สื่อมัลติมีเดียนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวบ้านเมืองกื้ด มีความพึงพอใจมากที่สุดด้วยค่าเฉลี่ย 4.31 (SD = 0.78) 5 ความพึงพอใจในความสามารถในทดแทนการไปเที่ยวสถานที่จริง แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีเสมือน มีความพึงพอใจมากที่สุดด้วยค่าเฉลี่ย 4.07 (SD = 0.77) และ 6 ค่าเฉลี่ยของผลการประเมินความพึงพอใจของสื่อในแต่ละรูปแบบ แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีเสมือน มีความพึงพอใจมากที่สุดด้วยค่าเฉลี่ย 4.17 (SD = 0.76)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบัน จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 88 คน ซึ่งทุกคนที่ตอบแบบสอบถามอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบันที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 ว่า ทำให้มีโอกาสในการไปเที่ยวยังสถานที่จริงน้อยลงเมื่อเทียบกับสถานการณ์ที่ยังไม่มีการระบาดของโรคโควิด-19 จากผลการวิเคราะห์ทำให้เห็นว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนมากเลือกที่จะไม่ออกไปท่องเที่ยวเลย จำนวนร้อยละ 47.7 ซึ่งมากขึ้นกว่าตอนเหตุการณ์ปกติ และคนที่ไม่ออกไปท่องเที่ยวเลยหลังจากเกิดเหตุการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 มีจำนวนมากกว่า คนที่ยังคงออกไปเที่ยว 1 ครั้ง/เดือน และในขณะเดียวกัน จำนวนคนที่ออกไปเที่ยว 1 ครั้ง/เดือน ยังมีจำนวนลดลงจากเหตุการณ์ปกติเช่นกัน ทำให้เห็นว่า เหตุการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 มีผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวของผู้ตอบแบบสอบถาม ในประเด็นการค้นหาแหล่งข้อมูลสถานที่เที่ยว ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความเห็นว่า การได้ข้อมูลจากเฟสบุ๊ค มีจำนวนมากที่สุด ทั้งในเหตุการณ์ปกติ และเมื่อเกิดเหตุการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ซึ่งทำให้เห็นว่า ผู้ตอบแบบสอบถามยังคงเข้าถึงข้อมูลผ่านสื่อออนไลน์เช่นเดิม โดยเฉพาะโปรแกรมเฟสบุ๊ค ซึ่งการแสดงข้อมูลต่างๆ ภายในเฟสบุ๊คมีการนำเสนอสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ รวมทั้งการรีวิวสถานที่ท่องเที่ยวใหม่ๆ จนเป็นที่นิยมและทำให้นักท่องเที่ยวตามไปเที่ยวยังสถานที่นั้นเพิ่มขึ้น นอกจากข้อมูลจากเฟสบุ๊ค ผู้ตอบแบบสอบถามยังค้นหาข้อมูลจาก อินเทอร์เน็ต/โปรแกรมอื่นๆ เช่นกัน ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวหลายแอปพลิเคชันเกิดขึ้น ส่วนในด้านความต้องการของผู้ตอบแบบสอบถาม เกี่ยวกับลักษณะของแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวเพื่อรองรับกับสถานการณ์ปัจจุบันที่ทำให้การท่องเที่ยวยังสถานที่จริงลดลง พบความเห็นว่า ภายในแอปพลิเคชัน ควรมีการแสดงรูปภาพของสถานที่ท่องเที่ยว จุดเด่นของสถานที่นั้น ภาพจำลองเสมือนจริง การนำเสนอแบบโลกเสมือน 3 มิติ ภาพสถานที่ทั้งภายในและภายนอก การรีวิวสถานที่ กูเกิลแมพ นำเสนอแหล่งท่องเที่ยวแบบ 360 องศา เส้นทางการเดินทาง ภาพอาหาร และแสดงยอดผู้ติดเชื้อโควิด-19 ในสถานที่นั้นๆ

ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยว จากนักท่องเที่ยว จำนวน 45 คน หลังทดลองใช้งานสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีเสมือน สามารถตอบสนองต่อการท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุด คือ สามารถรับชมสถานที่ท่องเที่ยว

ได้ใกล้เคียงกับสถานที่จริงมากที่สุด เนื่องจากแอปพลิเคชันดังกล่าว มีการนำเสนอรูปภาพของสถานที่จริงในลักษณะมุมมอง 360 องศา ผู้ใช้สามารถหมุนรูปภาพเพื่อรับชมบริเวณด้านข้างที่อยู่นอกเหนือจอภาพได้เช่นเดียวกับลักษณะของภาพพาโนรามา ซึ่งทำให้ผู้ใช้เสมือนกับได้ไปท่องเที่ยวยังสถานที่จริง ซึ่งแอปพลิเคชันดังกล่าวสามารถนำมาทดแทนการไปท่องเที่ยวยังสถานที่จริงที่อาจติดเชื้อโรคระบาดโควิด-19 ได้ เช่นเดียวกับในปัจจุบัน หลายๆ หน่วยงานมีการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย มาสร้างสรรค์และพัฒนาเป็นสื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวในแบบ Virtual Tour 360 องศา หรือ ทัวร์เสมือนจริงอย่างเต็มรูปแบบมาใช้ในการประชาสัมพันธ์ เพื่อสร้างความน่าสนใจ ดึงดูดนักท่องเที่ยวให้อยากกลับมาเที่ยวซ้ำ เมื่อสถานการณ์คลี่คลายขึ้น (Matichon, 2021) เมื่อพิจารณาในรายประเด็นการประเมินการใช้งานสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยว บางประเด็นสื่อมัลติมีเดียนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวบ้านเมืองกึ๊ด มีผลการประเมินความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความพึงพอใจในความสะดวกในการใช้งาน เนื่องจากสื่อดังกล่าวสามารถรับชมได้ทันทีเมื่อทำการสแกนคิวอาร์โค้ด จะแสดงวิดีโอนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวบ้านเมืองกึ๊ด โดยที่ไม่ต้องทำการติดตั้งโปรแกรมใดๆ

สรุปผลการวิจัย

การท่องเที่ยวในสถานการณ์ปัจจุบันที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้มีผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยว คือ นักท่องเที่ยวที่ปกติจะไปเที่ยวในสถานที่ต่างๆ มีจำนวนครั้งในการท่องเที่ยวลดลง หรือไม่ไปท่องเที่ยวเลย แต่นักท่องเที่ยวยังคงมีความต้องการที่จะไปท่องเที่ยวอยู่ โดยการดูข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ผ่านโลกออนไลน์ ด้วยการใช้งานเฟสบุ๊ค อินเทอร์เน็ต หรือสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวใน 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา 2) สื่อมัลติมีเดียนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวบ้านเมืองกึ๊ด และ 3) แอปพลิเคชันนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีเสมือน ซึ่งจากการทดลองใช้สื่อในการนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวทั้ง 3 รูปแบบ แม้จะมีความแตกต่างของการนำเสนอและการใช้งานที่ตอบสนองต่อนักท่องเที่ยวแตกต่างกัน แต่นักท่องเที่ยวก็ยังแสดงความพึงพอใจต่อสื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวทั้ง 3 รูปแบบอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก แสดงให้เห็นว่า นักท่องเที่ยวยังมีความต้องการที่จะเข้าถึงข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ เพื่อทดแทนโอกาสที่ไม่ได้ไปยังสถานที่จริง และนอกจากสื่อดังกล่าวจะนำเสนอข้อมูลต่างๆ ภายในแหล่งท่องเที่ยวแล้ว ในสถานการณ์ปัจจุบัน นักท่องเที่ยวมีความต้องการเพิ่มเติม เกี่ยวกับข้อมูลจำนวนคนติดเชื้อของโรคโควิด-19 ในสถานที่นั้นๆ ด้วยเพื่อเป็นการป้องกันโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้ออีกทางหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติในการสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Kulsantiwong, C. 2021. **Factors That Influence Travel Decision-Making of Thai Generation Y Tourists after COVID19 Pandemic**. Master Thesis. Bangkok University. 60 p. [in Thai]

Likert, R. 1932. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology** 140: 1–55.

Matichon. 2021. **Launching "Travel..Hybrid Tour", safe travel in the era of Covid.** [Online]. Available https://www.matichon.co.th/economy/news_2927474 (10 September 2021). [in Thai]

Suwannasri, P. and S. Patcharatanaroach. 2018. Application development for tourist destinations in Muang Kaen Pattana municipality, Mae Tang district, Chiang Mai province. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University** 37(3): 424-470. [in Thai]

Suwannasri, P., P. Suwannasri and S. Junsawang. 2019. **Promoting Cultural Tourism Routes with Virtual Technology for Thai and Foreign Tourists by Engaging Community in Muang District Chiangmai Province**. Chiangmai: Chiangmai Rajabhat University. 14 p. [in Thai]

Suwannasri, P. 2020. **Promotion and development of youth potential of Kued Chang community leaders, Kued Chang sub-district, Mae Taeng district, Chiang Mai province with innovative information technology**. 27 p. *In* Report on the implementation of the Rajabhat University Strategic Project for Local Development Fiscal Year 2020. Chiang Mai: Chiang Mai Rajabhat University

Session 4

ภาคบรรยาย

สถานการณ์และการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนของชุมชนห้วยขิง เมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Situations of Community Forest Utilizations of Houyking Community at Phonxai District, Luangprabang Province, Lao PDR

แสงคำ ผลเจริญ สายสกุล ฟองมูล* พหล ศักดิ์คะทัศน์ และกังสดาล กนกหงษ์

Sangkham Phonchaluen, Saisakul Fongmul*, Phahol Sakkatat and Kangsadan Kanokhong

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production

Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: saisakul_tor@yahoo.com

Abstract

The objective of this research is to study on the situation and the community forest utilization of HOUYKING county, PHONXAI district, Luangprabang province, Lao PDR. The sample size used in this research as the households' heads live in HOUYKING county with among 252 households. The tool used in data collection is questionnaires, and for data analysis used descriptive statistic. The results found that in the previously forest situation of the community was degradation and reduced continually, due to the communities were encroachment widely, since the government did not clearly identify forest boundary and production zone to communities, resulted the community was over usage of forests. Later, the government have allocated land and forests for people to reduce forests encroachment and estimated the forests area will have trend more increasing in the future. Forest utilization found that the simple households used timbers for construct and inhabitation repaired in overall around 1,219.7 cubic meters per year. Most of the species were *Quercus serrata; Keteleria davidiana; Paramichelia baillonii; Schima wallichii; Mesua ferrea; Duabanga grandiflora; Gmelina arborea; Pinus kesiya; Pterocarpus macrocarpus* and Bambusa spp, and found that some species was near endangered and market demand (merchant). For non-timber forest products used for consumptions and trade to generate income for households account for 52.8% which including 9 main types as: 1) Fuel wood and charcoal used in overall around 1,169.2 cubic meters/year; 2) wild mushroom, there was 12 species in the total, around 8,248 kg/year; 3) bamboo shoots, there was 9 species in the total, around 8,978 kg/year; 4) wild fruits, there was 11 species in the total, around 612.5 kg/year; 5) wild vegetables, there was 6 species in the total, around 4,156 kg/year; 6) herbs, there was 10 species in the total, around 161 kg/year; 7) wildlife, there was 13 species in the total, around 5,933.5 kg/year; 8) edible insects, there was 4 species in the total, around 168.5 kg/year; 9) fibers and liana, there was 7 species in the total, around 12,506 kg/year. There was totally included into consumption and commerce around 9,320,711.45 Baht per year, average 36,986.95 Baht per household/year

Keywords: community forest, forest utilization, value, Lao PDR

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา สถานการณ์และการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนของชุมชนห้วยขิง เมืองโพนไช แขวงหลวงพะบาง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ หัวหน้าครัวเรือนหรือตัวแทนหัวหน้าครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในกลุ่มห้วยขิง จำนวน 252 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บกำข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าสถิติพื้นฐานเชิงพรรณนา ผลการศึกษาพบว่า ที่ผ่านมาสภาพป่าของชุมชนห้วยขิงมีสภาพเสื่อมโทรมและลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากชุมชนมีการบุกรุกพื้นที่ป่าจำนวนมากและรัฐบาลยังไม่ได้กำหนดขอบเขตพื้นที่ป่าและพื้นที่ผลิตให้กับชุมชนอย่างชัดเจน ด้วยเหตุนี้ ทำให้ชุมชนมีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าอย่างไม่จำกัด ต่อมารัฐบาลได้กำหนดให้มีการจัดสรรที่ดิน–จัดสรรป่า ให้ประชาชนนำใช้ในอัตราคงที่ซึ่งจะช่วยลดการบุกรุกพื้นที่ป่าและมีแนวโน้มที่จะมีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นในอนาคต ด้านการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนพบว่า ครัวเรือนกลุ่มตัวอย่างมีการใช้ประโยชน์จากป่าทั้งในส่วนที่เป็นเนื้อไม้และของป่า ในนั้นเนื้อไม้ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างและซ่อมแซมที่อยู่อาศัย โดยรวม 1,219.7 ลม./ปี ซึ่งชนิดไม้ที่นิยมนำมาใช้ได้แก่ ก่อ (*Quercus serrata*) สน (*Keteleria davidiana*) จำปีป่า (*Paramichelia baillonii*) ลำพูป่า (*Duabanga grandiflora*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) เต่น (*Mesua ferrea*) ซ้อ (*Gmelina arborea*) แปก (*Pinus kesiya*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และไผ่ (***Bambusa spp***) เป็นต้น ส่วนของป่าที่นำมาใช้เพื่อการยังชีพและจำหน่ายเป็นสินค้า มี 9 ประเภท ได้แก่ 1) การใช้ไม้ฝืน/ถ่าน โดยร่วม 1,169.2 ลม./ปี 2) เห็ดป่า 12 ชนิด (8,248 กก./ปี) 3) หน่อไม้ 9 ชนิด มี (8,978 กก./ปี) 4) ผลไม้ป่า 11 ชนิด มี (612.5 กก./ปี) 5) พืชผักป่า 6 ชนิด มี (4,156 กก./ปี) 6) สมุนไพร 10 ชนิด มี (161 กก./ปี) 7) สัตว์ป่า 13 ชนิด มี (5,933.5 กก./ปี) 8) แมลงกินได้ 4 ชนิด มี (168.5 กก./ปี) และ 9) เส้นใยและเถาวัลย์ 7 ชนิด มี (12,506 กก./ปี) คิดเป็นมูลค่าการใช้ประโยชน์จากป่าทั้งในด้านการบริโภคและจำหน่าย รวมทั้งหมด 9,320,711.45 บาทต่อปี หรือเฉลี่ย 36,986.95 บาทต่อครัวเรือนต่อปี

คำสำคัญ: ป่าชุมชน การใช้ประโยชน์จากป่า มูลค่าการใช้ประโยชน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

คำนำ

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) เป็นประเทศที่อยู่ระหว่างการพัฒนา ซึ่งการพัฒนาประเทศนั้นจำเป็นจะต้องอาศัยทรัพยากรจากป่าไม้เป็นหลัก โดยเฉพาะมาจากการทำไม้ (Timber products) และการเก็บหาของป่า (Non-timber forest products, NTFPs) เพื่อการค้าและการส่งออก เพื่อตอบสนองต่อการพัฒนาประเทศ จากการประเมินการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของครัวเรือนในชนบทของ สปป.ลาว โดย (Ministry of Agriculture and Forestry, 2004) รายงานว่า ครัวเรือนในชนบทได้นำไม้มาใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างและซ่อมแซมที่อยู่อาศัย โดยเฉลี่ย 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี ไม้ฝืนโดยเฉลี่ย 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี ในส่วนของป่ามีผู้นำมาใช้เพื่อ การยังชีพ คิดเป็นร้อยละ 44 ของมูลค่าการยังชีพทั้งหมด (Coutsoukis, 2004) ซึ่งการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้ที่ผ่านมาดูเหมือนมากเกินความจำเป็นและเกินกำลังการผลิตของป่าไม้ เพื่อตอบสนองตามความต้องการของพวกเขาโดยไม่คำนึงว่าทรัพยากรป่าไม้เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งที่ช่วยรักษาความสมดุลของระบบนิเวศ ทำให้ป่าไม้มีความเสื่อมโทรมและมีแนวโน้มว่าจะทวีความรุนแรงมากขึ้น (Ministry of Agriculture and Forestry, 2005) จากสถิติป่าไม้ของ สปป.ลาว แต่ปี พ.ศ. 2483 ถึง พ.ศ. 2545 ระบุว่ามีการลดลงอย่างมากจาก 71% คงเหลือ 41% (IUCN, 2011) ซึ่งสาเหตุสำคัญของการลดลงของป่าไม้ส่วนใหญ่เกิดจากการตัดไม้ที่ผิดกฎหมาย การทำไร่เลื่อนลอย การขยายพื้นที่การเกษตรของพืชเศรษฐกิจในรูปแบบการสัมปทานและระดับครัวเรือน (Costenbader *et al*., 2015) จากปัญหาดังกล่าวรัฐบาล สปป.ลาว ได้มีนโยบายเกี่ยวกับการดูแลรักษาทรัพยากรป่าไม้ ที่เรียกว่า “การแบ่งดิน-แบ่งป่า” เพื่อยุติการถางป่าทำไร่เลื่อนลอย โดยนโยบายได้เน้นการมอบที่ดินเกษตรและพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมให้กับชุมชนสำหรับการปลูกพืช ปลูกสร้างสวนป่าหรือเลี้ยงสัตว์ เพื่อใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจในระดับครัวเรือนและมอบป่าไม้ให้กับชุมชนเพื่อครุ้มครองและใช้ประโยชน์ภายในชุมชน (Ministry of Agriculture and Forestry, 2005) ซึ่งลักษณะดังกล่าวในการศึกษานี้เรียกว่าป่าชุมชน “ป่าไม้บ้าน”

ป่าชุมชนใน สปป.ลาว มุ่งเน้นไปที่ป่าเพื่อการผลิตและเพื่อการใช้ประโยชน์ของชาวบ้าน โดยอนุญาตให้ชาวบ้านเข้าถึงทรัพยากรป่าไม้ได้ นอกจากนี้ ยังให้ความสำคัญกับประโยชน์จากของป่า (NTFP) และการปลูกป่า (Sunderlin, 2006) ที่ผ่านมามีหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากป่าของชุมชนท้องถิ่นต่างๆ เช่น ในงานวิจัยของ Sitthirath *et al*. (2011) พบว่า กลุ่มตัวอย่างใช้ประโยชน์จากของป่า 11 ประเภท คิดเป็น มูลค่า 3,623,651.00 บาทต่อปี ผลการวิจัยของ (Thephavanh *et al.,* 2011) พบว่า คุณภาพทรัพยากรป่าไม้โดยรวมในหมู่บ้านมีความเสื่อมโทรมและป่าไม้หมดลง นอกจากนี้การใช้ทรัพยากรป่าไม้เพื่อการทำไม้และฟืนคาดว่าจะลดลงในอนาคตด้วย Emerton (2001) พบว่าใน น้ำแอด-พูเลย NBCA เกี่ยวกับการประเมินมูลค่าการใช้ประโยชน์จากป่า พบว่า สามารถประเมินมูลค่าเป็นเงิน 1,148,485 เหรียญสหรัฐต่อปีและ Foppes and Ketphanh (1997) ได้ประเมินจาก NTFPs และ ปริมาตรไม้ (Timbers) จำนวน 4,283,146 ดอลลาร์สหรัฐและ 64,500,000 ดอลลาร์สหรัฐตามลำดับ และ นอกจากนั้นการวิจัยของ Jensen (2009) ได้ประเมินมูลค่าของ NTFP เป็นเงินจำนวน 33 ล้านดอลลาร์สหรัฐต่อปี ข้อมูลที่พบจากงานวิจัยเหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนอนุรักษ์และจัดการการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ในพื้นที่นั้น ๆ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึ่งมุ่งวิเคราะห์ สถานการณ์ และการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นตัวแทนครัวเรือนจาก 6 หมู่บ้านที่อาศัยอยู่ในกลุ่มบ้านห้วยขิง เมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สปป. ลาว ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางการอนุรักษ์ป่าชุมชนให้เกิดความเหมาะสมเอื้อประโยชน์ต่อชุมชนในพื้นที่และสังคมส่วนรวมได้ใช้อย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ได้กำหนดประชากรกลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูลได้แก่ ผู้นำชุมชน หน่วยงานป่าไม้ และ ครัวเรือนตัวอย่างด้วยวิธีการและขั้นตอนดังนี้

1) ครัวเรือนกลุ่มตัวอย่างที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ห้วยขิง เมืองโพนไซ แขวงหลวงพะบาง โดยทำการคัดเลือกประชากรกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 6 หมู่บ้าน 678 ครัวเรือน (DAFO, 2016) โดยวิธีการใช้สูตรการคำนวณของ Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ได้จำนวนครัวเรือนตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 252 ครัวเรือน หลังจากทราบจำนวนครัวเรือนที่เหมาะสมสำหรับที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้แล้ว ทำการคำนวณหาครัวเรือนตัวอย่างของแต่ละหมู่บ้าน โดยใช้สูตรการกระจายตามสัดส่วน

2) ผู้นำชุมชนและหน่วยงานป่าไม้ โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ แบบสอบถามเก็บข้อมูลพื้นฐานสำหรับประชากรตัวอย่างในกลุ่มห้วยขิง เมืองโพนไซ แขวงหลวงพะบาง และแบบสัมภาษณ์ (Questionnaire) เชิงลึก โดยทำการวิเคราะห์เนื้อหาในแต่ละประเด็นได้แก่ สถานการณ์ป่าชุมชนกลุ่มห้วยขิง และการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนของชุมชนกลุ่มห้วยขิง เมืองโพนไซ แขวงหลวงพะบาง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) สำหรับข้อมูลทั่วไป ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม และการใช้ประโยชน์ป่าชุมชนของชุมชนตัวอย่าง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นประกอบค่าสถิติ เช่น ค่าร้อยละ (percent) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ส่วนการประเมินมูลค่าจากการใช้ประโยชน์ป่าชุมชน ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

มูลค่าสุทธิเฉลี่ย $$\bar{V} = \sum_{n=1}^{n} \frac{V_n}{n} = \frac{V_1+V_2+V_3,\ldots\ldots,+V_n}{n}$$

รายได้ของครัวเรือน $$R_n = \sum_{i=1}^{n} (P_i\, Q_i)_n$$

กำหนดให้

$\bar{V}$ = มูลค่าสุทธิเฉลี่ยจากการใช้ประโยชน์ป่าชุมชน ของครัวเรือนตัวอย่างทั้งหมด (บาทต่อครัวเรือนต่อปี)

V_n = มูลค่าการใช้ประโยชน์ป่าชุมชนทั้งหมดของครัวเรือนตัวอย่างที่ n (บาทต่อปี)

R_n = รายได้จากการเก็บผลิตผลป่าไม้ของครัวเรือนตัวอย่างที่ n ในรอบปี พ.ศ. 2562 (บาท)

P_k = ราคาเฉลี่ยของผลิตผลป่าไม้ชนิดที่ k ในรอบปี พ.ศ. 2562 (บาท)

Q_k = ปริมาณผลิตผลป่าไม้ชนิดที่ k ที่เก็บได้ในรอบปี พ.ศ. 2562

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษาพบว่าผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 71.83) อาจเป็นไปได้ว่าเพศชายนั้นมักเป็นผู้นำในด้านกิจกรรมต่างๆ มากกว่าเพศหญิง ทั้งในด้านกิจกรรมเกี่ยวกับป่าไม้ ด้านการสื่อสารด้วยภาษากลาง (ภาษาลาว) พบว่าผู้ตอบส่วนใหญ่เป็นผู้ชาย ส่วนใหญ่มีอายุต่ำกว่าหรือเท่ากับ 30 ปี (ร้อยละ 37.30) และอายุเฉลี่ย 35 ปี มีการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 42.86) และไม่ได้เรียนหนังสือ (ร้อยละ 31.75) จำนวนสมาชิกในครัวเรือนส่วนใหญ่ 5-7 คน (ร้อยละ 57.54) โดยเฉลี่ยมีจำนวนสมาชิกต่อครัวเรือน 7 คน มีอาชีพทำเกษตรกรรมเป็นหลัก (ร้อยละ 98.81) สำหรับรายได้ของกลุ่มตัวอย่างเฉลี่ย 29,322.38 บาทต่อปี ส่วนใหญ่มีรายได้มาจากการทำการเกษตรกรรม การเลี้ยงสัตว์และเก็บหาของป่า

Table 1 General information of sample group

General information	No. of household (N=252)	Percent (%)
Gender		
Male	181	71.83
Female	71	28.17
Age (year)		
≤30	94	37.30
31-40	91	36.11
41-50	50	19.84
51-60	15	5.95
≥61	2	0.79
Average = 35.09	**Min = 19**	**Max = 65**

Table 1 (Continue)

General information	No. of household (N=252)	Percent (%)
Education		
Uneducated	80	31.75
Primary school	108	42.86
Junior high school	44	17.46
Senior high school	15	5.95
Vocational – Diploma	5	1.59
Bachelor degree and higher	1	0.40
Career		
Agriculturist	249	98.81
Civil servant	1	0.40
Merchant	2	0.79
No. of household member		
<5	25	9.92
5-7	145	57.54
8-10	74	29.37
>10	8	3.17
Average = 6.74	Min = 2	Max = 12
Annual income (bath)		
$\leq$15,000	29	11.51
15,001-30,000	128	50.79
30,001-45,000	43	17.06
45,001-60,000	32	12.70
$\geq$60,001	20	7.94
Average = 29,322.38	Min = 6,329.11	Max = 110,759.49

สถานการณ์ป่าชุมชนในพื้นที่

พบว่าอดีตชุมชนมีการบุกรุกพื้นที่ป่าจำนวนมาก เนื่องจากรัฐบาลยังไม่ได้มีการกำหนดเขตแดนของพื้นที่ป่าและพื้นที่ทำการผลิต ทำให้ชุมชนมีการใช้พื้นที่ป่าเพื่อการเกษตรกรรมจำนวนมาก จากการรายงานของสำนักงานเกษตรและป่าไม้เมืองปี พ.ศ 2553 ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม้ของเมืองอยู่ที่ 48,479 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 21.61 ในนั้นกลุ่มห้วยขิงพื้นที่ป่ามีเพียง 5,142 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 10.61 ของพื้นที่ป่าทั่วเมือง ต่อมารัฐบาลได้กำหนดการจัดสรรที่ดิน - แบ่ง

ดินมอบป่า ให้ประชาชนใช้ในอัตราที่กำหนด เพื่อลดการบุกรุกพื้นที่ป่า ซึ่งตามแผนพัฒนาของเมืองจะเพิ่มพื้นที่ป่าให้ได้ 182,110 เฮกตาร์ ภายในปี พ.ศ 2563 ร้อยละ 81.17 ของพื้นที่เมือง จากการรายงานของผู้นำชุมชนและหน่วยงานป่าไม้ เห็นว่ายังมีประชาชนจำนวนหนึ่งยังมีการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อขยายพื้นที่ทำการเกษตร (เลี้ยงสัตว์) และการเก็บหาของป่าเกินกำลังการผลิต ทั้งนี้อาจเนื่องด้วยชุมชนในพื้นที่ศึกษาเป็นกลุ่มคนชนเผ่า ไม่มีอาชีพ มีการศึกษาน้อย มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนมาก ทำให้ไม่มีทางเลือกมากในการประกอบอาชีพอื่นๆ จึ่งต้องมีการพึ่งพาป่าไม้เพื่อการยั้งชีพ ฉะนั้นชุมชนในพื้นที่จึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าไม้ในพื้นที่เสื่อมโทรม เพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าตามแผนพัฒนาของเมือง

การใช้ประโยชน์จากป่าชุมชน

จากการศึกษาพบว่า ชุมชนในพื้นที่ศึกษามีการใช้ประโยชน์จากป่าทั้งในส่วนที่เป็นเนื้อไม้และของป่า โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อการบริโภคในครัวเรือนและจำหน่ายเป็นสินค้า คิดเป็นร้อยละ 52.8 นอกนั้นยังมีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่า เพื่อเป็นพื้นที่เลี้ยงสัตว์ และรักษาแหล่งน้ำ โดยการใช้ประโยชน์จากป่ามีการจัดประเภทดังนี้

1. การใช้เนื้อไม้ในการก่อสร้างและซ่อมแซมที่อยู่อาศัย ไม้เป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญและจำเป็นกับชุมชนในท้องถิ่นตั้งแต่ดีตจนถึงปัจจุบัน โดยการนำมาสร้างบ้านเรือนให้ผู้คนอาศัยอยู่ ทำเป็นเครื่องตกแต่งบ้าน สิ่งของเครื่องใช้ต่างๆภายในบ้าน ผลการศึกษาชุมชนกลุ่มตัวอย่างพบว่า มีการนำไม้จากป่ามาใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างและซ่อมแซมที่อยู่อาศัย ในอัตราโดยรวม 1219.7 ลม./ปี เฉลี่ย 4.84 ลม./ต่อครัวเรือนต่อปี ซึ่งชนิดไม้ที่นิยมนำมาใช้ได้แก่ ก่อ (*Quercus serrata*) สน (*Keteleria davidiana*) จำปีป่า (*Paramichelia baillonii*) ลำพูป่า (*Duabanga grandiflora*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) เต่น (*Mesua ferrea*) ซ้อ (*Gmelina arborea*) แปก (*Pinus kesiya*) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) และไผ่ (*Bambusa spp*) เป็นต้น

2. การใช้ของป่า (Non-Timber forest Product) ชุมชนกลุ่มห้วยขิงมีการใช้ประโยชน์ของป่าตลอดปี เนื่องจากป่ามีความหลากหลายของชนิดพืชและสัตว์ จากการศึกษาพบว่า ชุมชนมีการนำของป่ามาใช้เพื่อการยังชีพและจำหน่าย คิดเป็นร้อยละ 52.8 และใช้เพื่อการยังชีพเพียงอย่างเดียว คิดเป็นร้อยละ 47.2 ของครัวเรือนทั้งหมด ซึ่งของป่าที่พบเห็นหรือนำออกจากป่ามาใช้ประโยชน์รวมมี 9 ประเภท โดยของป่าแต่ละประเภทจะให้ผลผลิตตามฤดูกาลหมุนเวียนไปตลอดทั้งปี และเอื้อประโยชน์แก่การดำรงชีวิตของชุมชนในพื้นที่ โดยปริมาณการใช้ประโยชน์จากของป่าในแต่ละประเภท มีดังนี้

2.1 ไม้เชื้อเพลิง การใช้ไม้เชื้อเพลิงของชุมชนในท้องถิ่นนั้นมีมาแต่ดีตจนถึงปัจจุบัน โดยส่วนมากนำมาใช้ในการหุงต้มประกอบอาหารและใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความอบอุ่นร่างกายในช่วงฤดูหนาว จากการศึกษาพบว่า ชุมชนกลุ่มห้วยขิงร้อยละ 100 มีการใช้ไม้เชื้อเพลิง ในอัตราโดยรวมประมาณ 1169.2 ลม./ปี เฉลี่ย 4.64 ลม./ครัวเรือน/ปี ซึ่งไม้ที่ถูกนำมาใช้นั้นส่วนมากเป็นไม้เศษต่าง ๆ ที่อยู่ในป่า เช่น ไม้ตาย กิ่ง และไม้ที่ได้จากหัวไร่ปลายนา เป็นต้น (Table 2)

2.2 เห็ดป่า (Mushroom) ป่าชุมชนห้วยขิงอุดมไปด้วยเห็ดป่าหลากหลายชนิด ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 93.65 มีการนำเห็ดป่ามาใช้ประโยชน์ 12 ชนิด ได้แก่ เห็ดก่อแดง *(Russula rosea Pers.)* เห็ดถ่าน *(Russula densifolia Secr.)* เห็ดปวก *(Termitomyces cf. tylerianus)* เห็ดบี้ *(Schizophyllum commune)* เห็ดเผิ้ง

(Boletus edulis Bull) เห็ดสะนุ่น *(Auricularia auricula-judae)* เห็ดละโงก (*Amanita princeps Corner & Bas)* เห็ดบด *(Lentinus polychrous)* เห็ดตาบ *(Termitomyces cf. clypeatus)* เห็ดแสดใหย่ *(Cantharellus cibarius)* เห็ดตีนหมี และเห็ดขอนขาว *(Lentinus squarrosulus)* มีปริมาณรวมทั้งหมด 8,248.00 กก./ปี เฉลี่ย 32.73 กก./ครัวเรือน/ปี ชนิดที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์และสร้างรายได้ให้กับชุมชนมากที่สุด คือ เห็ดก่อแดง รองลงมา เห็ดถ่าน เห็ดปวก เห็ดบี้ เห็ดเผิ้ง เป็นต้น มีปริมาณ 3,423; 1,561; 875; 526 และ 454.5 กก./ปี ตามลำดับ เป็นชนิดเห็ดที่มีราคาแพง ที่มีการส่งออกไปขายยังประเทศจีน (Table 2)

2.3 หน่อไม้ (Bamboo shoots) ชุมชนกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 89.68 มีการเก็บหน่อไม้จากป่ามาใช้ประโยชน์ รวมมี 9 ชนิด ได้แก่ หน่อไผ่ชาง *(Dendrocalamus strictus)* หน่อไผ่หก *(Dendrocalamus hamiltonii)* หน่อไผ่บง *(Bambusa tulda)* หน่อไผ่ลัน *(Indosasa sp)* หน่อไผ่ขม *(Indosasa sinica C.D.ChuetC.S.Chao*) หน่อไผ่หวาน หน่อไผ่เฮ้ย *(Schizostachyum blumei)* หน่อไผ่ไล่ *(Albociliata Bamboo)* และหน่อไผ่ซอด *(Oxytenanthera parvifolia Br)* มีปริมาณการเก็บโดยรวม 8,978 กก./ปี เฉลี่ย 35.63 กก./ครัวเรือน/ปี ชนิดที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดคือ หน่อชาง หน่อหก หน่อขม หน่อไล่ และหน่อเฮ้ย เป็นต้น คิดปริมาณเท่ากับ 2,449; 2,074; 1,305; 1,004 และ 863 กก./ปี ตามลำดับ (Table 2)

2.4 ผลไม้ป่า (Wild fruit) ผลไม้ป่าที่ชุมชนในพื้นที่นำมาใช้ประโยชน์รวมแล้วร้อยละ 38.10 รวมมี 11 ชนิด ได้แก่ มะไฟ *(Baccaurea ramiflora Lour)* มะก่อ *(Castanopsis indica)* ส้มพด *(Rhus chinensis Mill.)* มะม่วงป่า *(Mangifera pentandra)* มะชิม *(Amalocalyx microlobus perre ex Spire)* มะเฟืองป่า *(Averrhoa carambola L.)* มะกอก *(Spondias pinnata)* มะขามป้อม *(Phyllanthus emblica L)* มะแหน่ง *(Amomum ovoideum Pierre)* มะระขี้นก *(Momordica charantia Linn)* และมะว่า *(cumini Syzygium (L.)* ปริมาณการเก็บรวม 612.50 กก./ปี เฉลี่ย 2.43 กก./ครัวเรือน/ปี ชนิดที่มีปริมาณการนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดคือ มะไฟ มะม่วงป่า มะก่อ มะส้มพด และมะชีม มีปริมาณ 282.5; 111; 58; 40 และ 35.5 กก./ปี ตามลำดับ (Table 2)

2.5 พืชผักป่า (Forest vegetables) ในพื้นที่ศึกษามีพืชผักป่าหลายชนิดที่สามารถเก็บมารับประทานได้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 84.52 นิยมเก็บมาบริโภคเป็นประจำมี 6 ชนิด ได้แก่ ผักหวานป่า (*Melientha suavis*) ผักฮาก (*Erythropalum scandens Blume*) ผักขะ (*Acacia pennata* (L.)) ผักกูดน้ำ (*Diplazium esculentum*) กูดง้อง และผักหนอก (*Centella asiatica* (L.) Urb) เป็นต้น มีปริมาณการเก็บโดยรวม 4,156 กก./ปี เฉลี่ย 16.49 กก./ครัวเรือน/ปี ชนิดที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดคือ ผักฮาก ผักหวานป่า ผักกูดน้ำ กูดง้อง และ ผักขะ เป็นต้น มีปริมาณ 1,390; 1,259; 490; 428 และ 421 กก./ปี ตามลำดับ (Table 2)

2.6 สมุนไพร (Herbs) การใช้ประโยชน์พืชสมุนไพร มีทั้งหมด 10 ชนิด ได้แก่ บอระเพ็ด *(Tinospora crispa (L.)* สาละผิดคำ มะขามป้อม *(Phyllanthus emblica)* สาบเสือ *(Chromolaena odorata (L.)* มะหว้า *(Syzygium cumini (L.) Skeels)* มะแหน่ง *(Amomum villosum Lour. var)* ยาหัว *(Smilax glabra Roxb.)* เห็ดลินจือ *(Ganoderma lucidum)* เปือกประดู่ *(Pterocarpus indicus Willd)* และต้นชมพู *(Eugenia javanica Lam)* เป็นต้น มีปริมาณการใช้ประโยชน์รวม 161 กก./ปี เฉลี่ย 0.64 กก./ครัวเรือน/ปี โดยชนิดที่มีปริมาณการนำใช้มาก ได้แก่

ยาหัว มะแหน่ง สาละผิดคำ และ มะขามป้อม แต่ละชนิดมีปริมาณ 110; 20; 10 และ 10 กก./ปี ตามลำดับ ส่วนมากใช้ประโยชน์ จากการต้มเป็นน้ำดื่มในชีวิตประจำวัน ย่าปัวดีกะเพาะ และ ปัวผิดกำของแม่หญิงที่คอดลูกใหม่ (Table 2)

2.7 สัตว์ป่า (Wildlife) กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 88.89 มีการใช้ประโยชน์สัตว์ป่า ซึ่งรวมมี 13 ชนิด ได้แก่ ฟาน (*Muntiacus muntjac*) หมูป่า (*Sus scrofa*) กระฮอก (*Callosclurus erythraeus*) หนูหวาย (Rattus rattus) นก ไก่ป่า (*Gallus gallus*) เหงัน (*Arctictis binturong*) แลน (*Varanus bengalensis*) ตุ่น (Talpidae) อ้น (*Rhizomys sumatrensis*) กระปู (*Thaipotamon chulabhorn*) ลิงลม (Nycticebus) และปลา เป็นต้น มีปริมาณการใช้ประโยชน์รวม 5,933.50 กก./ปี เฉลี่ย 23.55 กก./ครัวเรือน/ปี ชนิดสัตว์ป่าที่พบและนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดคือ กระฮอก หนูหวาย ไก่ป่า ฟาน และปา ปริมาณ 1,392; 1,262.50; 731.50; 663 และ 544.50 กก./ปี ตามลำดับ (Table 2)

2.8 แมลงกินได้ (Edible insects) มีการใช้ประโยชน์ 4 ชนิด ได้แก่ ผึ้ง *(Anthophila)* ต่อ *(Above)* หนอนไม้ไผ่ (*Omphisa fuscidenttalis* Hampson) และ แมลงจรวด *(Sphingidae)* มีปริมาณการใช้โดยรวม 168.50 กก./ปี เฉลี่ย 0.67 กก./ครัวเรือน/ปี แต่ละชนิดมีปริมาณการใช้ประโยชน์มี 65; 55; 33 และ 15.5 กก./ปี ตามลำดับ แมลงกินได้เป็นทรัพยากรที่เริ่มหายาก ปริมาณที่จับได้มีน้อย อีกทั้ง ต้องใช้ทักษะและความสามารถเฉพาะตัวในการจับหา เป็นที่ต้องการของตลาด มีราคาแพง คนนิยมบริโภคเป็นจำนวนมาก (Table 2)

2.9 เส้นไยและเถาวัลย์ ครัวเรือนตัวอย่างร้อยละ 82.54 มีการใช้ประโยชน์เส้นไยและเถาวัลย์รวมมี 6 ชนิด ได้แก่ แขม *(Thysanolaena latifoli)* เปลือกเมือก *(Boehmeria glomerulifera Miq.)* ปอสา *(Broussnetia papyritera Vent)* หวาย *(Calamus spp)* สะค่าน *(Piper ribersoides wall)* และตาว *(Arenga westerhouti)* ซึ่งมีปริมาณการใช้โดยรวม 12,506 กก./ปี เฉลี่ย 49.63 กก./ครัวเรือน/ปี ชนิดที่นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดได้แก่ แขม รองลงมา เปลือกเมือก ปอสา สะค่าน หวาย และตาว มีปริมาณ 8,920; 1,908; 982; 290; 237.50 และ168 กก./ปี ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Average annual household use of forest product in HOUYKING County PHONXAI District, Luangprabang Province, Lao PDR

Forest Product	No. house -hold	Percent (%)	Unit	Quantity of utilization		Utilization value (Kip)	
				Total	Average per household	Total	Average per household
Wood for building	252	100	m^3	1,219.70	4.84	6,708,350.00	26,620.44
Fuel wood	252	100	m^3	1,169.20	4.64	84,600.00	2,319.84
Mushroom	236	93.65	Kg	8,248.00	32.73	813,555.05	3,228.39
Bamboo shoots	226	89.68	Kg	8,978.00	35.63	160,657.49	637.53
Wild fruit	96	38.10	Kg	612.50	2.43	7,574.92	30.06
Forest vegetables	213	84.52	Kg	4,156.00	16.49	127,844.04	507.32

Table 2 (Continued)

Forest Product	No. house -hold	Percent (%)	Unit	Quantity of utilization		Utilization value (Kip)	
				Total	Average per household	Total	Average per household
Herbs	21	8.33	Kg	161.00	0.64	13,685.00	54.31
Wildlife	224	88.89	Kg	5,933.50	23.55	602,255.35	2,389.90
Edible insects	17	6.75	Kg	168.50	0.67	44,334.86	175.93
Fibers and Liana	208	82.54	Kg	12,506.00	49.63	257,854.74	1,023.23

มูลค่าการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชน

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการหามูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนโดยตรงเท่านั้น มูลค่าสุทธิดังกล่าวคำนวณจากมูลค่าการใช้ประโยชน์ผลิตผลจากป่าชุมชน หักด้วยต้นทุนการหาของป่า แต่จากการสำรวจครัวเรือนกลุ่มห้วยขิง พบว่าการเข้าไปเก็บผลิตผลป่าไม้ในพื้นที่นี้ไม่มีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายใด ๆ ดังนั้นมูลค่าการใช้ประโยชน์ป่าชุมชนทั้งหมดจะเท่ากับมูลค่าสุทธิ จากการเก็บข้อมูลการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนโดยทางตรงของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาในหัวข้อข้างต้น สามารถนำมาคำนวณเป็นมูลค่าจากการใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการบริโภคและจำหน่าย ทั้งหมด 9,320,711.45 บาทต่อปี หรือเฉลี่ย 36,986.95 บาทต่อครัวเรือนต่อปี ทั้งนี้มีการจำแนกเป็นมูลค่าการใช้ประโยชน์ จากเนื้อไม้ และ ของป่า โดยมูลค่าจากการใช้ประโยชน์เนื้อไม้คิดเป็น (6,708,350.00 บาทต่อปี) ส่วนของป่า พบว่าเห็ดป่า จัดเป็นผลิตผลที่มีมูลค่าการใช้ประโยชน์สูงสุด (813,555.05 บาทต่อปี) รองลงมา ได้แก่ สัตว์ป่า (602,255.35 บาทต่อปี) ไม้ฟืน (584,600.00 บาทต่อปี) เส้นใยและเถาวัลย์ (257,854.74 บาทต่อปี) หน่อไม้ (160,657.49 บาทต่อปี) พืชผักป่า (127,844.04 บาทต่อปี) แมลงกินได้ (44,334.86 บาทต่อปี) สมุนไพร (13,685.00 บาทต่อปี) และผลไม้ป่า (7,574.92 บาทต่อปี) ตามลำดับ (Table 1)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า สถานการณ์พื้นที่ป่าชุมชนในกลุ่มห้วยขิง จากอดีตสู่ปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดี ชุมชนมีการบุกรุกพื้นที่ป่าน้อยลง ภายหลังที่ภาครัฐได้มีการจัดสรรที่ดิน โดยการมอบดิน-แบ่งป่า ให้ประชาชนนำใช้ในอัตราที่กำหนด ซึ่งตามแผนพัฒนาของเมืองในปี 2020 ตั้งเป้าหมายการเพิ่มพื้นที่ป่าให้ได้ ร้อยละ 81.17 ของพื้นที่ทั้งเมือง มีแนวโน้มที่จะมีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นในอนาคต ถ้ามีวางแผนการเข้าไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมและสร้างมูลค่าการใช้ประโยชน์จากป่าเพื่อเป็นแรงจูงใจอีกทางหนึ่งที่จะช่วยให้ประชาชนร่วมมือกันอนุรักษ์ป่าไม้เอาไว้ให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

จากการศึกษาด้านการใช้ประโยชน์ป่าชุมชนของชุมชนกลุ่มห้วยขิง เมืองโพนไซ แขวงหลวงพะบาง เห็นว่า ชุมชนกลุ่มตัวอย่างใช้ประโยชน์จากป่า ทั้งส่วนที่เป็นเนื้อไม้ใช้สำหรับการก่อสร้าง/ซ่อมแซมที่อยู่อาศัย และหาของป่าเพื่อการยัง

ชีพและจำหน่ายเป็นสินค้าสร้างรายได้เสริมให้กับครัวเรือน ได้แก่ ไม้ฝืน เห็ดป่า หน่อไม้ ผลไม้ป่า ผืชผักป่า สมุนไพร สัตว์ป่า แมลงกินได้ และ เส้นใยและเถาวัน สิ่งนี้คล้ายคลึงกับผลการศึกษาของ Sitthirath *et al.* (2011) ที่กล่าวว่ากลุ่มตัวอย่างใช้ประโยชน์จากของป่า 11 ประเภท ได้แก่ ไม้ฟืน หน่อไม้ ดอกแขม พืชผักป่า เห็ดป่า ผลไม้ป่า สัตว์ป่า สมุนไพร ยอดหวาย แมลงกินได้ และกล้วยไม้ป่า และ การศึกษาของ Chanmaly and Jintana (2013) พบว่าครัวเรือนกลุ่มตัวอย่างมีการเก็บหาผลผลิตจากป่าเพื่อใช้ประโยชน์ในการดำรงชีพ โดยส่วนใหญ่เก็บเพื่อใช้อุปโภคบริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก ได้แก่ ไม้ฝืนสำหรับใช้หุงต้มและให้ความอบอุ่น ไผ่สำหรับประโยชน์ทั่วไป หน่อไม้ พืชผักป่า ผลไม้ป่า สัตว์ป่า แมลงกินได้ และเห็ดสำหรับเป็นอาหารและพืชสมุนไพร

มูลค่าโดยประมาณของการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนที่รวบรวมและใช้เป็นรายได้เงินสดหรือสำหรับยังชีพอื่น ๆ ในระหว่างการศึกษาคือ 9,320,711.45 บาทต่อปี สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงบทบาทของป่าชุมชนที่ส่งเสริมชีวิตการเป็นอยู่ของชุมชนในชนบท ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Sitthirath *et al.* (2011) พบว่า ชุมชนกลุ่มตัวอย่างมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้ คิดเป็นมูลค่า 3,623,651.00 บาทต่อปี หรือเฉลี่ย 11,467.25 บาทต่อครัวเรือนต่อปี และการศึกษาของ Khensabab (2007) พบว่ารายได้ของครัวเรือนที่มาจากการขายของป่า (NTFP) สร้างรายได้ 114.21 ดอลลาร์สหรัฐหรือ 35% และ 8.6 ดอลลาร์สหรัฐหรือ 4% ของรายได้เป็นเงินสดของครัวเรือนต่อปี บ้านนาคำชวงและบ้านกาแส ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาสถานการณ์และการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนห้วยขิง เมืองโพนไช แขวงหลวงพระบาง สปป. ลาว สามารถสรุปได้ว่า สถานการณ์พื้นที่ป่าชุมชนห้วยขิง จากอดีตสู่ปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดี ชุมชนมีการบุกรุกพื้นที่ป่าน้อยลง และมีแนวโน้มที่จะมีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นในอนาคต หากมีการวางแผนการใช้ประโยชน์จากป่าอย่างเหมาะสมและสร้างมูลค่าการใช้ประโยชน์จากป่าเพื่อเป็นแรงจูงใจอีกทางหนึ่งจะช่วยให้ประชาชนร่วมมือกันอนุรักษ์ป่าไม้เอาไว้ให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

การใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนห้วยขิง พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่คิดเป็นมูลค่ามากที่สุดคือ เนื้อไม้ใช้เข้าในการก่อสร้างและซ่อมแซมที่อยู่อาศัย รองลงมา คือ เห็ดป่า สัตว์ป่า ไม้ฝืน เส้นใยและเถาวัลย์ ตามลำดับ ส่วนขนิดของป่าที่ชุมชนนำมาใช้ประโยชน์และสร้างมูลค่ามากที่สุดได้แก่ เห็ดก่อแดง แขม หน่อไม้ ผักหวาน และสัตว์ป่าบางชนิด เป็นต้น ซึ่งชนิดของป่าเหล่านี้จะมีทั้งสิ่งที่หายากและเป็นที่ต้องการของตลาด มีราคาสูง สามารถส้างรายรับให้แก่ชุมชนในพื้นที่ ดังนั้นคนในชุมชนควรมีการอนุรักษ์ป่าในพื้นที่ให้มีความยั่งยืนเพื่อลูกหลานได้ใช้ประโยชน์ในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรชี้แจงให้ประชาชนเข้าใจและเห็นความสำคัญของป่าไม้ ต่อการเข้าไปใช้ประโยชน์จากป่า คือ ไม่ควรตัดไม้ทำลายป่า หรือเผาป่า เพื่อเก็บหาของป่าและปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ ประชาชนควรมีการทำการเกษตรในเฉพาะพื้นที่ที่ได้รับการจัดสรรเท่านั้น ไม่ควรมีการบุกรุกป่าเพื่อทำการเกษตร ซึ่งเป็นการผิดกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ

ของป่าไม้ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรลงพื้นที่ให้ความรู้แก่ประชาชนให้มากขึ้นเพื่อให้ประชาชนยึด ระเบียบข้อบังคับของกฎหมาย และให้ชุมชนมีพื้นที่ป่าชมใช้ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chanmaly, S. and V. Jintana. 2013. Utilization and management of forest resource by local people: a case study of Nam Et-Phoulouey National Conservation Forest Houaphanh province, Lao People's Democratic Republic. **Thai Journal of Forestry** 33(1): 85-96

Costenbader, J., J. Broadhead, Y. Yasmi and P.B. Durst. 2015. **Drivers of Forest Change in the Greater Mekong Subregion (GMS):An Overview**. 5 p. *In* Policy Brief. Bangkok: The Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Coutsoukis, P. 2004. **Laos Environmental Problems and Policy**. [Online]. Available https://photius.com/countries/laos/economy/laos_economy_environmental_proble~11.html. (23 December 2018)

DAFO. 2016. **Report of Agriculture and Forest Phonxai District Luangprabang Province**. Lao PDR. 28 p. (in Lao)

Emerton, L. 2001. **Forest environmental values and socio-economic development: a case study of Lao PDR**. [Online]. Available http://www.fao.org/3/XII/0938-A1.htm#fn1 (15 January 2019)

Foppes, J. and S. Ketphanh. 1997. The use of non-timber forest products in Lao PDR. pp. 3-8. *In* **Workshop on Protected Area Management**. Vientiane: IUCN-NTFP.

Jensen, A. 2009. Valuation of non-timber forest products value chains. **Forest Policy and Economics** 11: 34-41.

Khensabab, B. 2007. **SWOT Analysis of Utilization of Non-Timber Forest Products by Rural Farm Households - A Case Study of Xaybouathong District, Central Laos.** Dresden: Faculty of Forest, Geo and Hydro Sciences Technische Universität Germany. 83 p.

Ministry of Agriculture and Forestry. 2004. **National Biodiversity Report**. Vientiane: Lao PDR. 85 p. [in Lao]

Ministry of Agriculture and Forestry. 2005. **Forestry strategy to the year 2020 of the Lao PDR**. Vientiane: Lao PDR. 118 p. [in Lao]

Sitthirath, D., T. Pongthanapanich and N. Mungkung. 2011. Forest Resource Utilization in Ban Luk 32 Community, Xay Distric, Oudomxay Province, Lao People's Democratic Republic. **Thai Journal of Forestry** 18(2): 287-295.

Sunderlin, W.D. 2006. Poverty alleviation through community forestry in Cambodia, Laos, and Vietnam: An assessment of the potential. **Forest Policy and Economics** 8(4): 386-396.

Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. Third edition. New York: Harper and Row Publication. 1130 p.

การใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของประชาชนโดยรอบป่าสงวนภูจอมแง เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Forest Resources Utilization of People Residing around Phoujom ngeir Reserved Forest Xiangngern District, Luang Prabang Province, Lao People's Democratic Republic

บุณเฮือง จันนาง* พหล ศักดิ์คะทัศน์ สายสกุล ฟองมูล และนคเรศ รังควัด

Bounheuang Channang*, Phahol Sakkatat, Saisakul Fongmul   and Nakarate Rungkawat

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production

Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: bchannang14@gmail.com

Abstract

This study was conducted to investigate 1) socio-economic attributes of people residing around Phoujom ngeir reserved forest and an amount of forest resource utilization and 2) factors having relationships with forest resource utilization of the people there. A structured interview schedule was used for data collection conducted with a simple group of 188 people from 5 villages around Phoujom ngeir reserved forest. Obtained data were analyzed by using were percentage, mean, standard deviation and multiple regression. Results of the study revealed that about one half of the informants (50.5%) were male and 40.67±10.87 years old on average. More than one-half of the informants (74.5%) were engaged in agriculture but only 39.9 percent were elementary school graduates and below. The informants had 5 .8±1.72 household numbers, 29.87 rai of land holding with a monthly income for 87,711.77 Baht on average. More than on-half of the informants (53.2%) were members of the administration organization in the respective village. Forest products utilized by the informants included wood used to repair houses, fence, stable and make fuel; bamboo and rattan for wickerwork, and others including hubs, edible insects, vegetables, mushroom, fruits, bamboo shoots and wildlife, respectively. A total amount of forest product gathering per year was 11,275.60 kg, per year which was the 641,849 Baht. It was found that main occupation and no. of household members had a positive statistically significant effect on forest resource utilization the informants with a reliability level at 99 and 95 percent, respectively. Household net income per year was found to be negative with a reliability level at 99 percent.

Keywords: utilization of non-timber forest product, forest resources, Phoujomngeir reserved forest

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาข้อมูลทางสังคม เศรษฐกิจ และปริมาณการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของประชาชนที่อาศัยอยู่รอบพื้นที่ป่าสงวนภูจอมแง และ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของประชาชนที่อาศัยอยู่รอบพื้นที่ป่าสงวนภูจอมแง เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บรวบรบมข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 188 คน ที่อาศัยอยู่โดยรอบป่าสงวนพื้นที่เป้าหมาย 5 หมู่บ้าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสัมภาษณ์มีโครงสร้าง และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; S.D) และการสมการถดถอยพหุคูณ Multiple Regression Analysis ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มประชากรตัวอย่างเป็นเพศชายร้อยละ 50.5 และเป็นเพศหญิงร้อยละ 49.5 มีอายุเฉลี่ย 40.67$\pm$10.87 ปี มีการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า คิดเป็นร้อยละ 39.9 มีอาชีพหลักทำการเกษตร ร้อยละ 74.5 จำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 5.8$\pm$1.72 คน ขนาดที่ดินครอบครองเฉลี่ย 29.87 ไร่ต่อครัวเรือน รายได้เฉลี่ย 87,711.77 บาท/ปี เป็นสมาชิกองค์การบริหารในหมู่บ้านร้อยละ 53.2 ผลผลิตจากป่าที่ประชาชนนำไปใช้ ได้แก่ ไม้ใช้ซ่อมแซมบ้านเรือน คอกสัตว์เลี้ยง รั้ว เครื่องจักสาน ไม้ฟืน ส่วนการเก็บหาของป่ามานำใช้ประโยชน์ ได้แก่ สมุนไพร แมลงกินได้ พืชผักป่า เห็ดป่า ผลไม้ป่า หน่อไม้ สัตว์ป่า และอื่นๆ ตามลำดับ ปริมาณการเก็บหาของป่ามานำใช้รวม 11,275.60 กก/ปี เป็นมูลค่ารวม 641,849 บาทต่อปี ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเชิงบวกมี 2 ตัวแปร ได้แก่ อาชีพหลัก และจำนวนสมาชิกในครัวเรือน ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 และ 95% ตามลำดับ ส่วนปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเชิงลบได้แก่ รายได้สุทธิต่อปี ระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์ของป่า ทรัพยากรป่าไม้ ป่าสงวนภูจอมแง

คำนำ

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าและมีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตการเป็นอยู่ของประชาชน ป่าไม้เป็นแหล่งสหนองเสบียงอาหารและลายได้ให้แก่ประชาชนในชนบท ประชาชนร้อยละ 80 อาศัยทรัพยากรป่าไม้เพื่อนำใช้ไม้ ไม้ฟืน เส้นใย ยารักษาโรค อาหาร และนอกนั้นอยังเพื่อความเชื่อถือทางด้านจารีตประเพณีสำหรับบางท้องถิ่นอีกด้วย ป่าไม้สนองกิจกรรมด้านเศรษฐกิจต้นต่อให้แก่ประชาชน โดยเฉพาะของป่าสร้างลายได้มากกว่าคึงหนึ่งของลายได้สุทธิในครอบครัวของประชาชน (Makarabhirom and Raintree, 2005) ในอดีตการพัฒนาเศรษฐกิจและสงคมมาจากการนำใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากเกินไปและไม่มีประสิทธิภาพทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างรวดเร็วจากร้อยละ 50 ในปี ค.ศ. 1982 มาเป็นร้อยละ 40 ในปี ค.ศ. 2010 การลดลงของพื้นที่ป่าดังกล่าวทำให้ระบบนิเวศเปลี่ยนแปลง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เช่น เกิดภาวะความแห้งแล้ง ทำให้เกิดปัญหาความขาดแคลนน้ำใช้เพื่อการเกษตร การเกิดอุทกภัย เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม โรคระบาด ปัญหความยากจนตามมา หากไม่มีการจัดการอย่างถูกต้องทันเวลา อาจ

ก่อให้เกิดภัยธรรมชาติต่อกับประชาชนและประเทศในอนาคต (Secretariat for Formulation of Nation Green Growth Strategy, 2018) จากแนวโน้มการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ รัฐบาลสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป. ลาว) จึงได้มีการจัดกรองประชุมวิชาการป่าไม้ทั่วประเทศใน พ.ศ. 2532 โดยมุ่งเน้นที่การอนุรักษ์ป่าไม้และการปลูกป่า นับแต่นั้นเป็นต้นมารัฐบาลได้พัฒนาและประกาศใช้ยุทธศาสตร์การพัฒนาป่าไม้ พ.ศ.2563 ถือเป็นยุทธศาสตร์สำคัญของการป่าไม้ใน สปป.ลาว มีวัตถุประสงค์ของยุทธศาสตร์ดังกล่าวเพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ให้ได้ร้อยละ 70 ของพื้นที่ประเทศ ยุทธศาสตร์การพัฒนาป่า พ.ศ 2563 ได้ระบุวิธีการจัดการทรัพยากรป่าไม้ โดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนในท้องถิ่น เข้าร่วมกิจกรรมอนุรักษ์และการตัดสินในการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ รวมถึงทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์และส่งผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ของชุมชน ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ สังคมและการเมือง (Ministry of Agriculture and Forestry, 2005)

พื้นที่ป่าภูจอมแง อยู่ในเขตเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง มีพื้นที่ประมาณ 3,530 เฮคตาร์ ครอบคลุม 5 หมู่บ้าน คือ บ้านปากท่อ บ้านนาค่า บ้านห้วยโคต บ้านห้วยโคร้ง และบ้านห้วยแพง ถูกจัดเป็นป่าสงวนของเมืองเชียงเงิน (Forest Resource Management Sub-Division, LuangPrabang Province, 2019) ในอดีตพื้นที่ดังกล่าวเป็นป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ ทำให้ชุมชนตั้งถิ่นฐานอยู่อาศัยโดยรอบเข้าไปใช้ประโยชน์โดยใช้เป็นแหล่งอาหารและเก็บเกี่ยวของป่าเพื่อจำหน่ายสร้างรายได้เลี้ยงครอบครัว มีสมุนไพรรักษาโรค ต่อมาเมื่อชุมชนมีขนาดใหญ่ขึ้น ความต้องการที่ทำกินก็เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุให้ประชาชนมีการบุกรุกแผ้วถางป่าเพื่อใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร ทำให้สภาพป่าแห่งนี้เสือมโทรมลง ผลการสำรวจใน พ.ศ. 2551 พบว่าพื้นที่ป่าสงวนถูกทำลายร้อยละ 11.41 (Upland Agriculture Research Center, 2008) ทั้งนี้มีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากประชาชนส่วนใหญ่ยังมีการดำรงชีวิตโดยยังยึดอาชีพหลักทางการเกษตรรม มีรายได้ต่ำ ดังนั้นเพื่อให้ชาวบ้านในพื้นที่สามารถดำรงชีวิตและพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้ในอัตราที่เหมาะสม จึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาถึงปริมาณการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ รวมถึงเศรษฐกิจและสังคมที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของประชาชนที่อาศัยอยู่รอบพื้นที่ป่าสงวนภูจอมแง เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธรณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในด้านการเป็นแนวทางในการพัฒนาและวางแผนในการจัดการด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรได้แก่ ประชาชนที่อาศัยอยู่ใน 5 หมู่บ้านที่ติดเขตป่าสงวนภูจอมแง เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ประชากร 5 หมู่บ้าน จำนวน 369 ครัวเรือน จากการคำนวณโดยใช้สูตรของ Krejcie and Morgan (Krejcie and Morgan, 1970) ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ได้กลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 188 ครัวเรือน จากนั้นนำไปคำนวณหาสัดส่วนขนาดตัวอย่างของแต่ละหมู่บ้าน โดยใช้สูตรรูปแบบการกระจายสัดส่วน ได้จำนวนครัวเรือนตัวอย่างที่ศึกษาในหมู่บ้านต่าง ๆ ดังนี้ บ้านห้วยโคด บ้านปากท่อ บ้านห้วยโค้ง บ้านนาข่า และบ้านห้วยแพง จำนวน 50, 49, 34, 28 และ 27 ครัวเรือนตามลำดับ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย: เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์เชิงโรงสร้าง เพื่อศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุกคล ปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ ที่มีความสัมพันธ์กับการนำใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของชุมชนในเขตพื้นที่ป่าสงวนภูจอมแง เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

การเก็บรวบรวมข้อมูล: ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง โดยนำแบบสัมภาษณ์ไปสอบถามกับประชาชนกลุ่มตัวอย่างคือ หัวหน้า หรือตัวแทนครัวเรือน เมื่อสัมภาษณ์เสร็จเรียบร้อย นำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้อง สมบูรณ์ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมุติฐาน สรุปผลและรายงานผลการวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล: ผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติวิเคราะห์ คือ 1) สถิติเชิงพรรณนาใช้วิเคราะห์ข้อมูลในส่วนข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม และการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2) สถิติอนุมานใช้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการนำใช้ทรัพยากรป่าไม้ของประชาชนในเขตพื้นที่ป่าสงวนภูจอมแง เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยพหคูณแบบคัดเลือกเข้า (Enter Multiple Regression Analysis) และทดสอบความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% การคำนวณปริมาตของไม้ เท่ากับความก้วางคูณความยาวคูณความสูง (Sovu, 2002)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า มีจำนวนผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดเป็นเพศชายร้อยละ 50.5 และเป็นเพศหญิงร้อยละ 49.5 มีอายุเฉลี่ย 40.67$\pm$10.87 ปี มีการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า คิดเป็นร้อยละ 39.9 มีอาชีพหลักทำการเกษตร ร้อยละ 74.5 จำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 5.85.8$\pm$1.72 คน ขนาดที่ดินครอบครองเฉลี่ย 29.87$\pm$15.14 ไร่ต่อครัวเรือน รายได้เฉลี่ย 87,711.77 บาท/ปี เป็นสมาชิกองค์การบริหารในหมู่บ้านร้อยละ 53.2 มีครัวเรือนที่เข้าไปใช้ผลผลิตจากป่าในพื้นที่อย่างน้อย 1 ประเภทร้อยละ 97.9 มีเพียงร้อยละ 2.1 ที่ไม่เข้าไปใช้ผลผลิตจากป่าใด ๆ

ผู้ให้ข้อมูลมีการนำใช้พืชพรรณในพื้นที่ไปใช้ประโยชน์ในด้านเนื้อไม้ และของป่า พบว่าการนำใช้เนื้อไม้จากป่ามาใช้ประโยชน์มีหลายชนิด ได้แก่ ต้นก่อ (*Castanopsis spp.*) ต้นติ้ว (*Cratoxylum formosum*) ต้นเสียว (*Bauhinia spp.*) ต้นขี้เหล็ก (*Cassia timoriensis*) ต้นรัง (*Shorea siamensis* Mique) ไม้ไผ่ (*Bambusa sp.*) เป็นต้น เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างบ้านเรือนหลือซ่อมแซมบ้าน มีปริมาณที่นำมาใช้ประโยชน์ทั้งหมดเท่ากับ 22.83 ลบ.ม./ปี (เฉลี่ย 0.12 ลบ.ม./ครัวเรือน/ปี) ใช้ในการทำฟืนเพื่อการหุงต้มอาหารและให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายในฤดูหนาว ปริมาณที่นำมาใช้ประโยชน์ทั้งหมดเท่ากับ 828.50 ลบ.ม./ปี (เฉลี่ย 4.41 ลบ.ม./ครัวเรือน/ปี) ใช้ทำคอกสัตว์เลี้ยง ปริมาณที่นำมาใช้ประโยชน์ทั้งหมดเท่ากับ 25.86 ลบ.ม./ปี (เฉลี่ย 0.14 ลบ.ม./ครัวเรือน/ปี) ใช้ในการทำรั้ว ปริมาณที่นำมาใช้ประโยชน์ทั้งหมดเท่ากับ 33.61 ลบ.ม./ปี (เฉลี่ย 0.18 ลบ.ม./ครัวเรือน/ปี) และใช้ในการทำเครื่องจักสาน ปริมาณที่นำมาใช้ประโยชน์ทั้งหมดเท่ากับ 2.48 ลบ.ม./ปี (เฉลี่ย 0.03 ลบ.ม./ครัวเรือน/ปี) (Table 1)

Table 1 Quantity household use of Wood product in Xiangngern district, LuangPrabang Province, Lao PDR

Item	Total harvested	Average per household	Standard Deviation (SD)
Repair houses (m^3/year)	22.83	0.12	0.49
Fuel (m^3/year)	828.50	4.41	1.08
Stables (m^3/year)	25.86	0.14	0.11
Fence (m^3/year)	33.61	0.18	0.13
Wickerwork (m^3/year)	2.48	0.01	0.03

ส่วนการเก็บหาของป่ามานำใช้ประโยชน์รวม 8 ประเภท ได้แก่ 1) สมุนไพร รวมมีพืชพรรณ **5** ชนิด คือ หนังดำ *(Diospyros malabarica)* กางของ *(Millingtonia hortensis)* เครือหอม *(Hemidesmus indicus)* นมนาง *(Pouteria cambodiana)* และเครือเขารอ *(Tinospora crispa)* ปริมาณ 787.7 กก/ปี (เฉลี่ย 4.19 กก/ครัวเรือน/ปี) มีมูลค่าการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 39,385 บาทต่อปี (เฉลี่ย 209 บาท/ครัวเรือน/ปี) 2) แมลงกินได้ มีการนำใช้ประโยชน์ 4 ชนิด คือ ด้วงไผ่ ต่อ ผึ้ง และแมงป่องตัวเล็ก ปริมาณ 516.6 กก/ปี (เฉลี่ย 2.75 กก/ครัวเรือน/ปี) มีมูลค่าการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 78,523 บาทต่อปี (เฉลี่ย 418 บาท/ครัวเรือน/ปี) 3) พืชผักป่า มีพืชพรรณ 5 ชนิด ได้แก่ ผักฮาก (*Erythropalum scandens* Blume) ผักหวาน *(Melientha suavis Pierre)* ผักกูด *(Diplazium esculentum)* ปลีกล้วย (*Musa paradisiaca)* และมะลิ้นไม้ *(Oroxylum indicum)* มีปริมาณเท่ากับ 2386.3 กก/ปี (เฉลี่ย 12.69 กก/ครัวเรือน/ปี) มูลค่าทั้งหมด 217,153 บาทต่อปี (เฉลี่ย 1,155 บาท/ครัวเรือน/ปี) 4**)** เห็ดป่า ประชาชนในพื้นที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์กันมาก ได้แก่ เห็ดโคน (*Termitomyces fuliginosus* Heim) เห็ดหูหนู (*Auricularia auricula-judae)* เห็ดลม (*Lentinus polychrous* Lev) และเห็ดขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont) ปริมาณการนำใช้รวม 1472.6 กก/ปี (เฉลี่ย 7.83 กก/ครัวเรือน/ปี) มีมูลค่าทั้งหมด 164,930 บาทต่อปี (เฉลี่ย 877 บาท/ครัวเรือน/ปี) 5) ผลไม้ป่า ที่ใช้ประโยชน์มาก ได้แก่ มะไฟป่า (*Baccaurea ramiflora)* มะกอกป่า *(Spondias pinnata)* มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) มะแฟน *(Protium serratum)* มะม่วงป่า *(Mangifera caloneura* Kurz*)* และส้มพด (*Rhus chirindensis* Mill) ปริมาณการนำใช้รวม 479.70 กก/ปี (เฉลี่ย 2.55 กก/ครัวเรือน/ปี) มีมูลค่าทั้งหมด 14,391 บาทต่อปี (เฉลี่ย 77 บาท/ครัวเรือน/ปี) 6) หน่อไม้ ชุมชนในพื้นที่มีการนำใช้หน่อไม้มี 3 ชนิด ได้แก่ หน่อไผ่บง *(Bambusa nutans* Wall*)* หน่อไผ่ซาง *(Dendrocalamus strictus)* และหน่อไผ่หก *(Dendrocalamus hamiltonii)* ปริมาณการนำใช้รวม 4377 กก/ปี (เฉลี่ย 23.28 กก/ครัวเรือน/ปี) มีมูลค่าการใช้ทั้งหมด 65,655 บาทต่อปี (เฉลี่ย 349 บาท/ครัวเรือน/ปี) 7) สัตว์ป่า มีการนำมาใช้ประโยชน์มี 4 ชนิด ได้แก่ หนู กระรอก นก และกบ-เขียด ปริมาณการนำใช้ทั้งหมด 353.70 กก/ปี (เฉลี่ย 1.88 กก/ครัวเรือน/ปี) มีมูลค่าการใช้ทั้งหมด 21,222 บาทต่อปี (เฉลี่ย 113 บาท/ครัวเรือน/ปี) 8) และอื่น ๆ ได้แก่ ปอสา (*Broussonetia papyrifera)* แขม *(Phragmites karka)* และหวาย *(Calamus spp)*ปริมาณการนำใช้ทั้งหมด 902 กก/ปี (เฉลี่ย 4.80 กก/ครัวเรือน/ปี) มีมูลค่าทั้งหมด 40,590 บาทต่อปี (เฉลี่ย 216 บาท/ครัวเรือน/ปี) (Table 2)

Table 2 Quantity and value household use of forest product in Xiangngern district, LuangPrabang Province, Lao PDR

Forest product	Harvested (kg/year)	Average (kg/household/year)	Value (Baht)	Average (Baht/household/year)
Herbs	787.70	4.19	39,385	209
Edible insects	516.60	2.75	78,523	418
Forest vegetables	2,386.30	12.69	217,153	1,155
Mushroom	1,472.60	7.83	164,930	877
Wild fruit	479.70	2.55	14,391	77
Bamboo shoots	4,377.00	23.28	65,655	349
Wildlife	353.70	1.88	21,222	113
Other	902.00	4.80	40,590	216
Total	**11,275.60**	**59.98**	**641,849**	**3,414**

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพบว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม มี 3 ตัว โดยแบ่งออกเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวก (positive correlation) 2 ตัวแปร ได้แก่ อาชีพหลัก และจำนวนสมาชิกในครัวเรือน ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และ 95% ตามลำดับ ส่วนตัวแปรที่มีผลเชิงลบ (Negative correlation) ได้แก่ รายได้สุทธิต่อปี ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระทั้งหมดแล้ว พบว่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระทั้งหมด มีค่า R^2 เท่ากับ 0.394 หรือร้อยระ 39.4 นั่นคือ ตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม หรือการนำใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของประชาชนในเขตพื้นที่ป่าสงวนภูจอมแง เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง ได้ร้อยระ 39.4 ส่วนที่เหลืออีกร้อยระ 60.6 เป็นอิทธิพลจากตัวแปรอื่น ๆ (Table 3)

เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Standardize Coefficient) ในรูปคะแนนมาตรฐาน (Beta) พบว่า อาชีพหลัก รายได้ทั้งหมดของครัวเรือน และจำนวนสมาชิกในครัวเรือนตามลำดับ (Beta เท่ากับ 0.479,-0.223, 0.170 ตามลำดับ) ส่วน เพศ อายุ ระดับการศึกษา ขนาดการถือครองที่ดิน และการเป็นสมาชิกองค์กรชุมชนไม่มีความแปรปรวนร่วมกับการนำใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของประชาชนในเขตพื้นที่ป่าสงวนภูจอมแง เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง (Table 3)

Table 3 An analysis of factors affecting forest resource utilization of peoples in Xiangngern district LuangPrabang province, Lao People's Democratic Republic.

Independent variables	Dependent variable forest resources utilization				
	b	Beta	t	sig	VIF
Sex	2.105	3.751	.034	.575	1.073
Age	.341	.179	.119	.058	1.148
Education level	2.731	4.226	.041	.519	1.162
Main occupation	34.186	4.411	.479	.000**	1.128
Number of member in the household	3.082	1.094	.170	.005**	1.071
Size of land holdings	-.044	.130	-.021	.735	1.176
Household income	-.001	.000	-.223	.001**	1.230
Social group membership	1.754	3.760	.028	.641	1.074
Constant	29.879		2.892	0.000	
R = 0.628,	**R^2 = 0.394,**		**F= 14.536,**		**Sig F=0.000**

Statistically significant level at 0.05; ** Statistically significant level at 0.01

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาเกี่ยวกับการนำใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้พบว่า ชาวบ้านมีการนำใช้ผลผลิตจากป่าออกตามฤดูการ เพื่อใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ได้แก่ เป็นแหล่งวัตถุดิบ ไม้ใช้สอย ไม้ฟืน สมุนไพร และอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับ Sithirath *et al.* (2011) ที่กล่าวไว้ว่า การใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของชุมชนหมู่บ้านหลัก 32 เมืองไซ แขวงอุดมไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว รวม 11 ประเภท ได้แก่ ไม้ฟืน หน่อไม้ แขม พืชผัก เห็ดป่า ผลไม้ป่า สัตว์ป่า สมุนไพร ยอดหวาย แมลงกินได้ และกล้วยไม้ และสอดคล้องกับ Satean *et al.* (2013) ที่พบว่า ลักษณะการใช้ประโยชน์ทรัพยากรพรรณพืชของชุมชนมุ่งเน้นไปเพื่อการยังชีพมากกว่ายึดเป็นอาชีพหลัก โดยการเก็บหาตามฤดูกาล ส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหารแก่คนในท้องถิ่น แม้จะมีการจำหน่ายผลผลิตจากป่าแต่เป็นเพียงการขายเพื่อเป็นรายได้เสริมเท่านั้น

โดยผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอาชีพมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการนำใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ในท้องถิ่นทั้งนี้ กล่าวคืออาชีพเกษตรกรเพิ่มมากขึ้น อาจทำให้มีการนำใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้มากไปด้วย เนื่องจากเป็นอาชีพที่ทำงานใกล้เขตพื้นที่ป่าทำให้มีช่วงเวลาที่จะเข้านำใช้ทรัพยากรป่าไม้งายกว่าอาชีพอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Suksard and Chaipunya (2016) พบว่า อาชีพหลักเกษตรกรมีผลต่อการพึ่งพิงทรัพยากรป่าไม้ของราษฎรในป่า

ชุมชนบ้านหนองผักไร อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา และการศึกษาของ Lacivy *et al.* (2012) ที่พบว่า อาชีพหลักเกษตรกรเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการพึ่งพิงทรัพยากรป่าไม้ของราษฎรที่อาศัยอยู่รอบป่ากันชนของป่าสงวนแห่งชาติน้ำปุ้ย แขวงไชยบุรี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยอาชีพเกษตรกรมีการนำใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้มากกว่าอาชีพอื่น (รับราชการ และค้าขาย) Olunga *et al.* (2015) ที่พบว่า อาชีพมีผลต่อการนำใช้ผลิตภัณฑ์จากป่า แต่ผลการศึกษาวิจัยนี้มีทิดทางตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Chaichana (2001) และ Koonpasert (2012) ที่พบว่า อาชีพหลักกับการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ในส่วนของจำนวนสมาชิกในครัวเรือนกับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ พบว่าเมื่อจำนวนสมาชิกในครัวเรือนมากขึ้น ทำให้มีโอกาสในการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้เพิ่มขึ้น เนื่องจากครัวเรือนที่มีจำนวนสมาชิกมากมีความต้องการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ในด้านปัจจัยสี่ ได้แก่ อาหาร ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค สอดคล้องกับการศึกษาของ Yodyadthai (2008) ที่พบว่า จำนวนแรงงานในครัวเรือนส่งผลในทิศทางเดียวกันกับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาตอนบน อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 สอดคล้องกับการศึกษาของ Lacivy *et al.* (2012) ที่พบว่า สมาชิกในครัวเรือนผลต่อการพึ่งพิงทรัพยากรป่าไม้ของราษฎรที่อาศัยอยู่รอบป่ากันชนของป่าสงวนแห่งชาติน้ำปุ้ย แขวงไชยบุรี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ส่วนของรายได้ พบว่าเมื่อชาวบ้านมีรายได้น้อยจะทำให้มีการเข้าไปใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้เพิ่มขึ้น เนื่องจากว่าการเก็บของป่าก่อให้เกิดรายได้จากการขายของป่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chaichana (2001) ที่พบว่า รายได้รวมของครัวเรือนมีผลต่อกับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของราษฎรบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่น้ำภาชี จังหวัดราชบุรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% สอดคล้องกับการศึกษาของ Koonpasert (2012) ที่พบว่า รายได้ของครัวเรือนมีความสัมพันธ์กับการพึ่งพิงทรัพยากรป่าไม้ของราษฎรในชุมชนที่อยู่รอบพื้นที่โครงการป่าสาธิตและต้นแบบ แห่งอำเภอสังทอง นครหลวงเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของประชาชนอยู่รอบป่าสงวนภูจอมแง เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธรณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ชี้ให้เห็นประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชาชนในท้องถิ่น โดยเฉพาะไม้ใช้ช่อย ไม้ฟืน พืชสมุนไพร พืชผัก แมลงกินได้ เห็ด ผลไม้ หน่อไม้ ด้านปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ของครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเชิงบวกมี 2 ตัวแปร ได้แก่ อาชีพหลัก และจำนวนสมาชิกในครัวเรือน และในเชิงลบ ได้แก่ รายได้สุทธิของครัวเรือน

ข้อเสนอแนะ

1) ประชาชนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ยังมีการเข้าไปนำใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ร้อยละ 97.9 และมีปริมาณการเก็บหามานำใช้ค่อนข้างสูง ดังนั้นหน่วยงานของภาครัฐ เช่น ห้องการกสิกรรมและป่าไม้เมือง ที่เกี่ยวข้องควนมีการตรวจตราและเข้มงวดเรื่องการปฏิบัติกฎระเบียบ และส่งเสริมให้ประชาชนมีการเพาะปลูกพืชพรรณ เช่น พืชผัก ผลไม้ ไม้ชนิด

ต่างๆตามหัวไร่ปลายนาไว้สำหรับใช้ประโยชน์ ปลูกสร้างสวนป่าให้ที่ดินป่าไม้เป็นแหล่งทำกินและการใช้ประโยชน์ของประชาชนไม่ขาดแคลน เพื่อเป็นการลดการเข้าไปนำใช้และปริมาณที่เก็บหามาจากป่า

2) ประชาชนในท้องถิ่นส่วนใหญ่ประกอบอาชีบทางเกษตรเป็นหลัก และมีรายได้ยังต่ำ ปรากฏการณ์นี้ส่งผลต่อการเข้าใช้ประโยชน์จากป่า ดังนั้น หน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องควรมีการส่งเสริมและฝึกอบรมทางด้านอาชีพ เช่น การใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร พร้อมกับการพัฒนาเศรษฐกิจสังคมของท้องถิ่นให้ขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการเสริมสร้างความเข้มแข็งและพัฒนาคุณภาพชีวิตก่อให้เกิดความยั่งยืนในการจัดการทรัพยากรป่าไม้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chaichana, C. 2001. **Factor Affecting Forest Resource Utilization and Conservation of Local People in Communities Adjacent to Mae Nam Pha Chi Wildlife Sanctuary Changwat Ratchaburi.** Master Thesis. Kasetsart University. 151p. [in Thai]

Forest Resource Management Sub-Division, LuangPrabang Province. 2019. Statistical of Protected areas in LuangPrabang Province. Lao PDR. 2 p.

Krejcie, R.V. and D.W. Morgan. 1970. Determining sample size for research activities. **Educational and Psychological Measurement** 30(3): 607-610.

Koonpasert, P. 2012. Socio-economic factors affecting the dependency on forest resource of people residing around demonstration and forest model project area at Sangthong district, Vientiane capital, Lao People’s Democratic Republic. **JVTE.** 2(4): 25-40. [in Thai]

Lacivy, P., S. Suksard, and W. Hoamuangkaew, 2012. Dependency on Forest Resource of People Residing Around Buffer Zone of Nam Pui National Reserved Forest, Saiyaboury Province, Lao People’s Democratic Republic. **Thai J. For.** 31(3): 36-44 [in Thai].

Makarabhirom, P. and J. Raintree. 2005. A model of participation forest management for tested in Lao PDR. [Online]. Available http://lao44.org/downloadfile/SQXZxWUx0GLTUdrb (3 July 2021).

Ministry of Agriculture and Forestry. 2005. **Forest Strategy to the Year 2020 of the Lao PDR.** Vientiane: Lao PDR. 112p.

Olunga, M., M. Kavoi and P. Guthiga, 2015. Assessment of factors influencing utilization and conservation of forest resources in Kipini Division of Tana Delta District, Kenya. **African Journal of Environmental Economics and Management** 3(5): 231-243.

Suksard, S. and M. Chaipunya. 2016. Dependency on forest resources of people in Ban Nongphakrai community forest, Pak Thong Chai district, Nakhon Ratchasima province. **Thai J.** For. 35(1): 86-97. [in Thai]

Secretariat for Formulation of Nation Green Growth Strategy. 2018. Nation Green Growth Strategy of the Lao PDR till 2030. [Online]. Available https://www.greengrowthknowledge.org/ sites/ default/files/downloads/policy-database/national_green_growth_strategy_of%20the_Lao_ PDR_till_2030_government_of_Lao.pdf (4 July 2021.)

Satean, G., N. Wattanasap, and S. Premprasit. 2013. Community utilization of plants in Sirikit dam. **Journal of Community Development Research** 5(1): 74-90. [in Thai]

Sovu. 2002. **Manual of Forest Inventory. Faculty of Forestry, National University of Lao.** Vientiane: Lao PDR. 92 p.

Upland Agriculture Research Center. 2008. **Summary Report of Phou Jom Ngeir Reserved Forest.** Xiangngern district Luangprabang Province, Lao PDR. 14 p.

Yodyadthai, A. 2008. **Communities Forest Resources Utilization in Upper Part of Mae Sa Watershed Area, Mae Rin District Chiang Mai Province.** Master Thesis. Kasetsart University. 129 p. [in Thai]

การเพิ่มคุณสมบัติต้านทานน้ำและต่อต้านจุลินทรีย์ของหลอดใช้แล้วทิ้งจากหญ้ากระจูด โดยการเคลือบด้วยไขผึ้งและไคโตซาน

Improving Water Resistance and Antimicrobial Properties of Disposable Straws Made from *Lepironia articulata* by Coating with Beeswax and Chitosan

ณัฐณิชา สุวรรณางกูร และเหมือนเดือน พิศาลพงศ์*

Nutnicha Suwannangkoon and Muenduen Phisalaphong*

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 10330

*Corresponding author: Muenduen.P@chula.ac.th

Abstract

In this study, the mixture of beewax, glycerol and chitosan was used as coating material to improve mechanical and antimicrobial properties of disposable straws made from *Lepironia articulata*. The effect of temperature in drying step on morphological structure and mechanical property was also investigated. It was demonstrated that the optimal condition for drying was at temperature of 80°C, for 2 h, in which high mechanical properties was obtained without structural damage. Effects of different composition of chitosan and beeswax as edible coatings on the percentage of water absorption and antimicrobial properties against *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, and Aspergillus niger* were examined. The results showed that the application of beeswax and chitosan significantly reduced the water absorption and improved the antimicrobial activities of the straws. The results demonstrated that the coating of beeswax and chitosan should be beneficial for shelf-life extension of the straws made from *Lepironia articulate*.

Keywords: disposable straw, lepironia articulata grass, beeswax, chitosan, coating

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ สารผสมของไขผึ้ง กลีเซอรอล และไคโตซาน ถูกใช้เป็นสารเคลือบเพื่อเพิ่มสมบัติการต้านทานน้ำและฤทธิ์ในการต่อต้านจุลินทรีย์ของหลอดใช้แล้วทิ้งจากหญ้ากระจูด อีกทั้งได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในขั้นตอนการอบแห้งต่อโครงสร้างสัณฐานและคุณสมบัติเชิงกล ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้ง คือ ที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าให้คุณสมบัติเชิงกลที่สูงโดยไม่มีความเสียหายทางโครงสร้าง ได้ทำการตรวจสอบผลกระทบขององค์ประกอบของไคโตซาน และไขผึ้งแบบต่างๆ ซึ่งถูกใช้เป็นสารเคลือบที่สามารถรับประทานได้ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำ และสมบัติการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* และ *Aspergillus niger* ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ไขผึ้งและไคโตซาน ช่วยลดปริมาณการดูดซับน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของหลอด โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเคลือบด้วยไขผึ้งและไคโตซานมีประโยชน์ในการยืดอายุการเก็บรักษาของหลอดที่ทำจากกระจูดได้

คำสำคัญ: หลอดใช้แล้วทิ้ง หญ้ากระจูด ไขผึ้ง ไคโตซาน การเคลือบ

คำนำ

การทิ้งขยะประเภทพลาสติกที่ยากต่อการย่อยสลายลงแหล่งน้ำเป็นอีกหนึ่งสาเหตุสำคัญที่ส่งผลกระทบในทางลบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้อง ผลจากการศึกษาของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง พบว่ามีสัตว์ทะเลจำนวนมากที่ตายเนื่องจากมีไมโครพลาสติกสะสมในร่างกาย ซึ่งเป็นผลมาจากการบริโภคขยะพลาสติกเข้าไป และยังส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคให้ได้รับการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกเข้าสู่ร่างกายเช่นเดียวกัน (Prata *et al.,* 2021) ในปี 2019 Kim Ho ได้สรุปว่ามีคนไทยเพียง ร้อยละ 2 เท่านั้นที่ไม่ใช้หลอดพลาสติก (Ho, 2019) ดังนั้นเพื่อลดปริมาณขยะที่เกิดจากการใช้หลอดพลาสติก จึงได้มีความสนใจที่จะพัฒนาหลอดจากวัสดุธรรมชาติที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเพื่อทดแทนหลอดพลาสติก โดยใช้วัสดุธรรมชาติหลากหลายชนิด อาทิเช่น กระจูด ฟางข้าวสาลี ไม้ไผ่ ราโพ (พืชชนิดหนึ่ง) ชานอ้อย เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชธรรมชาติ มักพบปัญหาเรื่องการปนเปื้อนของเชื้อราและแบคทีเรียหลากหลายชนิด แม้ว่าผลิตภัณฑ์เหล่านั้นจะผ่านกระบวนให้ความร้อนเพื่อกำจัดความชื้นแล้วก็ตาม (Kádár *et al.,* 2015) อีกทั้งในขั้นตอนการเก็บรักษายังพบปัญหาเชื้อราปนเปื้อนที่ส่งผลให้สินค้าเกิดความเสียหาย ดังนั้นการพัฒนากระบวนการเคลือบหรือใส่สารเติมแต่งที่มีคุณสมบัติช่วยยืดอายุการเก็บรักษาหลอด โดยเฉพาะการเลือกใช้สารที่มาจากธรรมชาติและไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค จึงเป็นกระบวนการที่น่าสนใจเพื่อนำมาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (Iewkittayakorn *et al.*, 2020)

ไคโตซาน (Chitosan) เป็นไบโอโพลิเมอร์ธรรมชาติที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในเปลือกนอกของสัตว์จำพวก กุ้ง ปู แมลง และเชื้อรา โดยเป็นวัสดุชีวภาพ (Bio-materials) ที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ อาทิ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ยา เครื่องสำอาง เส้นใยกระดาษ และเกษตร เป็นต้น (Esposto, *et al.,* 2021) นอกจากนี้ยังถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกทางการเกษตรเนื่องจากเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อ

แบคทีเรียและเชื้อราบางชนิด (Koc *et al*., 2020) จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ ได้ศึกษาผลของไคโตซานในการยับยั้งจุลินทรีย์ *E. coli, S. aureus, S. epidermidis, P. acnes, C. albicans*, and *A. niger* บนแผ่นฟิล์มแบคทีเรียเซลลูโลส แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์ *S. aureus* และ *A. niger* ของไคโตซานอย่างเห็นได้ชัด (Kingkaew, *et al*., 2014)

งานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาหลอดดูดน้ำจากวัสดุทางธรรมชาติ นั่นคือ กระจูด (*Lepironia articulata* (Retz.) Domin) ซึ่งเป็นไม้ล้มลุกสองปี อยู่ในวงศ์ Cyperaceae มีลำต้นตั้งตรง สูงประมาณ 45 ซม. หรืออาจสูงได้ถึง 2 ม. โคนต้นมีกาบหุ้ม ลำต้นกลม ข้างในกลวง มีเยื่ออ่อนหยุ่นคั่นเป็นข้อๆ สีเขียวอ่อน มีขนาดตั้งแต่เท่าก้านไม้ขีดไฟจนถึงเท่าแท่งดินสอดำ เป็นพืชที่ชอบขึ้นในบริเวณน้ำขัง ตามริมทะเลสาบที่เป็นดินโคลน ในประเทศไทยกระจูดมีคุณสมบัติทนน้ำ มีความแข็งแรงเชิงกลสูง (Matan, *et al.,* 2013) และมีรูปทรงกระบอกกลวง จึงมีความเหมาะสมในการนำพัฒนาเป็นหลอดดูดน้ำเพื่อทดแทนหลอดพลาสติก โดยศึกษาวิธีการอบแห้งที่เหมาะสม ศึกษาการใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบบนพื้นผิว ตลอดจนศึกษาเทคนิคการเคลือบผิวและตรวจวัดประสิทธิภาพการต้านเชื้อราและจุลินทรีย์ก่อโรคของผลิตภัณฑ์หลอดกระจูด เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้มีระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. กระบวนการเตรียมตัวอย่างโดยการอบแห้งไล่ความชื้น

นำลำต้นของต้นกระจูดสด มาคัดแยกเอาเฉพาะลักษณะที่สมบูรณ์เท่านั้น คือ ไม่แตก ไม่บิดงอ และมีเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียงกันที่ 0.5-0.6 ซม. มาอบที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส โดยวางลำต้นกระจูดสดลงในเตาอบอย่างเป็นระเบียบ ไม่ให้ซ้อนกัน เพื่อให้เกิดการไหลเวียนความร้อนอย่างทั่วถึง หยิบออกมาวัดปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ให้จนกระทั่งไม่มีความชื้นเหลืออยู่ บันทึกความชื้นเทียบกับน้ำหนักแห้ง (Dry basis, %) โดยมีสมการดังนี้

$$MC = \frac{M_0 - M_t}{M_t} \times 100 \qquad (1)$$

โดยที่

M_C คือ ความชื้น

M_0 คือ น้ำหนักเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ (กรัม)

M_t คือ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ณ เวลาใด ๆ (กรัม)

1.1 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยา (Morphology)

ทำการศึกษาลักษณะพื้นผิวทางภายนอกของตัวอย่าง เพื่อให้ทราบถึงความหนา-บางของชั้นเคลือบ และทำให้เห็นลักษณะของผิวเคลือบได้อย่างชัดเจน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุ (SEM-EDS รุ่น 6610LV บริษัทผู้ผลิต JEOL ประเทศญี่ปุ่น)

1.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)

ทำการศึกษาความทนทานต่อแรงกดอัด หรือความแข็งแรงเชิงกลของตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง Universal testing machine (Hounsfield H10KM) มาตรฐาน ASTM D 143 โดยใช้ตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 ซม. ยาว 3.0 ซม. วัดความทนทานต่อแรงกดอัดโดยการกดแรงในทิศตั้งฉากกับผิวตัวอย่าง โดยค่าที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากการทดลองอิสระอย่างน้อย 5 ครั้ง

2. การศึกษากระบวนการเคลือบ

เตรียมตัวอย่างสารเคลือบไคโตซาน (MW30,000) 0, 1.0 และ 1.5 %w/v ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1% หลังจากนั้นทำการผสมด้วยกลีเซอรอล 4%wt และไขผึ้ง 30%wt ทำการกวนผสมประมาณ 2,300 รอบ/นาที เป็นเวลา 3 นาที เคลือบลงบนตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งและการฆ่าเชื้อด้วย UV หลังจากนั้นทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน นำตัวอย่างทดสอบคุณสมบัติต่อไปนี้

2.1 ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Absorption Capacity)

ทำการศึกษาความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAC) วิเคราะห์โดยนำตัวอย่างที่แห้ง หนัก 1.0 กรัม จุ่มลงในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) จากนั้นนำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ซับน้ำส่วนเกินที่ผิวของตัวอย่างและบันทึกน้ำหนัก ทำซ้ำตามขั้นตอนก่อนหน้านี้จนกระทั่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับน้ำสามารถคำนวณจากสูตร

$$\%WAC = \frac{W_W - W_D}{W_D} \times 100 \qquad (2)$$

โดยที่

%WAC คือ เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับน้ำ

W_W คือ น้ำหนักขณะเปียก (กรัม)

W_D คือ น้ำหนักแห้ง (กรัม)

โดยค่าที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากการทดลองอิสระอย่างน้อย 3 ครั้ง

2.2 การวิเคราะห์การต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial activity)

ทำการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ คุณสมบัติในการฆ่าเชื้อ *Escherichia coli* (แบคทีเรียแกรมลบ), *Staphylococcus aureus* (แบคทีเรียแกรมบวก) และ *Aspergillus niger* (เชื้อรา) โดยตัดชิ้นหลอดเป็นขนาด 0.6x5.0 ตารางเซนติเมตร ให้เท่ากัน (Chollakup *et al.*, 2021) ทดสอบตามวิธีมาตรฐาน JIS Z 2801 ภายใต้อุณหภูมิ 37 องศา ความชื้น 90% และไม่มีแสง จากนั้นคำนวณ Log Reduction และ เปอร์เซ็นต์ที่จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ลดลงเป็นการคำนวณโดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ทั่วไป (David M. Lane) โดยค่าที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากการทดลองอิสระอย่างน้อย 3 ครั้ง

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. กระบวนการเตรียมตัวอย่างโดยไล่ความชื้น

การศึกษาการกำจัดความชื้นที่มีอยู่ในต้นกระจูดเพื่อช่วยเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาด้วยวิธีการอบแห้ง โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิต่างกันที่ 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส และหยุดการทดลองเมื่อความชื้นที่มีในต้นกระจูดมีค่าเท่ากับศูนย์ ภาพ Figure 1A แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา พบว่าที่อุณหภูมิสูงสุดจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด ทั้งนี้อัตราการระเหยของน้ำ มีค่าสูงในช่วงแรกและค่อย ๆ มีแนวโน้มที่ลดลงในช่วงท้าย และภาพ Figure 1B แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นกับความเร็วของการอบแห้ง พบว่าอัตราการระเหยน้ำต่ำสุดและสูงสุด ที่อุณหภูมิ 50 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

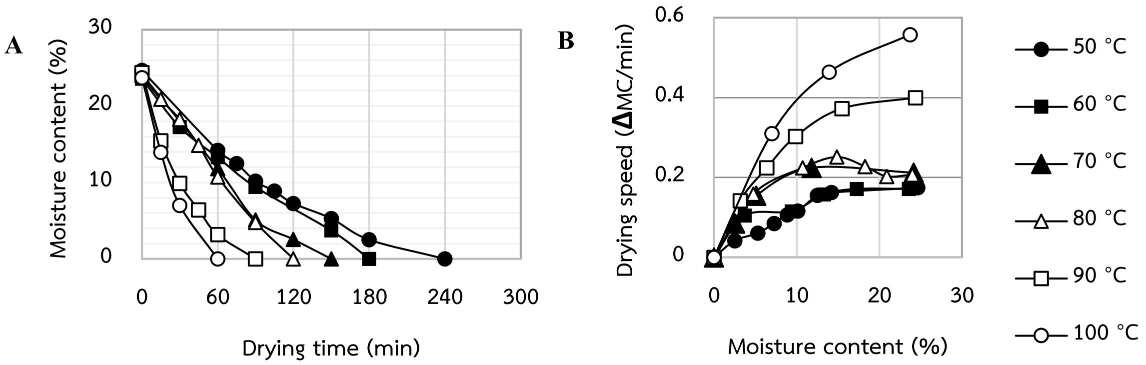


Figure 1 Moisture content at varying time (A) and drying speed at at varying moisture content (B)

1.1 ผลวิเคราะห์สัณฐานวิทยา (Morphology)

เมื่อพิจารณา Figure 2(A) พบว่าที่อุณหภูมิการอบแห้ง 50 องศาเซลเซียส ไม่พบความเสียหายใด ๆ ที่พื้นผิว มีเพียงรอยริ้วสีขาวเด่นชัด ซึ่งมีที่มาจากสารเคลือบตามธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบกับ Figure 2 (B และ C) ที่อุณหภูมิการอบแห้ง 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าสารเคลือบตามธรรมชาติเริ่มมีการการสลายตัว ส่งผลให้สังเกตเห็นเป็นพื้นผิวที่เรียบ นอกจากนี้การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-80 องศาเซลเซียส นั้นปรากฏริ้วรอยน้อยมาก เนื่องจากที่บริเวณพื้นผิวไม่เกิดความเสียหาย ในทางกลับกันพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 และ 100 องศาเซลเซียส ปรากฏริ้วรอยของความเสียหายที่บริเวณพื้นผิว ดังแสดงใน Figure 2 (E) และ (F) ลักษณะภายนอกที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า พบว่าเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส บริเวณพื้นผิวจะมีสีน้ำตาลเข้มที่สุด และเข้มลดลงมาเมื่ออบที่อุณหภูมิ 90 80 70 60 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แปรผกผันกับความเงาของผิว เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะได้หลอดที่มีความเงามากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งเป็นลักษณะภายนอกที่สามารถสังเกตได้อย่างอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นการทำลายสารเคลือบตามธรรมชาติที่ผนังเซลล์ของพืช (Kádár *et al*., 2015)

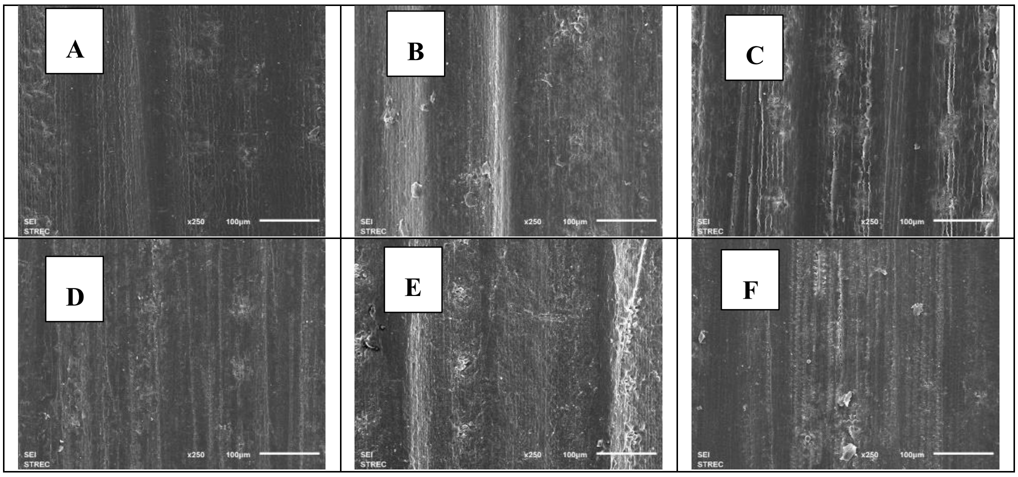


Figure 2 SEM images of outer surface morphology of dried disposable straws made from *Lepironia articulate,* at drying temperature of 50 (A), 60 (B), 70 (C), 80 (D), 90 (E), and 100 (F) °C

1.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)

เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติความแข็งแรงเชิงกลของตัวอย่างหลังการอบแห้งไล่ความชื้น จึงได้ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงกล โดยทดสอบความแข็งแรงของวัสดุในเทอมค่าความทนแรงอัด (Compressive strength) และ วัดค่าที่แสดงสภาพความยืดหยุ่นในเทอมมอดูลัสของยัง (Young's modulus**)**

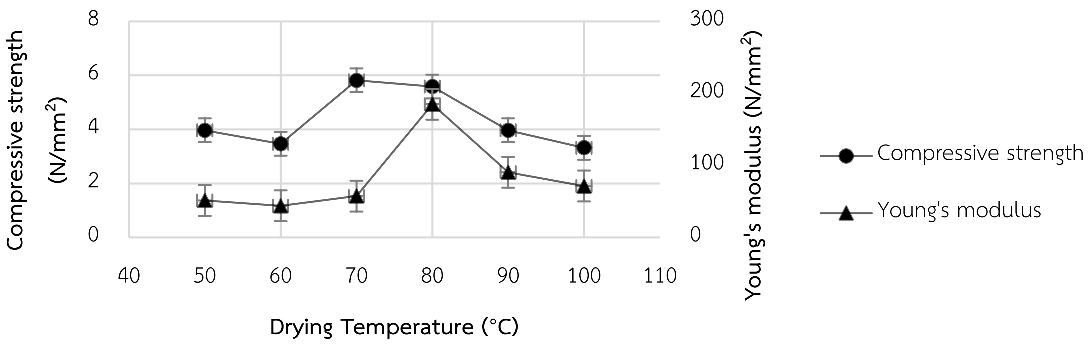


Figure 3 Effects of drying temperature on compressive strength and Young's modulus (N/mm^2) of disposable straws made from *Lepironia articulata*

ดังแสดงใน Figure 3. เมื่อพิจารณา พบว่าค่ามอดูลัสของยังที่อุณหภูมิการอบแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือ 51.3, 43.9 และ 57.4 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ แต่เมื่อใช้อุณหภูมิการอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส พบว่าค่ามอดูลัสของยังมีค่าสูงขึ้น เท่ากับ 185 นิวตัน/ตร.มม. และมีค่าลดลงมา เท่ากับ 96 และ 71.5 นิวตัน/ตร.มม. เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 90 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สังเกตได้ว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีอิทธิพล

ต่อการเพิ่มขึ้นของค่ามอดูลัสของยังเป็นอย่างมาก โดยมีค่าสูงกว่าค่าที่ต่ำสุด ถึง 4.2 เท่า Massamba (2003) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งต่อค่ามอดูลัสของยังของไม้แผ่น (Hember Lumber) ระหว่าง 82 และ 116 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแข็งแรงทางแนวเฉือน (Shear Strength) มีค่าลดลงประมาณ 6.4 เปอร์เซ็นต์ ในทางกลับกันพบว่าอุณหภูมิที่สูงไม่มีผลต่อค่ามอดูลัสของยังอย่างมีนัยสำคัญ (Massamba *et al.,* 2003) ในระหว่างกระบวนการอบแห้งจะเกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารของวัสดุกับอากาศ โดยความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังวัสดุที่มีความชื้นเพื่อกำจัดความชื้นออกโดยอาศัยการระเหย อีกทั้งยังเป็นการใช้ความร้อนเพื่อเป็นพลังงานในการเคลื่อนย้ายความชื้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแห้งขึ้น โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการอบแห้งเป็นผลทำให้วัสดุมีความแข็งแรงเชิงกลสูงขึ้น คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการไหลของอากาศ (Komasatitaya *et al.,* 2012) เมื่อพิจารณาภาพ Figure 1(B) สามารถสรุปได้ว่าเมื่อระเหยน้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้อัตราเร็วของน้ำระเหยมีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามไปด้วย โดยอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงเชิงกลของวัสดุ อีกทั้งการใช้อุณหภูมิที่สูงมากจนเกินไป อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายทางโครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์ได้ โดยสังเกตได้จากการเทียบภาพ Figure 2 (F) กับ Figure 2 (A)

เมื่อพิจารณาค่าความทนแรงอัดสูงสุดโดยการวัดความสามารถในการต้านทานแรงอัดสูงสุดต่อความยาวชิ้นทดสอบ พบว่าที่อุณหภูมิการอบแห้ง 50, 60, 70, 90 และ 100 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่ามอดูลัสของยัง โดยมีค่าเท่ากับ 3.97, 3.47, 5.82, 3.97 และ 3.32 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความทนแรงอัดสูงสุดของการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นั้นมีค่าใกล้เคียงกับที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มาก โดยมีค่าเท่ากับ 5.59 นิวตัน/ตร.มม. จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ค่ามอดูลัสของยังและค่าความทนแรงอัดอยู่ในช่วงสูงสุด

ความแข็งแรงของหลอดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่งผลต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก โดย Gutierrez *et al*. (2019) ได้เปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลของหลอดพลาสติกกับหลอดกระดาษในท้องตลาด พบว่าหลอดกระดาษส่วนใหญ่มีความแข็งแรงเชิงกลที่ต่ำกว่า โดยเฉพาะเมื่อมีการสัมผัสกับของเหลว ในการทดลองนี้คุณสมบัติเชิงกลของหลอดย่อยสลายได้จากหญ้ากระจูดที่ผ่านการอบแห้ง 80 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ามอดูลัสของยัง เทียบเท่า 72.23 และ 76.37 เปอร์เซ็นต์ ของหลอดพลาสติกชนิดหลากสีและหลอดพลาสติกงอได้สีขาวในท้องตลาด ตามลำดับ โดยมีงานวิจัยก่อนหน้า พบว่าประเภทของของเหลวไม่ได้ส่งผลกระทบที่มีนัยยะสำคัญต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหรือคุณสมบัติเชิงกล (Gutierrez *et al.,* 2019) จากผลทดสอบพบว่าหลอดกระจูดมีคุณสมบัติความแข็งแรงเชิงกลที่อยู่ในเกณฑ์รับได้ เมื่อคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งานเพื่อทดแทนหลอดพลาสติกในอนาคต

2. กระบวนการเคลือบไขผึ้งและไคโตซาน

หลังจากพิจารณาโครงสร้างพื้นผิวร่วมกับคุณสมบัติเชิงกล พบว่าอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสม คือ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งหลอดกระจูดที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะถูกนำมาเคลือบด้วยไคโตซาน ที่มีความเข้มข้น 0, 1.0 และ 1.5 %w/v ตามลำดับ ผสมด้วยกลีเซอรอลและไขผึ้ง เพื่อทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำและคุณสมบัติในการต้านจุลินทรีย์

2.1 ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Absorption Capacity, WAC)

จากการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลน้ำหนักของหลอดในขณะแห้งและเปียก ที่เวลาตั้งแต่ 0 ถึง 480 นาที และนำมาคำนวณเป็น water absorption capacity (%) เพื่อสังเกตความสัมพันธ์ตั้งแต่เวลาที่เริ่มต้นจุ่มลงในน้ำ จนกระทั่งถึงจุดที่น้ำหนักคงที่และเข้าสู่สมดุล ดังแสดงในภาพ Figure 4 โดยที่การทดสอบนี้ดำเนินการ ณ อุณหภูมิห้องและปริมาณของเหลวในตอนเริ่มต้นมีระดับเท่ากัน เมื่อผ่านไปเป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่าหลอดที่ถูกเคลือบด้วยไคโตซาน 0, 1.0 และ 1.5 % ผสมด้วยกลีเซอรอลและไขผึ้ง มี ค่า WAC เท่ากับ 8.6, 65.6 และ 59.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังจากนั้นค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งมีค่าเท่ากับ 20.8 111.1 และ 87.8 ตามลำดับ ภายในระยะเวลา 180 นาที แล้วจึงเข้าสู่จุดสมดุลที่มีน้ำหนักคงที่ ในขณะเดียวกัน หลอดที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ไม่ผ่านการเคลือบสารใดๆเลย มีอัตราการเปลี่ยนแปลงการดูดซับน้ำที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่า WAC ที่สูงกว่าหลอดที่ถูกเคลือบด้วย %WAC อย่างชัดเจน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นไปจนกระทั่งถึง 232.88 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 240 นาที ก่อนเข้าสู่สภาวะสมดุล

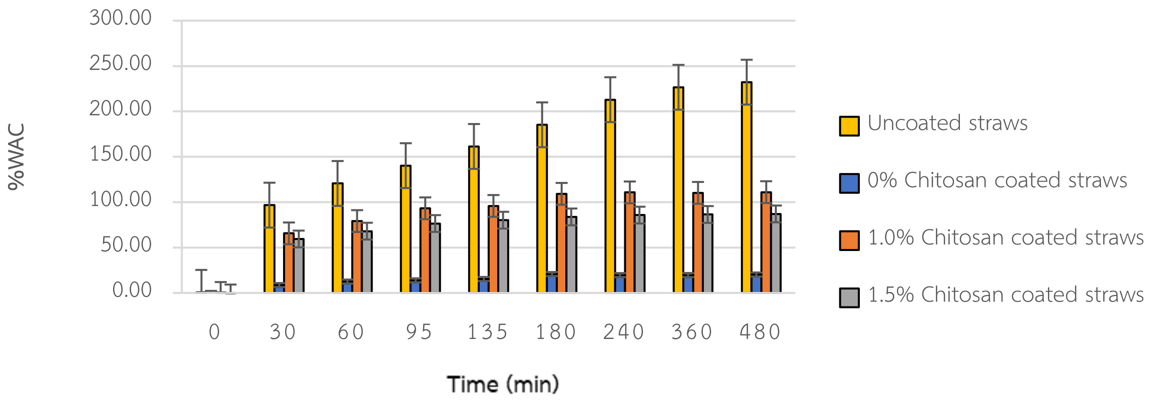


Figure 4 Water absorption capacity (%WAC) as a function of time of immersion for coated disposable straws made from *Lepironia articulata* (dried at 80 °C)

จากลักษณะของกราฟใน Figure 4. พบว่าสารเคลือบที่มีอัตราส่วนของไคโตซานที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างไคโตซานและน้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้สารเคลือบที่มีความเข้มข้นของไคโตซาน 1.5 % ให้ค่าการดูดซับน้ำน้อยกว่าการใช้สารเคลือบที่มีไคโตซาน 1 % เล็กน้อย เนื่องจากที่ไคโตซานความเข้มข้นสูง การทำละลายไคโตซานในสารละลายกรดอินทรีย์นั้นมีข้อจำกัด (Kingkaew *et al.*, 2014) เป็นผลให้สารเคลือบมีความไม่สม่ำเสมอ ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และเนื่องจากสารเคลือบผสมมีความหนืดสูงและการละลายที่ไม่สมบูรณ์ เกิดการเกาะกลุ่มเป็นก้อนของไคโตซานในสารเคลือบ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมีค่าน้อยลง จึงสามารถสรุปได้ว่าการเคลือบหลอดกระจูดโดยใช้สารผสมไขผึ้ง กลีเซอรอล และไคโตซาน สามารถช่วยชะลอการดูดซับน้ำและลดปริมาณการดูดซับน้ำได้

2.2 การวิเคราะห์การต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial activity)

ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ 3 ชนิด คือ *E. coli*, *S. aureus* และ *A. niger* โดยวิธี JIS Z 2801 ที่เวลา 24 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 7 วัน ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 5 และ Figure 6 จากการทดลองพบว่าการใช้สารเคลือบผสมไคโตซาน ช่วยลดการเจริญเติบโตเชื้อจุลินทรีย์ สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีโดยเฉพาะ *S. Aureus* โดยสอดคล้องกับผลจากงานวิจัยก่อนหน้าได้กล่าวถึงผลการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของไคโตซานที่สามารถยับยั้ง *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกได้มากกว่า *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ อีกทั้งพบว่าความเข้มข้นของไคโตซาน ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของไคโตซาน (Kingkaew *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตามเนื่องจากในกรณีการเคลือบสารผสมไคโตเซน 1.5 เปอร์เซ็นต์ (1.5% chitosan coated straws) มีการเกาะตัวเป็นกลุ่มของไคโตซานภายในสารเคลือบเมื่อผสมด้วยกลีเซอรอลและไขผึ้ง ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ลดประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของไคโตซานถูกจำกัด

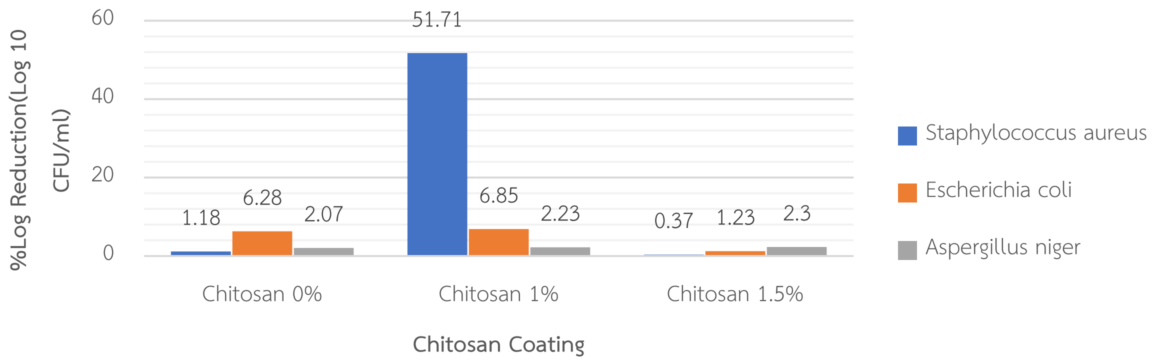


Figure 5 Viable *S. aureus, E. coli*, and *A. niger* log reduction (log CFU/ml) on chitosan coated straw surfaces. Error bars represent the standard deviation over >3 different *S. aureus, E. coli*, and *A. niger* cultures.

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่ลดลงและตัวอย่างที่เคลือบด้วยไคโตซานแต่ละความเข้มข้น พบว่าตัวอย่างที่ถูกเคลือบด้วยไคโตซาน 1% มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* ดีที่สุด โดยสามารถลดจำนวนเชื้อแบคทีเรีย โดยมีค่า %Log reduction เท่ากับ 51.71 และ 6.85 ตามลำดับ สำหรับเชื้อ *A. niger* พบว่าตัวอย่างที่เคลือบด้วยไคโตซาน 1.0-1.5% สามารถลดจำนวนเชื้อราได้ดีที่สุด โดยมีค่า %Log reduction ของเชื้อรา *A. niger* เท่ากับ 2.2-2.3

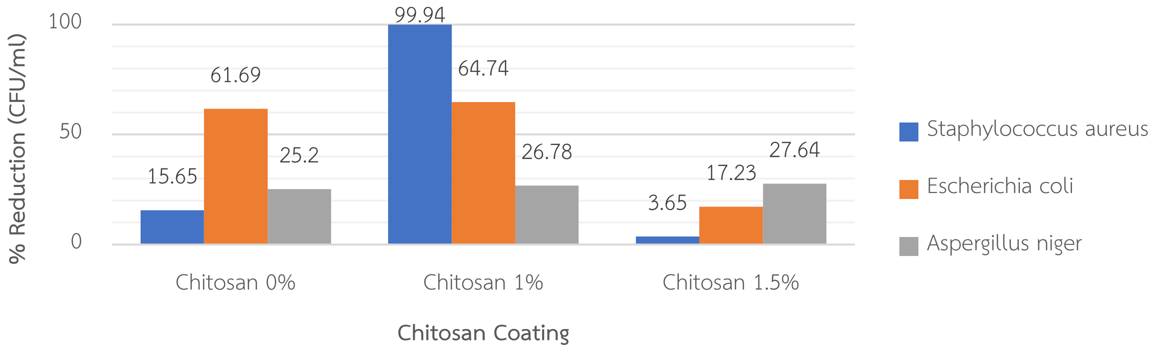


Figure 6 Viable *S. aureus, E. coli*, and *A. niger* reduction (CFU/ml) on chitosan coated straw surfaces. Error bars represent the standard deviation over >3 different *S. aureus, E. coli*, and *A. niger* cultures.

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและตัวอย่างที่เคลือบด้วยสารผสมไคโตซานแต่ละความเข้มข้น พบว่าตัวอย่างที่ถูกเคลือบด้วยไคโตซาน 1% มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ แบคทีเรีย *E. coli* ที่ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เท่ากับ 99.94% และ 64.74% ตามลำดับ สำหรับเชื้อแบคทีเรีย *A. niger* พบว่าตัวอย่างที่เคลือบด้วยไคโตซาน 1.0-1.5% มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง เท่ากับ 26.8-27.64%

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งหลอดกระจูด โดยศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการอบแห้ง ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกล สรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งหลอดกระจูด คือ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าให้คุณสมบัติเชิงกลที่สูงสุดโดยไม่สร้างความเสียหายทางโครงสร้าง หากใช้อุณหภูมิอบแห้งที่สูงกว่านี้ ความร้อนจะทำลายสารเคลือบตามธรรมชาติและโครงสร้างของหลอดกระจูด และหากใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ต่ำเกินไปจะส่งผลให้ผิววัสดุเคลือบติดยาก เนื่องจากสารเคลือบผสมไม่สามารถซึมผ่านหรือยึดเกาะกับสารเคลือบตามธรรมชาติของหลอดกระจูด เมื่อทำการตรวจสอบผลของสัดส่วนไคโตซานและไขผึ้งแบบต่าง ๆ ซึ่งถูกใช้เป็นสารเคลือบที่สามารถรับประทานได้ ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำและสมบัติการต้านเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli*, *S. aureus* และ *A. niger* จากผลการทดลองพบว่าการเคลือบโดยใช้ไขผึ้งผสมกลีเซอรอลและไคโตซานช่วยลดปริมาณการดูดซับน้ำได้ โดยหลอดที่มีสารเคลือบสารผสมไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ มีการดูดซับสูงกว่าหลอดที่มีสารเคลือบไคโตซาน 1.5 เปอร์เซ็นต์เล็กน้อย อีกทั้งพบว่าหลอดที่มีสารเคลือบไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ยังมีประสิทธิภาพลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โดยรวมคือ *E. coli*, *S. aureus* และ *A. niger* บนพื้นผิวหลอดมากที่สุด เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทั้งสอง จึงสรุปได้ว่าการ

เคลือบด้วยสารเคลือบผสมไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้เป็นสารเคลือบเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวหลอดใช้แล้วทิ้งจากหญ้ากระจูด โดยประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *S. aureus* เท่ากับ 99.94% ซึ่งสนับสนุนเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 ที่กำหนดให้ภาชนะสัมผัสอาหารทุกชนิดต้องไม่พบเชื้อ *S. aureus* (ระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน ฉบับที่4 พ.ศ. 2543 ประกอบกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณะสุข พ.ศ. 2552)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท อังกูร วิสาหกิจเพื่อสังคม จำกัด ที่สนับสนุนวัตถุดิบสดจากแหล่งเกษตรอินทรีย์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Esposto, B.S., P., Jauregi, D.R., Tapia-Blácido, and M. Martelli-Tosi. 2020. Liposomes vs. chitosomes: Encapsulating food bioactives. **Trends in Food Science & Technology**. 108(2021): 40-48.

Gutierrez, J.N., A.W., Royals, H., Jameel, R.A., Venditti, and L. Pal 2019. Evaluation of paper straws versus plastic straws: development of a methodology for testing and understanding challenges for paper straws. **BioResources** 14(4): 8345-8363.

Ho, K. (n.d.). 2019. **Over half of Thais use plastic straws daily**. [Online]. Available https://th.yougov.com/en-th/news/2019/03/12/over-half-thais-use-plastic-straws-daily/ (25 November 2021).

Kádár, Z., N., Schultz-Jensen, J.S., Jensen, M.A.T., Hansen, F., Leipold, and A.B. Bjerre. 2015. Enhanced ethanol production by removal of cutin and epicuticular waxes of wheat straw by plasma assisted pretreatment. **Biomass and Bioenergy** 81: 26-30.

Kingkaew, J., S., Kirdponpattara, N., Sanchavanakit, P., Pavasant, and M. Phisalaphong. 2014. Effect of molecular weight of chitosan on antimicrobial properties and tissue compatibility of chitosan-impregnated bacterial cellulose films. **Biotechnology and Bioprocess Engineering** 19(3): 534-544.

Komasatitaya, J., N., Luangsa-ard, and C. Techavuthiporn. 2012. Characteristics of starch-filled LLDPE plastic processed from plastic waste. **Journal of the Chinese Institute of Engineers** 35(1): 45–50.

Massamba, T., R,M., Michael and L. Bob. 2003. Effect of high temperature drying on bending and shear strengths of western hemlock lumber. **Forest Products Journal.** 53(9): 55-58.

Matan, N., N. Matan, and S. Ketsa. 2013. Enhanced inhibition of Aspergillus niger on sedge (Lepironia articulata) treated with heat-cured lime oil. **J Appl Microbiol** 115(2): 376-381.

Prata, J.C., J.P. da Costa, A.J.S.,Fernandes, F.M., da Costa, A.C.,Duarte, and T. Rocha-Santos. 2021. Selection of microplastics by Nile Red staining increases environmental sample throughput by micro-Raman spectroscopy. **Science of The Total Environment** 783: 146979.

Watanabe, K., H., Kato, H., Nagao, H., Matsumoto, and K. Fujita. 2021. Effect of high-temperature setting time on bending and shear strength of sugi (*Cryptomeria japonica*) boxed-heart square lumber with pith. **Mokuzai Gakkaishi** 67(3): 129-137.

พัฒนาแผ่นไม้อัดเส้นใยปาล์มน้ำมันโดยเครื่องอัดร้อนแบบคันโยก

Development of Oil Palm Fiberboard by Lever Hot Press Machine

ภาณุมาศ สุยบางดำ สุห์ดี นิเซ็ง ไตรเทพ ดวงสุวรรณ ยุทธนา แก้วไทย
วรวัฒน์ ผิวเกลี้ยง และอาริษา โสภาจารย์*
Panumas Suybangdum, Suhdee Niseng, Traitep Duangsuwan, Yutthana Kaewthai
Worawat Piwglang and Arrisa Sopajarn*
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90180
Agricultural Machinery Engineering Program, Department of Industrial, Rattaphum College
Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, Thailand 90180
*Corresponding author: arrisa.r@rmutsv.ac.th

Abstract

This research aimed to develop heat pressing for biomass of oil palm fibers by lever hot press machine for use in the production of veneer from palm oil fibers. The lever hot press machine was designed to be compact and easy to use. Then, the machinery of the heat pressing for biomass of oil palm fibers was tested to find out the efficiency of the extrusion. The experiment was examined by the moisture removal process of palm oil fibers. Until the moisture content was 11 percentage (wet basis) then mixed with glue. The proportion was 0.5:0.1 kilogram. Extrusion was carried out at 100, 150, and 200°C for 5, 10, and 15 minutes, in which the experimental force to 100 kg/cm^2 was used in the experiment. The experiment of the percentage of moisture, density, water absorption, and sound absorption was determined. From the experimental results, it was found that the fiberboard obtained by extrusion at 150°C for 5 minutes is of the best quality. Due to the low percentage of moisture content equal to 9.48 percent, it has a high density of 43.579 kg/m^3. And has a sound absorption coefficient in the range of 0.9924-0.9998, making it suitable for use as a sound-absorbing sheet and wood substitute material.

Keywords: fiberboard, hot press machine, oil palm fiber, sound absorbing

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นไม้อัดเส้นใยปาล์มน้ำมันโดยเครื่องอัดร้อนแบบคันโยก การออกแบบและสร้างเครื่องอัดร้อนเพื่อใช้ในการผลิตแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน ออกแบบโดยให้เครื่องมีขนาดกะทัดรัดและใช้งานง่าย การทดสอบหาประสิทธิภาพในการอัดขึ้นรูปแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน ทำการทดลองโดยใช้เส้นใยปาล์มน้ำมันที่ผ่านการลดความชื้นจนเหลือความชื้น 11 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) มาผสมกับแป้งเปียกซึ่งเป็นวัสดุประสาน โดยกำหนดอัตราส่วน คือ 0.5:0.1 กิโลกรัม ทำการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 100, 150 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที ซึ่งในการทดลองจะใช้กำลังหรือแรงดันคงที่ เท่ากับ 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และทำการทดลองหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และการซับเสียง ของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน จากผลการทดลองพบว่า แผ่นไม้อัดที่ได้จากการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที เป็นแผ่นไม้อัดที่มีคุณภาพดีที่สุด เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำ เท่ากับ 9.48 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาแน่นสูง เท่ากับ 43.579 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับเสียงอยู่ในช่วง 0.9924-0.9998 จึงทำให้เหมาะสำหรับนำไปเป็นแผ่นซับเสียง และวัสดุทดแทนไม้

คำสำคัญ: แผ่นไม้อัด เครื่องอัดร้อน เส้นใยปาล์มน้ำมัน ดูดซับเสียง

คำนำ

ประเทศไทยอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อุดมด้วยทรัพยากรธรรมชาติ ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก จึงส่งผลให้เกิดของเหลือทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น แกลบ ได้จากการสีข้าวเปลือก ชานอ้อยได้จากการผลิตน้ำตาลทราย เศษไม้ได้จากการแปรรูปไม้ยางพาราหรือไม้ยูคาลิปตัส กากปาล์มได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบออกจากผลปาล์มสด และวัสดุทางเกษตรชนิดอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการเกษตรประมาณ 296 ล้านตันต่อปี ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ปีละ 136 ล้านตันเท่านั้น (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2020)

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการปลูกปาล์มน้ำมันทั้งทางภาคใต้ และภาคตะวันออก โดยประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูกปาล์มน้ำมัน 5.5 ล้านไร่ และปัจจุบันภาครัฐของไทยมีเป้าหมายจะปลูกปาล์มน้ำมันให้ได้ทั้งสิ้น 10 ล้านไร่ ภายในปี 2572 จากพื้นที่มีศักยภาพ ทั้งสิ้น 20 ล้านไร่ จากนโยบายส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตทางด้านปาล์มน้ำมัน เพื่อเพิ่มผลผลิตและรับรองการใช้พลังงานไบโอดีเซลทำให้ปัจจุบันมีเศษวัสดุเหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม หรือวัสดุชีวมวล เช่น ทะลายปาล์มเปล่า เส้นใยปาล์มน้ำมัน กะลาปาล์ม เป็นต้น มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นด้วย จากการศึกษาพบว่าเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นเศษวัสดุที่มีปริมาณเหลือใช้ 196,195 ตันต่อปี (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2020) นักวิจัยจึงสนใจศึกษาวิธีการจัดการเศษวัสดุเหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มเพื่อนำวัสดุเหลือใช้เหล่านี้มาสร้างมูลค่าเพิ่ม ซึ่งจากปริมาณที่สูงและมูลค่าที่ต่ำนั้น จึงพบว่าสามารถนำวัสดุเส้นใยปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเป็นแผ่นไม้อัด (Fiberboard) สำหรับเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้ได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับไม้จริง และ

เป็นการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งที่ไม่ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Sihabut and Laemsak, 2010; Hashim, *et.al*., 2011; Homkhiew, *et.al*., 2017)

จากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาพัฒนาแผ่นไม้อัดเส้นใยปาล์มน้ำมันโดยเครื่องอัดร้อนแบบคันโยกสำหรับวัสดุชีมวลจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน และนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของไม้อัดเส้นใยปาล์มน้ำมัน เนื่องจากสายพันธุ์หรือชนิดของไม้หรือพืชทางการเกษตรเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและมีผลกระทบต่อสมบัติทางกลและทางกายภาพของแผ่นใยไมอัด (Homkhiew, *et.al*., 2016) เพราะไม้หรือพืชแต่ละชนิดมีโครงสร้าง ผิว รูพรุน และองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน (Homkhiew, *et.al*., 2017; Bouafif, *et.al*., 2009) เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเส้นใยปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นวัสดุทดแทนไม้ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

นำวัสดุเส้นใยปาล์มน้ำมันจาก บริษัท ทักษิณปาล์ม จำกัด มาจัดเตรียมวัสดุก่อนการอัดขึ้นรูปโดยการตากแห้งเป็นเวลา 2 วัน อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส จนเหลือความชื้น 11 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำเส้นใยปาล์มน้ำมันมาตีเส้นใยพร้อมร่อนผ่านตะแกรงเพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเส้นใยโดยใช้ความเร็วรอบ 447.48 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำเส้นใยปาล์มน้ำมันมาเข้าเครื่องกวนผสมเพื่อผสมเส้นใยปาล์มน้ำมันกับกาวประสานในสัดส่วน ระหว่างเส้นใยปาล์มน้ำมันกับกาวประสาน 0.5:0.1 กิโลกรัม ครั้งละ 600 กรัม ความเร็วรอบในการกวน 500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที เมื่อเส้นใยปาล์มน้ำมันกับกาวประสานผสมเข้ากันแล้วจึงนำมาอัดขึ้นรูปโดยเครื่องอัดร้อนแบบคันโยกสำหรับอัดวัสดุชีวมวลจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน (Figure 1-2) โดยใช้แรงดันในการอัดขึ้นรูปคงที่ เท่ากับ 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิในการอัดร้อนเท่ากับ 100 150 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 และ 15 นาที ซึ่งส่วนประกอบหลักของเครื่องอัดร้อนแบบคันโยก ประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง(1) ฝาปิด(2) โมลอัดด้านล่าง(3) คันโยกหรือคานงัด(4) แท่งอัด(5) แผงควบคุม(6) ฮีตเตอร์(7)

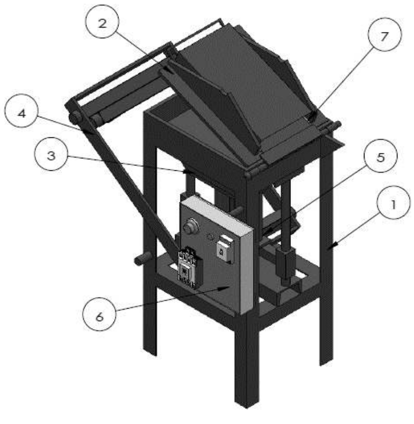
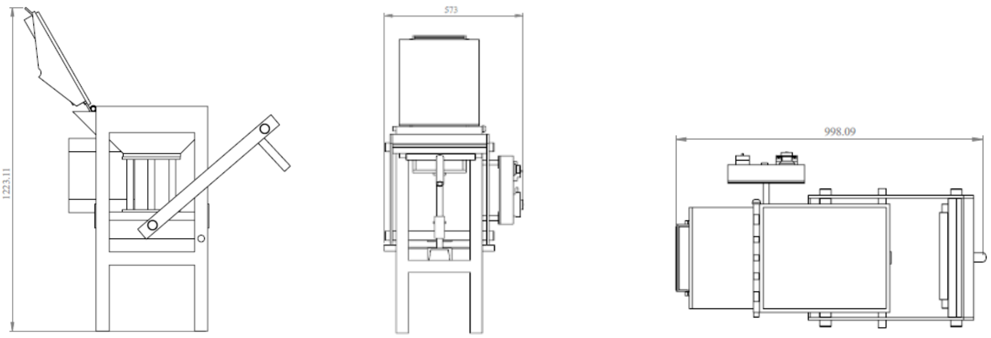


Figure 1 The lever hot press machine



(1) (2) (3)

Figure 2 The lever hot press machine isometrics

Right side view(1) Front side view(2) Top side view(3)

การคำนวณหาความชื้นของวัตถุดิบเส้นใยปาล์มน้ำมัน สามารถคำนวณได้ในรูปของความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis) และมาตรฐานแห้ง (dry basis) ได้จากสมการที่ 1-2

$$M_w = \frac{m_w}{m_w + m_s} \tag{1}$$

$$M_d = \frac{m_w}{m_s} \tag{2}$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

m_w คือ มวลของน้ำ ในปริมาตรที่พิจารณา (kg)

m_s คือ มวลของของแข็ง ในปริมาตรที่พิจารณา (kg)

การทดสอบหาความหนาแน่น สามารถทำได้โดยการวัดขนาดของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน โดยวัด ความกว้าง ความยาว และความสูง ของแผ่นไม้อัดจากใยปาล์มน้ำมันเพื่อหาปริมาตร จากนั้นคำนวณหาความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน โดยใช้สมการ

$$\text{ความหนาแน่น } (\rho) = \frac{m}{v} \tag{3}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (kg/m^3)

m คือ มวลรวมของวัตถุ (kg)

v คือ ปริมาตรรวมของวัตถุ (m^3)

การทดสอบหาการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดที่ได้จากเครื่องอัดร้อนแบบคันโยกสำหรับวัสดุชีวมวลจากเส้นใยปาล์มน้ำมันสามารถทำได้โดยการตัดแผ่นไม้อัดที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นชั่งน้ำหนัก (ก่อน) แผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำแผ่นไม้อัดที่ผ่านการแช่น้ำเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนัก (หลัง) และคำนวณค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันจากสมการที่ 4

$$\text{Water absorption (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \qquad (4)$$

W_1 คือ น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (g)
W_2 คือ น้ำหนักหลังแช่น้ำ (g)

การทดสอบหาสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน ที่ได้จากเครื่องอัดร้อนคันโยกสำหรับวัสดุชีวมวลจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน สามารถทำได้โดยการตัดวัสดุให้เป็นแผ่นวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นวัสดุที่ตัดแล้วมาทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C384-04 โดยใช้เครื่องที่ได้รับการออกแบบจาก ห้างหุ้นส่วนจำกัด เมคาทรอนิกส์ (Figure 3) บันทึกข้อมูลลงใน Microsoft Excel โดยใช้โปรแกรมเก็บข้อมูล PLX-DAQ ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูล 7 ค่าต่อวินาที จากข้อมูลที่บันทึกได้จากไมโครโฟนจะแสดงออกมาเป็นค่าของ Microphone Voltages จากนั้นนำค่าของ Voltages ที่มากและน้อยสุดไปคิดหา Standing wave ratio (SWR)

Figure 3 Sound absorption testing machine with ASTM C384-04 Standard

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการผลิตแผ่นไม้อัดเส้นใยปาล์มน้ำมันโดยเครื่องอัดร้อนแบบคันโยกสำหรับวัสดุชีวมวลจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ได้ โดยทำการทดลองผลิตแผ่นไม้อัดเส้นใยปาล์มน้ำมันที่มีสัดส่วนเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อวัสดุประสาน (แป้งเปียก) เท่ากับ 0.5:0.1 กิโลกรัม ทำการอัดขึ้นรูปโดยใช้กำลังหรือแรงดันในการอัดขึ้นรูปคงที่ เท่ากับ 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิในการอัดร้อนเท่ากับ 100, 150 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที ซึ่งเมื่อทำการอัดขึ้นรูปแล้วแผ่นไม้อัดที่ได้จากการขึ้นรูปโดยเครื่องอัดร้อนคันโยกสำหรับวัสดุชีวมวลจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน จะมีขนาด ความกว้าง 33 เซนติเมตร ความยาว 40 เซนติเมตร และความหนา

12, 10 และ 8 เซนติเมตร ตามลำดับ จากนั้นจึงทำการทดสอบหาคุณสมบัติของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความชื้น ความหนาแน่น การดูดซับน้ำ และการซับเสียง

จากผลการทดสอบหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันโดยเครื่องอัดร้อนแบบคันโยกสำหรับวัสดุชีวมวลจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน พบว่าที่อุณหภูมิในการอัดขึ้นรูปเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส ผลการอัดขึ้นรูปแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน ที่เวลา 5, 10 และ 15 นาที ได้แผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่มีความหนา 12 10 และ 8 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ได้ สีของผิวแผ่นไม้อัดค่อนข้างสวยงาม แต่มีลักษณะของผิวหน้าที่หยาบ เส้นใยหลุดร่วงง่าย อันเป็นผลมาจากเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปน้อยทำให้เส้นใยปาล์มน้ำมันยึดติดกับวัสดุประสานได้ไม่ดีเท่าที่ควร (Figure 4)

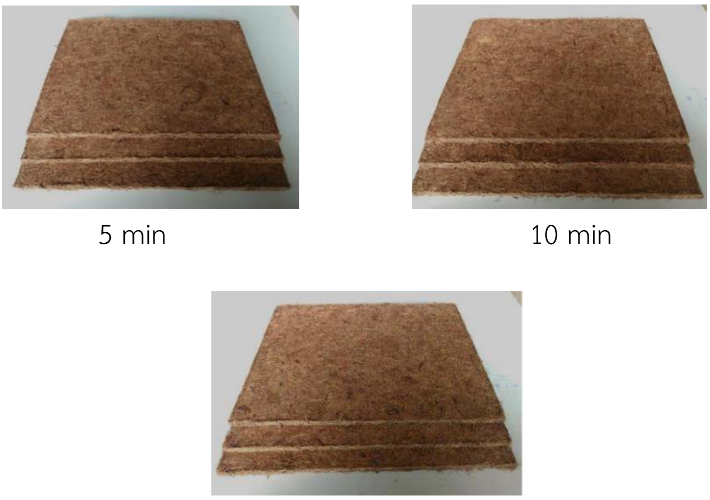
5 min

10 min

15 min

Figure 4 Fiberboard from palm oil when using a forming temperature of 100 °C

ที่อุณหภูมิในการอัดขึ้นรูปเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส ผลการอัดขึ้นรูปแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน ที่เวลา 5 10 และ 15 นาที ได้แผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่มีความหนา 8 มิลลิเมตร ทุกสภาวะเวลา ซึ่งสีผิวของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ได้ มีความสวยงามที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการอัดที่อุณหภูมิอื่น ๆ ที่ทำการทดลอง และมีลักษณะของผิวหน้าที่เรียบ เส้นใยหลุดร่วงน้อย อันเป็นผลมาจากเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปมีความเหมาะสมทำให้เส้นใยปาล์มน้ำมันยึดติดกับวัสดุประสานได้ดี (Figure 5)

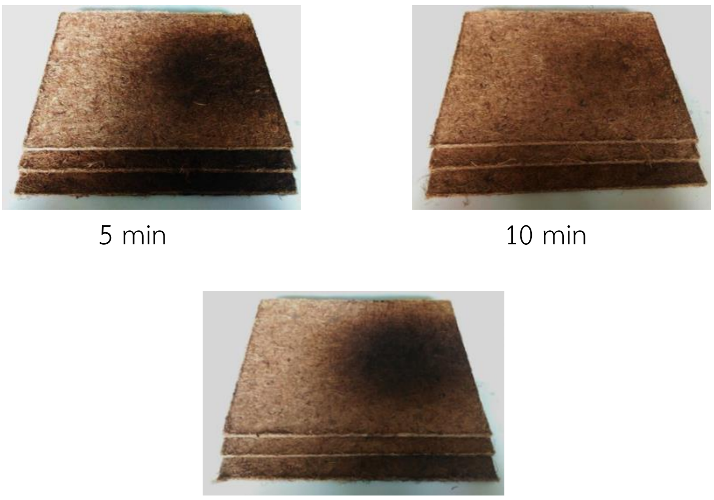


5 min   10 min

15 min

Figure 5 Fiberboard from palm oil when using a forming temperature of 150 °C

ที่อุณหภูมิในการอัดขึ้นรูปเท่ากับ 200 องศาเซลเซียส ผลการอัดขึ้นรูปแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน ที่เวลา 5 10 และ 15 นาที ได้แผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่มีความหนา 8 มิลลิเมตร ทุกสภาวะเวลา ซึ่งสีผิวของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ได้ ไม่สวยงาม เมื่อเปรียบเทียบกับการอัดที่อุณหภูมิอื่น ๆ ที่ทำการทดลอง เนื่องจากบริเวณผิวหน้าของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันโดนความร้อนสูงเกินไปทำให้ผิวหน้าไหม้เกรียม (Figure 6)



5 min   10 min

15 min

Figure 6 Fiberboard from palm oil when using a forming temperature of 200 °C.

จากผลการทดลองหาความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน เมื่อทำการทดลองสภาวะการอัดที่แตกต่างกัน พบว่าความหนาแน่นของแผ่นวัสดุต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งอุณหภูมิและเวลาจะมีผลต่อการประสานกัน

ระหว่างเส้นใยปาล์มน้ำมันกับวัสดุประสาน หากใช้อุณหภูมิในการอัดต่ำและเวลาในการอัดน้อยจะทำให้เส้นใยปาล์มน้ำมันจับตัวกับวัสดุประสานได้ไม่ดี (ความร้อนยังไม่ทำให้วัสดุประสานละลายยึดติดกับเส้นใยปาล์มน้ำมัน) ส่งผลให้แผ่นไม้อัดที่ได้มีความหนาแน่นน้อย แต่หากใช้อุณหภูมิสูงและเวลาในการอัดนานเกินไปความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดลดลงเช่นกัน เนื่องมาจากน้ำที่อยู่ในวัสดุประสานระเหยออกไปมาก น้ำหนักของแผ่นไม้อัดที่ได้จึงลดลง ซึ่งหากนำไปคำนวณตามสมการแล้วจะได้ค่าความหนาแน่นที่ที่ต่ำลงเช่นกัน ซึ่งแผ่นไม้อัดที่ใช้อุณหภูมิในการอัดที่ 150 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที เป็นแผ่นไม้อัด ที่มีความหนาแน่นสูงที่สุด และแผ่นไม้อัดที่ใช้อุณหภูมิในการอัดที่ 100 องศาเซลเซียส เวลาในการอัด 5 นาทีจะมีความหนาแน่นต่ำสุด

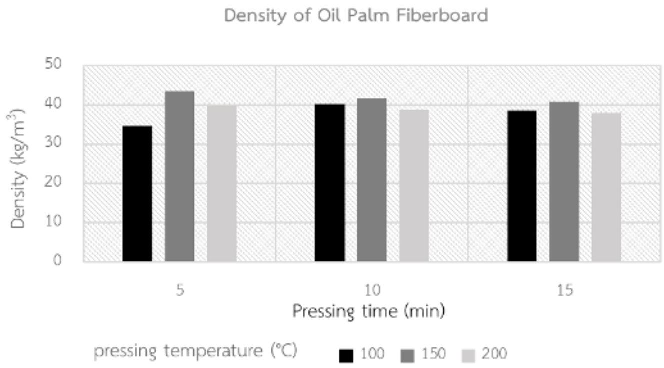


Figure 7 Density of Oil Palm Fiberboard

ผลการทดลองหาปริมาณความชื้นของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันหลังการอัดแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่สภาวะต่าง ๆ พบว่ามีปริมาณความชื้นของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่อัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที เป็นแผ่นไม้อัดที่มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด เนื่องมาจากอุณหภูมิและเวลาในการอัดต่ำสุด มีผลทำให้ความชื้นยังคงสะสมอยู่ในเส้นใยปาล์มน้ำมันมากที่สุด ส่วนแผ่นไม้อัดที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด คือแผ่นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอัดสูงที่สุด จึงทำให้ปริมาณความชื้นลดลงมากกว่าแผ่นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิและเวลาที่ต่ำกว่า ดังแสดงใน Figure ที่ 8

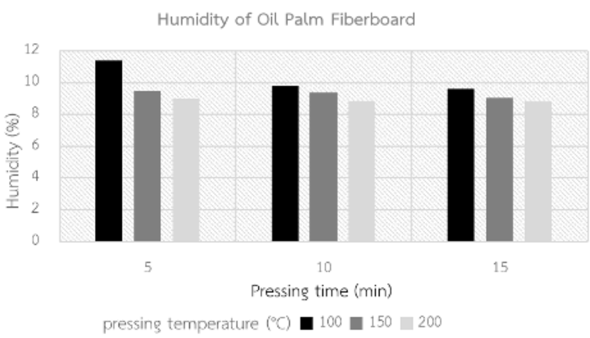


Figure 8 Humidity of Oil Palm Fiberboard.

ผลการทดลองหาการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันจากภาพที่ 9 ในการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน เมื่อแช่ชิ้นทดสอบในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าวัสดุมีการดูดซึมน้ำ เป็นผลมาจากน้ำซึมเข้าไปในรูช่องว่างเล็ก ๆ ภายในชิ้นทดสอบ ซึ่งแผ่นไม้อัดที่อัดขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงที่สุด และแผ่นไม้อัดที่อัดขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำน้อยที่สุด ซึ่งสาเหตุที่การดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันต่างกันเป็นผลมาจากความพรุนของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากอุณหภูมิและเวลาในการอัดขึ้นรูปที่ต่างกัน คือเมื่อใช้อุณหภูมิในการอัดต่ำจะทำให้แผ่นไม้อัดมีความพรุนมาก และเมื่อใช้อุณหภูมิในการอัดสูงจะทำให้แผ่นไม้อัดมีความพรุนน้อยลง (Steckel *et al.*, 2007) กล่าวด้วยว่าวัสดุที่เสริมแรงด้วยผงไม้ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น มีการดูดซับน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของน้ำเพิ่มขึ้น

ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ พบว่า ความสามารถในการดูดซับเสียงของแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ทำการทดลองอยู่ในช่วง 0.9924-0.9998 (Table 1) นั่นหมายความว่า พลังเสียง 99 เปอร์เซ็นต์ ได้ถูกดูดซับไว้เมื่อเคลื่อนที่ไปชนกับแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ทำการทดลอง ซึ่งไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันทำการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงอยู่ใน เกณฑ์ที่จะนำมาเป็นวัสดุดูดซับเสียงได้ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับเสียงถึง 0.9924-0.9998 ซึ่งผ่านตามมาตรฐาน ASTM C384-04 ที่กำหนดใช้สำหรับวัสดุที่จะนำมาทำเป็นวัสดุดูดซับเสียงต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับเสียงมากกว่า 0.40

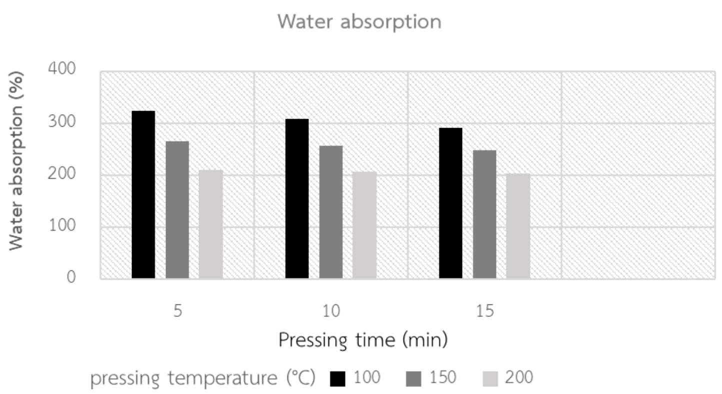


Figure 9 Water absorption of oil palm fiberboard

Table 1 The experiment results to determine the coefficient of sound absorption of oil palm fiberboards

Frequency (Hz)	Sound Absorption Coefficient								
	100 (°C)			150 (°C)			200 (°C)		
	5 (min)	10 (min)	15 (min)	5 (min)	10 (min)	15 (min)	5 (min)	10 (min)	15 (min)
125	0.9982	0.9959	0.9924	0.9959	0.9982	0.9924	0.9995	0.9924	0.9924
250	0.9959	0.9959	0.9982	0.9982	0.9955	0.9982	0.9924	0.9962	0.9959
500	0.9981	0.9959	0.9959	0.9955	0.9982	0.9983	0.9959	0.9959	0.9924
1,000	0.9982	0.9982	0.9982	0.9981	0.9982	0.9981	0.9959	0.9959	0.9981
1,500	0.9995	0.9959	0.9924	0.9924	0.9959	0.9982	0.9959	0.9962	0.9955
2,000	0.9924	0.9959	0.9962	0.9981	0.9983	0.9955	0.9982	0.9924	0.9981
3,000	0.9981	0.9959	0.9959	0.9962	0.9959	0.9983	0.9959	0.9981	0.9981
4,000	0.9962	0.9982	0.9962	0.9924	0.9981	0.9924	0.9959	0.9962	0.9982

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองอัดแผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันโดยใช้ในแรงอัดคงที่เท่ากับ 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งทำการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดทั้งหมด 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 100 150 และ 200 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป 3 สภาวะเวลา ได้แก่ 5 10 และ15 นาที พบว่าแผ่นไม้อัดที่อัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที เป็นแผ่นไม้อัดที่มีคุณภาพดีที่สุด เนื่องจากเมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพของการอัด โดยหาค่าความชื้น ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และการดูดซับเสียง พบว่ามีค่าความชื้นต่ำ ค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดสูง ส่วนค่าการดูดซึมน้ำยังมีค่าสูง แต่ก็มีค่าการดูดซับเสียงที่สูง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า แผ่นไม้อัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันโดยเครื่องอัดร้อนแบบคันโยกสำหรับวัสดุชีวมวลจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ที่เวลา 5 นาที นั้นมีคุณภาพดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะอื่น ๆ โดยไม้อัดที่ได้มีลักษณะการจับตัวกันของวัสดุมีความสวยงาม และดูดซับเสียงได้ดี จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์มากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ ครุภัณฑ์ต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัย รวมไปถึงภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และครุภัณฑ์ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

Bouafif, H., A., Koubaa, P., Perre, and A. Cloutier. 2009. Effects of Fiber Characteristics on the Physical and Mechanical Properties of Wood Plastic Composites. Composites Part A. **Applied Science and Manufacturing**, 40(12): 1975–1981.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency. 2020. **renewable and alternative energy development plan 2018-2037: AEDP2018.** [Online]. Available https://www.dede.go.th /download/Plan_62/20201021_TIEB_AEDP 2018.pdf (20 September 2021). [in Thai]

Hashim, R., W.N.A., Wan Nadhari, O., Sulaiman, F., Kawamura, S., Hiziroglu, M., Sato, and R. Tanaka, 2011. Characterization of raw materials and manufactured binderless particleboard from oil palm biomass. **Materials and Design** 32: 246-254.

Homkhiew, C., S. Rawangwong and W. Boonchouytan, 2016. Influence of Wood species and thickness sizes on mechanical and physical properties of binderless particleboard. **Ladkrabang Engineering Journal** 33(1): 18-23. [in Thai]

Homkhiew, C., S., Rawangwong, W., Boonchouytan, P. Kaewpom, and T. Thongkaowphueak. 2017. Mechanical, physical and thermal properties of binderless fiberboard from rice husk flour and rice straw flour. **The Journal of Industrial Technology** 13(3): 85-100. [in Thai]

Sihabut, T. and N. Laemsak 2010. Feasibility of producing insulation boards from oil palm fronds and empty Fruit bunches. **Songklanakarin Journal of Science Technology** 32(1): 63-69.

Steckel, V., C.M. Clemons, and H. Thoemen. 2007. Effects of material parameters on the diffusion and sorption properties of wood-flour/polypropylene. Composites. **Journal of Applied Polymer Science**: 103(2): 752-763.

การผลิตก๊าซมีเทนและชีวมวลยีสต์ด้วยก้อนเห็ดใช้แล้วและหญ้าเนเปียร์
Methane and Yeast Biomass Production by Spent Mushroom Substrate and Napier Grass

จรัสรวี จิตอนุกูล[1] ศิราภรณ์ ชื่นบาล[1*] จุฑามาศ มณีวงศ์[2] และฐูปน ชื่นบาล[1]

Jaratrawee Chitanukun[1], Siraporn Cheunbarn[1*], Chutamas Maneewong[2] and Tapanach Cheunbarn[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Environmental Technology, Faculty Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Biotechnology, Faculty Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: Siraporn@mju.ac.th

Abstract

The aim of this research was to study the optimum conditions for dilute acid pretreatment of spent mushroom substrate and napier grass for yeast biomass and methane gas production. In this experimental process, both materials were treated with dilute acid to produce yeast biomass and methane gas. The pretreatment was performed with a 2%(v/v) concentration of sulfuric acid at 110°C and 150°C for 60, 120 and 180 min, respectively.

When pretreatment process was completed, liquid was used to produce yeast biomass and solid was used in biogas process to produce methane gas. The results showed that the yield of yeast biomass from the liquid was increased when increasing high temperature and long period of time by pretreatment at 110°C for 60 min and 150°C for 180 min can produced yeast biomass of 0.13 and 0.36 g/l, respectively

In terms of methane production, it was found that methane yields were decreased when increasing severity of the pretreatment by pretreatment at 110°C for 60 min and 150°C for 180 min can produce methane gas of 228 and 203 ml/gVS$_{added}$, respectively, due to material was hydrolyzed from the pretreatment under high temperature conditions and long period of time.

Keywords: spent mushroom substrate, napier grass, yeast biomass, methane, diluted acid

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพด้วยกรดเจือจางของก้อนเห็ดใช้แล้ว และหญ้าเนเปียร์เพื่อผลิตชีวมวลยีสต์และก๊าซมีเทน ในการทดลองวัสดุทั้งสองชนิดถูกนำมาปรับสภาพด้วยกรดเจือจาง เพื่อผลิตชีวมวลยีสต์และก๊าซมีเทน การปรับสภาพดำเนินการด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 2%(v/v) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 110°C และ 150°C เป็นระยะเวลา 60, 120 และ 180 นาที เมื่อกระบวนการปรับสภาพสิ้นสุด นำส่วนเหลวไปผลิตชีวมวลยีสต์และนำกากไปผลิตก๊าซมีเทน ผลการทดลองพบว่าผลผลิตชีวมวลยีสต์จากของเหลวที่ผ่านการปรับสภาพมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการปรับสภาพ โดยการปรับสภาพภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 110°C เป็นระยะเวลา 60 นาที สามารถผลิตชีวมวลยีสต์ได้ 0.13 g/l และการปรับสภาพภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 150°C เป็นระยะเวลา 180 นาที สามารถผลิตชีวมวลยีสต์ได้ 0.36 g/l ในด้านการผลิตก๊าซมีเทนพบว่าผลผลิตก๊าซมีเทนลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการปรับสภาพ โดยการปรับสภาพภายใต้สภาวะอุณภูมิ 110°C เป็นระยะเวลา 60 นาที สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ 228 ml/gVS$_{added}$ และการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 150°C เป็นระยะเวลา 180 นาที สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ 203 ml/gVS$_{added}$ เนื่องจากวัสดุถูกไฮโดรไลซ์มากขึ้นจากการเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการปรับสภาพ

คำสำคัญ ก้อนเห็ดใช้แล้ว หญ้าเนเปียร์ ชีวมวลยีสต์ ก๊าซมีเทน กรดเจือจาง

คำนำ

ปัจจุบันธุรกิจเพาะเลี้ยงเห็ดในประเทศไทยเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งในระดับอุตสาหกรรมและครัวเรือน ส่งผลให้ของเสียจากกระบวนการผลิตเห็ด (ก้อนเห็ดใช้แล้ว) เพิ่มขึ้น ซึ่งมีการนำก้อนเห็ดเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ เช่น การนำกลับไปใช้ผลิตก้อนเห็ดใหม่และการนำไปปรับปรุงคุณภาพเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ อย่างไรก็ตามการนำก้อนเห็ดเหล่านี้ไปใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ซึ่งอาจเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียเหล่านี้และสอดคล้องกับเป้าหมายของแผนพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ.2555-2564)(DEDE, 2021)ของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ในการใช้ประโยชน์จากวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งปัจจุบันมีการคิดค้นเทคโนโลยีและวิธีในการเพิ่มผลผลิตก๊าซมีเทนให้กับกระบวนการหลากหลายรูปแบบ การหมักร่วมเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและได้รับความนิยมใช้ปรับสมดุลของสารอาหาร และลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต สำหรับประเทศไทยหญ้าเนเปียร์เป็นพืชที่ได้รับความสนใจอย่างมากในการนำมาผลิตพลังงาน เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย ให้ผลผลิตต่อไร่สูง สามารถเติบโตได้ในสภาพวะแห้งแล้งและน้ำท่วมขัง (Keawtong *et al*., 2013) ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นวัสดุทั้งสองชนิด (ก้อนเห็ดใช้แล้วและหญ้าเนเปียร์) จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุในการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและการจัดการของเสียอย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตามวัสดุเหล่านี้ (ก้อนเห็ดใช้แล้วและหญ้าเนเปียร์) เป็นวัสดุลิกโนเซลลูโลส การนำไปผลิตก๊าซชีวภาพจำเป็นต้องผ่านขั้นตอนของการปรับสภาพ โดยการปรับสภาพด้วยกรดเจือจางเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมใช้ปรับสภาพ

วัสดุลิกโนเซลลูโลส ในการกำจัดเฮมิเซลลูโลสและลิกนินเพื่อเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพื่อง่ายต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ผลกระทบจากการปรับสภาพด้วยวิธีดังกล่าวคือการก่อตัวของสารพิษซึ่งมีผลยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ในการผลิตก๊าซมีเทน เช่น เฟอร์ฟิวรอลและสารประกอบฟีโนลิก ในนำเข้าสู่ระบบจำเป็นต้องมีขั้นตอนของการกำจัดสารพิษเพื่อป้องไม่ให้จุลินทรีย์ในระบบหยุดทำงาน ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้กับกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนั้นหากสามารถนำของเหลวจากการปรับสภาพไปใช้ประโยชน์อื่นแทนการนำเข้าสู่ระบบอาจช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารพิษได้ ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกของเหลวจากกระบวนการปรับสภาพไปใช้ในการผลิตชีวมวลยีสต์ แทนการปล่อยเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ จากนั้นนำกากจากกระบวนการปรับสภาพไปผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสีย เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงาน และเพื่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองประกอบไปด้วย 1) ก้อนเห็ดใช้แล้ว นำมาจากฟาร์มเพาะเห็ดเข็มทองในจังหวัดเชียงใหม่ 2) หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (*P. purpureum* x *Pennisetum americanum*) อายุ 45 วัน นำมาจากพื้นที่เพาะปลูก-หญ้าเนเปียร์ในจังหวัดเชียงใหม่ นำส่วนลำต้นและใบมาสับให้มีขนาด 1-2.5 cm ดังแสดงใน Figure 1 แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบของก้อนเห็ดและหญ้าเนเปียร์ ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid, TS) ปริมาณของแข็งระเหยง่าย (Volatile solid, VS) ความชื้น(Moisture content) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ก่อนเริ่มทดลองเพื่อกำหนดปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการหมักร่วม

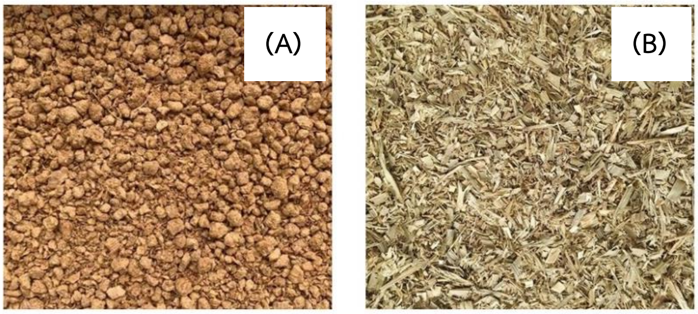


Figure 1 **(A)** Spent mushroom substrate **(B)** Napier glass Pakchong 1 (size 1-2.5 cm)

2. การปรับสภาพวัสดุด้วยกรดเจือจาง

ในการปรับสภาพ วัสดุ 16 g ถูกเติมลงในเติมลงในกรดซัลฟูริค 2%(v/v) กำหนดอัตราส่วนวัสดุ 1 g ต่อปริมาตรกรด 10 ml อุณภูมิในการปรับสภาพ 110°C และ 150°C เป็นระยะเวลา 60 120 และ 180 นาที เมื่อสิ้นสุดกระบวนการปรับสภาพชุดทดลองถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วด้วยการแช่ในอ่างน้ำเย็นก่อนนำไปกรอง จากนั้นส่วนเหลวที่ได้รับจะถูกปรับ pH เป็น 5 นำไปผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นระยะเวลา 15 นาที เพื่อใช้ในการผลิตชีวมวลยีสต์ กากจาก

กระบวนการจะถูกล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อกำจัดสารตกค้างและนำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อใช้ทดสอบผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป

3. การผลิตชีวมวลยีสต์ด้วยของเหลวจากการปรับสภาพ

กล้าเชื้อยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ที่ใช้ในกระบวนการทดลองถูกเพาะเลี้ยงในอาหารมาตรฐาน Yeast extract peptone dextrose (YPD) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง อุณหภูมิ 35°C เขย่าที่อัตราเร็ว 200 rpm จากนั้นถ่ายกล้าเชื้อ(Inoculum) ลงในของเหลวที่แยกได้จากการปรับสภาพ นำไปเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35°C เขย่าที่อัตราเร็ว 200 rpm เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนับจำนวนเซลล์ยีสต์ที่ได้จากของเหลวนำมาคำนวณน้ำหนักชีวมวลยีสต์

4. ถังปฏิกรณ์ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

ถังปฏิกรณ์ (Bioreactor) ที่ใช้ในการทดลองทำมาจากขวดแก้วขนาด 1,000 ml ที่มีการเจาะบริเวณฝาขวดสำหรับต่อท่อนำก๊าซ (Gas tube) เพื่อลำเลียงก๊าซไปยังกระบอกวัดก๊าซขนาด (Biogas collector) 1,000 ml โดยใช้หลักการแทนที่น้ำวัดปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้น เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง ก๊าซจะถูกส่งไปเก็บที่ถุงเก็บก๊าซ (Gas sampling) ดังแสดงใน Figure 2

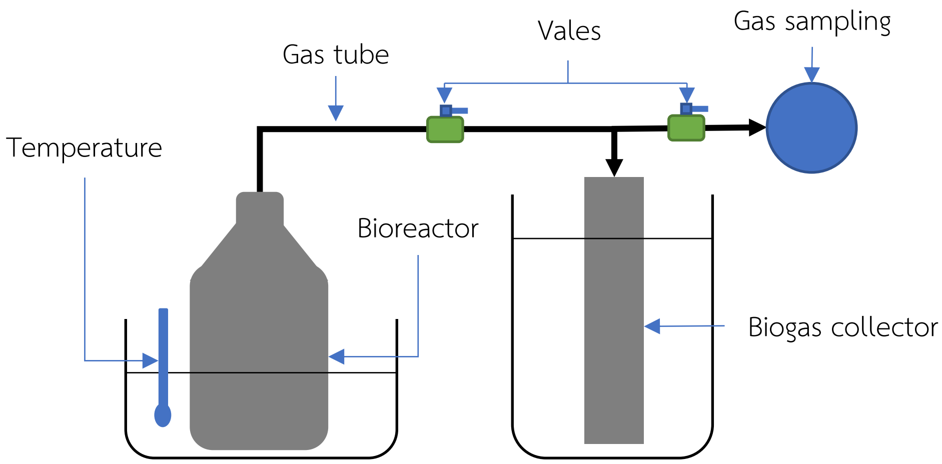


Figure 2 Bioreactor in experiment (size 1,000 ml)

5. ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทน (Biochemical methane potential test; BMP test)

ในการผลิตก๊าซมีเทนดำเนินการใน ปฏิกรณ์ขนาด 1,000 ml โดยกากวัสดุจากขั้นตอนของการปรับสภาพและวัสดุที่ไม่ผ่านการปรับสภาพจะถูกเติมลงในถัง เติมหัวเชื้อตั้งต้นมาจากโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพ ในจังหวัดเชียงใหม่ 10% ของปริมาตรในการหมักหรือ 80 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำประปาจนมีปริมาตรครบ 800 ml และปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 7-7.2 จากนั้นปิดถังปฏิกรณ์และปิดรอยรั่วด้วยกาวสิลิโคน แช่ถังปฏิกรณ์ลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เพื่อควบคุมอุณหภูมิในการเดินระบบที่ 35±1°C เป็นระยะเวลา 15 วัน หรือจนกว่าปฏิกิริยาจะสิ้นสุดหรือมีปริมาณก๊าซน้อยกว่า 5 ml เมื่อสิ้นสุดการ

ทดลอง คำนวณค่า Specific methane yield (SMY) จากปริมาณก๊าซมีเทน-สะสมและปริมาณสารอินทรีย์-ระเหยที่เข้าสู่ระบบ

6. การวิเคราะห์

ก่อนเริ่มเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ทำการเก็บตัวอย่างแต่ละชุดทดลองมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังต่อไปนี้ สำหรับการหาค่าความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งระเหยง่าย และค่าความเป็นกรดด่าง ใช้วิธีการทดสอบตามหลักการวิเคราะห์ของ AOAC (2000) และวิเคราะห์อินทรียคาร์บอนและสภาพความเป็นด่างตามหลักการวิเคราะห์ของ Walkley and Black (1934) และ Boyd and Steven (1992) ตามลำดับ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. องค์ประกอบของวัสดุที่ในการทดลอง

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบของก้อนเห็ดและหญ้าเนเปียร์พบว่า วัสดุทั้งสองชนิดมีอัตราส่วนของ VS/TS ratio เท่ากับ 0.87 และ 0.84 อัตราส่วนดังกล่าวอยู่ระหว่าง 0.69-0.95 ซึ่งเป็นช่วงอัตราส่วนที่ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูง (David *et al*., 2018) และ C/N ratio ของวัสดุมีค่าเท่ากับ 19.59 และ 41.09 ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งวัสดุที่จะสามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้ต้องมีค่า C/N ratio ระหว่าง 8-35 (Zhang *et al*., 2014) และสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพคือ 20-30 ผู้ทดลองจึงทำการผสมก้อนเห็ดและหญ้าเนเปียร์ในอัตราส่วน 1:3 น้ำหนักแห้งเพื่อปรับ C/N ratio เป็น 24.9 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

Table 1 Chemical composition of spent mushroom substrate (SMS) and napier glass Pakchong 1 (NP)

Parameters	Unit	SMS	NP
Moisture content	%	55.88±0.09	79.68±0.21
TS	mg/g	441.15±0.88	203.24±2.05
VS	mg/g	385.86±0.95	172.14±2.19
VS/TS ratio	-	0.87	0.84
C/N ratio	-	19.59	41.09

2. ผลผลิตชีวมวลยีสต์จากการปรับสภาพในสภาวะแตกต่างกัน

ผลของการปรับสภาพวัสดุพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และชีวมวลยีสต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มสภาวะและระยะเวลา-ในการปรับสภาพ โดยการปรับสภาพภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 110°C เป็นระยะเวลา 60 นาที และ 150°C เป็นระยะเวลา 180 นาที สามารถผลิตชีวมวลยีสต์ได้ 0.132±0.02 g/l และ 0.362±0.01 g/l เนื่องจากการปรับสภาพภายในระยะเวลาสั้นการไฮโดรไลซ์จะเกิดขึ้นได้ไม่ดี ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระบบมีปริมาณน้อย ขณะที่การปรับสภาพภายใต้

สภาวะอุณหภูมิสูงจะช่วยส่งเสริมการเกิดไฮโดรเนียมไอออน(H_3O^+) จากการแตกตัวของกรดซัลฟิวริกในกระบวนการระบบจึงมีปริมาณน้ำตาลสูง (Boontum, 2017) ซึ่งน้ำตาลเหล่านี้เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญสำหรับการเจริญของยีสต์ระบบจึงมีผลผลิตชีวมวลยีสต์เพิ่มขึ้นดังแสดงใน Table 2

Table 2 Biomass of yeast production of liquor fraction from treated.

Sample	Reducing sugar (mg/l)	Biomass of yeast (g/l)
110°C/60 min	49.07±0.03	0.13±0.02
110°C/120 min	186.57±2.01	0.19±0.01
110°C/180 min	244.66±0.04	0.36±0.01
150°C/60 min	246.77±0.02	0.23±0.01
150°C/120 min	524.67±0.08	0.33±0.01
150°C/180 min	505.06±0.05	0.36±0.01

การไฮโดรไลซ์มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการปรับสภาพ ดังนั้นสภาวะอุณหภูมิ 110°C ระยะเวลา 60 นาที และ 150°C ระยะเวลา 180 นาที จึงถูกเลือกเพื่อทดสอบการผลิตก๊าซชีวภาพในขั้นตอนต่อไปเนื่องจากเป็นสภาวะที่มีอัตราการเกิดไฮโดรไลซ์สูงที่สุดและต่ำที่สุดในกลุ่มชุดการทดลอง

3. ผลการปรับสภาพกากวัสดุด้วยกรดเจือจาง

ผลการวิเคราะห์วัสดุก่อนและหลังกระบวนการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริค 2%(v/v) พบว่าการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 110°C เป็นระยะเวลา 60 นาที และ 150°C เป็นระยะเวลา 180 นาที ส่งผลให้เกิดการสูญเสียชีวมวลของวัสดุจากการไฮโดรไลซิส โดยพบว่าค่าของแข็งทั้งหมดในวัสดุลดลง 33.9 และ 39.4% เมื่อเทียบกับวัสดุที่ยังไม่ผ่านการปรับสภาพ นอกจากนี้กระบวนการปรับสภาพด้วยกรดเจือจางยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในวัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงของ C/N ratio โดย C/N ratio ของวัสดุที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับสภาพมีค่าเท่ากับ 24.9 28.3 และ 34.9 ตามลำดับดังแสดงใน Table 3 อย่างไรก็ตามอัตราส่วนดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ

Table 3 Chemical composition of untreated and treated solid fraction

Parameters	Unit	Untreated	Treated 110°C/60 min	Treated 150°C/180 min
TS	mg/l	22,562±114	14,913±141	13,671±251
VS	mg/l	17,425±220	12,389±144	9,269±138
Total Nitrogen	%	2.0	1.8	1.6
TOC	%	48.8	49.9	56.9
C/N ratio	-	24.9	28.3	34.9

4. ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทน (Biochemical methane potential test; BMP test)

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพทำการคำนวณ SMY จากปริมาณก๊าซมีเทนสะสมทั้งหมด และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่เข้าสู่ระบบ พบว่ากากจากการปรับสภาพภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 110°C เป็นระยะเวลา 60 นาที สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้สูงสุด 228 ml/gVS$_{added}$ มากกว่าวัสดุที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ (Untreated) ซึ่งสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้สูงสุด 212 ml/gVS$_{added}$ แสดงให้เห็นว่า การปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริค 2% (v/v) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 110°C เป็นระยะเวลา 60 นาที สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซของวัสดุดังกล่าวได้ดังที่แสดงใน Table 4 เนื่องจากการปรับสภาพส่งผลให้โครงสร้างลิกโนเซลลูโลสอ่อนแอลงและง่ายต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนจึงสูงขึ้น (Zheng *et al*., 2014) อย่างไรก็ตาม การปรับสภาพที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นระยะเวลา 180 นาที ผลผลิตก๊าซมีเทนมีปริมาณลดลง เนื่องจากการไฮโดรไลซิสเกิดขึ้นได้ดีในสภาวะอุณหภูมิสูง (Sun and Cheng, 2002) วัสดุจึงสูญเสียมวลไปกับของเหลวจากขั้นตอนของการปรับสภาพ ซึ่งของเหลวเหล่านี้ถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตชีวมวลยีสต์ ดังนั้นสารอาหารที่เหลืออยู่ในกากจึงมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะส่งผลให้ผลผลิตก๊าซมีเทนสูงขึ้น (Weerayutsil *et al*., 2016)

Table 4 Chemical composition and methane yield of untreated and treated raw material

Parameters	Unit	Seed	Untreated	Treated 110°C/60 min	Treated 150°C/180 min
TS$_{added}$	mg/l	9,829±62	32,311±223	25,152±171	23,671±211
VS$_{added}$	mg/l	6,510±128	24,055±210	18,751±156	15,909±228
VS/TS ratio	-	0.66	0.74	0.74	0.67
pH	-	7.20	7.18	7.20	7.18
Alkalinity	mg $CaCO_3$/l	3,050	3,470	3,035	3,034
Methane yield	ml/gVS$_{added}$	-	212	228	203

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองปรับสภาพด้วยกรดเจือจางของก้อนเห็ดใช้แล้วและหญ้าเนเปียร์ พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการปรับสภาพสามารถส่งเสริมการเกิดกระบวนการไฮโดรไลซิสให้กับกระบวนการปรับสภาพ และเพิ่มผลผลิตน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งสารอาหารที่สำคัญของยีสต์ ผลผลิตชีวมวลยีสต์จากของเหลวจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลกระทบจากกระบวนการไฮโดรไลซิสที่มากเกินส่งผลต่อการสูญเสียมวลของวัสดุซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพลดลง สำหรับการปรับสภาพเพื่อผลิตก๊าซมีเทน (ก้อนเห็ดใช้แล้วและหญ้าเนเปียร์) สภาวะอุณหภูมิ 110°C ระยะเวลา 60 นาที เพียงพอที่จะสร้างผลกระทบต่อโครงสร้างของลิกโนเซลลูโลสโดยไม่ทำให้เกิดการสูญเสียมวลของวัสดุมากเกินไป ทำให้ผลผลิตก๊าซมีเทนสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Association of Official Chemists (AOAC). 2000. **Official Method of Analysis of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 17th ed. Gaitherburg: Association of Official Analytical Chemists Internation. 2200 p.

Boyd, C.E. and C.S. Steven. 1992. **Water Quality and Soil Analyses for Aquacuture**. Alabama: Alabama agricuture experiment station, Aubure University. 183 p.

Boontum, A. 2017. **Effect of Pretreatment of Water Hyacinth Using Dilute Acid on Structural Properties and Saccharification Process.** Master Thesis. Mahasarakham University. 78 p. [in Thai]

David, A., T. Govil, A.Tripathi, J. McGeary, K. Farrar and R. Sani. 2018. Thermophilic anaerobic digestion: enhanced and sustainable methane production from co-digestion of food and lignocellulosic wastes. **Energies** 11(8): 2058.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE). 2021. **Alternative Energy Development Plan: AEDP 2015.** [Online]. Available https://webkc.dede.go.th/testmax/ (10 September 2022).

Keawtong, K., A. Wirachai, I. Pheaphisal, R. Punduang, S. Winitchai. 2013. **Guide to planting Napier Pak Chong 1.** 1st. Nakhonratchasima: Mitraphapkarnphim., Ltd. 32 p. [in Thai]

Sun, Y. and J. Cheng. 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. **Bioresource Technology** 83(1): 1-11.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter, and a proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. **Soil Science**. 37(1): 29-38.

Weerayutsil, P., U. Khoyun and K. Khuanmar. 2016. Optimum ratio of chicken manure and napier grass in single stage anaerobic co-digestion. **Energy Procedia** (100): 22-25.

Zhang, M., G. Zhang, P. Zhang, S. Fan, S. Jin, D. Wu and W. Fang. 2014. Anaerobic digestion of corn stovers for methane production in a novel bionic reactor. **Bioresour Technology** (166): 606-609.

Zheng, Y., J. Zhao, F. Xu and Y. Li. 2014. Pretreatment of lignocellulosic biomass for enhanced biogas production. **Progress in Energy and Combustion Science** (42): 35-53.

การปรับปรุงวิธีการสกัดจีโนมิคดีเอ็นเอจากใบของต้นรวงผึ้ง
An Improved Method for Genomic DNA Extraction from Yellow Star Leaves

รัฐพร จันทร์เดช[1*] ปารวี กาญจนประโชติ[2] เยาวนิตย์ ธาราฉาย[2] และทิพย์สุดา ตั้งตระกูล[1]
Ruttapron Chundet[1*], Parawee Kanjanaphachoat[2], Yaowanit Tarachai[2] and Tipsuda Tangtragoon[1]
[1]สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2]สาขาภูมิทัศน์ คณะสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[1]Epartment Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[2]Department Landscape Technology [2]Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University, Chiang Mai Thailand 50290
*Corresponding author: auanmolec@gmail.com

Abstract

Several extraction methods of genomic DNA for identification and characterization of genetic diversity in different plant species are routinely applied during molecular analysis. However, the presence of undesirable compounds such as polyphenols and polysaccharides is one of the biggest problems faced during the isolation and purification of high quality DNA in plants. Therefore, achievement of fast and accurate methods for DNA extraction is crucial in order to produce pure samples. Leaves of yellow star (*Schoutenia glomerata* King subsp. peregrina (Craib) Roekm. & Hartono) have high contents of polysaccharides and polyphenols which increase the sample viscosity and decrease the DNA quality, interfering with the PCR performance. Thereby, in this study we evaluated the quality and amount of genomic DNA extracted from young leaves of yellow star after tissue lyophilization and maceration in presence of polivinilpirrolidone (PVP) were evaluated. The CTAB method was used as reference procedure and it was modified to improve the DNA extraction. The results showed the efficiency and reliability of the modified method compared to the unmodified method, indicating that combination of lyophilization and PVP improve the quality and amount of the DNA extracted from Yellow star leaves.

Keywords: genetic diversity, *Schoutenia glomerata* King subsp. peregrina (Craib) Roekm. & Hartono) DNA fingerprint, DNA extraction

บทคัดย่อ

วิธีการสกัดจีโนมิกส์ดีเอ็นเอ ของพืชแต่ละชนิดมีหลายวิธีที่เหมาะสมต่อการนำมาศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมระดับโมเลกุล อย่างไรก็ตามการมีอยู่ของสารประกอบที่ไม่พึงประสงค์ เช่น โพลีฟีนอลและโพลีแซ็กคาไรด์จะทำให้เพิ่มความหนืดของตัวอย่างและลดคุณภาพของดีเอ็นเอ ซึ่งจะไปรบกวนการทำปฏิกิริยา PCR ดังนั้นวิธีการสกัดดีเอ็นเอที่เหมาะสมและรวดเร็วจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการศึกษานี้ได้ทำการประเมินคุณภาพและปริมาณของจีโนมิกส์ดีเอ็นเอที่สกัดจากใบของรวงผึ้ง (*Schoutenia glomerata King subsp. peregrina (Craib) Roekm. & Hartono*) หลังการทำให้เนื้อเยื่อเยือกแข็งและการบ่มร่วมกับโพลิวินิลไพโรลิโดน (PVP) จากนั้นได้ปรับปรุงวิธีดีเอ็นเอด้วย CTAB โดยเพิ่มระยะเวลาในการบ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของวิธีการที่ดัดแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม ซึ่งบ่งชี้ว่าการผสมผสานของการทำแห้งแบบเยือกแข็งและ PVP ช่วยปรับปรุงคุณภาพและปริมาณของดีเอ็นเอที่สกัดจากใบรวงผึ้ง

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางพันธุกรรม ต้นรวงผึ้ง ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ การสกัดดีเอ็นเอ

คำนำ

ต้นรวงผึ้ง หรือ ต้นสายน้ำผึ้ง มีชื่อสามัญว่า Yellow star เป็นพรรณไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย พบมากในป่าทางภาคเหนือความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000-1,100 เมตร มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Schoutenia glomerata* King subsp. peregrina (Craib) Roekm. & Hartono รวงผึ้งเป็นพันธุ์ไม้สกุลเดียวกับปอกระเจาและตะขบฝรั่ง เป็นไม้หอมที่มีกลิ่นหอมแรงทำให้กลายเป็นพืชที่น่าสนใจเป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมไม้หอม อีกทั้งยังมีความสำคัญเป็นต้นไม้ประจำขององค์รัชกาลที่ 10 แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการตรวจสอบความหลากหลายและระบุสายพันธุ์ของรวงผึ้งที่แน่ชัดซึ่งจะเป็นข้อมูลที่จะนำไปสู่การอนุรักษ์และการปรับปรุงพันธุ์

เทคนิคเครื่องหมายโมเลกุล เช่น Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) , Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP), และ Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) ได้ถูกนำมาใช้ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมและสร้างเป็นฐานข้อมูลทางพันธุกรรมของพืชหลากหลายชนิดเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์และการอนุรักษ์ซึ่งในแต่ละเทคนิคจำเป็นจะต้องใช้ดีเอ็นเอที่มีความบริสุทธิ์สูงในการตรวจสอบ และปริมาณดีเอ็นเอที่ได้จะต้องมากพอที่จะนำมาใช้ ทั้งนี้พบว่าในพืชหลายๆชนิดมีสารประกอบโพลีฟีนอล โพลีแซ็กคาไรด์ และสารทุตติยภูมิบางชนิดในปริมาณสูง ส่งผลให้ดีเอ็นเอที่สกัดได้มีการปนเปื้อนของสารประกอบดังกล่าว ทำให้ดีเอ็นเอมีความบริสุทธิ์น้อย (Rezadoost *et al*., 2016) โดยจากรายงานการวิจัยพบว่าสารประกอบต่างๆเหล่านี้อาจไปรบกวนปฏิกิริยาในการตรวจสอบทางชีวโมเลกุลด้วยเทคนิค Polymerase Chain Reaction (PCR) ทำให้การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืชหลายๆชนิดยังไม่ประสบความสำเร็จ ดังนั้นจึงได้มีการหาวิธีในการสกัดดีเอ็นเอจากพืชบางชนิดที่ไม่สามารถสกัดด้วยวิธีการทั่วไปให้ได้ดีเอ็นเอที่มีปริมาณมากและความบริสุทธิ์สูง

ปัจจุบันมีรายงานวิธีการสกัดดีเอ็นเอของกลุ่มพืชที่มีสารประกอบโพลีฟีนอล โพลีแซ็กคาไรด์ และสารทุตติยภูมิปริมาณสูงให้บริสุทธิ์ได้โดยใช้สาร CTAB (cetyltrimethyl ammonium bromide) (Angeles *et al*., 2005; Azmat *et al*., 2012; Darvishzadeh *et al*., 2013) เนื่องจาก CTAB มีคุณสมบัติในการตกตะกอนสารประกอบฟีนอลได้ และมีรายงานการประยุกต์วิธี CTAB ในการสกัดดีเอ็นเอในพืชกลุ่มที่มีสารประกอบโพลีฟีนอลสูงอีกหลายวิธีการ เช่น วิธีการสกัดของ Doyle and Doyle (1987) และ Doyle and Doyle (1990) ซึ่งรายงานว่าสามารถสกัดดีเอ็นเอจากกล้วยไม้แวนด้า (*Vanda bensonii*) และสบู่ดำ (*Jatropha curcas*) ได้มีความบริสุทธิ์สูง ขณะที่ Elena-Laura Conțescu (2018) รายงานว่าสามารถสกัดดีเอ็นเอจากเมล็ดถั่วแห้งที่มีสารประกอบโพลีฟีนอลปริมาณสูง ด้วยการใช้ตัวอย่างแห้งที่ผ่านการแช่แข็งมาก่อน ทั้งนี้มีรายงานการประยุกต์ใช้วิธีการสกัดดีเอ็นเอของ Doyle and Doyle (1987) พบว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้สามารถนำไปใช้ตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยวิธี High Annealing Temperature- Random Amplified Polymorphic DNA (HAT-RAPD) ได้ (Kiatchai *et al*., 2014) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการประยุกต์และดัดแปลงวิธีการของ Doyle and Doyle (1987) ในการสกัดดีเอ็นเอของรวงผึ้ง โดยปรับปรุงวิธีการและขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพในการสกัดดีเอ็นเอให้มีคุณภาพและปริมาณที่เหมาะสมต่อการนำไปศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยเทคนิคเครื่องหมายโมเลกุลต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างพืช

นำใบอ่อนของต้นรวงผึ้งจำนวน 8 ตัวอย่างที่รวบรวมจากบริเวณมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (S1 – S6) และจากบริเวณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (A และ B) มาทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นและเอทิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นชั่งตัวอย่างปริมาณ 0.1 กรัม นำไปเก็บที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสร่วมกับโพลิวินิลไพโรลิโดน (PVP) เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนการนำไปสกัดดีเอ็นเอ และอีกส่วนนำไปชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 0.1 กรัมแล้วสกัดดีเอ็นเอทันที

2. การสกัดดีเอ็นเอ

นำชิ้นส่วนใบสดและใบที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสของต้นรวงผึ้งมาสกัดดีเอ็นเอโดยประยุกต์วิธีการของ Doyle and Doyle (1987) โดย นำชิ้นส่วนใบสดและใบแช่แข็งของรวงผึ้ง 0.1 กรัมเติม extraction buffer (NaCl ความเข้มข้น 1.4 โมลาร์, EDTA ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ pH 8.0, Tris-HCl ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ pH 8.0, CTAB ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ และ β-mercaptoethanol ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์) ปริมาตร 700 ไมโครลิตรแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 และ 120 นาที ทำการกลับหลอดทุกๆ 15 นาที เติม chloroform: isoamyle (24:1) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา10 นาที ดูดส่วนใสด้านบนใส่ 1.5 ml microtube ใหม่ แล้วเติม chloroform:isoamyle (24:1) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสด้านบนใส่ 1.5 ml microtube ใหม่ เติม absolute ethanol ปริมาตร 2 เท่าของสารละลายที่ดูดมาจากหลอดเดิม ตกตะกอนที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที เทส่วนใส

ด้านบนทิ้งจากนั้นเติมเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 900 ไมโครลิตรนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 2 นาที เทส่วนใสด้านบนทิ้ง ตากตะกอนดีเอ็นเอให้แห้งที่อุณหภูมิห้องแล้วละลายตะกอนดีเอ็นเอด้วย TE buffer (Tris-HCl ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ pH 7.5 และ EDTA ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ pH 7.0) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และเติม RNase A ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรปริมาตร 2 ไมโครลิตรนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปบ่มที่อุณภูมิ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของ RNase A (Figure 1)

3. การตรวจสอบปริมาณดีเอ็นเอและคุณภาพดีเอ็นเอ

ตรวจสอบความเข้มข้นและคุณภาพของดีเอ็นเอของต้นรวงผึ้งที่สกัดได้จากวิธีการต่างๆ ด้วยเครื่อง NanoDrop Lite (Thermo Scientific, USA) โดยหยดดีเอ็นเอปริมาตร 2 ไมโครลิตรตรงจุดหยดสารภายในเครื่องบันทึกผลปริมาณดีเอ็นเอที่ค่าการดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรและตรวจสอบคุณภาพดีเอ็นเอโดยบันทึกสัดส่วนระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรต่อความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร

4. การตรวจสอบคุณภาพของดีเอ็นเอด้วยเทคนิค HAT-RAPD

นำดีเอ็นเอที่สกัดได้จากตัวอย่างใบรวงผึ้งจำนวน 8 ตัวอย่าง มาสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยการใช้ Primer แบบสุ่ม (OPAW01, OPW02, OPW03, OPW04 และ OPW05) โดยเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยา PCR (1×reaction buffer, 2.5 mM MgCl2, 200 µM dNTPs, 100 ng Primer, 5-10 ng DNA template และ 0.5 unit Taq Polymerase) ด้วยเครื่อง Thermo cycler (Thermo Scientific, Germany) โดยใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ดังนี้ ขั้นตอน initial melting step ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 2 นาที 1 รอบ, 35 รอบของ 3 ขั้นตอนย่อยที่ประกอบด้วย denaturation stage ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส30 วินาที annealing stage ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 30 วินาทีextension stage ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 45 วินาทีและ final extension step ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 10 นาที 1 รอบ จากนั้นตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์โดยวิธีอิเล็กโทรฟอรีซิสในเจลอะกาโรสความเข้มข้น 1.4 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิธีการสกัดดีเอ็นเอจากใบของต้นรวงผึ้งโดยใช้ตัวอย่างใบสด และใบที่ผ่านการแช่แข็งร่วมกับ PVP (ตัวอย่าง S1, S2, S3, S4, S5, S6, A และ B) ด้วยวิธีการสกัดและเวลาที่บ่มที่แตกต่างกัน (60 และ 120 นาที) พบว่าการบ่มตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 120 นาที สามารถสกัดดีเอ็นเอได้ความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 2323.2 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร (Figure 1) และดีเอ็นเอมีค่าการดูดกลืนแสงที่สัดส่วน OD260/280 เท่ากับ 1.70 (Table 1) ในขณะที่การบ่มที่เวลา 60 นาทีตรวจไม่พบดีเอ็นเอ ทั้งนี้จากการสกัดด้วยวิธีดั้งเดิมและการใช้ชุดสกัดดีเอ็นสำเร็จรูปไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอจากใบของต้นรวงผึ้งได้ (Data not show) และเมื่อนำตัวอย่างดีเอ็นเอที่สกัดได้ทั้ง 10 ตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพโดยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค HAT-RAPD จากการใช้ไพรเมอร์แบบสุ่ม พบว่ามี 5 ไพรเมอร์สามารถสังเคราะห์แถบดีเอ็นเอที่แสดงลักษณะ polymorphic ได้ (Figure 2)

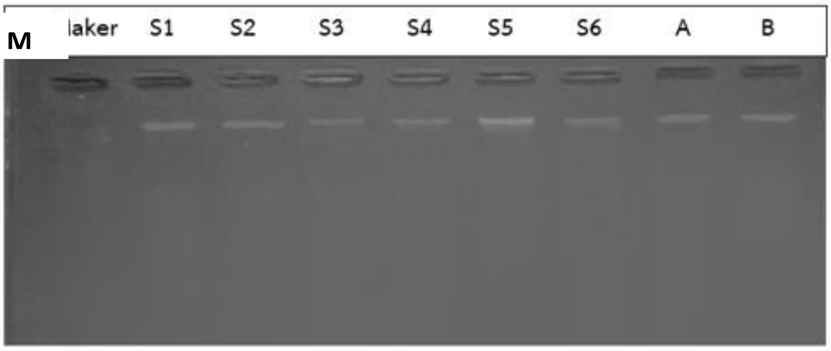


Figure 1 DNA of Yellow star leaves extraction by modified method of Doyle and Doyle (1987)
M = molecular-weight markers (100 bp. Ladder)
S1-S6 = Samples were collected from Chiangmai University
A,B = Samples were collected from Maejo University

Table 1 Spectrophotometer measurement of extracted DNA of Yellow star leaves

Modified method	Incubation time (65 °C) min	Sample	Concentration DNA (ng/μl)	OD260/280
1	60	1	ND	-
	60	2	ND	-
	60	3	ND	-
	60	4	ND	-
	60	5	ND	-
	60	6	ND	-
	60	7	ND	-
	60	8	ND	-
	60	9	ND	-
	60	10	ND	-
2	120	1	704.1	1.7
	120	2	500.5	1.62
	120	3	719.9	1.8
	120	4	707.7	1.86
	120	5	774	1.61
	120	6	1587.3	1.77

Table 1 (Continued)

Modified method	Incubation time (65 °C) min	Sample	Concentration DNA (ng/µl)	OD260/280
	120	7	1364.5	1.38
	120	8	1040.5	1.34
	120	9	2323.2	1.7
	120	10	1586.9	1.87

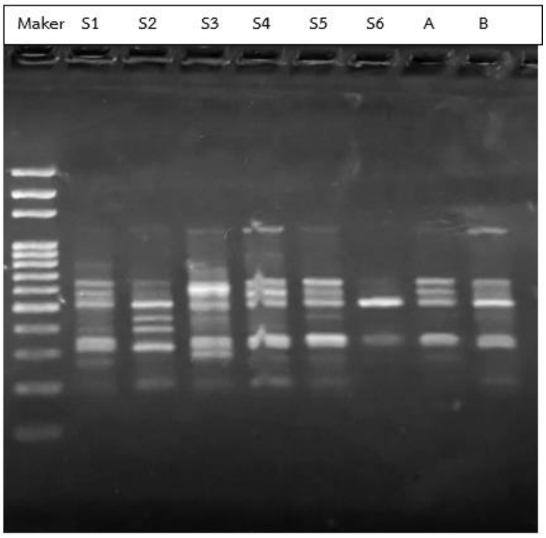


Figure 2 HAT-RAPD profiles of DNA from 8 yellow star samples using primer OPW02.
M = molecular-weight markers (100 bp. Ladder)
S1-S6 = Samples were collected from Chiangmai University
A,B = Samples were collected from Maejo University

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาวิธีการสกัดดีเอ็นเอจากใบของต้นรวงผึ้ง โดยใช้ตัวอย่างใบสดและใบที่เก็บในสภาพแช่แข็งร่วมกับ PVP โดยการดัดแปลงวิธีการของ Doyle and Doyle (1987) โดยทำการบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 และ 120 นาที พบว่าไม่สามารถสกัดดีเอ็นเอได้จากใบสดและใบที่บ่มที่ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 นาที ทั้งนี้อาจเกิดจากระยะเวลาในการทำให้เซลล์แตกไม่เพียงพอ และเนื่องจากในใบสดของรวงผึ้งมีสารกลุ่มโพลีฟีนอล และ สารทุติยภูมิจำนวนมาก อาจส่งผลให้เกิดการเสียสภาพของดีเอ็นเอเช่นเดียวกับการรายงานของ Mathew *et al.* (2014) รายงานว่าการสกัดดีเอ็นเอจากใบกระวาน (*Amomum subulatum* Roxb.) ด้วยวิธีที่สกัดโดยใช้ตัวอย่าง

ใบที่ผ่านการแช่แข็งสามารถสกัดดีเอ็นเอได้ความเข้มข้นสูงกว่าวิธีที่สกัดโดยใช้ตัวอย่างใบสด โดยใช้สารละลาย CTAB ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้ตัวอย่างใบแช่แข็งโดยใช้สารสารละลาย CTAB ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการปนเปื้อนของสารประกอบฟีนอลในดีเอ็นเอได้ ทำให้ดีเอ็นเอที่สกัดได้มีคุณภาพสูงนอกจากนั้น การกำจัดอาร์เอ็นเอด้วยเอนไซม์ RNAse A แล้วทำให้ดีเอ็นเอบริสุทธิ์ด้วยการใช้ Chloroform: Isoamyl alcohol จึงทำให้ดีเอนเอที่ได้มีความบริสุทธิ์สูง แต่ขั้นตอนนี้จะเกิดการสูญเสียดีเอ็นเอปริมาณเมาก ทั้งนี้การสกัดดีเอนเอจึงควรเป็นวิธีการที่สามารถสกัดดีเอ็นเอที่มีปริมาณ และคุณภาพสูงสามารถนำไปใช้ในเทคนิคอื่น ๆ ได้ จึงเห็นได้ว่าการสกัดดีเอ็นเอของใบรวงผึ้งที่ผ่านการแช่แข็งสามารถสกัดดีเอ็นเอได้ความเข้มข้นสูง และมีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป ทั้งนี้เพื่อให้วิธีการสกัดดีเอนเอที่มีคุณภาพเพิ่มขึ้นอาจมีการปรับวิธีการเช่นรายงาน Mathew *et al*.,2014 รายงานว่าการใช้ Polyvinyl pyrrolidone (PVP) ร่วมกับ CTAB สามารถลดสารทุติยภูมิ เช่น สารประกอบฟีนอล และโพลีแซคคาไรด์ซึ่งเป็นสารที่รบกวนปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ในเทคนิคทางชีวโมเลกุล

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิธีการสกัดดีเอ็นเอจากใบรวงผึ้งโดยใช้ตัวอย่างที่ผ่านการเก็บที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสและบ่มรวมกับ PVP ด้วยวิธีในการสกัดดีเอ็นเอที่เติมสาร CTAB และเพิ่มเวลาในการบ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าสามารถสกัดดีเอ็นเอของรวงผึ้งได้ปริมาณสูงและมีความบริสุทธิ์เพียงพอที่จะสามารถนำมาวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยเทคนิค HAT-RAPD ได้ ในขณะที่วิธีการสกัดแบบเดิมและการใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูปไม่สามารถสกัดดีเอ็นจากใบรวงผึ้งได้เลย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนุนจากโครงการอนุรักษพันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และศูนย์วิทยาศาสตร์และเครื่องมือกลางที่อนุเคราะห์เครื่องมือครุภัณฑ์ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Angeles, J.C., A.C. Laurena, and E.M. Mendoza. 2005. Extraction of genomic DNA from the lipid-, polysaccharide-, and polyphenol-rich coconut (*Cocos nucifera* L.). **Plant Mol Biol Rep** 23: 297a–297i

Azmat, M.A., I.A. Khan, H.M.N. Cheema, I.A. Rajwana, A.S. Khan and A.A. Khan. 2012. Extraction of DNA suitable for PCR application from mature leaves *Mangifera indica* L. **Journal of Zhejiang University-SCIENCE** 13: 239-243.

Darvishzadeh, R., S. Gholizadeh, H.H. Maleki, B. Abdollah and I. Bernousi. 2013. Study on genetic diversity among Iranian water pipe's tobacco (*Nicotiana* spp.) varieties using simple sequence repeat markers. **Bulgarian Journal of Agricultural Science** 19: 557-562.

Doyle, J.J. and J.L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. **Phyto chemical Bulletin** 19: 11-15.

________. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus** 12: 13-15.

Elena-Laura Conțescu. 2018. A simple and rapid DNA isolation method from dry pea seeds suitable for PCR analyses. **Romanian Agricultural Research** 35: 15-19.

Saetai, K., P. Khunpak and T. Thananan. 2014. Assessment of genetic correlations and classification of Nepenthes with RAPD Hat technique. W. **Science and Technology** 2: 238-241. [in Thai]

Mogg, R.J. and J.M. Bond. 2003. A cheap, reliable and rapid method of extracting high-quality DNA from plants. **Molecular Ecology Resources** 3(4):666-668.

Mohammadi, M., D. Torkamaneh, M. Hashemi, R. Mehrabi and A. Ebrahimi. 2012. Fast and inexpensive DNA isolation from wheat (*Triticum aestivum*) and other small grains. **Wheat Inf. Serv**. 114: 17-20

Mathew, M.K., S. Jose, Y.S. Rao, U. Gupta and J. Thomas. 2014. Optimization of genomic DNA extraction from fresh and dry leaves of large cardamom (*Amomum subulatum* Roxb.) for diversity analysis. **Indian Journal of Biotechnology** 13: 221-224

Rezadoost, M. H., M. Kordrostami and H. H. Kumleh. 2016. An efficient protocol for isolation of inhibitor-free nucleic acids even from recalcitrant plants. **Biotech** 6(1): 61.

การดัดแปลงวิธีสกัดดีเอ็นเอสำหรับเห็ดเผาะ (*Astraeus hygrometricus*)

Modification of DNA Extraction Method for A*straeus Hygrometricus*

ปริญญานุช ปินนิล* และรัฐพร จันทร์เดช

Parinyanuch Pinni[1*] and Ruttapron Chundet

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Biotecnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: Parinyanuch1997@gmail.com

Abstract

Astraeus hygrometricus are native mushrooms that grow naturally. They are round and flat. They are growing only in the rainy season. Thus, this made this mushroom was high demand in market. However, the research data of species diversity and the bioactive compounds of *A. hygrometricus* are relatively rare. To study the diversity of *A. hygrometricus* and their bioactive compounds, quality of DNA is the most important. Therefore, the DNA extraction method in this research was used a modified buffer containing 400 mM NaCl, 1% SDS, 20 mM EDTA. The modified of DNA extraction was performed by reduction of incubation time resulted in rapid DNA extraction. The result showed that the quantitative and qualitative measurements of DNA at OD260/280 were 1.74-2.09 ng/ul. When the DNA content was amplified by PCR, the amount of DNA of the mushrooms was clearly amplified.

Keywords: genetic diversity**,** bioactive compounds , *Astraeus hygrometricus ,* DNA

บทคัดย่อ

เห็ดเผาะ (*Astraeus hygrometricus*) เป็นเห็ดพื้นบ้านที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ ดอกเห็ดมีลักษณะกลมแบน ขึ้นในฤดูฝนเพียงเท่านั้น ทำให้เห็ดเผาะเป็นที่ต้องการของตลาดสูง แต่ในด้านข้อมูลทางวิชาการเกี่ยวกับการศึกษาความหลากหลายของสายพันธุ์เห็ดเผาะและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดเผาะนั้นยังพบค่อนข้างน้อย ซึ่งในการศึกษาความหลากหลายของเห็ดเผาะและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจำเป็นที่จะต้องมีดีเอ็นเอที่มีคุณภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการดัดแปลงวิธีสกัดดีเอ็นเอจากเห็ดเผาะ โดยปรับใช้ Extraction buffer ที่ประกอบไปด้วย 400 mM Nacl, 1% SDS, 20 mM EDTA และดัดแปลงวิธีการสกัดดีเอ็นเอที่ลดขั้นตอนในการบ่มให้ความร้อนออกไปทำให้ในการสกัดดีเอ็นเอมีความรวดเร็วมากขึ้น เมื่อนำไปวัดปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอที่ OD260/280 เท่ากับ 1.74-2.09 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร โดยเมื่อนำมาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วย PCR พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของเห็ดเผาะได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางพันธุกรรม สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เห็ดเผาะ ดีเอ็นเอ

คำนำ

เห็ดเผาะหรือเห็ดถอบ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Astraeus hygrometricus* เป็นเห็ดป่าที่ขึ้นเองตามธรรมชาติมีลักษณะทรงกลมรีหรือรูปไข่ มีสีน้ำตาลอ่อน โดยเห็ดเผาะมีการเจริญเติบโตแบบพึ่งพาอาศัยร่วมกับรากของต้นไม้ ซึ่งขึ้นในฤดูฝนเพียงเท่านั้น ทำให้เห็ดเผาะเป็นที่ต้องการของตลาดสูง แต่ในด้านข้อมูลทางวิชาการเกี่ยวกับการศึกษาความหลากหลายของสายพันธุ์เห็ดเผาะและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดเผาะนั้นยังพบค่อนข้างน้อย

นอกจากนี้การศึกษาความหลากหลายหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจำเป็นที่จะต้องนำเทคนิคทางชีวโมเลกุลมาใช้ร่วมด้วย เช่น Amplified fragment length polymorphism (AFLP), Restriction Fragment Length Polymorphisms (RFLP), Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) เป็นต้น ซึ่งแต่ละเทคนิคจำเป็นที่จะต้องใช้ดีเอ็นเอในปริมาณมากและความบริสุทธิ์สูง อีกทั้งเห็ดเผาะจัดเป็นกลุ่มเห็ดราที่มีเส้นใยและผนังเซลล์ที่หนาและมีโพลีแซคคาไรด์สูง (Qi *et.al.,* 2003) ทำให้ดีเอ็นเอมีการปนเปื้อน อาจส่งผลต่อกระบวนการทางชีวโมเลกุล ดังนั้นจึงมีการศึกษาการสกัดดีเอ็นเอจากเห็ดให้ได้ปริมาณดีเอ็นเอที่มากและมีความบริสุทธิ์ที่เพียงพอต่อการนำไปใช้ในเทคนิคทางชีวโมเลกุล

ปัจจุบันมีรายงานการศึกษาการสกัดดีเอ็นเอจากเห็ดซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีโพลีแซคคาไรด์ โดยการสกัดดีเอ็นเอจากเห็ดหลินจือเพื่อใช้ในการระบุสายพันธุ์ (Zhou *et al.,* 2007) โดยการประยุกต์ใช้ วิธี HSLP (High Salt and Low pH) ซึ่งส่วนประกอบของบัฟเฟอร์จะมีเกลือสูง pH ต่ำ เพื่อช่วยกำจัดโพลีแซคคาไรด์ และมีการศึกษาการสกัดดีเอ็นในปริมาณมากเพื่อใช้ในการนำไปศึกษาระดับโมเลกุล (Dentinger *et al.,* 2010) ในการสกัดดีเอ็นเอจากเห็ดยังมีอีกหลากหลายวิธีดังในรายงานการประยุกต์ใช้วิธีการสกัดดีเอ็นเอจาก Doyle and Doyle (1987); Praphruet and Rattanang {2007) สามารถนำไปใช้ในการรวบรวบและจำแนกสายพันธุ์เห็ดหอมที่เพาะเป็นการค้าด้วยเครื่องหมายโมเลกุลอาร์เอพีดีอย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวนั้นยังมีขั้นตอนในการเตรียมสารที่ค่อนข้างยุ่งยากและใช้เวลา

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์วิธีการสกัดดีเอ็นเอของ Doyle and Doyle (1987) โดยทำการการปรับเปลี่ยนสารเคมีใน extraction buffer และวิธีการสกัดดีเอ็นเอสำหรับเห็ดเผาะเพื่อให้มีประสิทธิ์ภาพในการนำไปศึกษาความหลากหลายของสายพันธุ์เห็ดเผาะและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดเผาะด้วยเทคนิคชีวโมเลกุล

อุปกรณ์และวิธีการ

1.การเตรียมตัวอย่างพืช

นำตัวอย่างเห็ดเผาะ 6 ตัวอย่าง ที่ทำการเก็บมาจากภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งในการเตรียมตัวอย่างจะใช้ตัวอย่างละ 1 กรัม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและใช้กระดาษทิชชูซับจนแห้งแล้วฉีดด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์เพื่อฆ่าเชื้อบริเวณเปลือกของเห็ดเผาะและทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นนำไปบดด้วยไนโตรเจนเหลว

2.การสกัดดีเอ็นเอ

การสกัดดีเอ็นเอเห็ดเผาะแต่ละตัวอย่างโดยการประยุกต์วิธีการของ Doyle and Doyle (1987) จากการเดิม extraction buffer ประกอบด้วย 2% CTAB, 2% Tris-HCL pH 8 , 1.4 M EDTA, 0.2% β-mercaptoethanol ผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยน extraction buffer เป็น 400 mM Nacl , 1% SDS ,20 mM EDTA pH 8.0 , 0.2% β-mercaptoethanol โดยเติม extraction buffer ปริมาตร 700 ไมโครลิตร ลงไปในตัวอย่างเห็ดเผาะที่บดละเอียดปริมาณ 1 กรัม และเติม chloroform 700 ไมโครลิตร ผสมสารละลายด้วยเครื่อง vortex mixer บ่มที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที ซึ่งจากเดิมการสกัดดีเอ็นเอจะต้องบ่มให้ร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงทำให้ในการสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธีนี้มีความรวดเร็วมากขึ้น หลังจากบ่มที่อุณภูมิห้องครบ 5 นาทีนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสปริมาตร 500 ไมโครลิตรใส่ microcentrifuge tube ใหม่ เติม phenol 700 ไมโครลิตร จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสปริมาตร 500 ไมโครลิตรใส่ microcentrifuge tube ใหม่ เติม chloroform 700 ไมโครลิตรและปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดส่วนใสปริมาตร 500 ไมโครลิตรใส่ microtube ใหม่ เติม Absolute ethanol 1 มิลลิลิตร เติม NaoAc 50 ไมโครลิตรและเติม 10% LiCl 50 ไมโครลิตร จากนั้นตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เทส่วนใสด้านบนทิ้งจากนั้นเติมแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เทส่วนใสทิ้งตากตะกอนดีเอ็นเอให้แห้งแล้วละลายตะกอนด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ

3.การตรวจสอบปริมาณดีเอ็นเอและคุณภาพดีเอ็นเอ

นำดีเอ็นเอที่สกัดได้มาทำการตรวจสอบด้วยเจลอิเล็กโตรโฟเรซิส (Peyachoknagul, 1997) จากนั้นนำไปตรวจสอบความเข้มข้นของดีเอ็นเอเห็ดเผาะด้วยเครื่อง NanoDrop โดยการหยดดีเอ็นเอปริมาตร 2 ไมโครลิตรตรงจุดหยดสารที่ค่าดูดกลืนแสงความยาว 260 นาโนเมตรต่อความยาวคลื่น 280 นาโนเมตรโดยดีเอ็นเอทีมีความบริสุทธิ์ควรมีอัตราส่วนอยู่ในช่วง 1.6–1.8 ถึงจะแสดงว่าดีเอ็นเอมีความบริสุทธิ์หรือมีคุณภาพดีหากต่ำกว่า 1.6 แสดงว่ามีโปรตีน และฟีนอลปะปนอยู่ถ้าหากมากกว่า 1.8 แสดงว่ามี RNA ปนอยู่ซึ่งค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างดีเอ็นเอเห็ดเผาะที่วัดได้เท่ากับ 1.74-2.09 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร

4.การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค PCR

นำดีเอ็นเอจากเห็ดเผาะมาทำการเจือจางจากนั้นนำไปทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพร์เมอร์แบบสุ่ม โดยมีองค์ประกอบของสารเคมีในการทำ PCR และปฏิกิริยา PCR มีดังใน

Table 1 PCR 1X reaction

Chemical	1 reaction (1x)
Taq Hot start	2 ul
Primer (10um)	1 ul
DNA template (40ng/ul)	0.5 ul
Deionized sterile water	6.5 ul
Total volume	**10 ul**

Table 2 PCR condition

Condition	Temp.	Time	
Pre-denaturation	95°C	2 min	
Denaturation	94°C	40 second	35 cycle
Annealing	50°C	40 second	
Extension	72°C	1 min	
Post-extension	72°C	5 min	

ผลการวิจัย

จากผลการสกัดดีเอ็นเอจากเห็ดเผาะด้วยการปรับเปลี่ยน extraction buffer สามารถสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างเห็ดเผาะได้และทำตรวจสอบคุณภาพดีเอ็นเอด้วยเจลอิเล็กโตรโฟเรซิสให้แถบดีเอเอ็นที่ชัดเจน (Figure 1) และเมื่อนำไปตรวจวัดปริมาณดีเอ็นเอพบว่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1.74-2.09 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ที่ค่าดูดกลืนแสงที่ A_{260}/A_{280} (Table 2) และเมื่อนำดีเอ็นเอที่สกัดได้ไปใช้ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอจากปฏิกิริยา PCR ด้วยไพร์เมอร์แบบสุ่ม ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพพบว่าเกิดแถบแบนที่ชัดเจน (Figure 2)

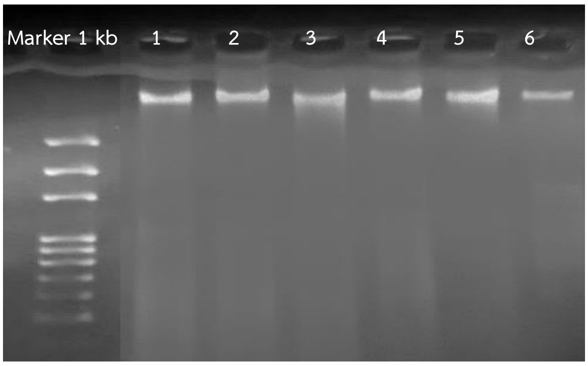


Figure 1 The result of the DNA extraction from *Astraeus hygrometricus*

Table 3 The absorbance ratios and total DNA yields of *Astraeus hygrometricus*

Sample	OD260/280	Concentration DNA (ng/µl)
1	1.79	725.7
2	1.98	4661.3
3	2.09	1244.5
4	2.03	810.5
5	2.09	828.4
6	1.74	814.1

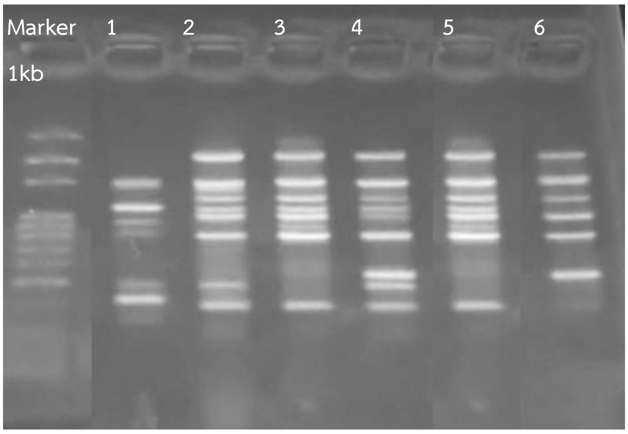


Figure 2 Electrophoresis of PCR products of *Astraeus hygrometricus* Amplified using OPC-04 primers on 1.5 % (w/v) agarose gel

วิจารณ์ผลการวิจัย

การสกัดดีเอ็นเอจากเห็ดเผาะด้วยการประยุกต์วิธีการสกัดดีเอ็นเอของ Doyle and Doyle (1987) โดยการปรับเปลี่ยนส่วนประกอบของ extraction buffer ที่ใช้ในการสกัดดีเอ็นเอ ซึ่งดีเอ็นเอที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์สูงเมื่อนำไปตรวจวัดปริมาณดีเอ็นเอพบว่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1.74 - 2.09 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ที่ค่าดูดกลืนแสงที่ A_{260}/A_{280} สามารถนำไปใช้ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพร์เมอร์แบบสุ่มซึ่งให้แถบแบนที่ชัดเจน (Figure 2) ทั้งนี้ดีเอ็นเอที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์สูงและมีปริมาณมาก เนื่องจากในขั้นตอนการสกัดดีเอ็นมีการใช้ 1% SDS (Sodium dodecyl) ทำหน้าที่ในการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และเยื่อหุ้มนิวเคลียสของเห็ดเผาะช่วยในการตกตะกอนดีเอ็นเอและลดการปนเปื้อนของโปรตีนและโพลีแซคคาไรด์ (Xia *et al.*, 2019) ในขั้นตอนการสกัดดีเอ็นเอเพื่อเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอจากเห็ดเผาะควรมีการใช้ PVP (polyvinyl pyrrolidone) ซึ่งมีรายงานว่าสามารถลดสารทุติยภูมิ เช่น โพลีแซคคาไรด์และสารประกอบฟีนอล (Mathew *el at.*, 2014) ที่อาจส่งผลต่อคุณภาพของดีเอ็นเอที่สกัดได้ ทั้งนี้จากผลการวิจัยแสดงให้

เห็นถึงดีเอ็นเอที่สกัดจากเห็ดเผาะมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการศึกษาความหลากหลายของเห็ดเผาะด้วยเครื่องหมายโมเลกุลต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการสกัดดีเอ็นเอจากเห็ดเผาะด้วยการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของ extraction buffer พบว่าดีเอ็นเอเห็ดเผาะที่สกัดได้มีคุณภาพภาพและมีความบริสุทธิ์เพียงพอและเมื่อนำเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยา PCR ด้วยไพร์เมอร์แบบสุ่มปรากฏแถบแบนที่ชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ดร.รัฐพร จันทร์เดช นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์เครื่องมือครุภัณฑ์และสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Dentinger, B.T., S. Margaritescu and J.M. MONCALVO. 2010. Rapid and reliable high-through put methods of DNA extraction for use in barcoding and molecular systematics of mushrooms. **Molecular Ecology Resources** 10(4): 628-633.

Doyle, J. J., and J.L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. **Phytochemical Bulletin** 19(1): 11-15.

Mathew, K. M., S. Jose, Y.S. Rao, U. Gupta and J Thomas. 2014. Optimization of genomic DNA extraction from fresh and dry leaves of large cardamom (*Amomum subulatum Roxb*.) for diversity analysis. **Indian Journal of Biotechnology** 13: 221-224.

Peyachoknagul, S. 1997. Classification of Plant Species by Molecular Markers. Pp. 57-82. *In* Thananan, T. (ed.). **Classification of Plants by Molecular Markers**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]

Praphruet, R. and P. Rattanang. 2007. Collection and classification of shiitake mushroom species cultivated by trademark RAPD molecule. **Journal of Agriculture** 26(2): 137-145. [in Thai]

Qi, J.J., R.C. Ma., X.D. Chen and J. Lan. 2003. Analysis of genetic variation in Ganoderma lucidum after space flight. **Advances in Space Research** 31(6): 1617-1622.

Xia, Y., F. Chen, Y. Du., C. Liu., G. Bu, Y. Xin. and B. Liu. 2019. A modified SDS-based DNA extractionmethod from raw soybean. **Bioscience Reports** 39(2): BSR20182271.

Zhou, X., Q. Li., J. Zhao., K. Tang., J. Lin and Y. Yin. 2007. Comparison of rapid DNA extraction methods applied to PCR identification of medicinal mushroom *Ganoderma* spp. **Preparative Biochemistry and Biotechnology** 37(4): 369-380.

Session 4

ภาคโปสเตอร์

การประยุกต์ใช้สารสกัดหยาบจากเปลือกส้มโอในการสลายสีย้อม
Application of Crude Pomelo Rind Extract for Dye Decolorization

ฐิติกร พรหมบรรจง* และสุวรรณา ผลใหม่

Thitikorn Prombanchong* and Suwanna Pholmai

หลักสูตรเทคโนโลยีน้ำมันปาล์มและโอลิโอเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

Program of Applied Biology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya

Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

*Corresponding author: thitikorn.c@rmutsv.ac.th

Abstract

This research aims to study the dye decolorization ability of crude pomelo rind extract immobilized with Ca-alginate. The polyphenol oxidase activity of crude enzyme pomelo was 3,703.33±234.07 U/ml. After immobilization, %immobilization was 0.86% calculated based on polyphenol oxidase activity. It could decolorize congo red dye with the highest %decolorization of 90.98±0.11 within 3 hours. It could decolorize at different pH (pH of 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10°C) and the highest %decolorization was pH 8 with %decolorization of 95.20±0.64% and it didn’t appear polyphenol oxidase activity at the lower pH 7.0. The immobilized beads could decolorize after inoculation at different temperatures (32, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100°C) and showed the highest decolorization after inoculation at 100°C with %decolorization of 91.19±0.17. The immobilized beads were not reusable. Therefore, crude extract immobilized beads need to be improved in order to have a better performance and the mechanism of dye decolorization will be further study.

Keywords: dye decolorization, congo red, calcium alginate bead, polyphenol oxidase, pomelo

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสลายสีย้อมของสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอโดยการตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในสารสกัดหยาบเท่ากับ 3,703.33±234.07 ยูนิต/มล. เม็ดบีทมีร้อยละการตรึง 0.86 และสามารถสลายสีคองโกเรดได้ดีที่สุด ในเวลา 3 ชั่วโมง ด้วยร้อยละการสลายสี 90.98±0.11 เมื่อทดสอบการสลายสีย้อมที่พีเอชต่างๆ (พีเอช 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10) สามารถสลายสีคองโกเรดได้ดีที่สุดที่พีเอช 8 ด้วยร้อยละการสลายเท่ากับ 95.20±0.64 และไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่พีเอชต่ำกว่า 7 นอกจากนี้เม็ดบีทสามารถสลายสีย้อมหลังบ่มที่อุณหภูมิต่างๆ (32, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส) ได้ และสลายได้ดีที่สุดหลังบ่มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ด้วยร้อยละการสลาย 91.19±0.17 เม็ดบีทไม่มีความสามารถในการใช้ซ้ำ ดังนั้นสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอที่นำมาตรึงในเม็ดบีทจำเป็นที่ต้องปรับปรุงเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีกว่านี้ และศึกษากลไกในการสลายสีย้อมต่อไป

คำสำคัญ: การสลายสีย้อม คองโกเรด แคลเซียมอัลจิเนตบีท โพลีฟีนอลออกซิเดส ส้มโอ

คำนำ

สิ่งมีชีวิตทั้งพืชสัตว์ และจุลินทรีย์มีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสซึ่งเป็นเอนไซม์กลุ่มออกซิโดรีดักเตส มีความสามารถในการใช้สับสเตรทกลุ่มฟีนอล โพลีฟีนอล อะโรมาติกเอมีน และเบนซีนไธออล เป็นต้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบสีย้อมสังเคราะห์ ดังนั้นจึงได้รับความสนใจในการนำมาบำบัดน้ำเสีย (Arabaci and Usluoglu, 2014) เนื่องจากเป็นวิธีการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้ โดยการทำงานของเอนไซม์มีความจำเพาะเจาะจงกับสับสเตรท มีการศึกษาเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในการสลายสีย้อมจากสารสกัดพืชต่าง ๆ เช่น ใบหญ้าคองเกรท ผักเป็ด สบู่ดำ ใบควินซ์ และเปลือกกล้วย ซึ่งสามารถสลายสีย้อมชนิดต่าง ๆ เช่น Telon Yellow ARB รวมถึงสารประกอบ ไพโรแกลลอล กรดแกลลิค กรดแทนนิค และฟีนอลได้ (Jadhav *et al*., 2013; Arabaci and Usluoglu, 2014) โดยกลไกในการสลายสีย้อมของเอนไซม์เหล่านี้มี 2 วิธีการคือ การตัดพันธะสีย้อมบริเวณโครงสร้างวงแหวนอะโรมาติก และการทำให้สีย้อมเกิดการพอลิเมอไรซ์ซึ่งได้ตะกอนแยกออกจากสารละลายหรือน้ำเสีย (Husain, 2010) ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม และสิ่งทอมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น และเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำ กรด ด่าง และสารเคมีปริมาณมากในกระบวนการย้อม และจะมีการปล่อยน้ำเสียประมาณ 10-15% หากปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศโดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตที่มีกระบวนการสังเคราะห์แสงในน้ำ เนื่องจากสีที่บดบังแสงที่จะส่องในน้ำ เป็นสาเหตุให้น้ำเกิดการเน่าเสีย และสีบางชนิดยังเป็นสาเหตุก่อให้เกิดมะเร็งในสิ่งมีชีวิตได้อีกด้วย (Nandi *et al.,* 2009) โดยการนำเอนไซม์มาใช้งานจริงยังมีข้อด้อยในการทำบริสุทธิ์เนื่องจากมีต้นทุนสูง เนื่องจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรส่วนใหญ่มีเอนไซม์อยู่ หากมีประสิทธิภาพสูงในการสลายสีย้อมได้โดยไม่ผ่านการทำบริสุทธิ์จะทำให้ลดต้นทุนเป็นอย่างมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดนำเปลือกส้มโอซึ่งปลูกมากในปัจจุบันนี้ในจังหวัดนครศรีธรรมราช มาทดสอบความสามารถในการสลายสีย้อมโดยการตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต ซึ่งเป็น

สารพอลิเมอร์ธรรมชาติที่หาได้ง่าย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มมูลค่าและประโยชน์ให้เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และรักษาสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมสกัดสารสกัดหยาบจากเปลือกส้มโอ

ตัวอย่างเปลือกส้มโอได้จากส้มโอทองดี (*Citrus maxima* (Burm.f.) Merr.) จาก อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช ช่วงเดือนมีนาคม - กรกฎาคม 2563 สกัดโดยการปอกเปลือกนำเฉพาะส่วนสีขาว หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นสกัดด้วย 0.1 โมลาร์ phosphate buffer pH 6.8 ด้วยอัตราส่วนเปลือกส้มโอ 1 ส่วน บัฟเฟอร์ 4 ส่วน ด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แยกกาก เก็บสารสกัดที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2. การวัดปริมาณโปรตีนในสารสกัดหยาบ

การวัดปริมาณโปรตีนในสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอดำเนินการตามวิธีการของ Bradford (1976)

3. การวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

การศึกษาเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในสารสกัดหยาบดัดแปลงจากวิธีการของ Altunkaya and Gökmen (2008) ปฏิกิริยาประกอบด้วยสับสเตรทคะทีคอล (cathechol) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 600 ไมโครลิตร ในสารละลาย 0.05 โมลาร์ phosphate buffer pH 6.8 2,360 ไมโครลิตร และสารสกัด 40 ไมโครลิตร จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตรที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 วินาที เป็นเวลา 1 นาที กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส 1 ยูนิต คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้น 0.001 OD/นาที ส่วนการวัดปฏิกิริยาในเม็ดบีททำโดยใช้ปฏิกิริยาเดียวกันแต่เติมเม็ดบีท 0.50 กรัม แทนสารสกัดหยาบ และบ่มเป็นเวลา 1 นาที

4. การผลิตเม็ดบีทส้มโอ

การสร้างเม็ดบีทส้มโอ ดัดแปลงจากวิธีการของ Bilal and Asgher (2015) ทำโดยเติมโซเดียมอัลจิเนตในสารสกัดหยาบให้มีความเข้มข้น 1.3% มวล/ปริมาตร เติมสารละลาย 0.8% ปริมาตร/ปริมาตร glutaraldehyde คนจนละลาย แล้วนำไปผ่านเข็มฉีดยา nipro เบอร์ 18 หยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 200 มิลลิโมลาร์ ตักเม็ดบีทที่ได้บ่มในสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตใหม่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที กรองเม็ดบีทออก แล้วด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ซับเม็ดบีทให้แห้ง แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้ในการทดสอบ เม็ดบีทควบคุมใช้สารละลาย 0.1 โมลาร์ phosphate buffer, pH 6.8 แทนสารสกัดเปลือกส้มโอ คำนวณความสามารถในการตรึง %immoblization โดยคิดจากกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ดังสมการ

%immobilization = (กิจกรรมของสารสกัดหยาบที่ตรึง x 100)/ กิจกรรมของสารสกัดหยาบที่ไม่ตรึง

5. การทดสอบการสลายสีย้อมของเม็ดบีท

สีย้อม (คริสตัลไวโอเล็ต λ_{max} 589 คองโกเรด λ_{max} 498 โบรโมไทมอล บลู λ_{max} 612 โบรโมเครซอล กรีน λ_{max} 615 มาลาไค กรีน λ_{max} 615 เมททิลีน บลู λ_{max} 662 เมทิลออเรนจ์ λ_{max} 482 ซาฟรานิน-โอ λ_{max} 527 และฟีนอลเรด λ_{max} 482) เตรียมโดยการละลายในน้ำกลั่นให้มีค่าการดูดกลืนแสง (λ_{max}) เท่ากับ 1.000±0.200 แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด คือ สีย้อม สีย้อมผสมเม็ดบีทควบคุม สีย้อมผสมเม็ดบีทตรึงสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอ โดยใช้สีย้อม

ปริมาตร 3 มล. และเม็ดบีท 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองมีฝาปิด จากนั้นเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 rpm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) สังเกตความสามารถในการสลายสีต่าง ๆ แล้วทดสอบหาเวลาที่ดีที่สุดในการสลายสีที่สามารถสลายได้ดีที่สุด โดยทำการทดลองเช่นเดียวกัน และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เวลา 15 30 45 60 120 180 และ 240 นาที ก่อนการวัดค่านำสารละลายที่ได้หมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน 10 นาที แล้วคำนวณร้อยละการสลายสี ดังสมการ %Decolorization = $((A_{dye}-A_{bead})/A_{dye}) \times 100$ โดยที่ A_{dye} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อม และ A_{bead} คือ ค่าการดูดกลืนแสงสีย้อมหลังบ่มด้วยเม็ดบีทควบคุมหรือเม็ดบีทส้มโอ

6. ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการสลายสีย้อม

ทำและคำนวณเช่นเดียวกับวิธีการในข้อ 5 โดยใช้สารละลายสีย้อมที่เตรียมในพีเอชต่าง ๆ (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10) แทน

7. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อประสิทธิภาพในการสลายสีย้อม

นำเม็ดบีทควบคุมและเม็ดบีทที่ตรึงสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอใส่ในหลอดทดลองอย่างละ 1 กรัม ปิดฝา แล้วบ่มที่อุณหภูมิต่าง ๆ (อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส) นาน 30 นาที จากนั้นดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 5

8. การทดสอบความสามารถในการใช้ซ้ำของเม็ดบีท

นำเม็ดบีทที่ผ่านการใช้ในการสลายสีย้อมแล้ว โดยนำสารละลายที่สลายแล้วออก นำเฉพาะเม็ดบีทมาเติมสารละลายสีย้อมใหม่ แล้วดำเนินการเช่นเดียวกับวิธีการข้อที่ 5 แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีย้อมเมื่อนำเม็ดบีทมาใช้ซ้ำ

9. การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

การรายงานผลการทดลองแต่ละขั้นตอนเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ 3 ซ้ำ การเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ทางสถิติ ใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แบบทางเดียว (One-Way ANOVA)

ผลการวิจัย

1. ปริมาณโปรตีนและกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอ

ปริมาณโปรตีนในสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอ พบว่าปริมาณโปรตีนที่พบในสารสกัดหยาบของเปลือกส้มโอทองดี 1.22±0.05 มก./มล. และมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และกิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 3,703.33±234.07 ยูนิต/มล. และ 2,237.68±100.21 ยูนิต/มก. โปรตีน ตามลำดับ

2. การตรึงสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอด้วยเม็ดบีทแคลเซียมอัลจิเนต และกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในเม็ดบีท

ลักษณะของเม็ดบีทที่ได้จากการเตรียม โดยเม็ดบีทควบคุม และเม็ดบีทที่ตรึงสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอมีขนาดใกล้เคียงกันโดยมีขนาดอยู่ที่ช่วง 1-2 มม. (Figure 1) ภายหลังการตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในเม็ดบีทเท่ากับ 157.67±14.64 ยูนิต/กรัมบีท ซึ่งคิดเป็นร้อยละการตรึง (% immobilization) เท่ากับ 0.83

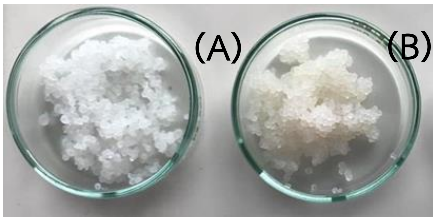
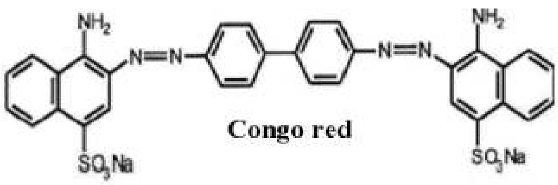


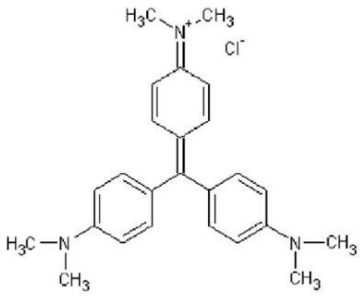
Figure 1 Calcium alginate bead (A) and (B) was immobilized 0.1 M phosphate buffer, pH 6.8 (control) and pomelo rind crude extract, respectively

3. การทดสอบความสามารถในการสลายสีย้อมของเม็ดบีทเบื้องต้น การทดสอบระยะเวลาที่เหมาะสมในการสลายสีย้อมของเม็ดบีทเปลือกส้มโอทองดี

จากการทดสอบการสลายสีย้อมของเม็ดบีทควบคุมและเม็ดบีทตรึงสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอพบว่าจากสีย้อม 9 สีที่ทดสอบในวิธีการทดลองข้อที่ 5 พบว่าสามารถสลายสีย้อมได้เพียง 2 สี คือ สีคริสตัลไวโอเล็ตและสีคองโกเรด (โครงสร้างดัง Figure 1) ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาร้อยละการสลายสี และผลต่าง ๆ ในสีที่สามารถสลายได้ 2 สีนี้ โดยสามารถสลายสีคองโกเรดได้ดีที่สุด โดยสามารถสลายได้ร้อยละ 10.62 และ 44.12 ตามลำดับ ที่เวลา 24 ชั่วโมง เมื่อนำมาทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการสลายสีคองโกเรดสามารถสลายสีย้อมได้ดีที่สุดที่เวลา 180 นาที หรือ 3 ชั่วโมง โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับเวลาที่น้อยกว่า โดยเม็ดบีทควบคุมสามารถสลายสีย้อมได้ร้อยละ 68.77±0.05 และเม็ดบีทที่ตรึงสารสกัดหยาบสามารถสลายสีคองโกเรดได้ร้อยละ 90.98±0.11 (Table 1 และ Figure 2.1) เมื่อนำสารละลายที่สลายไปหมุนเหวี่ยงพบตะกอนเฉพาะสารละลายที่ได้จากการสลายด้วยเม็ดบีทที่ตรึงสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอ (Figure 2.2)



1



2

Figure 1 Structure of (1) congo red and (2) crystal violet
Source: Tapalad *et al*., 2008; Miyah *et al.,* 2014

Table 1 %Congo red decolorization of immobilized bead

Time (min)	% Congo red decolorization	
	Control bead	Immobilized bead
15	19.0±76.67[a]	67.15±3.14[a]
30	19.0±85.66[a]	67.03±3.04[a]
45	16.0±73.67[a]	68.07±0.74[a]
60	29.0±40.67[a]	68.77±0.05[a]
120	48.0±83.68[a]	80.77±0.05[b]
180	68.77±0.05[a]	90.98±0.11[c]
240	68.86±0.14[a]	90.49±1.28[c]

Data presented are mean ± SD of three parallel experiments, the number with different letters are a significantly difference with $p \leq 0.05$ between each other.

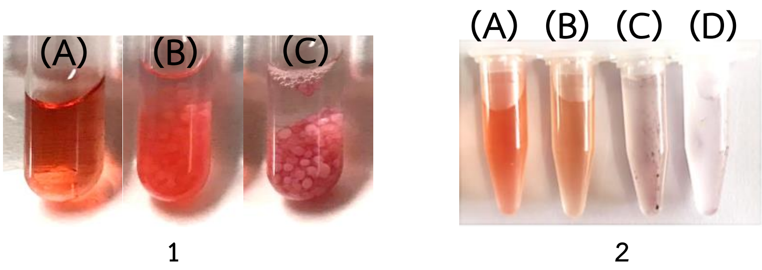


Figure 2 (1) Dye after decolorization with and without calcium alginate bead (2) after centrifugation (1A) (1B) and (1C) was dye, dye with control bead and dye with immobilized crude extract bead, respectively and (2A) dye (2B) dye with control bead (2C) and (2D) dye with immobilized crude extract bead in front of and sediment side, respectively

4. ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการสลายสีย้อม

สีย้อมที่เตรียมในสารละลายพีเอชต่าง ๆ มีสีเปลี่ยนไป โดยที่พีเอช 3 และ 4 สี มีสีม่วง และม่วงกึ่งแดง ตามลำดับ และพีเอช 5 ขึ้นไปมีสีแดง และค่า λ max มีค่าเปลี่ยนไปด้วย (Table 2) เมื่อศึกษาการสลายสีย้อมของเม็ดบีทพบว่าเม็ดบีทสามารถสลายสีย้อมได้ทุกพีเอช โดยเม็ดบีทตรึงสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่พีเอชต่ำกว่า 7 ดังนั้นสีที่ถูกกำจัดส่วนใหญ่ที่พีเอชต่ำกว่า 7 ส่วนใหญ่เป็นผลจากการดูดซับของอัลจิเนต ไม่ได้เป็นผลมาจากเอนไซม์ และเม็ดบีทสามารถสลายสีย้อมได้ดีที่สุดที่พีเอช 8 มีร้อยละการสลายเท่ากับ 95.20±0.64 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับพีเอชที่ต่ำกว่า

Table 2 %Decolorization of immobilized bead at different pH

pH	λ max (nm)	Polyphenol oxidase activity in bead (U/g gel)	%Decolorization	
			Control bead	Immobilized bead
3	555	0.00±0.00[a]	72.96±0.14[d,e]	69.01±3.11[c,d]
4	546	00.00±0.00[a]	59.01±1.34[b]	48.96±5.33[a]
5	490	00.00±0.00[a]	67.44±0.12[c]	75.29±4.30[e,f]
6	490	00.00±0.00[a]	77.48±3.52[e,f]	78.29±2.81[f]
7	490	630.00±29.70[b]	69.40±0.12[c,d]	78.96±5.70[g]
8	490	1,543.50±17.57[c]	84.53±0.06[g]	95.20±0.64[h]
9	490	3,912.00±6.71[d]	85.30±0.06[g]	94.91±0.11[h]
10	491	3,696.00±67.51[e]	84.82±0.00[g]	94.65±0.05[h]

Data presented are mean ± SD of three parallel experiments, the number with different letters are a significantly difference with $p \leq 0.05$ between each other.

5. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อประสิทธิภาพการสลายสีย้อม

จากการทดสอบพบว่าเม็ดบีทสามารถทำงานได้หลังจากบ่มที่อุณหภูมิต่าง ๆ (32, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส) และทำงานได้ดีที่สุดหลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีร้อยละการสลายสีเท่ากับ 91.19±0.17 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับอุณหภูมิต่ำกว่าและเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเอนไซม์ในเม็ดบีทมีกิจกรรมมากที่สุดหลังบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอื่น ๆ (Table 3) จากการทดสอบการใช้ซ้ำพบว่าเม็ดบีทไม่มีการทำงานเลยเมื่อนำไปใช้ซ้ำในครั้งที่ 2

Table 3 %Decolorization of immobilized bead at different temperature

Temperature (°C)	Polyphenol oxidase activity in bead (U/g gel)	%Decolorization	
		Control bead	immobilized bead
32	639.67±12.88[e]	68.27±0.09[e]	86.64±0.99[h]
40	836.83±14.33[g]	66.85±0.11[d]	84.01±1.88[g]
50	712.50±14.95[f]	65.49±0.00[b,c]	75.58±0.25[f]
60	658.50±23.72[e]	65.12±0.00[b]	87.35±0.41[h]
70	553.67±21.41[d]	66.60±0.00[c,d]	89.38±0.66[i,j]
80	460.83±22.09[c]	65.49±0.00[b,c]	89.12±1.81[i,j]
90	488.50±22.58[b]	62.90±0.00[a]	90.60±0.05[k]
100	396.50±19.97[a]	61.86±0.05[a]	91.19±0.17[k]

Data presented are mean ± SD of three parallel experiments, the number with different letters are a significantly difference with $p \leq 0.05$ between each other.

วิจารณ์ผลการวิจัย

สารสกัดหยาบเปลือกส้มโอทองดีมีกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 3,703.33±234.07 ยูนิต/มล.เมื่อตรึงเป็นเม็ดบีทพบกิจกรรม 157.67±14.64 ยูนิต/กรัมบีท คิดเป็นร้อยละการตรึงเท่ากับ 0.83 ซึ่งไม่สามารถเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดหยาบที่ใช้ในการตรึงได้ เนื่องความเข้มข้นสารสกัดหยาบเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายเพิ่มมากขึ้นด้วย และเกิดเป็นเจลก่อนกระบวนการทำเม็ดบีท โดยในเปลือกส้มโอมีเพกตินซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการก่อเจลได้ (Roy *et al.,* 2018) นอกจากนี้ไม่สามารถตกตะกอนโปรตีนเพื่อดึงเฉพาะเอนไซม์ในสารละลายที่มีความหนืดมากได้ เม็ดบีทที่ตรึงสารสกัดสามารถสลายสีย้อมได้เพียง 2 ชนิด จาก 9 สีที่ทดสอบ ซึ่งสีที่ไม่สามารถสลายได้อาจเป็นเพราะการทำงานของเอนไซม์ที่มีความจำเพาะเจาะจงกับสับสเตรท โดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจากแหล่งที่แตกต่างกันสามารถสลายสีย้อมได้แตกต่างกัน (Jadhav *et al.,* 2013; Arabaci and Usluoglu, 2014) โดยสีที่สามารถสลายได้ในการทดลองนี้ คือ คองโกเรด และคริสตัลไวโอเล็ต โดยสามารถสลายสีคองโกเรดได้ดีกว่า ใช้เวลาในการสลายสี 3 ชั่วโมง ด้วยร้อยละการสลายสีย้อมเท่ากับ 90.98±0.11 ซึ่งความสามารถในการสลายสีย้อมมาจากความสามารถในการดูดซับของบีทแคลเซียมอัลจิเนต และความสามารถจากสารสกัดหยาบที่ตรึงในเม็ดบีท การสลายจากเม็ดบีทที่ตรึงสารสกัดหยาบพบเป็นตะกอน ซึ่งไม่พบในเม็ดบีทควบคุม ซึ่งมีลักษณะสอดคล้องกับการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายสีย้อมโดยสามารถทำงานได้ 2 รูปแบบ คือ การตัดพันธะของสีย้อมบริเวณที่เป็นโครงสร้างวงแหวนอะโรมาติก และการทำให้สีย้อมเกิดการพอลิเมอไรซ์ทำให้เกิดตะกอนแยกออกจากสารละลายหรือน้ำเสีย (Husain, 2010) จากการทดสอบการทำงานของเม็ดบีทในสภาวะพีเอชต่าง ๆ พบว่า เม็ดบีทสามารถสลายสีย้อมได้ที่พีเอชตั้งแต่ 7-10 โดยความสามารถในการสลายสีย้อมไม่สัมพันธ์กับกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่พีเอชต่าง ๆ โดยผลกระทบของพีเอชนอกจากจะมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในเม็ดบีทแล้วยังมีผลต่อโครงสร้างของเม็ดบีทแคลเซียมอัลจิเนตด้วย เนื่องจากเม็ดบีทเกิดจากสะพานไอออนของไดวาเลนต์แคตไอออน จึงทำให้เกิดเป็นเม็ดบีทที่มีรูพรุนสำหรับกักเอนไซม์และให้สารผ่านเข้าออก (Draget *et al.,* 2006; George and Abraham, 2006) โดยมีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องในการเกิดสะพานไอออน คือ น้ำตาลกรดกูลูโรนิค และน้ำตาลกรดแมนนูโรนิค ซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิล มีค่า pKa เท่ากับ pKa เท่ากับ 3.38 และ 3.65 ตามลำดับ (Nussinovitch, 1997) เมื่อค่าพีเอชมากกว่า 3 หมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลจะแตกตัวมีประจุเป็นลบ เกิดแรงผลักกัน ทำให้โครงสร้างตาข่ายสูญเสียไป (Bu *et al.*, 2005) ซึ่งมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในเม็ดบีท ซึ่งเป็น 2 ปัจจัยที่ต้องได้รับการทดสอบต่อเพื่อให้สามารถสรุปกลไกของพีเอชต่อสารสกัดและเม็ดบีทได้ เมื่อทดสอบการทำงานของเม็ดบีททีอุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าสามารถสลายสีย้อมที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ โดยสามารถสลายสีย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ได้ดีที่สุด การตรึงเอนไซม์ทำให้เอนไซม์มีความคงตัว เนื่องจากได้รับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกน้อยลง ได้แก่ ไอออนต่าง ๆ เช่น โปรตอนไฮดรอกไซด์ไอออน และอุณหภูมิ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงรูปของเอนไซม์ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ (Lu *et al.*, 2007) รวมถึงที่อุณหภูมิสูง 60-100 องศาเซลเซียส สามารถทำให้สีคองโกเรดสลายตัวมากขึ้น (Mozumder and Islam, 2010) ดังนั้นจึงทำให้ความสามารถในการสลายสีเมื่อใช้เม็ดบีทที่ตรึงสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอเพิ่มมากขึ้นด้วยเนื่องจากเป็นผลร่วมจากการสลายตัวของสีที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นด้วย สำหรับการใช้ซ้ำของเม็ดบีทพบว่าไม่สามารถใช้ซ้ำได้ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของเม็ดบีทก่อนการนำไปใช้งานต่อไป

สรุปผลการวิจัย

กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลในสารสกัดหยาบเปลือกส้มโอทองดีมีค่าเท่ากับ 3,703.33±234.07 ยูนิต/มล. มีกิจกรรมในเม็ดบีทเท่ากับ 157.67±14.64 ยูนิต/กรัมบีท มีร้อยละการตรึง 0.86 สามารถสลายสีคองโกเรดได้ดีที่สุด ในการสลาย 3 ชั่วโมง ด้วยร้อยละการสลายสี 90.98±0.11 สามารถทำงานที่พีเอชต่าง ๆ ได้ และทำงานได้ดีที่สุดที่พีเอช 8 และไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในเม็ดบีทที่พีเอชต่ำกว่า 7 เม็ดบีท และมีความสามารถได้หลังการบ่มที่อุณหภูมิต่าง ๆ และสามารถทำงานได้ดีที่สุดเมื่อผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ด้วยร้อยละการสลาย 91.19±0.17 และเม็ดบีทไม่สามารถนำมาสลายสีซ้ำได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ปีงบประมาณ 2563 จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย (วิทยาเขตนครศรีธรรมราช)

เอกสารอ้างอิง

Altunkaya, A. and V. Gökmen. 2008. Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). **Food Chemistry** 107: 1173–1179.

Arabaci, G. and A. Usluoglu. 2014. The enzymatic decolorization of textile dyes by the immobilized polyphenol oxidase from quince leaves. **The Scientific World Journal** 2014(5): 1-5.

Bilal, M.and M. Asgher. 2015. Dye decolorization and detoxification potential of Ca-alginate beads immobilized manganese peroxidase. **BMC Biotechnology** 15(111): 1-14.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantitites of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry** 72: 248-254.

Draget, K.I.; G. Skiak-Braek and B.T. Stokke. 2006. Similarities and differences between alginic acid gels and ionically crosslinked alginate gels. **Food Hydrocolloids** 20(2-3): 170-175.

George, M. and TE. Abraham. 2006. Polyionic hydrocolloids for the intestinal delivery of protein drugs. **Journal of Controlled Release** 114: 1-14.

Husain, Q. 2010. Peroxidase mediated decolorization and remediation of wastewater containing industrial dyes: a review. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology** 9: 117-140.

Jadhav, U., S. Salve, R. Dhawale, M. Padul, V. Dawkar, A. Chougale and T. Waghmode, A. Salve and M. Patil. 2013. Use of partially purified banana peel polyphenol oxidase in the degradation of various phenolic compounds and textile dye blue 2RNL. **Textiles and Light Industrial Science and Technology** 2(1): 27-35.

Lu, L., M. Zhao and Y. Wang. 2007. Immobilization of laccase by alginate–chitosan microcapsules and its use in dye decolorization. **World Journal of Microbiology and Biotechnology** 23(2): 159-166.

Miyah, Y., M. Idrissi, A. Lahrichiand and F. Zerrouq. 2014. Assessment of adsorption kinetics for removal potential of Crystal Violet dye from aqueous solutions using Moroccan pyrophyllite. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology** 3(8): 15600-15613.

Mozumder, M.S.I. and M.A. Islam. 2010. Development of treatment technology for dye containing industrial wastewater. **Journal of Scientific Research** 2(3): 567-576.

Nandi, BK., A. Goswami and M.K. Purkait. 2009. Adsorption characteristics of brilliant green dye on kaolin. **Journal of Hazardous Materials** 161(1): 387-395.

Nussinovitch, A. 1997. **Hydrocolloid Applications: Gum Technology in the Food and Other Industries** 1st. New York: Springer US.

Roy, M.C., M. Alam, A. Saeid, B.C. Das, B. Mia, A. Rahman, J.B. Eun and M. Ahmed. 2018. Extraction and characterization of pectin from pomelo peel and its impact on nutritional properties of carrot jam during storage. **Journal of Food and Preservative** 42: e13411.

Tapalad, T., A. Neramittagapong, S. Neramittagapong and M. Boonmee. 2008. Degradation of Congo Red Dye by Ozonation. **Chiang Mai Journal of Science** 35(1): 63-68.

แกรฟีนสะอาดจากใบสับปะรด
Clean Graphene from Pine Apple Leaves

อโนดาษ์ รัชเวทย์[1*] และอนิรุทธิ์ รักสุจริต[2]

Anodar Ratchawet[1*] and Anirut Ruksujarit[2]

[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

[2]ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

[1]Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50300

[2]Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University Chiang Mai, Thailand 50300

*Corresponding author: anodar_rat@g.cmru.ac.th

Abstract

This research aims to preparing clean graphene from agriculture waste such as from pineapple leaves by vibro-millings method. There was found that the grapheme powder had prepared from 4 hours in vibration mills time. The graphene powder had investigated by X-ray diffraction and scanning electron microscope technique and the chemical composition of graphene had analyzed by X-ray distribution measurement techniques. The findings ware graphene which prepared from agriculture waste, found to have properties similar to that of graphene prepared by standard methods. In the test of products which mixed with graphene could preserved more than other product without graphene mixed in 15 days.

Keywords: graphene, agriculture waste, pineapple leaves, vibro-millings method

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ คือ ทำการเตรียมผงแกรฟีนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ใบสัปปะรด ด้วยวิธีการบดแบบสั่น พบว่าสามารถเตรียมผงแกรฟีนได้หลังการบดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยที่ผงแกรฟีนที่เตรียมได้ ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และทำการหาส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคการวัดการกระจายของรังสีเอกซ์ พบว่ามีสมบัติใกล้เคียงกับแกรฟีนที่เตรียมด้วยวิธีมาตรฐาน เบื้องต้นสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เติมแกรฟีนลงไปให้อยู่ได้นานโดยไม่เกิดเชื้อราได้ระยะเวลา 15 วัน โดยพิจารณาจากตาเปล่า

คำสำคัญ: แกรฟีน วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ใบสัปปะรด วิธีการบดแบบสั่น

คำนำ

แกรฟีน (Graphene) เป็น วัสดุคาร์บอน 2 มิติ ประกอบด้วยชั้นเดี่ยวของอะตอมของคาร์บอนเรียงตัวกันเป็นร่างแหของรูปหกเหลี่ยม~~วงเบนซีน~~ (Hexagonal lattice) คล้ายกับวงแหวนเบนซีนต่อเนื่องกันไป คล้ายตาข่ายกรงไก่ แกรฟีนมีความหนาเพียงชั้นอะตอมเดียว มีไฮบริไดเซชันแบบ sp^2 ทำให้เกิดเป็นพันธะซิกมา σ 3 พันธะ ส่วนอิเลกตรอนในชั้น $2p_x$ ที่เชื่อมกันด้วยพันธะวาเลนท์ที่มีความแข็งแรง หรือ เรียกว่าพันธะพาย (π bond) และ สามารถเกิดไฮบริไดเซชันกับพันธะพายของแต่ละอะตอมคาร์บอนอื่นได้ ทำให้เกิดเป็นแถบพลังงานของ π และ π^* นอกจากนี้ในโครงสร้างของแกรฟีนแบบหกเหลี่ยมนั้นจะมีพันธะพาย 3 พันธะเชื่อมกับอะตอมของคาร์บอน ทำให้มีการเคลื่อนย้ายของอิเลกตรอนไปได้หมดในโครงสร้าง ส่งผลให้มีสมบัติทั้งทางไฟฟ้า สมบัติทางความร้อนและสมบัติเชิงกลที่ดี เช่นนำไฟฟ้าได้ดีกว่าทองแดง โดยเฉพาะสมบัติเชิงกลนั้นพบว่าแกรฟีนมีความแข็งแรงมากและให้ค่ายังโมดูลัส (Young's modulus) สูงถึง 1 เทระปาสคาล (Lee *et al*. 2013) มีความแข็งแกร่งกว่าเพชร และ แข็งแกร่งกว่าเหล็กกล้าถึง 200 เท่า ค่าความแข็งแรงต้านการแตกหัก (breaking strength) สูงถึง 42 N/m^2 ค่าความเครียดเชิงกลประมาณ 25 % และค่าความแข็งแรงภายใน (intrinsic strength) สูงถึง 130 GPa เนื่องด้วยสมบัติเชิงกลที่พิเศษเหล่านี้ ประกอบกับความเบา แข็งแต่ยืดหยุ่น จึงได้มีการนำวัสดุแกรฟีนไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น เพิ่มแกรฟีนในสิ่งทอจะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและคุณสมบัติการเก็บและกระจายความร้อน นำไปทำพอลิเมอร์ที่นำไฟฟ้าได้หากนำแกรฟีนไปผสมกับพลาสติกเพียง 1% ก็จะทำให้พลาสติกนำไฟฟ้าได้ อาจจะนำไปเสริมความแข็งแรงให้พอลิเมอร์โดยนำไปผลิตอุปกรณ์กีฬา เช่น ไม้เทนนิส ไม้แบดมินตัน ที่มีความแข็งแรงทนทานแต่มีน้ำหนักเบากว่าเดิม ใช้เป็นเสื้อเกราะกันกระสุนแทนเคฟลาร์ Kevlar ใช้เป็นส่วนหนึ่งในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ใช้แกรฟีนในการเสริมความแข็งแกร่งให้กับเส้นใยคาร์บอนในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องบิน รถยนต์ และจักรยาน การเคลือบสีบนวัสดุพลาสติกโดยใช้แกรฟีนเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าเพื่อให้เม็ดสีเกาะพลาสติกได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นำแกรฟีนไปทำหน้าจอแบบสัมผัสโค้งงอได้ รวมทั้งหนึ่งในส่วนของแผงโซลาร์เซลล์ อุปกรณ์ทางการแพทย์ เช่น ทำวัสดุส่งยาระดับนาโน เป็นต้น (Zhang 2012., Machanicalou 2017; Agromayor, 2016)

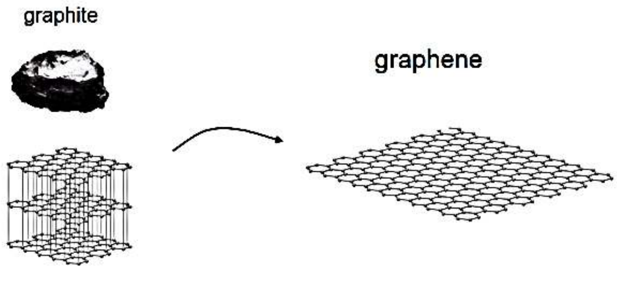


Figure 1 Graphite and Graphene crystal structure

Source: https://droidsans.com/samsung-got-patents-for-graphene-battery

เดิมทีแกรฟีนมีอยู่ตามธรรมชาติอยู่แล้ว แต่ถูกสังเคราะห์ได้ครั้งแรก ในปี 2004 โดยสองนักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซีย คือ ศาสตราจารย์ ดร. อังเดร ไกม์ และ ศาสตราจารย์ ดร. คอนสแตนติน โนโวเซลอฟ จากมหาวิทยาลันแมนเชสเตอร์ ประเทศสหราชอาณาจักร สามารถสร้างแกรฟีนได้สำเร็จด้วยการใช้ดินสอกับแผ่นสกอตเทป เริ่มโดยการนำสกอตเทปพันรอบไส้ดินสอ แล้วลอกออกจนเห็นผงดำติดอยู่บนสกอตเทป ซึ่งก็คือแกรฟีน แต่เป็นแกรฟีนที่ซ้อนกันหนาๆ เนื่องด้วยโครงสร้างแกรไฟต์ประกอบด้วยชั้นของแกรฟีนที่ซ้อนกันอยู่เป็นชั้นๆ และแต่ละชั้นยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงอ่อนๆ ที่เรียกว่าแรงแวนเดอร์วาล์วเท่านั้น จากนั้นนำสกอตเทปอีกแผ่นมาทาบเข้ากับรอยดำบนสกอตเทปแผ่นแรก แล้วค่อย ๆ ดึงแยกออกจากกัน จะพบว่ารอยดินสอบนสกอตเทปนั้นดูจางลง ซึ่งแสดงว่าแกรฟีนที่ติดอยู่นั้นมีความบางลง จากนั้นทำซ้ำแบบเดิม แล้วนำสกอตเทปที่มีแกรฟีนเกาะอยู่ไปติดลงบนพื้นผิว เช่น ซิลิกอนไดออกไซด์ ที่อยู่บนซิลิคอน (Si) อีกชั้นหนึ่ง ซึ่งเป็นวัสดุรองรับ (Substate) แล้วนำไปส่องหาแกรฟีนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยายสูงจนกว่าจะพบแกรฟีน วิธีนี้เรียกว่า “micromechanical cleavage หรือ Scotch tape method” แต่วิธีนี้จะทำให้ได้แกรฟีนแผ่นขนาดเล็กมากเท่านั้น นอกจากนี้ แกรฟีนยังมีความโปร่งใสแต่ทึบถึง 98% จนแม้ฮีเลียมซึ่งเป็นอะตอมของแก๊สที่เล็กที่สุดก็ไม่สามารถผ่านได้ ส่วนวิธีอื่นๆ แม้จะสร้างแกรฟีนแผ่นใหญ่ได้ แต่ก็ยุ่งยากและมีกระบวนการที่ค่อนข้างอันตราย (เช่น ต้องจุดระเบิดแก๊สที่ถูกบีบอัดและมีกระบวนการทางสุญญากาศอีกด้วย) ซึ่งด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันคุณภาพของแกรฟีนจะต่างกันไปตามกระบวนการผลิต และถูกนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบที่ต่างกันด้วย แกรฟีนที่มีคุณภาพสูงจะถูกใช้มากในวงการอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า ส่วนที่เกรดต่ำลงมาจะถูกนำไปทำเป็นวัสดุกลุ่มคอมโพสิทแทน ซึ่งราคาของแกรฟีนต่อ 1 กรัมในปัจจุบันมีตั้งแต่ 1,000 ถึง 2,000 บาท ขึ้นกับเทคนิคและวิธีการผลิต (Center of excellence on Petrochemical and Materials Technology, (1 June 2021) [in Thai].

แกรฟีนสามารถสังเคราะห์ได้หลายวิธี เช่น การหลุดลอกออกด้วยวิธีการเชิงกล (Mechanical exfoliation) การหลุดลอกออกด้วยวิธีทางเคมี (Chemical exfoliation) การสังเคราะห์ทางเคมี (Chemical synthesis) การแทรกชั้นด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี (Electrochemical intercalation) ไพโรไลซิสของโซเดียมเอทอกไซด์ (Pyrolysis of sodium ethoxide) การเปิดผนังท่อนาโนคาร์บอน (Unzipping of nanotubes) การสังเคราะห์ด้วยเทคนิคทีซีวีดี (Thermal Chemical Vapor Deposition, TCVD) และ พีอีซีวีดี (Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD) การสร้างชั้นเอพิแทกซีบนซิลิคอนคาร์ไบด์ (Epitaxial growth of graphene on SiC surface) และวิธีอื่นๆ (Choi and Lee, 2011) อย่างไรก็ตาม แกรฟีนที่สังเคราะห์ด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดมีราคาที่สูงมากและยังมีวิธีการเตรียมที่ซับซ้อน โดยราคาที่จำหน่ายโดยทั่ว ๆ ไปจะอยู่ที่ประมาณ 150-200 USD ต่อกรัม (Seo *et al*., 2017) หรือ แกรฟีนเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ต้องใช้ต้นทุนสร้างถึง 750 เหรียญสหรัฐ (ราว 26,000 บาท) (https://themomentum.co/successful-innovation-design-graphene-from-soybean-oil/ม, 2017.)

ในปี 2014 ทีมวิจัยที่มหาวิทยาลัยไรซ์ (Rice University) ประเทศสหรัฐอเมริกานำโดยนักเคมี James Tour พบว่าพวกเขาสามารถสร้างแกรฟีนบริสุทธิ์ที่หนาเพียงไม่กี่ชั้นได้โดยการยิงคาร์บอนแบล็กด้วยเลเซอร์ซึ่งให้ความร้อนเกือบ 3,000 °C เมื่อไอคาร์บอนเย็นลงมันก็รวมตัวกันเป็นโครงสร้างที่เสถียรที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ซึ่งก็คือ แกรฟีน แต่วิธีการดังกล่าวยังผลิตแกรฟีนได้ในปริมาณที่น้อยมากและใช้พลังงานสูงมาก เช่นเดียวกันกับในปี 2016, Luong Xuan Duy นักศึกษา ของ Tour สามารถสร้างแกรฟีนได้สำเร็จ โดยพบว่าเมื่ออะตอมของคาร์บอนควบแน่นกลายเป็นแกรฟีน อะตอม

เหล่านี้ ไม่มีเวลาซ้อนกันในรูปแบบปกติเหมือนกับที่ทำในกราไฟท์ ผลที่ได้คือแกรฟีนชนิดที่เรียกว่า Turbostratic graphene โดยชั้นของแกรฟีนซ้อนกันแบบไม่เป็นระเบียบ และเมื่อเติมลงไปในน้ำหรือตัวทำละลายอื่น ๆ แกรฟีนชนิดนี้จะไม่จับกันเป็นก้อน ทำให้มันทำปฏิกิริยากับสิ่งที่แกรฟีนชนิดนี้ถูกเติมลงไปได้ดี เมื่อปี 2018 ทีมวิจัยที่มหาวิทยาลัยเอ็กซิเตอร์ ประเทศอังกฤษได้พัฒนาคอนกรีตผสมแกรฟีน ผลการทดสอบพบว่ามีกำลังอัดเพิ่มมากขึ้นกว่าเท่าตัว ทีมวิจัยของ Tour ได้ทดลองเติมแกรฟีนที่สร้างขึ้นลงในคอนกรีต 0.05% โดยน้ำหนัก พบว่าคอนกรีตมีกำลังอัดเพิ่มขึ้น 25% และเมื่อเติมแกรฟีนลงใน Polydimethylsiloxane หรือน้ำมันซิลิคอน ก็พบว่าสามารถเพิ่มความแข็งแรงได้ถึง 250% เมื่อใช้แกรฟีนผสมคอนกรีตทำให้มันแข็งแรงมากขึ้นก็จะสามารถลดการใช้ปูนซิเมนต์และคอนกรีตลง ดังนั้นมันจะช่วยลดการปล่อยคาร์บอนทั้งในขณะผลิตและขณะขนส่งปูนซิเมนต์และคอนกรีตอีกด้วย นอกจากนี้ทีมวิจัยนี้ ได้คิดค้นกรรมวิธีผลิตแกรฟีนจากขยะคาร์บอน และได้ตีพิมพ์รายละเอียดลงในวารสาร Nature โดยระบุว่าสามารถผลิตผงแกรฟีนคุณภาพสูงได้ด้วยวิธีการที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย ทั้งยังผลิตได้อย่างรวดเร็วอีกด้วย โดยมีการสร้างเตาปฏิกรณ์ขนาดเล็กเพื่อให้ความร้อนกับขยะด้วยไฟฟ้า ตามวิธีการที่เรียกว่า "การให้ความร้อนแบบจูล" (Joule heating) หรือ "การให้ความร้อนแบบโอห์ม" (Ohmic heating) โดยจะปล่อยกระแสไฟฟ้าให้สัมผัสกับขยะซึ่งมีความต้านทานไฟฟ้าอยู่ชั่วขณะสั้น ๆ แต่ทำให้เกิดความร้อนได้สูงถึง 3,000 เคลวิน ความร้อนนี้จะทำลายพันธะคาร์บอนของขยะ และทำให้มันเข้าสู่กระบวนการกลับคืนสู่สถานะพื้น ซึ่งก็คือการกลายสภาพกลับไปเป็นแกรไฟต์ (Graphite) แต่อย่างไรก็ตาม นักวิจัยสามารถหยุดปฏิกิริยานี้ไว้ ซึ่งอยู่ในขั้นที่มันกำลังกลายสภาพเป็นแกรฟีนได้ โดยกระบวนการทั้งหมดใช้เวลาเพียงไม่กี่มิลลิวินาทีเท่านั้น วิธีการผลิตแกรฟีนแบบนี้ใช้ต้นทุนต่ำ และสามารถปรับให้เป็นการผลิตระดับอุตสาหกรรมได้ง่าย ทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกรรมวิธีผลิตไม่กินพลังงานมาก ส่วนแก๊สออกซิเจนและแก๊สไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในเตาปฏิกรณ์ก็สามารถดักจับเพื่อนำไปใช้ประโยชน์อีกครั้งได้ โดยเรียกแกรฟีนชนิดนี้ว่า "แกรฟีนสายฟ้า" (Flash Graphene) เพราะสามารถผลิตได้อย่างรวดเร็วและไม่ทำให้เกิดของเสียที่จะเป็นมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม แต่จะมีแสงสว่างจ้าเกิดขึ้นเพียงชั่วขณะ ซึ่งมาจากความร้อนส่วนเกินที่เกิดขึ้นระหว่างให้กระแสไฟฟ้ากับวัตถุดิบนั่นเอง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะผลิตแกรฟีนสะอาด จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้. (Tuentranone, 2020). จากเทคนิคใหม่ในการสร้าง แกรฟีนของทีมวิจัยที่มหาวิทยาลัยไรซ์ได้นำไปประยุกต์งานได้ดี การผลิตแกรฟีนทำได้อย่างรวดเร็วมากโดยที่มีต้นทุนต่ำ อีกทั้งยังได้ปริมาณค่อนข้างมากอีกด้วย และเทคนิคใหม่นี้สามารถนำขยะอาหารและขยะพลาสติกมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแกรฟีนได้อีกด้วย การผลิตแกรฟีนด้วยเทคนิคใหม่นี้นอกจากช่วยกำจัดขยะและขยะพลาสติกได้แล้ว มันยังช่วยลดการปล่อยคาร์บอนเข้าสู่บรรยากาศได้อีกด้วย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการสังเคราะห์แกรฟีนที่มีราคาถูกโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่หาได้ง่าย และมีต้นทุนต่ำ (แกรฟีนสะอาด) โดยงานวิจัยนี้จะเลือกใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่เป็นเส้นใยธรรมชาติในท้องถิ่นที่สามารถหาพบได้ง่าย คือ ใบสัปปะรด (pineapple leaf) ซึ่งพบมากในภาคเหนือของประเทศไทย และมีสมบัติและประโยชน์ที่ดีหลายประการ แรงจูงใจในการนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรนี้มาใช้ในงานวิจัยคือ เส้นใยพืชธรรมชาติจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเหล่านี้มีสมบัติเป็น ลิกโนเซลลูโลซิค (lignocellulosic) ซึ่งประกอบไปด้วยเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) และลิกนิน (lignin) ซึ่งสมบัติลิกโนเซลลูโลซิคเหล่านี้จะช่วยเอื้อประโยชน์ต่อการเกิดแกรฟีนโดยผ่านกระบวนการการกัดกร่อนแบบแกรไฟต์ (graphitization) คือกระบวนการเกิดของแกรไฟต์ในเหล็กหรือโลหะจำพวกอัลลอยด์ (alloy) ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า 800 °F) โดยการเกิดขึ้นของแกรไฟต์จะเกิดขึ้นผ่าน

กระบวนการ nucleation และ growth process ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงจะผลิตแกรฟีนโดยผ่านกระบวนการการบดแบบสั่น (Vibro-milling) ทำให้แกรฟีนที่สังเคราะห์จากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรนี้จึงมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ สามารถสังเคราะห์ได้ง่ายและมีความเป็นไปได้สูงต่อการนำไปผลิตในระดับอุตสาหกรรม (large scale processing) ต่อไป

โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ดังนี้ 1) ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแกรฟีนสะอาดจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร คือจากใบสัปปะรด 2) ศึกษาหากระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแกรฟีนสะอาดที่มีความบริสุทธิ์สูงซึ่งสามารถนำไปสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้ โดยการวิจัยนี้มีขอบเขตการวิจัยคือ เริ่มต้นโดยการผลิตแกรฟีนสะอาดจาก ใบสัปปะรด โดยใช้กระบวนการการการบดแบบสั่น ด้วยการนำใบสัปปะรดไปเผาในบรรยากาศที่ไร้ออกซิเจนให้เป็นถ่าน จากนั้นนำมาบดด้วยเวลาต่าง ๆ กัน นำผงที่ได้ไปหาลักษณะเฉพาะด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ รวมถึงศึกษาต่อการเกิดเชื้อราในผลิตภัณฑ์แป้งข้าวจ้าว และ ผลิตภัณฑ์แป้งข้าวจ้าวผสมแกรฟีนที่สังเคราะห์ได้ ในช่วงเวลาที่กำหนด

อุปกรณ์และวิธีการ

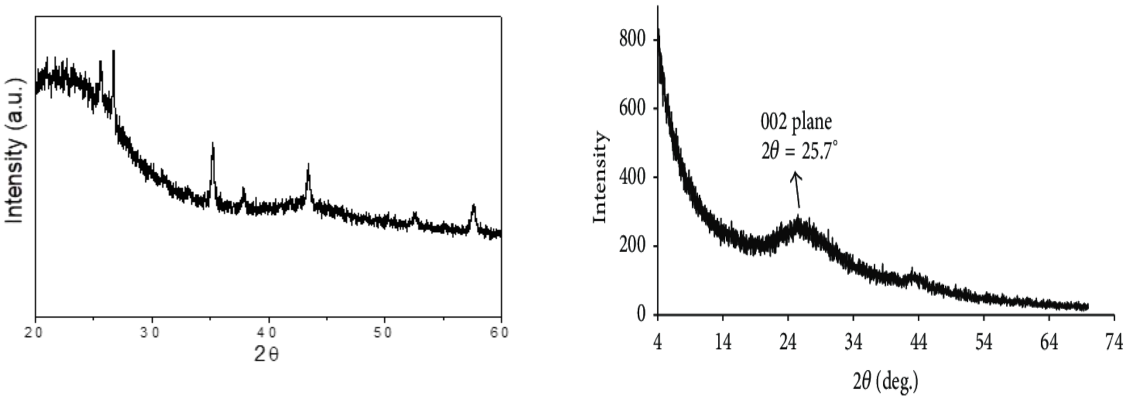
วิธีการ 1) นำใบสัปปะรดไม่จำกัดขนาดใบ อายุ พันธุ์ และการเก็บรักษา มาล้างทำความสะอาด แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1000 °C ในตู้เผา (Muffle furnace: Carbolite / Model ELF 11/23 / England) ในสภาวะที่ปราศจากอากาศจนเป็นถ่าน จากนั้น 2) นำถ่านที่ได้มาบดทุบให้ละเอียดที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ 3) นำผงถ่านที่บดทุบแล้วไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 325 Mesh (มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 45 mm) 4) นำผงถ่านที่ผ่านตะแกรงไปทำการบดแห้งโดยเครื่องบดแบบสั่น (vibro-millings machine) เป็นเวลา 1-12 ชั่วโมง ซึ่งต้องมีอัตราส่วนของน้ำหนักผงแห้งต่อน้ำหนักทั้งหมดของเม็ดบดที่ใช้ในการบดเป็น 1 ต่อ 20 เช่น ถ้าน้ำหนักของเม็ดบดทั้งหมดเท่ากับ 1000 กรัม จะใช้ผงแห้ง 50 กรัม เป็นต้น สุดท้ายจะได้ ผงแกรฟีนที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 95 % ขึ้นไป 5) นำผงที่ได้ไปตรวจหาขนาดและรูปร่างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ และ หาส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคการวัดการกระจายของรังสีเอ็กซ์ โดยที่ทำการวิเคราะห์ผงตัวอย่างเพื่อหาลักษณะเฉพาะด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction technique) ด้วยเครื่อง XRD: Philip X’pert โดยทำให้ผงตัวอย่างอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และนำมายึดไว้ในหัวจับของ diffractometer การเก็บข้อมูลจะเก็บจากมุม 2θ เท่ากับ 10 ° ถึง 60 ° ด้วยอัตราเร็ว 2 ° ต่อนาที และ การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี เพื่อที่จะตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีของผงตัวอย่างที่เตรียมได้ โดยใช้เทคนิคการวัดการกระจายของรังสีเอกซ์ (Energy dispersive X-ray analysis, (EDS)) 6) นำสารตัวอย่างไปหาสัณฐานวิทยา โดยจะทำการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy, (SEM)) รุ่น JSM 840A 7. การทดสอบการเข้าทำลายของเชื้อราของวัสดุที่ผสมด้วยแกรฟีนโดย 7.1) นำผงแป้งข้าวเจ้า 5 กรัม ไปละลายในน้ำร้อน แล้วเทลงใน petri dish แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60° C ในตู้อบลมร้อน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 7.2) นำผงแป้งข้าวเจ้า 4.90 กรัม ผสมกับผงแกรฟีน 0.10 กรัม ไปละลายในน้ำร้อน กวนจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเทลง petri dish นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60° C ในตู้อบลมร้อน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 7.3) นำชิ้นงานที่ได้จากข้อ 7.1 และ 7.2 วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยมีอุณหภูมิประมาณ 30° C ความชื้นสัมพัทธ์ 66.4 % เป็นเวลา 15 วัน สังเกตสมบัติเชิงกายภาพเบื้องต้น โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงด้วยการสังเกต และ ดมกลิ่นของชิ้นงานทั้ง 2 เปรียบเทียบกัน

ผลการวิจัย

ผลการหาลักษณะเฉพาะของผงแกรฟีนที่เตรียมได้จากถ่านของใบสัปปะรดด้วยวิธีการบดแบบสั่น ผลการหาลักษณะเฉพาะ และตัวอย่างการใช้งาน ดังต่อไปนี้

1. ผลการเตรียมผงแกรฟีน จากผลการการผลิตของผงนาโนคาร์บอนที่เตรียมได้จากใบสัปปะรด โดยนำใบสับปะรดมาเผาที่อุณหภูมิ 1000° C ดังแสดงได้ใน Figure 2

Figure 2 Pine apple leaves charcoal after burnt at 1000 ° C in 4 hrs.



(a) (b)

Figure 3 (a) XRD pattern for graphene powder in this research

(b) XRD pattern of graphene

Source: Abdelhalim *et al.* (2016)

2. จากนั้นทำการบดให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 325 mesh และทำการเตรียมผงแกรฟีน โดยนำผงนาโนคาร์บอนที่ได้ มาทำการบดด้วยเครื่องบดแบบสั่น จะสามารถผลิตผงแกรฟีนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคเล็กกว่า 100 นาโนเมตร มีความบริสุทธิ์สูง การนำผงแกรฟีนที่ได้ ไปไปตรวจหาขนาดและรูปร่างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ ซึ่งแสดงแบบอย่างการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของผงแกรฟีนแสดงได้ดัง Figure 3 จากภาพจะแสดงแบบอย่างการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของผงตัวอย่างแกรฟีนที่เตรียมขึ้นได้โดยผ่านการบดด้วยเครื่องบดแบบสั่นเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่ามีพีคสูงเกิดขึ้นชัดเจนที่ตำแหน่ง 2θ = 25°, 35°, 44° พีคต่ำที่ตำแหน่ง 2θ = 38°, 53°, 57.5° ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นพีคของคาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยกับงานวิจัยอื่น ได้ผลยืนยันว่า เป็น แกรฟีนจริง

3. หลังจากนั้นได้ทำการโดยยืนยันว่าผงที่ได้เป็นผงแกรฟีน โดยได้จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีเพื่อที่จะตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีของผงตัวอย่างที่เตรียมได้ โดยใช้เทคนิคการวัดการกระจายของรังสีเอกซ์ (Energy dispersive X-ray analysis, (EDS)) ได้ผลดังแสดงใน Figure 4 และ Table 1

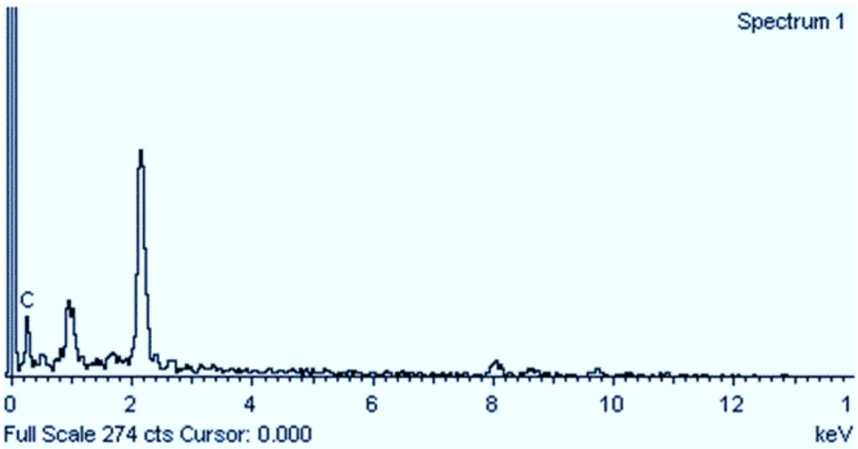


Figure 4 EDS spectrum of synthetic Graphene powder

Table 1 Chemical compositions of Graphene powder by EDS technique

Element	Weight%	Atomic%
C K	100	100
Totals	100.00	

ซึ่งจาก Table 1 ผงแกรฟีนที่ได้ มีความบริสทธิ์สูง จากเปอร์เซนต์ที่แสดง ซึ่งโดยทั่วไปคาร์บอนสามารถเกิดขึ้นทั้งในลักษณะที่เป็นธาตุอิสระ (แกรไฟต์ แกรฟีน และเพชร) และในภาพสารประกอบ (ส่วนมากเป็นสารประกอบกับธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และธาตุที่มีประจุบวก) ซึ่งในการวิจัยนี้พบ K^+ และ นอกจากนี้นาโนคาร์บอนมีหลายลักษณะ คือ ท่อนาโนคาร์บอน แท่งนาโนคาร์บอน และ 1 มิติ เป็นต้น โดยการสังเคราะห์แกรฟีน สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การ

สังเคราะห์ในสภาวะของแก๊ส การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี แต่มีข้อเสีย คือ การสังเคราะห์ในสภาวะของแก๊ส จะได้แกรฟีนที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ ส่วนการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมีจะสามารถสังเคราะห์ได้ในปริมาณน้อย และที่สำคัญส่วนมากเป็นวิธีการที่ซับซ้อน ทำให้มีต้นทุนการผลิตสูง แกรฟีนที่ได้จึงมีราคาแพง

4. นำสารตัวอย่างไปหาสัณฐานวิทยา โดยจะทำการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy (SEM)) รุ่น JSM 840A ดังแสดงใน Figure 5 ซึ่งเป็นการขยายสองตำแหน่งที่แตกต่างกัน จาก Figure 5 จะเห็นได้ว่าผงแกรฟีนที่เตรียมได้จากใบสัปปะรด จะมีลักษณะของอนุภาคที่มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 100 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงของอนุภาคแกรฟีน จากกำลังขยายที่แสดงได้ดังภาพ และไม่มีฟองอากาศ มีความต่อเนื่องของอนุภาค

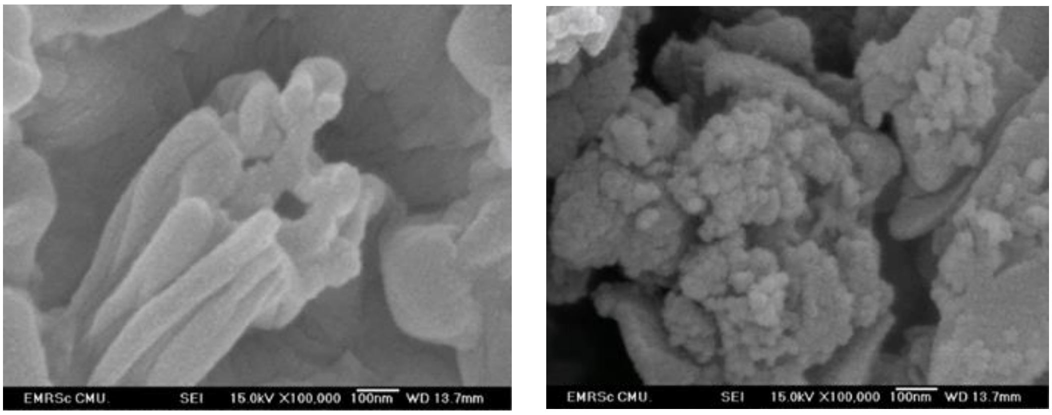


Figure 5 Morphology of Graphene powder from SEM technique

จากผลการการผลิตและหาลักษณะเฉพาะของผงนาโนคาร์บอนที่เตรียมได้จากใบสัปปะรดด้วยวิธีการบดด้วยเครื่องบดแบบสั่นในการทดลองนี้ สามารถผลิตผงแกรฟีนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคเล็กกว่า 100 นาโนเมตร ทำให้สามารถใช้ในร่างกายสิ่งมีชีวิตและงานอื่น ๆ ได้ และเป็นผงแกรฟีนที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยการเตรียมจากใบสัปปะรดที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าและเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา PM 2.5 เริ่มจากเผาให้เป็นถ่าน คือ เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1000° C ในสภาวะที่ปราศจากอากาศ ถ่านซึ่งเป็นคาร์บอนที่เกือบบริสุทธิ์และประกอบด้วยผลึกแกรไฟต์ขนาดเล็ก ถ่านที่ได้จากใบสัปปะรดจะมีลักษณะเปราะ (ดัง Figure 2) ทำให้เหมาะแก่การนำมาประดิษฐ์เป็นอนุภาคแกรฟีน ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลายและกว้างขวาง

5. ผลการทดสอบการป้องกันเชื้อราและกันบูด เพื่อยืนยันผลการเตรียมแกรฟีน ซึ่งมีคุณสมบัติอย่างหนึ่ง คือ ยับยั้งเชื้อรา แบคทีเรีย และจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นจึงนำมาทดสอบกับแผ่นแป้งข้าวเจ้าซึ่งขึ้นราและบูดง่าย ผลการทดลองแสดงใน Figure 6

(a)

(b)

Figure 6 The Comparation between (a) rice flour sheet only and (b) rice flour sheet mixed with graphene powder

จาก Figure 6 จะเห็นได้แผ่นแป้งข้าวเจ้าที่ไม่ได้เติมแกรฟีนหลังจากทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 15 วัน มีราขึ้น และมีกลิ่นเหม็น แต่แผ่นที่เติมแกรฟีนยังอยู่ในสภาพปกติ ราไม่ขึ้นและไม่มีกลิ่นเหม็น แสดงให้เห็นถึงคุณภาพของแกรฟีนที่เตรียมได้ในการทดลองนี้ แต่ควรมีการทดลองให้ละเอียดและตรวจสอบด้วยวิธีทางจุลชีววิทยาที่ละเอียดขึ้นต่อไป

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิจัยนี้ได้นำใบสับปะรดมาทำการสังเคราะห์เป็นแกรฟีนสะอาด โดยผ่านกระบวนการ บดแบบสั่น ทำให้ได้แกรฟีนที่มีความบริสุทธิ์สูง จากการสังเคราะห์ครั้งนี้ ใช้การผลิตที่มีต้นทุนต่ำ ซึ่งการเกิดขึ้นของแกรไฟต์ในงานวิจัยนี้จะเกิดขึ้นผ่านกระบวนการ nucleation และ growth process โดยการกัดกร่อนแบบแกรไฟต์ โดยนำใบสัปปะรดมาเผาที่อุณหภูมิสูง (1000°C) จึงทำให้เกิดคาร์บอนบริสุทธิ์ขึ้น จากนั้นนำคาร์บอนนี้ไปผ่านกระบวนการบดแบบสั่น จะส่งผลให้คาร์บอนอัญรูปต่าง ๆ ในถ่านใบสัปปะรดเกิดการกัดกร่อนและสูญเสียความแข็งแรง เราสามารถนำกระบวนการการกัดกร่อนแบบแกรไฟต์ไปประยุกต์ใช้กับเซลลูโลสในใบสัปปะรดเพื่อให้ได้โครงสร้างแกรไฟต์และแกรฟีนดังแสดงในFigure 7

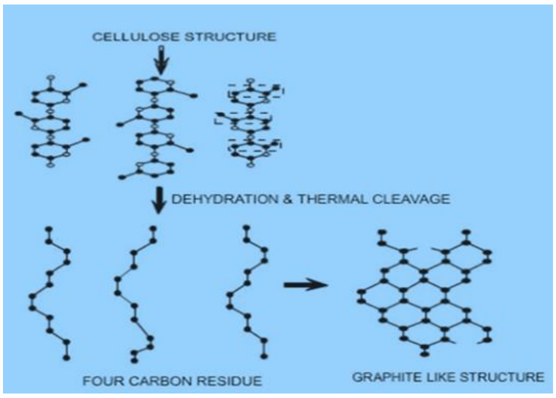


Figure 7 Graphitization of Cellulose to graphene preparation

อย่างไรก็ดีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดแกรไฟต์ผ่านเซลลูโลสมีอยู่หลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิ ตัวเร่งปฏิกิริยา และการกระตุ้นด้วยเบส ดังนั้นหากเงื่อนไขหรือปัจจัยที่ใช้ในการทดลองไม่เหมาะสมก็อาจเกิดสารจำพวกกากคาร์บอน (carbon residue) ขึ้นแทนได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงผลิตแกรฟีนโดยผ่านกระบวนการการบดแบบสั่น (Vibro-milling) ซึ่งจะส่งผลให้เกิดกากคาร์บอนได้น้อยลง เนื่องจากไม่ได้ใช้สารเคมีใด ๆ โดยใช้ความร้อนในการทำลายพันธะคาร์บอนในเซลลูโลสของใบสัปปะรดซึ่งมีอยู่ปริมาณมาก และ ให้คาร์บอนเข้าสู่กระบวนการกลับคืนสู่สถานะพื้น ซึ่งก็คือการกลายสภาพกลับไปเป็นแกรไฟต์ (Graphite) และผ่านกระบวนการบดแบบสั่น ก็จะเปลี่ยนจากกราไฟท์เป็นแกรฟีนต่อไป หลังจากวิเคราะห์เปรียบเทียบ XRD spectrum ของงานวิจัยนี้ กับ XRD ของงานวิจัยอื่น และ ทำการตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีของผงแกรฟีนตัวอย่างที่เตรียมได้ โดยใช้เทคนิคการวัดการกระจายของรังสีเอกซ์ พบว่าเป็นแกรฟีนที่มีความบริสุทธิ์สูง มีขนาดเล็กกว่า 100 นาโนเมตร ซึ่งเท่ากับขนาดที่เหมาะสมของนาโนแกรฟีน คือถ้าทั้งสองไดเมนชันมีค่าขนาดตั้งแต่ 1-100 นาโนเมตร แต่ถ้ามีค่าขนาดทั้ง 2 ไดแมนชันมากกว่า 100 นาโนเมตร ถือว่าเป็นขนาดที่เหมาะสมของแผ่นแกรฟีน (Wang *el at.*, 2017) ส่วนผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของคณะนักวิทยาศาสตร์จากองค์การวิจัยวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมเครือจักรภพของออสเตรเลีย (CSIRO) (2017) ที่ประสบความสำเร็จในการผลิตแกรฟีนด้วยการใช้วัตถุดิบราคาถูกคือน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้ประกอบอาหารตามบ้านทั่วไป ซึ่งจะทำให้สามารถนำแกรฟีนไปใช้ผลิตงานทางเทคโนโลยี และใช้งานเชิงพาณิชย์ได้แพร่หลายกว้างขวางขึ้นในอนาคต โดยนำน้ำมันถั่วเหลืองมาให้ความร้อนในบรรยากาศปกติ จนน้ำมันแตกตัวออกเป็นหน่วยคาร์บอนที่สามารถนำไปสังเคราะห์แกรฟีนได้ จากนั้นจะถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วบนแผ่นนิกเกิล จนอยู่ในรูปแผ่นฟิล์มสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่บางมาก ๆ ทำให้สามารถผลิตผงแกรฟีนคุณภาพสูงได้ด้วยวิธีการที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย (Seo *et al.*, 2017) ส่วนงานวิจัยนี้ ก็ให้ความร้อนสูงเพียง 1000 ° C และ ใช้กระบวนการการบดแบบสั่น ในการเตรียมแกรฟีนจากแกรไฟต์ ได้ แกรฟีนที่มีความบริสุทธิ์สูง มีขนาดเล็กกว่า 100 นาโนเมตร มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำ นอกจากนี้ได้มีการศึกษาว่าแกรฟีนมีฤทธิ์เป็นสารต้านเชื้อรา และแบคทีเรีย สำหรับการป้องกันการเกิดเชื้อรา เนื่องจากมีการศึกษาว่าขอบและมุมของแกรฟีนที่บางและแหลมคมนั้นสัมผัสเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ และกราฟีนยังจับกับชั้นไขมันของผนังหุ้มเซลล์ของเชื้อรา ทำให้ผนังเซลล์เสียหายและเชื้อราตายในที่สุด (Smith and Rodrigues, 2015) และแกรฟีนออกไซด์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา และแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคพืช โดยการทำให้เกิดความเสียหายที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อราและแบคทีเรีย นอกจากนี้แกรฟีนผสมกับอนุภาคเงินมีคุณสมบัติในการสร้างสารยับยั้งการจำลองแบบดีเอ็นเอของแบคทีเรีย และใช้ควบคุมการระบาดของแบคทีเรียก่อโรคขอบใบแห้งในต้นข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Feng *et al.*, 2000) หรือสามารถนำกราฟีนไปใช้กับยางพาราในการใช้แกรฟีนยับยั้งเชื้อราในแผ่นยาง โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำได้ จากสมบัติดังกล่าว จึงเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาว่า แป้งข้าวเจ้าตัวอย่างและแป้งข้าวจ้าวที่ผสมแกรฟีนที่สังเคราะห์ขึ้น จะสามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราได้หรือไม่ ซึ่งจากการพิจารณาด้วยตาเปล่าและดมกลิ่น พบว่าหากผสมแกรฟีนลงในแป้งข้าวเจ้าแล้ว จะต้านเชื้อราได้ระดับนึง ทั้งนี้ควรต้องไปศึกษาต่อให้ลึกลงไปต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การหาลักษณะเฉพาะของผงแกรฟีนที่เตรียมได้จากถ่านของใบสัปปะรดด้วยวิธีการเผาที่อุณหภูมิสูง แล้วนำมาบดและร่อน จากนั้นนำมาผ่านการบดแบบสั่น เพื่อเตรียมแกรฟีนที่มีความบริสุทธิ์สูง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคเล็กกว่า 100 นาโนเมตร อีกทั้งยังสามารถทำการผลิตได้ในปริมาณมากต่อครั้งด้วยเครื่องมือหรือเครื่องจักรที่ไม่ซับซ้อน มีต้นทุนการผลิตต่ำ ทำให้สามารถขยายสเกลไปสู่เชิงอุตสาหกรรมได้ รวมทั้ง ผลการเตรียมแกรฟีนนี้ยังมีการทดสอบสมบัติเบื้องต้น คือ ยับยั้งเชื้อรา แบคทีเรีย และจุลินทรีย์ได้อีกด้วย เนื่องจากแกรฟีนมีขนาดเล็กและมีกระบวนการที่จะสามารถทำการยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ สารเคมี เครื่องมือ ในการทำวิจัย และขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

A Project funded by MHRD, Govt. of India. 2009. NPTEL. **Performance and specialty fibers**. [Online]. Available https://nptel.ac.in/courses/116102006/5 (18 October 2019).

Abdelhalim, A.O.E., A. Galal, M.Z. Hussein and I.E.E.-T. Sayed. 2016. Graphene functionalization by 1,6-diaminohexane and silver nanoparticles for water disinfection. **Journal of nanomaterials** 2016: 1-7.

Agromayor, R. 2016. Heat transfer performance of functionalized Graphene nanoplatelet Aqueous nanofluids. **Materials**. 9(6): 455

Choi, W. and J.W. Lee. 2011. **Graphene: Synthesis and Applications**. Boca Raton: Taylor & Francis. 394 p.

Feng, Q.L., J. Wu, G.Q. Chen, F.Z. Cui, T.N Kim and J.O. Kim. 2000. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus.* **Journal of Biomedical Material Res** 52(4):662-668. doi: 10.1002/1097-4636(20001215)52:4<662::aid-jbm10>3.0.co;2-3. PMID: 11033548.

Lee, J., T-J. Ha, H. Li, K.N. Parrish, M. Holt, A. Dodabalapur. 2013. 25 GHz embedded-gate graphene transistors with high-K dielectrics on extremely flexible plastic sheets. **ACS Nano** doi: 10.1021/nn403487y.

Machanicalou, P. 2017. Properties of Graphene and Graphene-Based Nanocomposites. **Progress in Materials Science** 90(8):75-127.

Seo, D., S. Pineda, J. Fang. 2017. Single-step ambient-air synthesis of graphene from renewable precursors as electrochemical genosensor. **Nature Communications** 8: 14217.

Smith S.C., D.F. Rodrigues. 2015. Carbon-based nanomaterials for removal of chemical and biological contaminants from water: a review of mechanisms and applications. **Carbon.** 91:122–143.

Tuentranone, A. 2020. **Big Project 'Graphene' Miracle material change the world**. [online]. Available https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/803664. (20 December 2020). [in Thai].

Wang, X.-Ye. & N. Akimitsu and M. Klaus. 2017. Precision synthesis versus bulk-scale fabrication of graphenes. **Nature Reviews Chemistry** 2: 0100. 10.1038/s41570-017-0100.

Zhang, T. 2012. Theoretical approaches to graphene and graphene-based materials. **Nano Today** 7(3):180-200.

Session 5

ภาคบรรยาย

กระบวนการพัฒนาความเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการของเกษตรกรชาติพันธุ์ ในอำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน

Entrepreneurial Farmer Development Process of Ethnic Farmers in Khun Yuam District, Mae Hong Son Province

จิรวัฒน์ รักชาติ[1*] พสุนิต สารมาศ[1] พงษ์ศักดิ์ รวมทรัพย์[2] และอิทธิพงษ์ ทองศรีเกตุ[1]

Jirawat Rugchat[1*], Phasunit Saramas[1], Pongsak Ruamsap[2] and Ittipong Thongsrikate[1]

[1]กลุ่มวิชาสหวิทยาการสังคมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]กลุ่มวิชาภาษาตะวันตก คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Interdisciplinary Studies of Social Science, Faculty of Liberal Arts, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Western Languages Section, Faculty of Liberal Arts, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jira_r@hotmail.com

Abstract

This participatory research examined the entrepreneurship process through the concept of entrepreneurial farmer introduced to a group of ethnic farmers whose mutual purpose was to build their startups from the local resources they have. The research data were collected from six entrepreneurial development activities in Khun Yuam district, Mae Hong Son province, during October 2020 to May 2021, under the project of development process to Khun Yuam rice entrepreneurship which supported by Equitable Education Fund (EEF.). Fifty-five ethnic farmers, who lived in Khun Yuam district, Mae Hong Son province, and Mae Chaem district, Chiang Mai, were selected as research samplings. Focus group discussion, in-depth interview, and observation were applied to understand change processes to entrepreneurship and entrepreneurial skills development. The research findings indicated that the process of entrepreneurial farmer development consisted of three stages: upstream (raising awareness to their own potentials), midstream (developing entrepreneurial skills of farmers), and downstream (creating marketing channels of Khun Yaum rice). Each stage included different kinds of entrepreneurial knowledge. The six procedural activities not only led to the developing of entrepreneurial farmer skills in four aspects: local rice knowledge, rice processing and packaging skills, information technology skill, and social networking of ethnic groups, but also encouraged the participant farmers to create four community innovations. In addition, the samples change into two aspects: knowledge and work skills, and social network creating.

Keywords: ethnic farmer, entrepreneur farmer, Khun Yuam rice, Mae Hong Son

บทคัดย่อ

งานศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมที่มีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจกระบวนการพัฒนาเกษตรกรชาติพันธุ์ให้เป็นผู้ประกอบการผ่านกรอบแนวคิดการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการ งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลจากการดำเนินกิจกรรมพัฒนาเกษตรกรผู้ประกอบการ 6 กิจกรรม ในโครงการพัฒนาการเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวม ที่ได้รับสนับสนุนโดยกองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา (กสศ.) จัดที่ อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน ช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 – พฤษภาคม พ.ศ. 2564 โดยศึกษาเกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์ 55 คน ที่อาศัยใน อ.ขุนยวม จ.แม่ฮ่องสอน และ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ ด้วยการสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์เชิงลึก และการสังเกต เพื่อทำความเข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงสู่การเป็นผู้ประกอบการและการพัฒนาทักษะความเป็นผู้ประกอบการ ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการพัฒนาความเป็นผู้ประกอบการ 3 ช่วง ได้แก่ ต้นน้ำ (การสร้างความตระหนักถึงศักยภาพตนเอง) กลางน้ำ (การพัฒนาทักษะการเป็นผู้ประกอบการ) ปลายน้ำ (การสร้างช่องทางการตลาดข้าวขุนยวม) แต่ละช่วงประกอบด้วยการส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับการประกอบการหลากหลายรูปแบบ ส่งผลให้เกษตรกรชาติพันธุ์เกิดการพัฒนาเป็นผู้ประกอบการใน 4 ด้าน คือ พัฒนาความรู้เรื่องข้าวท้องถิ่น ทักษะการแปรรูปและการบรรจุภัณฑ์ข้าวสมัยใหม่ ทักษะเทคโนโลยีสารสนเทศ เกิดเครือข่ายทางสังคมของกลุ่มชาติพันธุ์ และกลุ่มตัวอย่างเกิดความเปลี่ยนแปลงอย่างน้อย 2 ด้าน คือ การเปลี่ยนแปลงด้านความรู้และทักษะอาชีพ การเปลี่ยนแปลงด้านการสร้างเครือข่ายทางสังคม

คำสำคัญ: เกษตรกรชาติพันธุ์ เกษตรกรผู้ประกอบการ ข้าวขุนยวม แม่ฮ่องสอน

คำนำ

อำเภอขุนยวมเป็นอำเภอหนึ่งของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ทิศเหนือติดต่ออำเภอเมืองจังหวัดแม่ฮ่องสอน ทิศตะวันออกติดอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ทิศใต้ติดกับอำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และทิศตะวันตกติดกับรัฐคะยา ประเทศเมียนมา อำเภอขุนยวมประกอบด้วย 6 ตำบล คือ ตำบลขุนยวม ตำบลแม่เงา ตำบลเมืองปอน ตำบลแม่ยวมน้อย ตำบลแม่กิ๊ และตำบลแม่อูคอ มีพื้นที่รวมทั้งหมด 1,698.31 ตารางกิโลเมตร ประชากรรวม 23,388 คน 7,362 หลังคาเรือน ประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวไทใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อคนต่อเดือน 2,090 บาท ซึ่งถือเป็นรายได้ที่ต่ำมาก (Governor’s Office of Mae Hong Son Province, n.d.) รัฐบาลไทยมีความพยายามแก้ปัญหาความยากจนของประชาชนในจังหวัดแม่ฮ่องสอนผ่านหลายนโยบาย เช่น นโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม นโยบายการส่งเสริมการค้าชายแดน ที่กระตุ้นให้เกิดการค้าชายแดนระหว่างประเทศไทย–เมียนมา ผ่านด่านการค้าชายแดนสำคัญขึ้น 5 ด่าน ได้แก่ ด่านห้วยต้นนุ่น ด่านห้วยผึ้ง ด่านน้ำเพียงดิน ด่านเสาหิน และด่านแม่สามแลบ[1] (Department of Cultural Promotion, 2017; Chiang Mai News, 2018; Office of the National Economic and Social Development

[1] 1) ด่านห้วยต้นนุ่น อยู่ในเขตอำเภอขุนยวม 2) ด่านห้วยผึ้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน 3) ด่านน้ำเพียงดินอยู่ในอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน 4) ด่านเสาหินอยู่ในเขตอำเภอแม่สะเรียง และ 5) ด่านแม่สามแลบอยู่ในอำเภอสบเมย

Council, 2018; Governor's Office of Mae Hong Son Province, n.d) โดยนโยบายสำคัญคือการส่งเสริมให้เกิดการรวมกลุ่มประกอบอาชีพ เพื่อสร้างงาน สร้างรายได้ในลักษณะของวิสาหกิจชุมชน ซึ่งจากการสำรวจของสำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดแม่ฮ่องสอนระหว่างปีพ.ศ. 2560–2562 พบว่าปี พ.ศ. 2560 มีผู้ประกอบการ 299 กลุ่ม พ.ศ. 2561 มีผู้ประกอบการ 565 กลุ่ม และพ.ศ. 2562 มีผู้ประกอบการ 585 กลุ่ม ซึ่งการส่งเสริมการรวมกลุ่มวิสาหกิจและการเปิดด่านการค้าชายแดนเหล่านี้กลายเป็นโอกาสสำคัญของประชาชนชาวแม่ฮ่องสอน รวมถึงชาวอำเภอขุนยวมที่จะได้รวมกลุ่มทำการค้าและลงทุนสร้างรายได้เพิ่มขึ้น

แม้ว่าเกษตรกรชาวอำเภอขุนยวมจะได้รับการส่งเสริมจากนโยบายการพัฒนาจังหวัดให้เกิดการรวมกลุ่มในรูปของวิสาหกิจชุมชนในอำเภอ เช่น กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรกรรมทางเลือก วิสาหกิจชุมชนการค้าชายแดนไทย–เมียนมามาช่วงระยะเวลาหนึ่ง แต่ทว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนและเกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์ก็ยังไม่ได้รับโอกาสในการพัฒนาศักยภาพเท่าใดนัก โดยเฉพาะการพัฒนาทักษะการเป็นผู้ประกอบการ ประกอบกับสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด–19 การประกาศปิดด่านการค้าชายแดนไทย–เมียนมาช่วงปี พ.ศ. 2563–2564 ได้ทำให้กลุ่มวิสาหกิจการค้าชายแดนไทย–เมียนมาที่เริ่มดำเนินการรวมกลุ่มเพื่อค้าขายสินค้าบริเวณด่านการค้าชายแดนห้วยต้นนุ่น อำเภอขุนยวม ต้องประสบปัญหาและหยุดชะงักลงไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ภายใต้สถานการณ์ปัญหาความยากจน การขาดรายได้ ปัญหาการขาดการส่งเสริมความเป็นผู้ประกอบการและปัญหาเศรษฐกิจสังคมเนื่องจากการระบาดของโรคโควิด–19 ได้ทำให้ "โครงการพัฒนาการเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวมเพื่อการสร้างมูลค่าอย่างสร้างสรรค์และยั่งยืน" ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา (กสศ.) ในปี พ.ศ. 2563 ดำเนินการแก้ปัญหาความยากจนและความเหลื่อมล้ำของชาวอำเภอขุนยวมโดยมุ่งเน้นพัฒนาทักษะความเป็นผู้ประกอบการของเกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์ โดยใช้ "ข้าว" ซึ่งเป็นอาหารหลักของกลุ่มชาติพันธุ์อำเภอขุนยวม มีข้าวหลากหลายสายพันธุ์ มีวัฒนธรรมข้าวอันเป็นจุดเด่นเฉพาะท้องถิ่น และเกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์มีศักยภาพสามารถผลิตข้าวได้อย่างเพียงพอและมีคุณภาพ รวมถึงพัฒนาทักษะที่จำเป็นของการเป็นผู้ประกอบการสมัยใหม่ให้แก่เกษตรกรอำเภอขุนยวม อาทิ ทักษะการเป็นผู้ประกอบการสมัยใหม่ ทักษะการตลาดและการค้าขายสินค้าในยุคดิจิทัล ทักษะการพัฒนาผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต–การบรรจุภัณฑ์และการสร้างตราสินค้า เพื่อให้เกิดการสร้างอาชีพ รายได้และนำไปสู่การพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน การส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้สู่การเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการของโครงการดังกล่าวดำเนินงานผ่าน 6 กิจกรรมหลัก ได้แก่ กิจกรรมการวิเคราะห์ศักยภาพข้าวขุนยวม กิจกรรมการสร้างแรงจูงใจและการพัฒนาลักษณะการเป็นผู้ประกอบการ กิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และสร้างตราสินค้า กิจกรรมการแปรรูปและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ข้าว กิจกรรมการพัฒนาข้าวขุนยวมสู่ตลาดสมัยใหม่และการวางแผนสร้างช่องทางการตลาดข้าวขุนยวม และกิจกรรมสะท้อนความคิดเรื่องข้าวท้องถิ่นกับวิถีชุมชน (Rugchat *et al*., 2021) และมีการสอบถาม สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการเพื่อบันทึกผลการศึกษา และในท้ายที่สุดก็พบว่าการพัฒนาผู้ประกอบการโดยโครงการนี้ได้ทำให้เกิดการสร้างนวัตกรรมชุมชน เพื่อส่งเสริมอาชีพและสร้างรายได้เพิ่มแก่เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 4 รูปแบบ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ข้าวขุนยวม สินค้าแปรรูปจากข้าวขุนยวม ช่องทางการตลาดค้าขายข้าวทางดิจิทัล และตราสินค้าข้าวขุนยวม

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษากระบวนการ/ขั้นตอนพัฒนาความเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างจำนวน 55 ราย ที่เข้าร่วมโครงการพัฒนาการเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวมเพื่อสร้างมูลค่าอย่างสร้างสรรค์และ

ยั่งยืน โดยการออกแบบกิจกรรมโครงการนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการภายใต้กรอบแนวคิดการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการของ McElwee (2008) ที่แบ่งเกษตรกรออกเป็น 4 ประเภท คือ เกษตรกรดั้งเดิม เกษตรกรผู้ประกอบการ เกษตรกรผู้รับช่วงสัญญา และผู้ประกอบการในชนบท และอธิบายว่า "เกษตรกรผู้ประกอบการ" เป็นเกษตรกรที่มีความสามารถในการประกอบการและทำงานหลากหลายประเภทนอกไร่นาได้ เช่น งานด้านการท่องเที่ยว การบริการ งานศึกษาถึงการเป็นผู้ประกอบการของ Kahan (2012) ที่อธิบายว่า เกษตรกรต้องมีจิตวิญญาณของผู้ประกอบการ มีการวางแผน การสร้างนวัตกรรม ใช้เทคโนโลยี มีอิสระในการตัดสินใจ ใช้ชีวิตบนความเสี่ยงและสามารถร่วมมือกันทำงานเพื่อสร้างกำไรและผลประโยชน์ รวมถึงงานศึกษาของ Rugchat (2018) ที่อธิบายว่า เกษตรกรชาติพันธุ์ลัวะสามารถเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการได้ด้วยการปรับเปลี่ยนวิถีการผลิต การพัฒนาช่องทางการตลาดและการค้า การสร้างเครือข่ายทางสังคมและการพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือสื่อสารสมัยใหม่ นอกจากนั้นงานศึกษาของ Somkaun *et al*. (2019) อธิบายว่าเกษตรกรผู้ประกอบการต้องเป็นผู้สามารถสร้างกำไร เป็นเจ้าของธุรกิจ สามารถจัดการความเสี่ยงต่าง ๆ ได้ มีการใช้เทคนิคใหม่ สามารถหาความรู้และสร้างเครือข่ายทางสังคมอย่างสม่ำเสมอ

ดังนั้นคำถามวิจัยที่สำคัญ คือ กระบวนการหรือขั้นตอนการพัฒนาการเป็นผู้ประกอบการกลุ่มชาติพันธุ์ให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนต้องประกอบด้วยอะไรบ้าง โดยจะศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์ชาวไทใหญ่ กะเหรี่ยง ม้ง คนเมือง ในอำเภอขุนยวมและพื้นที่ใกล้เคียง ที่เข้าร่วมโครงการพัฒนาการเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวมเพื่อนำไปสู่การพัฒนารูปแบบเกษตรกรผู้ประกอบการกลุ่มชาติพันธุ์ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระยะเวลาดำเนินการวิจัยและพื้นที่ศึกษา

การวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้ดำเนินการที่อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 – พฤษภาคม พ.ศ. 2564 ภายใต้โครงการพัฒนาการเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวมเพื่อการสร้างมูลค่าอย่างสร้างสรรค์และยั่งยืน ทุนสนับสนุนจากกองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา (กสศ.) ศึกษากลุ่มตัวอย่างผู้ร่วมกิจกรรมโครงการที่มีภูมิลำเนาในพื้นที่รวม 8 หมู่บ้าน โดย 7 หมู่บ้าน คือ บ้านแม่สุรินทร์ บ้านหัวปอน บ้านต่อแพ บ้านหลวง บ้านขุนยวม บ้านแม่อูคอหลวง บ้านท่าหินส้ม ในพื้นที่อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน และอีก 1 หมู่บ้าน คือ บ้านปางเกี๊ยะ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

2. เครื่องมือการวิจัย

งานศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมที่ให้ความสำคัญกับการที่กลุ่มตัวอย่างได้ปฏิบัติการฝึกฝนทักษะการเป็นผู้ประกอบการในมิติต่าง ๆ โดยผู้วิจัยได้ทำการสังเกตแบบมีส่วนร่วมในแต่ละกิจกรรม มีการใช้กระบวนการสนทนากลุ่ม (Focus group) เพื่อแลกเปลี่ยนในประเด็นสำคัญต่าง ๆ อาทิ ประเด็นการวิเคราะห์จุดเด่น-จุดด้อยของข้าวชุมชน ความสัมพันธ์ของประวัติศาสตร์ท้องถิ่นกับสินค้าชุมชน การสร้างเอกลักษณ์สินค้าข้าวผ่านตราสินค้าของกลุ่ม การสร้างช่องทางการตลาดข้าวท้องถิ่น รวมถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อกลุ่มตัวอย่าง นอกจากนั้นผู้วิจัยยังใช้แนว

คำถามสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) เพื่อสอบถามถึงทักษะการเป็นผู้ประกอบการ การสร้างเครือข่ายทางสังคม ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว และองค์ความรู้อื่นที่เกี่ยวข้อง

3. กลุ่มตัวอย่างและกรณีศึกษา

งานศึกษานี้เป็นการเก็บข้อมูลจากการดำเนินกิจกรรมกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 55 คน กลุ่มตัวอย่าง 47 คน เป็นเกษตรกรจาก 4 ตำบล ในอำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน คือ ตำบลแม่เงา ตำบลขุนยวม ตำบลแม่อูคอ และตำบลแม่กิ๊ และกลุ่มตัวอย่าง 8 คน มาจากตำบลแม่ศึก อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ โดยกลุ่มตัวอย่างเหล่านี้เป็นเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของวิสาหกิจชุมชนเกษตรกรรมทางเลือกและวิสาหกิจชุมชนการค้าชายแดนไทย–เมียนมาที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการพัฒนาการเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวมฯ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยเกษตรกรชาวไทใหญ่ กะเหรี่ยง ม้ง และคนเมือง นอกจากนั้นงานศึกษานี้ได้คัดเลือกกรณีศึกษาแบบเจาะจงจำนวน 5 คน จากกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการทั้งหมดจำนวน 55 คน เพื่อตอบคำถามสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) ถึงความเปลี่ยนแปลงทักษะความเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการ ทักษะความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว การนำความรู้ด้านประวัติศาสตร์ชุมชนเพื่อการประกอบการข้าวท้องถิ่น และองค์ความรู้อื่นที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัย

1. กระบวนการพัฒนาการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการชาติพันธุ์: จากองค์ความรู้สู่แนวทางปฏิบัติ

ความรู้และทักษะการเปลี่ยนแปลงเกษตรกรไปสู่การเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการกลุ่มชาติพันธุ์ในการวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้ กลุ่มตัวอย่างได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมหลักของโครงการฯ 6 กิจกรรม (ดังอธิบายแล้วในบทนำ) จะต้องพึ่งพาองค์ความรู้จากหลากหลายสาขาวิชาการในรูปแบบสหวิทยาการ ได้แก่ องค์ความรู้ด้านการวิเคราะห์ทรัพยากรชุมชน วิเคราะห์ปัญหาชุมชน การวิเคราะห์จุดเด่น–จุดด้อยของข้าวชุมชน การสร้างแรงจูงใจสู่การเป็นผู้ประกอบการให้แก่เกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์ การพัฒนาองค์ความรู้และทักษะด้านการตลาดและการค้าสมัยใหม่ องค์ความรู้ด้านวิถีการผลิตของเกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์ องค์ความรู้ด้านประวัติศาสตร์ชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่น องค์ความรู้ด้านเกษตรอินทรีย์ องค์ความรู้ด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวขุนยวม องค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์สินค้าข้าวสมัยใหม่ การวางแผนวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจเพื่อสังคม การวางแผนการตลาด การออกแบบและสร้างช่องทางตลาดออนไลน์ เป็นต้น ซึ่งองค์ความรู้เหล่านี้ล้วนเป็นองค์ความรู้สำคัญที่ก่อให้เกิดการพัฒนาความเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวม ดังนั้นการพัฒนาความเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวมจึงต้องให้ความสำคัญกับองค์ความรู้ทางวิชาการและทักษะการประกอบอาชีพหลากหลายแขนงร่วมกัน ได้แก่ สังคมวิทยา มานุษยวิทยา การพัฒนาชุมชน การสร้างนวัตกรรมสังคม ประวัติศาสตร์คติชนวิทยา การออกแบบผลิตภัณฑ์ การสร้างสื่อออนไลน์ เทคโนโลยีสารสนเทศในสังคมสมัยใหม่ การตลาด การบริหารธุรกิจ และการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

การจัดกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อพัฒนาการเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวมฯ ดำเนินการด้วยการส่งเสริมองค์ความรู้อย่างเป็นขั้นตอน[2] โดยสามารถจำแนกองค์ความรู้และทักษะการเป็นผู้ประกอบการให้กับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นเกษตรกรชาติพันธุ์ 11 ประเภท ดังนี้

1) องค์ความรู้ด้านการวิเคราะห์และการตระหนักถึงจุดเด่น จุดด้อย อุปสรรค และโอกาสในการพัฒนาศักยภาพของการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการกลุ่มชาติพันธุ์

2) องค์ความรู้เกี่ยวกับที่มา ประวัติศาสตร์ ภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่องเล่าของข้าวชุมชน วัฒนธรรมข้าว และเรื่องเล่าต่าง ๆ ของชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในอำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อนำไปสู่การสร้างมูลค่าสินค้าข้าวชุมชน

3) องค์ความรู้เกี่ยวกับโรคโควิด–19 และการอยู่ร่วมกันในสังคมภายใต้สถานการณ์โรคระบาด

4) องค์ความรู้และการสร้างแรงจูงใจสู่การเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวม

5) องค์ความรู้และทักษะการสืบค้นข้อมูลการเกษตรและการตลาดด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล

6) องค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดการวิสาหกิจชุมชนข้าวขุนยวม

7) องค์ความรู้ด้านการคิดสร้างสรรค์ การสร้างนวัตกรรมและการออกแบบตราสินค้าข้าวชุมชน

8) องค์ความรู้และทักษะการแปรรูปข้าวอินทรีย์และข้าวชุมชนให้เป็นสบู่ข้าว ชาข้าว และข้าวแตกปั้น[3]

9) องค์ความรู้เรื่องวิธีการบรรจุภัณฑ์และการสร้างสรรค์รูปแบบการบรรจุภัณฑ์

10) องค์ความรู้ด้านการตลาดสมัยใหม่ ตลาดออนไลน์ (Online market) และตลาดที่มีสถานที่ตั้ง (Onsite market) การวางแผนธุรกิจข้าวขุนยวม

11) องค์ความรู้ด้านการสร้างช่องทางตลาดการค้าข้าวขุนยวมทั้งตลาดดิจิทัลและตลาดที่มีสถานที่ตั้ง

องค์ความรู้ทั้ง 11 กลุ่มนี้ถูกนำไปพัฒนาทักษะการเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวมอย่างเป็นกระบวนการ ที่มีการเชื่อมโยงเป็นขั้นตอนตั้งแต่ขั้นตอนต้นน้ำ ขั้นตอนกลางน้ำ และขั้นตอนปลายน้ำ เพื่อนำไปสู่การเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการข้าวขุนยวมให้แก่เกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์กลุ่มตัวอย่างชาวไทใหญ่ ชาวกะเหรี่ยง ชาวม้ง และคนเมือง โดยสามารถสรุปเป็นขั้นตอนตามช่วงระยะต่าง ๆ อย่างเป็นระบบได้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ต้นน้ำ

เป็นช่วงเวลาแห่งการสร้างความตระหนักถึงศักยภาพของตนเอง ตระหนักถึงศักยภาพ จุดเด่น จุดด้อย ของข้าวในท้องถิ่นที่มีหลากหลายสายพันธุ์ และเป็นช่วงเวลาแห่งการสร้างแรงจูงใจสู่ที่จะนำไปสู่การเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวม โดยช่วงระยะนี้ต้องอาศัยการส่งเสริมองค์ความรู้ข้อที่ 1–4 ที่ต้องพัฒนากลุ่มตัวอย่างในด้านองค์ความรู้และวิธีคิดที่สร้างความตระหนักถึงศักยภาพ จุดเด่น จุดด้อย อุปสรรคและโอกาสของข้าวขุนยวมและข้าวชุมชนที่มีอยู่ในชุมชนเกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์ การตระหนักถึงอัตลักษณ์ด้านประวัติศาสตร์ เรื่องเล่าของชุมชน ภูมิปัญญาและวัฒนธรรมเรื่องข้าวในท้องถิ่น นอกจากนั้นยังในช่วงต้นน้ำนี้ยังต้องพัฒนาด้านการสร้างจิตสำนึกของการเป็นผู้ประกอบการและสร้างแรงจูงใจให้

[2] อย่างไรก็ดี ในบทความนี้ไม่อาจให้รายละเอียดเนื้อหาขององค์ความรู้เหล่านี้ได้ทั้งหมด หากสนใจศึกษาเพิ่มเติมโปรดอ่านรายงานผลโครงการฉบับสมบูรณ์ของ Rugchat *et al.* (2021)

[3] ข้าวแตกปั้น เป็นขนมโบราณของชาวไทใหญ่ โดยการทำข้าวแตกปั้นเป็นการนำเอาข้าวตอกมาคลุกกับน้ำอ้อยเชื่อมแล้วปั้นเป็นทรงกลมขนาดเล็กหรือใหญ่แตกต่างกันไป ปัจจุบันนิยมปั้นเป็นก้อนเล็ก ในแง่ของความสัมพันธ์ทางสังคมการทำข้าวแตกปั้นเป็นกิจกรรมที่สร้างความสนุกสนาน ทำให้ได้มีการพูดคุยกัน สร้างความรู้สึกสามัคคีกัน (Chinnapong, 2017)

เกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์เกิดความต้องการเป็นผู้ประกอบการในชุมชนที่พร้อมและต้องการจะประสบความสำเร็จในการประกอบการเชิงธุรกิจ

ขั้นที่ 2 กลางน้ำ

เป็นช่วงพัฒนาทักษะอาชีพของการเป็นผู้ประกอบการข้าวขุนยวมให้กับเกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์กลุ่มตัวอย่าง ผ่านการส่งเสริมความรู้พัฒนาการเป็นผู้ประกอบการในองค์ความรู้ข้อ 5–9 โดยกลุ่มตัวอย่างต้องได้รับองค์ความรู้และมีการฝึกฝนทักษะในการสืบค้นข้อมูลสินค้าเกษตรต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟน (Smart phone) ที่เกี่ยวข้องกับตัวเกษตรกรหรือสินค้าที่เกษตรกรสนใจ เช่น ข้าว มะเขือเทศ พริก ฟักทอง กะหล่ำปลี ฯลฯ ซึ่งจากการสำรวจพบว่ากลุ่มตัวอย่างเกษตรกรชาติพันธุ์ที่เข้าร่วมโครงการ 45 คน คิดเป็นร้อยละ 81.82 มีสมาร์ทโฟนและสามารถเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านสมาร์ทโฟนได้ กลุ่มตัวอย่างต้องได้รับการฝึกทักษะเกี่ยวกับการจัดการวิสาหกิจชุมชน พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้านการออกแบบตราสินค้าข้าว มีการพัฒนาทักษะความสามารถด้านการแปรรูปข้าวชุมชนให้เป็นสินค้าแปรรูปจากข้าวประเภทต่าง ๆ เช่น สบู่ข้าว ชาข้าว และข้าวแตกปั้น และพัฒนาทักษะด้านการออกแบบ สร้างสรรค์และพัฒนาบรรจุภัณฑ์สินค้าข้าวให้ทันสมัย ซึ่งการพัฒนาทักษะอาชีพเหล่านี้ทำให้กลุ่มตัวอย่างเกิดความเชี่ยวชาญในอาชีพและการเป็นผู้ประกอบการข้าวต่อไปในอนาคต

ขั้นที่ 3 ปลายน้ำ

ขั้นตอนนี้เป็นการแสวงหาช่องทางการตลาดสมัยใหม่ให้กลุ่มเป้าหมายผ่านการพัฒนาความรู้การเป็นผู้ประกอบการองค์ความรู้ที่ 10–11 โดยมุ่งให้ความรู้ด้านตลาดสมัยใหม่และการค้าออนไลน์ โดยเฉพาะตลาดออนไลน์ (Online market) โดยส่งเสริมความรู้ให้แก่กลุ่มตัวอย่างสามารถสร้างช่องทางการค้าข้าวด้วยตลาดดิจิทัลด้วยตนเอง ตัวอย่างเช่น ให้ความรู้ด้านการใช้และการสร้างเพจเฟสบุ๊ค นอกจากนั้นยังต้องมีการพัฒนาทักษะและองค์ความรู้ด้านการตลาดที่มีสถานที่ตั้ง (Onsite market) ให้กับเกษตรกรกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายเข้าใจ และสามารถแสวงหาช่องทางการนำสินค้าข้าวมาขายในตลาดที่มีที่ตั้งได้ด้วย ดังนั้นในขั้นปลายน้ำนี้จะเป็นขั้นที่พัฒนาให้เกษตรกลุ่มชาติพันธุ์มีความรู้ความเข้าใจเรื่องกลไกการตลาด การตลาดสมัยใหม่ ตลาดดิจิทัล และสามารถสร้างช่องทางการตลาดเพื่อขายสินค้าของตนเอง โดยที่เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างต้องสามารถควบคุมดูแลช่องทางการตลาดของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน นอกจากนี้ในขั้นตอนนี้ยังต้องพัฒนาให้กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์เกิดความตระหนักถึงความสำคัญด้านภูมิปัญญาและวัฒนธรรมข้าวของชุมชนตนเอง เพื่อการสร้างสำนึกรักษ์บ้านเกิด ต้องการสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่น สามารถสร้างรายได้จากทุนทางวัฒนธรรมข้าวของชุมชนตนเอง และนำไปสู่การแก้ปัญหาความยากจน แก้ไขปัญหาความไม่เท่าเทียมและความเหลื่อมล้ำด้านรายได้ และปัญหาการย้ายถิ่นฐานของเกษตรกรชาติพันธุ์เข้าไปสู่เมืองได้

กล่าวโดยสรุปกระบวนการพัฒนาการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการชาติพันธุ์ที่จะให้มีประสิทธิภาพสมบูรณ์และยั่งยืน นักพัฒนาจะต้องให้ความสำคัญทักษะและองค์ความรู้หลากหลายสาขา หลากหลายศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นสังคมศาสตร์ ประวัติศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ บริหารธุรกิจ การเกษตร ฯลฯ เพราะแน่นอนว่าการได้รับทักษะองค์ความรู้จากศาสตร์สาขาใดสาขาหนึ่งไม่ว่าจะเป็นสาขาด้านสังคมศาสตร์หรือสาขาทางบริหารธุรกิจ/การตลาดก็ตามย่อมไม่เพียงพอต่อการพัฒนาทักษะการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการอย่างสมบูรณ์ครบถ้วนได้ นอกจากนั้นจะต้องนำเอาทักษะ

องค์ความรู้เหล่านี้มีจัดเป็นกระบวนการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์แห่งการเป็นผู้ประกอบการในภาคเกษตร โดยในงานศึกษานี้ได้จัดกระบวนการพัฒนาการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงต้นน้ำ ช่วงกลางน้ำ และช่วงปลายน้ำ ซึ่งแต่ละช่วงประกอบไปด้วยทักษะองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่ได้อธิบายไปแล้วในข้างต้น (Figure 1)

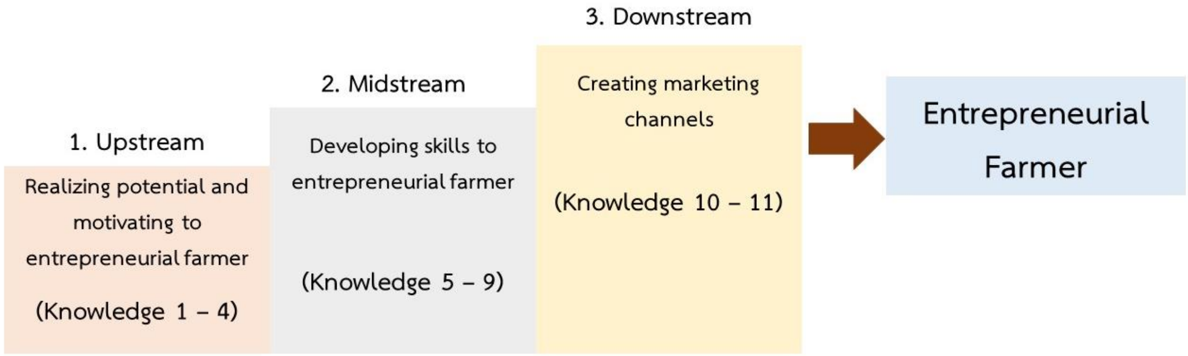


Figure 1 Development process to entrepreneurial farmer
Source: Rugchat *et al*. (2021)

2. ความเปลี่ยนแปลง (บางประการ) ที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง

การพัฒนาการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการชาติพันธุ์ที่ดำเนินการตามกระบวนการต้นน้ำ-กลางน้ำ-ปลายน้ำของโครงการฯ ส่งผลให้เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการเกิดความเปลี่ยนแปลงบางประการ โดยในที่นี้อาจสรุปถึงความเปลี่ยนแปลงสำคัญอย่างน้อย 2 ด้าน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความรู้และทักษะการประกอบอาชีพ และการเปลี่ยนแปลงด้านการสร้างเครือข่ายทางสังคม

1) การเปลี่ยนแปลงด้านความรู้และทักษะอาชีพ

เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการจะได้รับความรู้และทักษะการเป็นผู้ประกอบการด้านต่าง ๆ เช่น คุณลักษณะความเป็นผู้ประกอบการ ทักษะการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าว ทักษะการตลาด และทักษะอื่น ๆ มากขึ้น ผ่านกิจกรรมของโครงการ กลุ่มเป้าหมายได้รับความรู้เรื่องข้าวท้องถิ่น การทบทวนประวัติศาสตร์ เรื่องเล่าในชุมชน ภูมิปัญญาและวัฒนธรรมข้าวท้องถิ่น เพื่อสร้างความภูมิใจร่วมกันของกลุ่มเกษตรกรชาติพันธุ์ และนำไปสู่การนำไปสู่การสร้างมูลค่าสินค้าชุมชน และกลุ่มเป้าหมายยังได้รับการพัฒนาความรู้ด้านการเป็นผู้ประกอบการ อาทิ การสร้างแรงจูงใจสู่การเป็นผู้ประกอบการ องค์ความรู้การสืบค้นข้อมูลด้านการเกษตร การตลาดและการค้าข้าวด้วยสมาร์ทโฟน องค์ความรู้การจัดการวิสาหกิจชุมชน ความรู้ด้านการคิดสร้างสรรค์และการออกแบบ เป็นต้น นอกจากนั้นกลุ่มตัวอย่างยังเกิดความเปลี่ยนแปลงด้านทักษะอาชีพเพื่อการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการข้าวชุมชน ผ่านการเพิ่มทักษะความชำนาญในการบรรจุภัณฑ์ข้าวด้วยเครื่องซีลสูญญากาศเพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์ข้าวที่ประณีตสวยงาม กลุ่มตัวอย่างจำนวนหนึ่งได้รับประสบการณ์ในการฝึกปฏิบัติบรรจุภัณฑ์ข้าวและสามารถแปรรูปข้าวท้องถิ่นได้เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ สบู่เหลวข้าว สบู่ก้อนจาก

ข้าว ชาข้าว และข้าวแตกปั้น และกลุ่มตัวอย่างยังได้ฝึกทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการสื่อสารการตลาดสินค้าข้าว ได้แก่ การทำเฟสบุ๊คเพื่อการค้าข้าว การสร้างช่องทางการตลาดค้าข้าวออนไลน์ เป็นต้น

2) การเปลี่ยนแปลงด้านการสร้างเครือข่ายทางสังคม

แต่เดิมเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่เป็นชาติพันธุ์ไทใหญ่ กะเหรี่ยง ม้ง และคนเมือง ไม่ได้มีการรวมกลุ่มกันอย่างเข้มแข็ง กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่รู้จักกันและไม่มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเครือข่ายทางสังคมอย่างชัดเจน พวกเขาทำการเกษตรอยู่ในพื้นที่ชุมชน/หมู่บ้านของตนเองเท่านั้น แต่หลังจากเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างได้เข้าร่วมโครงการแล้ว พวกเขาได้สร้างเครือข่ายความสัมพันธ์อย่างเป็นทางการลักษณะการรวมกลุ่มในกลุ่มไลน์ที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารหลายรูปแบบ และนอกจากนั้นยังมีการรวมกลุ่มสร้างความสัมพันธ์กันอย่างไม่เป็นทางการด้วยการสร้างสัมพันธ์ระหว่างบุคคล การไปมาหาสู่กันหลังจากเสร็จกิจกรรมหรือหลังจากรวมกลุ่มแต่ละครั้ง การแลกเปลี่ยนอาหารของกลุ่มชาติพันธุ์ระหว่างช่วงเวลาจัดกิจกรรม ดังเช่นกรณีของเกษตรกรชาวกะหรี่ยงรายหนึ่งที่นำข้าวท้องถิ่นของตนเองมาเป็นอาหารแลกเปลี่ยนกับกลุ่มตัวอย่างชาติพันธุ์อื่นได้ลิ้มลองรับประทานในระหว่างช่วงเวลาการดำเนินกิจกรรม กรณีของเกษตรกรชาวม้งได้นำผักและผลไม้ที่ตนผลิตได้มาแบ่งปันให้กลุ่มตัวอย่างชาวกะเหรี่ยงในช่วงดำเนินกิจกรรม หรือในกรณีของเกษตรกรชาวไทใหญ่ได้นำกระเทียมผลผลิตของตนเองมอบให้กับเกษตรกรชาวกะเหรี่ยงเพื่อเป็นของที่ระลึกหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมโครงการ

นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มตัวอย่างยังมีการสร้างเครือข่ายทางสังคมเป็นทางการผ่านการรวมกลุ่มภายใต้ตราสินค้า “ข้าวขุนยวม” ซึ่งเป็นตราสินค้าร่วมประจำกลุ่ม และเกิดการรวมกลุ่มสร้างความสัมพันธ์ภายใต้การสร้างเพจเฟสบุ๊ค “ข้าวขุนยวม” ที่กลุ่มตัวอย่างทุกคนสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารและแลกเปลี่ยนสินค้าระหว่างกันได้ และถึงแม้ว่าการเกิดกระบวนการรวมกลุ่มภายใต้ตราสินค้าข้าวยังไม่สมบูรณ์มากนัก แต่กลุ่มตัวอย่างเหล่านี้ก็มีการตกลงร่วมกันเพื่อจะนัดหมายประชุมหารือถึงกฎระเบียบ กติกา ข้อตกลงของกลุ่มตนเองอย่างเป็นทางการต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการให้มีประสิทธิภาพควรจะคำนึงถึงกระบวนการพัฒนาความเป็นผู้ประกอบการอย่างเป็นระบบและเป็นกระบวนการที่ครบวงจร โดยในการวิจัยนี้ได้เสนอถึงกระบวนการพัฒนาการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการกลุ่มตัวอย่างที่เป็นชาติพันธุ์ไทใหญ่ กะเหรี่ยง ม้ง และคนเมือง แบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ ซึ่งในแต่ละช่วงระยะการพัฒนาได้มีการเสริมสร้างองค์ความรู้และทักษะอาชีพต่าง ๆ หลากหลายสาขา และดำเนินการผ่าน 6 กิจกรรมหลัก คือ การวิเคราะห์ศักยภาพข้าว การพัฒนาทักษะความเป็นผู้ประกอบการ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และตราสินค้า การแปรรูปและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ข้าว การพัฒนาข้าวสู่ตลาดดิจิทัล การสะท้อนความคิดเรื่องข้าวท้องถิ่นกับวิถีชีวิต ส่งผลให้เกษตรกรชาติพันธุ์เกิดการพัฒนาเป็นผู้ประกอบการใน 4 ด้าน คือ พัฒนาความรู้เรื่องข้าวท้องถิ่น ทักษะการแปรรูปและการบรรจุภัณฑ์ข้าวสมัยใหม่ ทักษะเทคโนโลยีสารสนเทศ เกิดเครือข่ายทางสังคมของกลุ่มชาติพันธุ์ และนำมาสู่การสร้างนวัตกรรมชุมชน 4 รูปแบบ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ข้าวขุนยวม สินค้าแปรรูปจากข้าว ช่องทางการตลาดดิจิทัล การสร้างตราสินค้าข้าวขุนยวม กระบวนการพัฒนาความเป็นผู้ประกอบการภายใต้การวิจัยนี้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ McElwee (2008) และ Somkaun *et al*. (2019) ที่อธิบายถึงลักษณะของเกษตรกร

ผู้ประกอบการที่ควรจะต้องมีทักษะในการทำงานหลากหลายทั้งในไร่นาและนอกไร่นา มีทักษะการทำงานอื่นนอกภาคเกษตร โดยในกระบวนการวิจัยได้พยายามส่งเสริมให้เกษตรกรเกิดทักษะการทำงานนอกภาคเกษตรในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ ทักษะในการแปรรูปข้าวขุนยวมเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวประเภทต่าง ๆ ทักษะการตลาดและการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชน การให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่เพื่อพัฒนาการตลาดและการค้าข้าว เป็นต้น ทั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อให้เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างได้มีความสามารถและทักษะการทำงานนอกภาคเกษตรด้วย

นอกจากนั้นผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานศึกษาของ Rugchat (2018) ที่ให้ความสำคัญกับการปรับเปลี่ยนวิธีคิด การเปลี่ยนวิถีชีวิตและการพัฒนาช่องทางการตลาดและการสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์ทางสังคมเพื่อผลประโยชน์ทางการค้าสินค้าเกษตร โดยงานวิจัยนี้มุ่งสร้างความตระหนักถึงความสามารถและศักยภาพของเกษตรกรในการเป็นผู้ประกอบการ และมุ่งให้เกิดความตระหนักถึงทรัพยากรของชุมชนตนเอง เพื่อสร้างแนวคิดในการปรับเปลี่ยนวิธีคิดของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างให้หันมาให้ความสำคัญกับการเป็นผู้ประกอบการ ทั้งยังมุ่งให้เกิดการสร้างเครือข่ายระดับชุมชนโดยการสร้างกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างกลุ่มเกษตรกรหลากหลายชาติพันธุ์ให้เกิดความสัมพันธ์อันดีต่อกัน นำไปสู่การสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านการผลิตและการค้าข้าวขุนยวมต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา (กสศ.) ที่สนับสนุนทุนดำเนินโครงการพัฒนาการเป็นผู้ประกอบการ “ข้าวขุนยวม” เพื่อการสร้างมูลค่าอย่างสร้างสรรค์และยั่งยืน ปี พ.ศ. 2563 เพื่อสร้างแนวทางและรูปแบบในการพัฒนาให้เกษตรกรชาติพันธุ์ไปเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และขอขอบคุณเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างและกรณีศึกษาที่กรุณาเสียสละเวลาในการให้ข้อมูลและตอบคำถามอย่างเต็มที่เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจถึงกระบวนการพัฒนาการเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

Chiang Mai News. 2018. **Opening OTOP tourism communities in Mae Hong Son province** [Online]. Available https:/www.chiangmainews.co.th/page/archives/800301 (23 August 2021). [in Thai]

Chinnapong, P. 2017. **“Poi Sang Long”: novice ordination of Tai in Muang Sam Mok**. [Online]. Available http://mgronline.com/qol/detail/9600000129548 (20 August 2021). [in Thai]

Department of Cultural Promotion. 2017. **10 Cultural Tourism Community in 2016**. Bangkok: The War Veterans Organization of Thailand under Royal Patronage of His Majesty the King.

Governor’s Office of Mae Hong Son Province. n.d. **Mae Hong Son Province Development Plan (2561–2565).** Mae Hong Son: Governor’s Office of Mae Hong Son Province. [in Thai]

Kahan, D. 2012. **Entrepreneurship in Farming.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

McElwee, G. 2008. A taxonomy of entrepreneurial farmers. **International Journal of Entrepreneurship and Small Business** 6(3): 465-478.

Office of the National Economic and Social Development Council. 2018. **Development and Problem Solving of Poverty in Mae Hong Son under the Concept "Mae Hong Son: The Valley of Charm".** Bangkok: Office of the Prime Minister.

Rugchat, J. 2018. **Transformation to "Entrepreneur" of Lua Highlanders: A Case Study of Lua Ban Na Fon in Hot District, Chiang Mai Province**. Doctoral Dissertation. Chiang Mai University. 271 p.

Rugchat, J., P. Saramas, P. Ruamsap, I. Thongsrikate and P. Kanta-Umong. 2021. **Development Processes to Khun Yuam Rice Entrepreneurship**. Final Report. Equitable Education Fund (EEF.).

Somkaun, N., R. Chumnanmak, W. Narongchai and P. Suppatkul. 2019. The transformation from farmer to entrepreneur in Khon Kaen province, Thailand. **Journal of Mekong Societies** 15(3): 95-120.

การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน

Development of Management Efficiency of Ban Phee Sub-district Community Soybean Seed Center, Ban Luang District, Nan Province

ชัยณรงค์ ดำดง[*] รัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย ผานิตย์ นาขยัน และปรมินทร์ นาระทะ

Chainarong Damdong[*], Ratchanon Somboonchai, Phanit Nakayan and Porramin Narata

สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Geosocial Based Sustainable Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University Chaing Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: chainarong.2d@gmail.com

Abstract

This research aimed to analyze the potential of group management and develop management efficiency of the Ban Phee sub-district Community Soybean Seed Center, Ban Luang district, Nan province. The sample group was the committee and group members. Selected by a purposive sampling method of 20 members using a test, satisfaction assessment forms, and focus group as research tools. The research results were analyzed using descriptive statistics such as mean and percentage and t-test. The results showed that the potential of group management according to the 4 M principle was found: 1) man- the group had a committee structure and clearly defined roles and responsibilities but the group still lacked knowledge on good quality soybean seed production and group management; 2) money- The group had internal capital by collecting shares with its members and receiving compensation from selling soybean seeds; 3) material–members had their use and receive inputs from the Nan Provincial Agricultural Extension Office; 4) management has clear objectives for group operations. There were plans to produce a soybean seed production calendar. However, the study results for potential analysis revealed that the group members lack knowledge on good quality soybean seed production and group management. This was an urgent problem that needs to be developed because the group was newly established in the fiscal year 2021. The main objective to produce good quality of soybean seeds. The development led to efficiency in the direction of 2 activities: training on the production process of good quality seeds and group management training to members of the farmers' group. The results of the knowledge testing showed that before training had a mean score of

10.50 and after training had a mean score of 14.85. The hypothesis test by t-test, t value was -9.333 and Sig. = 0.000. While the satisfaction assessment means of 4.35 was at the highest level.

Keywords: performance improvement, group management, knowledge transfer

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่ม และพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการของกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือคณะกรรมการและสมาชิกกลุ่ม เลือกโดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 20 คน ใช้แบบสัมภาษณ์ แบบทดสอบ แบบประเมินความพึงพอใจ และการสนทนากลุ่มเป็นเครื่องมือในการวิจัย นำผลการวิจัยมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และการทดสอบ t-test ผลการศึกษาพบว่า ศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่มตามหลัก 4 M พบว่า ด้านคน กลุ่มมีการจัดทำโครงสร้างคณะกรรมการและกำหนดบทบาทหน้าที่ไว้ชัดเจน แต่สมาชิกกลุ่มยังขาดองค์ความรู้เรื่องการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพและการบริหารจัดการกลุ่ม ด้านการเงิน กลุ่มมีทุนภายในด้วยการเก็บค่าหุ้นกับสมาชิกและได้ค่าตอบแทนจากการขายเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ด้านวัสดุอุปกรณ์ วัสดุอุปกรณ์ทางการเกษตร สมาชิกมีใช้เป็นของตนเองและได้รับการสนับสนุนปัจจัยการผลิตเพิ่มเติมจากสำนักงานเกษตรจังหวัดน่าน ด้านการบริหารจัดการ มีวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานกลุ่มที่ชัดเจน มีการจัดทำแผนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเป็นปฏิทินการผลิต ทั้งนี้ผลจากการวิเคราะห์ศักยภาพพบว่าสมาชิกกลุ่มขาดองค์ความรู้เรื่องการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดีและการบริหารจัดการกลุ่ม ซึ่งเป็นปัญหาที่เร่งด่วนที่ต้องพัฒนา เนื่องจากกลุ่มได้มีการจัดตั้งขึ้นใหม่ในปีงบประมาณ 2564 และมีวัตถุประสงค์หลักในการดำเนินกิจกรรมเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดี จึงนำไปสู่การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการ 2 กิจกรรม ได้แก่ การอบรมกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์คุณภาพดี และการอบรมเรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม ให้แก่สมาชิกกลุ่มเกษตรกร ผลการทดสอบความรู้พบว่าก่อนการอบรมมีระดับคะแนนเฉลี่ย 10.50 คะแนน และหลังการอบรมมีระดับคะแนนเฉลี่ย 14.85 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วย t-test ค่า t เท่ากับ -9.333 และค่า Sig. เท่ากับ 0.000 และเกษตรกรมีความพึงพอใจโดยรวมด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: การพัฒนาประสิทธิภาพ การบริหารจัดการกลุ่ม การถ่ายทอดความรู้

คำนำ

การผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทย มักพบปัญหาคุณภาพและผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ค่อนข้างต่ำ มีการระบาดโรคและแมลงศัตรูพืช ปัญหาเรื่องค่าจ้างแรงงานมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลกระทบให้ต้นทุนการผลิตต่อไร่สูงขึ้น ปัญหาเรื่องคุณภาพยังทำให้เกิดการกดราคาของพ่อค้าคนกลาง (Pa-oplek, 2019) เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เป็นหนึ่งในปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญต่อผลผลิตเมล็ดถั่วเหลืองทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดีที่เกษตรกรใช้ปลูกใน

ปัจจุบัน ได้จากการซื้อกับหน่วยงานภาครัฐ ศูนย์วิจัยพืชไร่ และศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่ว แต่ปริมาณการผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการ ในส่วนของทางด้านเกษตรกรหรือภาคเอกชนก็มีการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเพื่อไว้ใช้ปลูกเองหรือเพื่อจำหน่าย แต่เมล็ดพันธุ์ที่ได้ยังด้อยคุณภาพและขาดความบริสุทธิ์ทางสายพันธุ์ เพื่อเป็นการแก้ปัญหาการขาดแคลนเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ดี ปีงบประมาณ 2564 ได้มีจัดตั้งศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน ให้มีการรวมกลุ่มผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดีในฤดูฝน เพื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกเป็นถั่วเหลืองหลังนาในฤดูแล้ง นอกจากเกษตรกรจะได้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดีไว้ใช้เองแล้ว เกษตรกรจะมีรายได้จากการจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ดีแก่เกษตรกรข้างเคียงด้วย (Department of Agricultural Extension, 2014) กลุ่มที่ได้มีการจัดตั้งขึ้นใหม่กำลังเริ่มมีการบริหารจัดการกลุ่ม ยังขาดองค์ความรู้วิธีการในการบริหารจัดการกลุ่ม ดังการศึกษาของ Chaiprom *et al*. (2015) ที่รายงานว่า ปัญหาและอุปสรรคของการรวมกลุ่มเกษตรกร คือ ผู้นำกลุ่มขาดประสบการณ์ กลุ่มขาดความรู้เรื่องการบริหารจัดการ แนวทางการพัฒนา คือ ส่งเสริมความรู้ด้านการบริหารจัดการกลุ่ม ให้สมาชิกมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการกลุ่มในทุกๆ ด้าน ดังนั้นการศึกษานี้เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่ม และพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการของกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน รวมถึงช่วยเสริมสร้างความเข้มแข็งและขีดความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเกษตรกร ซึ่งจะก่อให้เกิดความยั่งยืนในระบบการผลิตถั่วเหลืองของกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน และเป็นต้นแบบในการพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนในพื้นที่อื่น หรือศูนย์เมล็ดพืชชุมชนชนิดอื่น ๆ ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง คือ สมาชิกกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) เข้ารับการพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการกลุ่ม โดยใช้เครื่องมือ คือ 1) การวิเคราะห์ศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่ม ใช้แบบสัมภาษณ์ สำหรับข้อมูลทั่วไป และการสนทนากลุ่มเกี่ยวกับกระบวนการรวมกลุ่ม ศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่มปัญหา อุปสรรค และแนวทางการแก้ไขปัญหา วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา 2) การประเมินผลการอบรมกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดี ใช้แบบทดสอบความรู้ของเกษตรกรก่อนและหลังการอบรมเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบถูกหรือผิด วิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน และการเปรียบเทียบโดยสถิติ t-test และ 3) การประเมินผลการอบรมเรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม ใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่ได้รับจากการอบรมเรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม ในด้านวิทยากร ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และความพึงพอใจโดยรวม โดยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก เฉย ๆ น้อย และน้อยที่สุด วิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ค่าเฉลี่ย

ผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นการศึกษาออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่ม และด้านที่ 2 เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการของกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน ผลการวิจัยมีดังนี้

ด้านที่ 1 การวิเคราะห์ศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่ม โดยใช้แนวคิด 4 M ผลการศึกษาวิจัยมีดังนี้

ด้านคน (Man) กลุ่มมีการจัดทำโครงสร้างคณะกรรมการประกอบด้วย ประธาน รองประธาน เหรัญญิก กรรมการ และเลขานุการ รวมทั้งสิ้น 8 คน และมีการกำหนดบทบาทหน้าที่ของคณะกรรมการทั้ง 8 คน ไว้ชัดเจน แต่เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ได้จัดตั้งขึ้นมาใหม่ในปีงบประมาณ 2564 ทั้งคณะกรรมการและสมาชิกยังขาดความรู้เรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม และถึงแม้ว่าสมาชิกกลุ่มทั้งหมดจะเป็นเกษตรกรที่มีประสบการณ์ทำการเกษตรมาโดยตลอด แต่ก็ยังขาดองค์ความรู้เรื่องการปลูกถั่วเหลืองเพื่อการผลิตเป็นเมล็ดพันธุ์

ด้านเงิน (Money) กลุ่มมีทุนภายในจากการเก็บค่าหุ้นเป็นรายเดือนกับสมาชิกตั้งแต่แรกเข้ากลุ่มคนละ 1 หุ้นละ 10 บาท ส่วนทุนภายนอก พบว่าเป็นกลุ่มที่ได้จัดตั้งขึ้นมาใหม่ จึงยังไม่มีการพึ่งพาเงินทุนจากภายนอกเข้ามาบริหารจัดการ ทำให้ได้ทราบว่าทุนของกลุ่มไม่เพียงพอสำหรับการนำไปบริหารจัดการ แต่กลุ่มยังดำเนินกิจกรรมต่อไปได้ เนื่องจากกลุ่มได้รับการสนับสนุนปัจจัยทางการผลิตที่จำเป็นต่อการปลูกถั่วเหลือง จากสำนักงานเกษตรจังหวัดน่าน กรมส่งเสริมการเกษตร และในอนาคตกลุ่มยังจะได้รับค่าตอบแทนจากการขายเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่เหลือจากการเก็บไว้ปลูกเองของสมาชิกในพื้นที่นาหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวนาปี

ด้านวัสดุ อุปกรณ์ (Material) วัสดุอุปกรณ์ทางการเกษตรที่ใช้ในการปลูกถั่วเหลือง สมาชิกมีใช้เป็นของตนเองทุกคน เนื่องจากสมาชิกกลุ่มทุกคนประกอบอาชีพเกษตรกรที่มีการปลูกพืชชนิดอื่นจึงสามารถนำวัสดุอุปกรณ์ทางการเกษตรมาใช้ในแปลงปลูกถั่วเหลืองได้ และวัสดุอุปกรณ์ทางการเกษตรบางส่วนสมาชิกก็ได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติมจากสำนักงานเกษตรจังหวัดน่านอีกด้วย

ด้านบริหารจัดการ (Management) มีวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานกลุ่มที่ชัดเจนเพื่อเกษตรกรสมาชิกสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในช่วงฤดูฝน แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ได้ไปปลูกในพื้นที่นาหลังฤดูการทำนาข้าว มีการจัดทำแผนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเป็นปฏิทินการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

เมื่อได้ทราบศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่มแล้ว สมาชิกกลุ่มและผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการกลุ่ม ด้านคนซึ่งเป็นประเด็นปัญหาที่เร่งด่วน 2 ประเด็น ได้แก่ องค์ความรู้เรื่องการปลูกถั่วเหลืองเมล็ดพันธุ์ และเรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ได้จัดตั้งขึ้นใหม่ในปีงบประมาณ 2564 และมีวัตถุประสงค์หลักในการรวมกลุ่มเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดี

ด้านที่ 2 การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการของกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน โดยได้ดำเนินกิจกรรม คือ การเพิ่มความรู้ให้แก่เกษตรกร โดยการอบรมกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดี และการอบรมเรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม และดำเนินการประเมินผลจากกระบวนการดังกล่าวดังนี้

2.1 ประเมินความรู้กระบวนการอบรมการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดี

จากแบบทดสอบสมาชิกกลุ่มที่เข้ารับการอบรมเรื่องกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดี มีระดับคะแนนเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรม 10.50 คะแนน เมื่อเข้าอบรมแล้วมีระดับคะแนนเฉลี่ย 14.85 คะแนน ผลการทดสอบสมมติฐานด้วย t-test ค่า t คือ -9.333, df=19 และค่า significant = 0.000 หมายถึง ผลคะแนนก่อนและหลังการอบรมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 (Table 1)

Table 1 Score of pre/post-test

	Average score	S.D.	t-test
Pre-test	10.50	1.82	-9.333
Post-test	14.85	2.08	

* P<0.01

จากอบรมเรื่องการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดี ทำให้เกษตรกรมีความรู้เรื่องการปลูกและดูแลรักษาถั่วเหลือง มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองของกรมวิชาการเกษตร การคัดพันธุ์ปนในแปลงปลูกถั่วเหลือง การปรับปรุงคุณภาพและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งองค์ความรู้ดังกล่าวจะพัฒนากระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองของเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.2 ผลของการประเมินความพึงพอใจ

จากแบบประเมินความพึงพอใจในการอบรมเรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม พบว่าความพึงพอใจด้านวิทยากรเฉลี่ย 4.29 อยู่ในระดับมากที่สุด ความพึงพอใจด้านความเข้าใจในเรื่องนี้ก่อนการอบรมเฉลี่ย 3.20 อยู่ในระดับเฉย ๆ ความพึงพอใจด้านความเข้าใจในเรื่องนี้หลังการอบรมเฉลี่ย 4.45 อยู่ในระดับมากที่สุด ความพึงพอใจด้านความเข้าใจเรื่องการบริหารจัดการคนเฉลี่ย 4.29 อยู่ในระดับมากที่สุด ความพึงพอใจด้านความเข้าใจเรื่องการบริหารจัดการเงินเฉลี่ย 4.04 อยู่ในระดับมาก ความพึงพอใจด้านความเข้าใจเรื่องการบริหารจัดการวัสดุอุปกรณ์เฉลี่ย 4.10 อยู่ในระดับมาก ความพึงพอใจด้านความเข้าใจเรื่องการบริหารจัดการคนเฉลี่ย 4.29 อยู่ในระดับมาก ความพึงพอใจด้านความเข้าใจเรื่องการบริหารจัดการกระบวนการทำงานเฉลี่ย 4.04 อยู่ในระดับมาก ความพึงพอใจด้านการนำไปใช้ประโยชน์เฉลี่ย 4.23 อยู่ในระดับมากที่สุด และความพึงพอใจโดยรวมเฉลี่ย 4.23 อยู่ในระดับมากที่สุด (Table 2)

Table 2 satisfaction level

Topic	Satisfaction level	
	Average	Interpretation
Lecturer	4.29	very good
Understanding		
1. Understanding before training	3.20	average
2. Understanding after training	4.45	very good
3. Man management	4.29	very good
4. Money management	4.04	good
5. Materials management	4.10	good
6. management	4.04	good
The application of knowledge	4.23	very good
Total satisfaction	4.35	very good

การอบรมเรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม ทำให้เกษตรกรมีความรู้เรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม 4 ด้าน ได้แก่ การบริหารจัดการคน การบริหารจัดการเงิน การบริหารจัดการวัสดุอุปกรณ์ และการบริหารกระบวนการทำงานกลุ่ม องค์ความรู้ดังกล่าวมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการทำงานกลุ่มที่ได้มีการก่อตั้งขึ้นใหม่ในปี 2564 นี้ ในการเป็นแนวทางพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่มให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน พบว่า 1) ด้านคน กลุ่มมีการจัดทำโครงสร้างคณะกรรมการและกำหนดบทบาทหน้าที่ไว้ชัดเจน แต่สมาชิกกลุ่มยังขาดองค์ความรู้เรื่องการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพและการบริหารจัดการกลุ่ม 2) ด้านการเงิน กลุ่มมีทุนภายในด้วยการเก็บค่าหุ้นกับสมาชิกและได้ค่าตอบแทนจากการขายเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 3) ด้านวัสดุอุปกรณ์ทางการเกษตร สมาชิกมีใช้เป็นของตนเองและได้รับการสนับสนุนปัจจัยการผลิตเพิ่มเติมจากสำนักงานเกษตรจังหวัดน่าน 4) ด้านการบริหารจัดการ มีวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานกลุ่มที่ชัดเจน มีการจัดทำแผนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเป็นปฏิทินการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับ Detburiram and Siripanumas (2012) ที่ได้ศึกษาแนวทางการบริหารจัดการกลุ่มอาชีพจักสานของผู้สูงอายุบ้านหนองขาม ตำบลหนองพลวง อำเภอประทาย จังหวัดนครราชสีมา โดยมีการใช้หลักการบริหาร 4M ซึ่งพบว่า 1) ด้านการบริหารจัดการคน สมาชิกขาดความรู้เรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม การวางแผนแบ่งงาน

ในกลุ่มไม่ชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากสมาชิกกลุ่มส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ มีการจัดโครงสร้างบริหารจัดการกลุ่มไม่ชัดเจน การมอบหมายงานที่ไม่ชัดเจน สมาชิกกลุ่มไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย มีการแยกงานไปทำที่บ้านต่างคนต่างทำ 2) ด้านการบริหารจัดการงบประมาณ มีการใช้งบประมาณไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ ไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบการเงินของกลุ่ม ส่งผลให้มีเงินลงทุนไม่ต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากมีการแบ่งจ่ายเงินให้สมาชิกบริหารกันเอง 3) ด้านการบริหารจัดการวัสดุอุปกรณ์ สมาชิกต่างจัดการวัสดุอุปกรณ์มาเอง เมื่อต้องซื้อแยกทำให้ราคาต่อหน่วยสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์รูปแบบซ้ำเดิมไม่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และ 4) ด้านการจัดการ คณะกรรมการไม่มีความรู้เรื่องการดำเนินงานกลุ่ม ไม่มีการวางตำแหน่งความรับผิดชอบในการทำงาน ขาดการมีส่วนร่วมและการประสานงานภายในกลุ่ม ไม่มีแผนการตลาด และไม่มีการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์

ทั้งนี้ผลจากการวิเคราะห์ศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน พบว่าสมาชิกกลุ่มขาดองค์ความรู้เรื่องการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพและการบริหารจัดการกลุ่ม จึงนำไปสู่การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการโดยดำเนินการ 2 กิจกรรม คือ การอบรมกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์คุณภาพดี และการอบรมเรื่องการบริหารจัดการกลุ่มให้แก่สมาชิกกลุ่ม ดังหลักการทรงงานของในหลวงรัชกาลที่ 9 ที่กล่าวไว้ว่าต้องศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ ทำงานอย่างผู้รู้จริง เป็นการเตรียมพร้อมให้สมาชิกกลุ่มได้มีความรู้ความเข้าใจในงานที่เราจะทำ เพื่อการพัฒนากลุ่มและการบริหารจัดการกลุ่มในด้านอื่น ๆ ต่อไป (Office of the Royal Development Projects Board, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับ Pimpa *et al*. (2019) ที่ได้ศึกษาการพัฒนากลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่ากลุ่มเกษตรกรยังขาดความรู้เรื่องการจัดการฟาร์มในด้านต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ จึงแก้ปัญหาด้วยวิธีการถ่ายทอดความรู้เรื่องการจัดการฟาร์มด้านต่าง ๆ ให้แก่กลุ่มเกษตรกร โดยมีนักวิจัยเป็นผู้ทำหน้าที่วิทยากร พบว่าหลังการถ่ายทอดความรู้ทำให้เกษตรกรมีความรู้มากขึ้นจนนำไปสู่การปฏิบัติ โดยมีการนำทรัพยากรในพื้นที่มาใช้ผลิตอาหารสัตว์ ทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ แสดงให้เห็นว่าการถ่ายทอดความรู้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรมีการพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่มให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผลจากการพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน ในครั้งนี้ สมาชิกกลุ่มได้เข้ารับการอบรมกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดี และการอบรมเรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม พบว่าการอบรมกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดี สมาชิกกลุ่มมีระดับคะแนนเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรม 10.50 คะแนน เมื่อเข้าอบรมแล้วมีระดับคะแนนเฉลี่ยหลังการฝึกอบรม 14.85 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ผลการทดสอบสมมติฐานด้วย t-test พบว่าผลคะแนนก่อนและหลังการอบรมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สอดคล้องกับ Wongkumma *et al*. (2018) ที่ได้ศึกษาการประเมินความรู้และความเข้าใจก่อนและหลังอบรมวิธีการรายงานเหตุการณ์ผิดปกติ ในกลุ่มเกษตรกรเลี้ยงสัตว์ปีกและสุกร จังหวัดน่านและศรีสะเกษ ประเทศไทย ที่เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการอบรม โดยใช้ค่าสถิติ t-test พบว่าผลการทดสอบความเข้าใจของกลุ่มเกษตรกรหลังการอบรมมีผลการทดสอบดีกว่าก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการประเมินทำให้ทราบว่า การอบรมที่มีเนื้อหาเหมาะสมทำให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจเรื่องโรคและการเฝ้าระวังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จนนำไปสู่การควบคุมป้องกันโรคในสัตว์ปีกและสุกรเบื้องต้นได้ และการประเมินความพึงพอใจในการอบรมเรื่องการบริหารจัดการกลุ่ม สมาชิกกลุ่มมีความพึงพอใจด้านความเข้าใจในเรื่องนี้ก่อนการอบรมเฉลี่ยอยู่แค่

ในระดับเฉย ๆ แต่สมาชิกกลุ่มมีความพึงพอใจด้านความเข้าใจในเรื่องนี้หลังการอบรม ด้านวิทยากร ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ และความพึงพอใจโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับ Mongkolkajornkitti *et al.* (2019) ที่ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตดาวเรืองเพื่อเข้าสู่มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรจังหวัดชัยภูมิ ที่ใช้แบบประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการฝึกอบรม วิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน พบว่าหลังจากการถ่ายทอดความรู้กระบวนการผลิตดาวเรืองเพื่อเข้าสู่มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ผู้เข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจต่อโครงการเฉลี่ยในทุกประเด็นอยู่ในระดับมาก

การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน สามารถปรับทัศนคติของเกษตรกรให้เห็นถึงความสำคัญของมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมากขึ้น สร้างความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง และการบริหารจัดการกลุ่มให้แก่เกษตรกรมากขึ้น เนื่องจากกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน เป็นกลุ่มที่รวมตัวเพื่อประกอบกิจกรรมการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ทั้งยังเป็นกลุ่มที่ได้มีการจัดตั้งขึ้นใหม่ กระบวนการพัฒนาเหล่านี้จะช่วยส่งเสริมช่วยเสริมการดำเนินกิจกรรมการผลิตและการบริหารจัดการกลุ่มให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการของกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่ม และด้านที่ 2 เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการของกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ การวิเคราะห์ศักยภาพการบริหารจัดการกลุ่มใช้แนวคิด 4 M ได้แก่ ด้านคน (Man) ด้านเงิน (Money) ด้านวัสดุอุปกรณ์ (Material) และด้านการบริหารจัดการ (Management) ในการวิเคราะห์ปัจจัย 4 ด้านดังกล่าว พบว่ามีทั้งจุดที่เป็นจุดดีของกลุ่มอันจะเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้กลุ่มสามารถดำเนินงานของกลุ่มต่อไปได้ ได้แก่ การใช้ทุนของกลุ่มที่ไม่พึ่งพาทุนภายนอกในขณะที่กลุ่มยังไม่มีความสามารถในการจัดหาหรือกู้งบประมาณจากแหล่งอื่น ๆ เป็นการดำเนินงานที่เริ่มต้นจากจุดเล็กๆ ของกลุ่มก่อน นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนปัจจัยการผลิตจากหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ ตลอดจนกลุ่มมีวัสดุอุปกรณ์ของกลุ่มเป็นพื้นฐานจากการประกอบอาชีพทางการเกษตรอยู่แล้ว ส่วนด้านที่เป็นจุดด้อยหรือจุดอ่อนของกลุ่ม ได้แก่ คณะกรรมการและสมาชิกกลุ่มยังขาดองค์ความรู้เรื่องการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพและการบริหารจัดการกลุ่ม ส่วนผลการวิจัยด้านที่ 2 การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการกลุ่ม โดยการอบรมกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพดี และการบริหารจัดการกลุ่ม ซึ่งพบว่าสมาชิกของกลุ่มมีความรู้ความเข้าใจที่ดีขึ้นและมีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับที่มากที่สุดจากการดำเนินกิจกรรมดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าแนวทางการพัฒนาดังกล่าวจะทำให้กลุ่มสามารถพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการของกลุ่มที่ดีขึ้นได้ในอนาคตต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการของกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกกระบวนการพัฒนาประสิทธิภาพมาบางส่วนซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญเบื้องต้นสำหรับเกษตรกร การพัฒนาประสิทธิภาพสามารถที่จะดำเนินการในกระบวนการอื่น ๆ เพิ่มเติมต่อไปได้อีก เช่น การวางแผนการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการ การวางแผนด้านการเงิน รวมถึงการเพิ่มพูนความรู้ด้วยวิธีการศึกษาดูงานหรือการหาความรู้เพิ่มเติมใหม่ ๆ อยู่เสมอ ก็จะยิ่งส่งเสริมให้การทำงานกลุ่มมีประสิทธิภาพการบริหารจัดการดีขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานเกษตรจังหวัดน่าน กรมส่งเสริมการเกษตร ที่สนับสนุนให้เกษตรกรมีการจัดตั้งกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน ขอขอบคุณสำนักงานเกษตรอำเภอบ้านหลวง ที่ช่วยติดต่อประสานงานกับกลุ่ม ขอขอบคุณสมาชิกกลุ่มศูนย์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุมชนตำบลบ้านพี้ อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ช่วยกันทำงานวิจัยจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

Chaiprom R., K. Makmi and S. Nanthitrap. 2015. The construction for co-operative of the Hot longan's farmers, Hot sub-district, Hot district, Chiang Mai province. **Journal of Graduate Research** 6(1): 165-175. [in Thai]

Department of Agricultural Extension. 2014. **Establishment of a Community Seed Center (Soybeans, Mung Beans, Peanuts).** Bangkok: Printing house of Agricultural Co-operative Federation of Thailand, Ltd. 134 p. [in Thai]

Detburiram P., and P. Siripanumas. 2012. Guideines for elderly wickerwork group's management in Nongkham community Nongpluang subdistrict, Prathai district, Nakhonratchasima province. **Research and Development Journal of Buriram Rajabhat University** 7(2): 89-96. [in Thai]

Mongkolkajornkitti I., A. Apinontteerasakda and P. Srichaiwong. 2019. The development of process to production marigold to agriculture standard of organic farmers in Chaiyaphum province. **Journal of Graduate MCU KhonKaen Campus** 6(3): 59-73. [in Thai]

Office of the Royal Development Projects Board. 2019. **Work Principles of His Majesty's.** Bangkok: Aroonkarnpim Part., Ltd. 44 p. [in Thai]

Pa-oplek S., 2019. **Research and Development of Soybeans.** Bangkok: Department of Agriculture Research Project Series Report. 93 p. [in Thai]

Pimpa O., B. Tipmontean, N. Youngyai and B. Pimpa. 2019. Development of beef cattle farmer group of suratthani province for response to supply chain. **Area Based Development Research Journal** 11(2): 380-393. [in Thai]

Wongkumma A., S. Hinjoy, P. Smithsuwan, P. Soonngam, P. Choomkasien, S. Pinthip, A. Nakeesang and P. Supab. 2018. Pre- and post-training on event-based surveillance evaluation among poultry and pig farmers in Nan and Si Sa Ket Provinces, Thailand. **Disease Control Journal** 44(4): 400-411. [in Thai]

การศึกษาการรับรู้ด้านความมั่นคงทางอาหารและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ต่อการปรับตัวของชุมชนเกาะพิทักษ์ จังหวัดชุมพร

Study of Food Security and Climate Change Perceptions on Adaptation of Koh Phithak Community, Chumphon Province

พรพิมล พิมลรัตน์[1*] เบญจมาศ ณ ทองแก้ว[2] อำนาจ รักษาพล[2] พัชราวลัย ศรียะศักดิ์[3] และสุพันธ์ณี สุวรรณภักดี[3]

Pornpimol Pimolrat[1*], Benjamas Na Thongkaew[2], Amnat Ruksapol[2]

Patcharawalai Sriyasak[3] and Supannee Suwanpakdee[3]

[1]สาขาวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ชุมพร 86170

[2]สาขาวิชาการท่องเที่ยวเชิงบูรณาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ชุมพร 86170

[3]สาขาวิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร 47160

[1]Department of Coastal Aquaculture, Faculty of Maejo University at Chumphon Thailand 86170

[2]Department of Arts Program in Integrated Tourism, Faculty of Maejo University at Chumphon Thailand 86170

[3]Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus, Thailand 47160

*Corresponding author: paqua50@gmail.com

Abstract

The purpose of this research was to study food security perceptions, climate change awareness and climate change adaptation to food security of community based-tourism of Koh Phithak, Chumphon province. A questionnaire was used to collect data from 32 people involved in the Koh Phithak community based-tourism. The results were analyzed using descriptive statistics. The perceptions about food security in various dimensions found that people in the community had enough food, access to food resources, food utilization and food stability. The community had a high level of food security (mean=3.69). People in the community had knowledge and understanding of climate change (100%) and think that climate change had reduced the number and species of aquatic animal (59.4%). Communities were most affected by storm (65.6%), followed by drought (50.0%) and flooding (43.8%). Food security risk management in community tourism found that the respondents had methods to maintain food sources in the community by using legal fishing gear (93.8%), do not leave the garbage into the sea (93.8%), do not overfish (93.8%), and do not release waste water into the sea (84.8%). Since the way of caring for food sources in the communities mentioned above, most of the respondents think that in the next 5 years the food security of the Koh Phithak community will increase. For the climate change risk adaptation of community based-tourism, it was found that the respondents agreed at the highest level on have reserve money (mean=4.56), know the future weather information (mean=4.47) planning community based-tourism (mean=4.03) and have other careers besides community based-tourism (average=4.28).

Keywords: climate change, adaptation, food security, community based-tourism, Koh Phithak

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้ด้านความมั่นคงทางอาหาร การรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อความมั่นคงทางอาหารของแหล่งท่องเที่ยวโดยชุมชนเกาะพิทักษ์ จังหวัดชุมพร ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวชุมชนเกาะพิทักษ์ จำนวน 32 ราย วิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารในมิติต่างๆ พบว่า คนในชุมชนมีอาหารเพียงพอ มีการเข้าถึงทรัพยากรอาหาร การใช้ประโยชน์ด้านอาหาร และมีเสถียรภาพทางอาหาร ชุมชนมีความมั่นคงทางอาหารในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย=3.69) คนในชุมชนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (100%) และคิดว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศส่งผลทำให้ปริมาณและชนิดสัตว์น้ำลดลง (59.4%) ชุมชนได้รับผลกระทบจากการเกิดพายุมากที่สุด (65.6%) รองมาคือ ภัยแล้ง (50.0%) และน้ำท่วม (43.8%) การจัดการความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางอาหารในการท่องเที่ยวชุมชนพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีวิธีการดูแลแหล่งอาหารในชุมชนโดยการใช้เครื่องมือประมงตามกฎหมายกำหนด (93.8%) ไม่ทิ้งขยะลงทะเล (93.8%) จับสัตว์น้ำแต่พอเพียง (93.8%) และไม่ปล่อยน้ำเสียลงทะเล (84.8%) จากวิธีการดูแลแหล่งอาหารในชุมชนดังกล่าวทำให้กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คิดว่าในอนาคตอีก 5 ปีข้างหน้าความมั่นคงทางอาหารของชุมชนเกาะพิทักษ์จะมีมากขึ้น สำหรับการปรับตัวด้านความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการท่องเที่ยวชุมชน พบว่ากลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยในระดับมากที่สุดในการปรับตัวด้านการมีเงินทุนสำรอง (ค่าเฉลี่ย=4.56) การรู้ข้อมูลสภาพอากาศในอนาคต (ค่าเฉลี่ย=4.47) การวางแผนการทำท่องเที่ยวชุมชน (ค่าเฉลี่ย=4.03) และการมีอาชีพอื่นนอกจากการท่องเที่ยวชุมชน (ค่าเฉลี่ย=4.28)

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ การปรับตัว ความมั่นคงทางอาหาร ท่องเที่ยวชุมชน เกาะพิทักษ์

คำนำ

ความมั่นคงทางอาหาร เป็นประเด็นสำคัญที่ได้รับความสนใจอย่างมากจากทั่วโลก องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้แบ่งและให้ความหมายความมั่นคงทางอาหารออกเป็น 4 มิติ ได้แก่ (1) ความพอเพียงของปริมาณอาหารในคุณภาพที่เหมาะสม (2) การเข้าถึงทรัพยากรที่พอเพียงของบุคคลเพื่อได้มาซึ่งอาหารที่เหมาะสมและมีโภชนาการ (3) การใช้ประโยชน์ด้านอาหารผ่านอาหารที่เพียงพอ น้ำสะอาดและการรักษาสุขภาพและสุขอนามัย เพื่อที่จะเข้าถึงภาวะความเป็นอยู่ที่ดีทางโภชนาการ ซึ่งความต้องการทางภายภาพทั้งหมดได้รับการตอบสนอง และ (4) การมี

เสถียรภาพทางอาหารที่ประชาชน ครัวเรือนและบุคคลจะต้องเข้าถึงอาหารที่พอเพียงตลอดเวลา ไม่ต้องเสี่ยงกับการไม่สามารถเข้าถึงอาหารอันเป็นผลมาจากวิกฤตที่เกิดขึ้นอย่างกะทันหัน เช่น วิกฤตทางเศรษฐกิจหรือสภาพภูมิอากาศ หรือเหตุการณ์ที่เป็นไปตามวงจร เช่น ภาวะความไม่มั่นคงทางอาหารตามฤดูกาล (Prachason, 2009)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกิดจากภาวะโลกร้อน ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น มีการคาดการณ์ไว้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2553-2632 อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จำนวนวันที่ฝนตกจะลดลงแต่ฝนจะตกหนักขึ้น และการเกิดพายุรุนแรงบ่อยครั้งขึ้น (Sanitwong Na Ayutthaya, 2011) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดความไม่มั่นคงทางอาหาร อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่เพิ่มขึ้นทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ส่งผลให้ระบบนิเวศทางทะเลเสียสมดุลโดยเฉพาะพื้นที่ชายฝั่งทะเล ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้นอาจทำให้พื้นที่ชายฝั่งบางส่วนจมหายไป ซึ่งส่งผลกระทบแก่ชุมชนที่มีความเปราะบางด้านพื้นที่แหล่งอาหาร เช่น พื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่การเกษตรใกล้ชายฝั่ง (Lapsetthanurak, 2010) ซึ่งชุมชนที่มีวิถีชีวิตพึ่งพาอาศัยอาหารจากชายฝั่งจึงอาจเผชิญกับปัญหาด้านความไม่มั่นคงทางอาหารอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ชุมชนเกาะพิทักษ์ อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร มีความโดดเด่นด้านความหลากหลายทางชีวภาพของทรัพยากรทางทะเลและทรัพยากรอาหาร จึงเป็นแหล่งท่องเที่ยวชุมชนที่มีชื่อเสียงอีกแห่งหนึ่งในภาคใต้และได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยว ชุมชนเกาะพิทักษ์มีพื้นที่ 721 ไร่ นักท่องเที่ยวเดินทางมาเข้ามา 15,000 คน ทำให้สร้างรายได้เข้าสู่คนในชุมชนกว่า 12 ล้านบาท ชุมชนส่วนใหญ่ในเกาะพิทักษ์ประกอบอาชีพหลักคือ ทำการประมงพื้นบ้าน อาชีพรองทำสวนมะพร้าวและยางพารา อีกทั้งยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีความโดดเด่นทางด้านทรัพยากรอาหาร เนื่องจากพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรทางทะเล ส่งผลให้ชุมชนเกาะพิทักษ์มีฐานทรัพยากรทางธรรมชาติอันจะนำไปสู่ความมั่นคงทางอาหารอย่างยั่งยืน Thongkaew *et al.,* (2018) ทั้งนี้จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่ทุกพื้นที่กำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน อาจส่งผลต่อความเสี่ยงในการเผชิญกับปัญหาความไม่มั่นคงทางอาหารและส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่และการท่องเที่ยวชุมชนของเกาะพิทักษ์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้ด้านความมั่นคงทางอาหาร การรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อความมั่นคงทางอาหารของแหล่งท่องเที่ยวโดยชุมชนเกาะพิทักษ์ จังหวัดชุมพร เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการชุมชนในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้เกิดความมั่นคงทางอาหารของแหล่งท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรอิสระ จำนวน 2 ตัวแปร ได้แก่ การรับรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร และการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่วนตัวแปรตาม ได้แก่ การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อความมั่นคงทางอาหาร ดังนี้

การรับรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร
- ความพอเพียงของปริมาณอาหาร
- การเข้าถึงทรัพยากรอาหาร
- การใช้ประโยชน์ด้านอาหาร
- การมีเสถียรภาพทางอาหาร

การรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- ความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อความมั่นคงทางอาหาร
- การเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- การจัดการความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อความมั่นคงทางอาหารและการท่องเที่ยวชุมชน

ขนาดตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ได้แก่ ตัวแทนครัวเรือนในชุมชนที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวชุมชนเกาะพิทักษ์ด้านทรัพยากรอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อม ประกอบด้วย กลุ่มโฮมสเตย์ (จำนวน 16 คน) กลุ่มประมงพื้นบ้าน (จำนวน 10 คน) กลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร (จำนวน 4 คน) และกลุ่มเรือนำเที่ยว (จำนวน 2 คน) จำนวนทั้งหมด 32 คน (จากชุมชนที่อาศัยอยู่ในเกาะพิทักษ์ทั้งหมดประมาณ 50 ครัวเรือน)

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

ใช้แบบสอบถามซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามด้านข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการดำเนินการท่องเที่ยว ข้อมูลด้านทรัพยากรและความมั่นคงทางอาหาร ผลกระทบที่ได้รับจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือ และการจัดการความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อความมั่นคงทางอาหารและการท่องเที่ยวชุมชน โดยแบบสอบถามได้มีการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ในการวิจัยก่อนนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ตามหลักสถิติโดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในข้อคำถามที่มีลักษณะมาตรวัดแบบ Likert แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้ 1.00-1.79 หมายถึง น้อยที่สุด 1.80-2.59 หมายถึง น้อย 2.60-3.39 หมายถึง ปานกลาง 3.40-4.19 หมายถึง มาก และ 4.20-5.00 หมายถึง มากที่สุด

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลพื้นฐานกลุ่มตัวอย่าง

จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 32 คน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (53.1%) มีอายุเฉลี่ย 48.9 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (34.4%) มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.91 คน มีจำนวนแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.16 คน อาชีพหลักคือ ประกอบธุรกิจโฮมเตย์ ทำการประมง ผู้ประกอบการร้านอาหาร และเรือนำเที่ยว นอกจากนี้ครัวเรือนยังมีรายได้จากการทำประมง สวนผลไม้ การเลี้ยงสัตว์น้ำ การทำปศุสัตว์ รับจ้างทั่วไป ปลูกผัก และสวนยางพารา มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ยครัวเรือนละ 12.64 ไร่ มีรายได้เฉลี่ยจากการท่องเที่ยวชุมชนระหว่าง 50,000-70,000 บาท/เดือน มีรายได้เฉลี่ยของครัวเรือนนอกเหนือจากการท่องเที่ยวชุมชนระหว่าง 10,000-30,000 บาท/เดือน มีรายจ่ายเฉลี่ยครัวเรือนระหว่าง 10,000-30,000 บาท/เดือน และมีหนี้สินครัวเรือนเฉลี่ย 294,855.17 บาท

2. การรับรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร

จากการสอบถามกลุ่มตัวอย่างด้านสถานการณ์และการรับรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารในมิติต่างๆ พบว่า

1) ความพอเพียงของปริมาณอาหาร กลุ่มตัวอย่างมีอาหารเพียงพอต่อความต้องการของสมาชิกในครัวเรือนทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ แหล่งอาหารจากธรรมชาติของคนในชุมชนส่วนใหญ่มาจากการประมงชายฝั่ง (100%) และบางส่วนหาจากป่าชายเลน (18.8%) และลำคลอง (12.5%) แหล่งอาหารที่ผลิตเอง ได้แก่ การปลูกพืชผักสวนครัวรอบบ้าน (75%) และการทำสวน (37.1%) นอกจากนี้คนในชุมชนยังมีการซื้ออาหารจากตลาดภายนอกชุมชน (71.9%) ร้านค้าในชุมชน (87.5%) ตลาดในชุมชน (62.5%) ห้างสรรพสินค้า (37.5%) และร้านสะดวกซื้อ (28.1%)

2) การเข้าถึงทรัพยากรอาหาร กลุ่มตัวอย่างมีแหล่งอาหารที่สามารถเข้าถึงได้หลายแห่ง ทั้งแหล่งอาหารจากธรรมชาติที่ทุกคนมีสิทธิเข้าไปหาอาหารได้อย่างเท่าเทียมกัน (93.7%) แหล่งอาหารที่ผลิตเองที่กลุ่มตัวอย่างมีที่ดินทำกินและมีสิทธิครอบครองอย่างถูกกฎหมาย (93.8%) และการซื้อจากแหล่งขายอาหารต่างๆ ทั้งในและนอกชุมชน (100%)

3) การใช้ประโยชน์ด้านอาหาร กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณและชนิดอาหารเพียงพอสำหรับนำมาประกอบอาหารสำหรับครัวเรือนในแต่ละวัน โดยมีการบริโภคอาหารที่เหมาะสมกับความต้องการ มีความหลากหลายของอาหารและมีความเพียงพอด้านโภชนาการ

4) การมีเสถียรภาพทางอาหาร กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่สามารถเข้าถึงอาหารได้ทุกฤดูกาล (78.1%) แต่มีบางส่วนที่ไม่สามารถเข้าถึงอาหารได้ในช่วงที่มีพายุในฤดูมรสุม และช่วงที่มีการกำหนดหยุดจับสัตว์น้ำในฤดูวางไข่ นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คิดว่าในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาอาหารที่เก็บได้มีปริมาณลดลง (68.8%)

จากการสอบถามกลุ่มตัวอย่างถึงระดับความมั่นคงทางอาหารของคนในชุมชน พบว่ากลุ่มตัวอย่างคิดว่าระดับความมั่นคงทางอาหารของชุมชนเกาะพิทักษ์อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย±S.D.= 3.69±0.89)

3. การรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากการสอบถามการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 32 คน รู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ โดยได้รับความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศจากโทรทัศน์ (100%) จากสื่อโซเชียลมีเดีย (90.6%) และจากการพูดคุยกับเพื่อนฝูง (84.4%) ส่วนใหญ่คิดว่าในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศส่งผลให้ปริมาณและชนิดของสัตว์น้ำลดลง ซึ่งปริมาณของสัตว์น้ำที่ลดลงจากเดิมมากที่สุดได้แก่ หมึก (62.5%) รองลงมาคือ

ปลา (59.4%) กุ้ง (59.4%) หอย (50.0%) และปู (50.0%) แต่ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างบางส่วน (43.8%) คิดว่าปริมาณปูมีเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คิดว่าปริมาณและชนิดของพืชน้ำ พืชผัก สมุนไพร และผลไม้มีเท่าเดิม

การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในช่วง 5 ปี ที่ผ่านมา (พ.ศ. 2559-2564) ที่กลุ่มตัวอย่างได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ การเกิดพายุ (65.6%) โดยพายุส่งผลให้ไม่สามารถออกเรือเพื่อทำประมง ต้องหยุดทำอาชีพเกี่ยวกับการท่องเที่ยวชั่วคราว รายได้จากการท่องเที่ยวชุมชนลดลง น้ำเซาะตลิ่ง/ชายฝั่ง ทำให้ทรัพย์สินในครัวเรือนเสียหาย และทำให้ต้นไม้/พืชพันธุ์ที่ปลูกไว้เสียหาย (Figure 1A) การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนรองลงมา ได้แก่ ภัยแล้ง (50.0%) ซึ่งผลกระทบจากการเกิดภัยแล้ง ได้แก่ อากาศร้อนจัด ไม่มีน้ำดื่ม/น้ำใช้ ไม่มีน้ำสำหรับทำการเกษตร และต้นไม้/พืชพันธุ์ที่ปลูกไว้ตายหรือเสียหาย (Figure 1B) และการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนน้อยสุด คือ น้ำท่วม (43.8%) ซึ่งส่งผลกระทบ ได้แก่ น้ำท่วมแหล่งอาหารในชุมชน ต้นไม้/พืชพันธุ์ที่ปลูกไว้ตายหรือเสียหาย ต้องหยุดทำอาชีพเกี่ยวกับการท่องเที่ยวชั่วคราว รายได้จากการท่องเที่ยวชุมชนลดลง และทำให้จำนวน/ชนิดพืชพันธุ์ลดลง (Figure 1C) ทั้งนี้ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาชุมชนเกาะพิทักษ์ได้รับความเสียหายจากพายุเฉลี่ยจำนวน 4.57±4.10 ครั้ง ภัยแล้งเฉลี่ยจำนวน 5.20±3.91 ครั้ง และน้ำท่วมจำนวน 4.00±2.98 ครั้ง

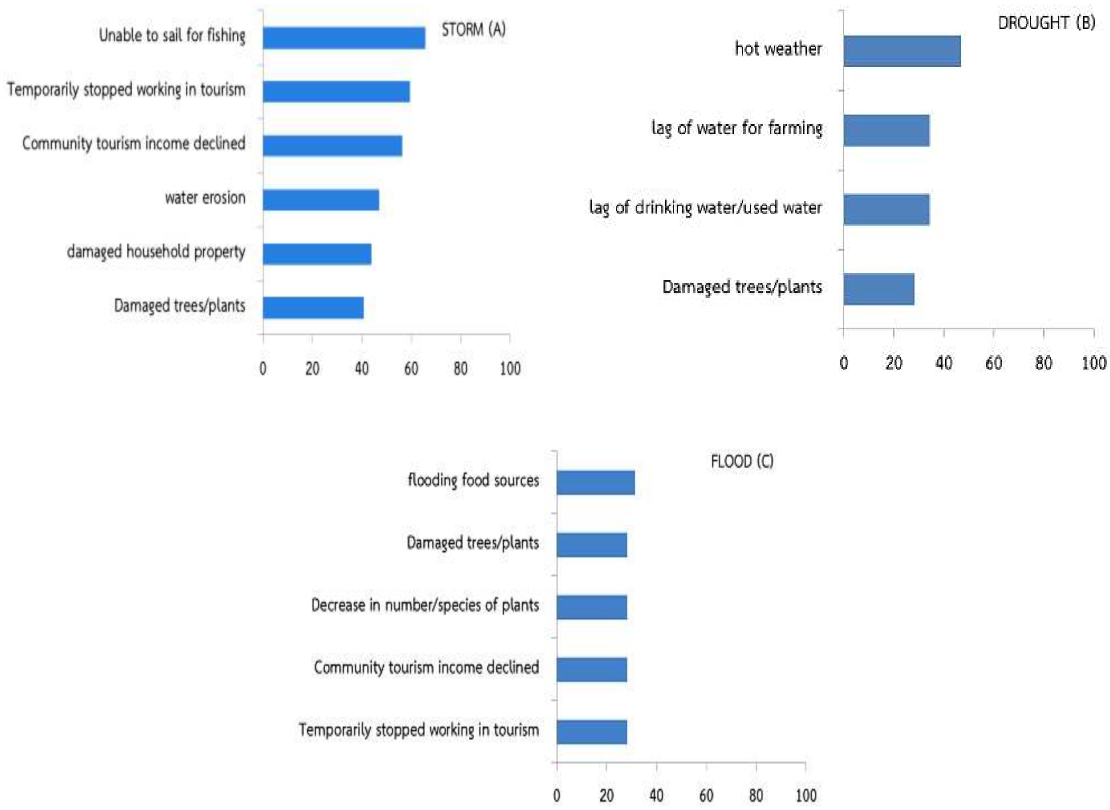


Figure 1 Percentage of sample groups which experienced various of impacts from climate change in 2016-2020: (A) storm condition (B) drought condition and (C) flood condition

กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่ส่งผลกระทบต่อการประกอบอาชีพท่องเที่ยวชุมชน โดยส่วนใหญ่คิดว่าสภาพอากาศที่ส่งผลต่ออาชีพการท่องเที่ยวและให้ความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ การเกิดพายุ และช่วงฤดูมรสุม สภาพอากาศที่ให้ความสำคัญมาก ได้แก่ ฝนตกหนัก น้ำท่วม และอากาศร้อน สภาพอากาศที่ให้ความสำคัญระดับปานกลาง ได้แก่ ฤดูฝนที่ยาวนานกว่าปกติ และภัยแล้ง ส่วนอากาศหนาวนั้นกลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญระดับน้อย (Figure 2) โดยกลุ่มตัวอย่างมีความเป็นห่วงเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อการท่องเที่ยวชุมชนในระดับมากที่สุด (4.31±0.78)

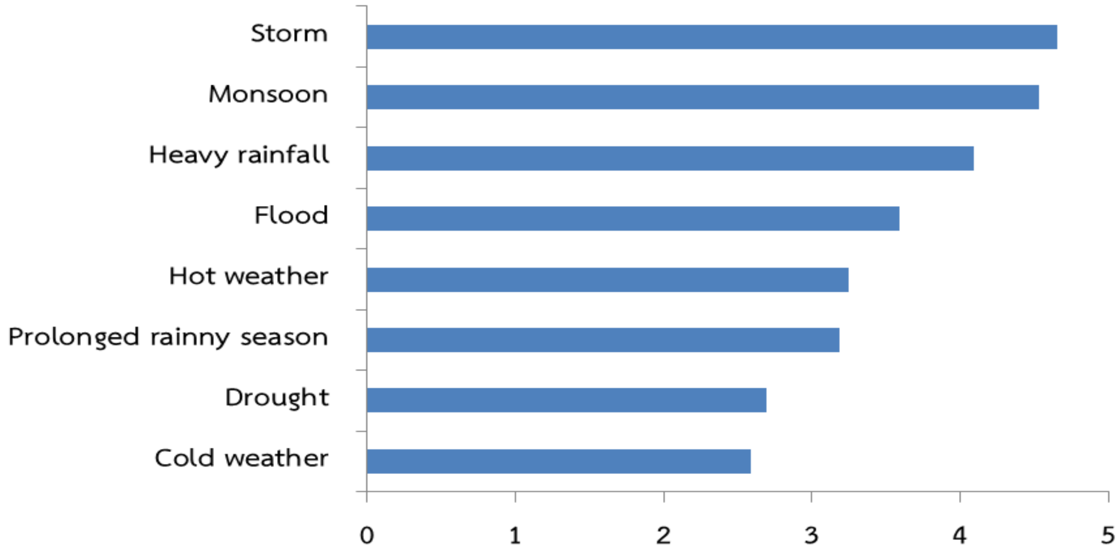


Figure 2 Level of importance of sample groups over eight types of climate-related risks in community based-tourism of Koh Phithak. Importance was score of 1 (unimportant) to 5 (very important).

4. การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อความมั่นคงทางอาหาร

การเตรียมความพร้อมในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีการเตรียมความพร้อมในการรับมือกับพายุและน้ำท่วมโดยการสะสมอาหารไว้ก่อนเกิดพายุ/ฤดูมรสุม เก็บของขึ้นที่สูง หารายได้ทดแทนจากแหล่งอื่นนอกเหนือจากการท่องเที่ยว ย้ายสัตว์เลี้ยง และวางแผนการปลูกพืช (Figure 3A, 3C) สำหรับการเตรียมความพร้อมในการรับมือกับภัยแล้ง ได้แก่ การสำรองน้ำดื่ม/น้ำใช้ สะสมอาหารไว้ก่อนฤดูแล้ง หารายได้ทดแทนจากแหล่งอื่นนอกเหนือจากการท่องเที่ยว ขุดบ่อเก็บน้ำเพื่อการเกษตร/เลี้ยงสัตว์ และการวางแผนการปลูกพืช (Figure 3B)

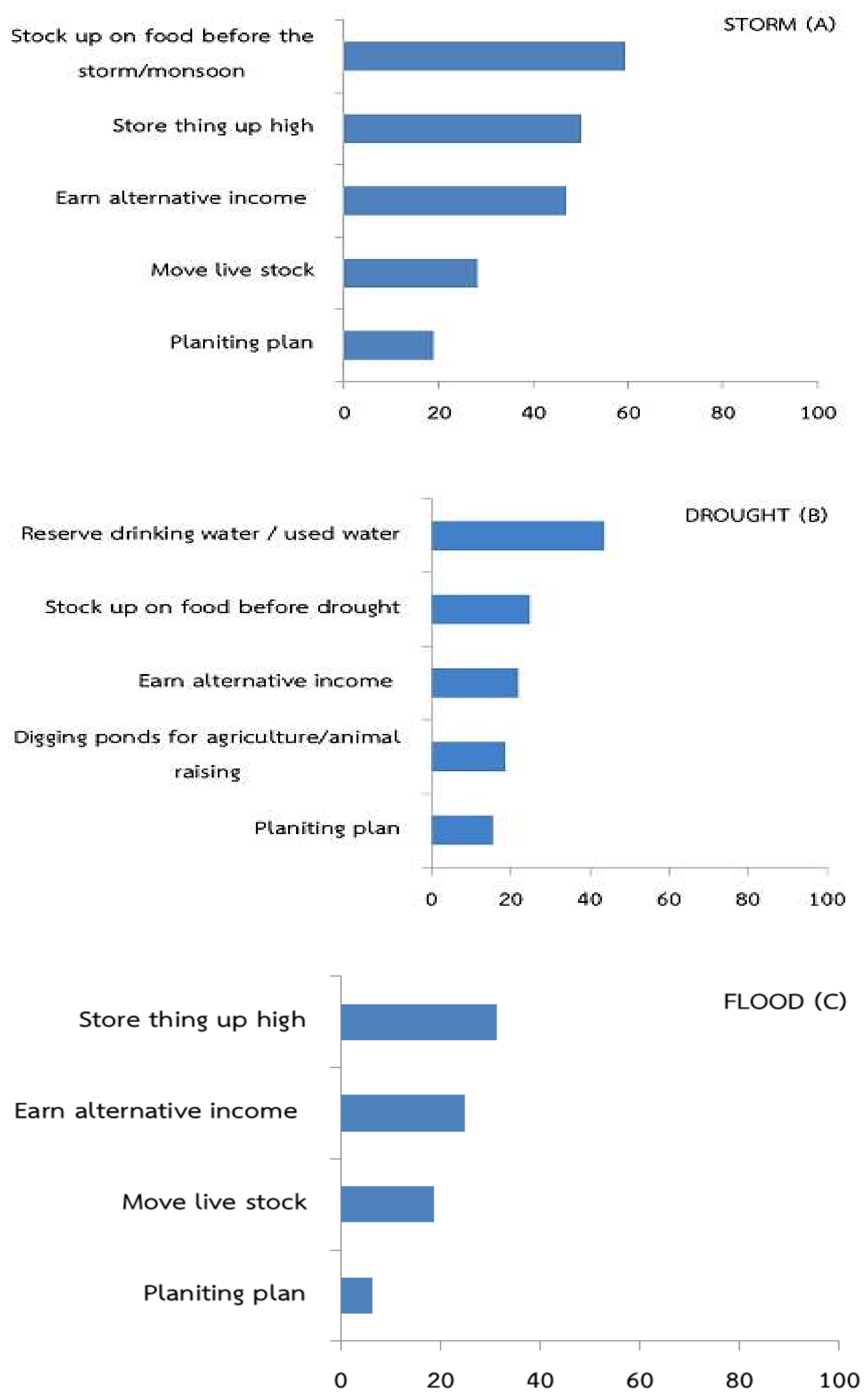


Figure 3 Percentage of sample group which coping with impacts from climate change: (A) storm condition (B) drought condition and (C) flood condition

การจัดการความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางอาหารในการท่องเที่ยวชุมชน พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีวิธีการดูแลแหล่งอาหารในชุมชนโดยการใช้เครื่องมือประมงตามกฎหมายกำหนด ไม่ทิ้งขยะลงทะเล ไม่ปล่อยน้ำเสียลงทะเล จับสัตว์น้ำแต่พอเพียง ปล่อยสัตว์น้ำที่มีไข่ที่จับได้กลับสู่ทะเล จัดตั้งธนาคารปูม้า และหยุดจับสัตว์น้ำในช่วงฤดูวางไข่ (Figure 4) จากวิธีการดูแลแหล่งอาหารในชุมชนดังกล่าว ทำให้กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คิดว่าในอนาคตอีก 5 ปีข้างหน้า ความมั่นคงทางอาหารของชุมชนเกาะพิทักษ์จะมีมากขึ้น โดยคาดว่าจะมีจำนวนแหล่งอาหาร จำนวนและชนิดของสัตว์น้ำและพืชพันธุ์มากขึ้นกว่าเดิม (Figure 5)

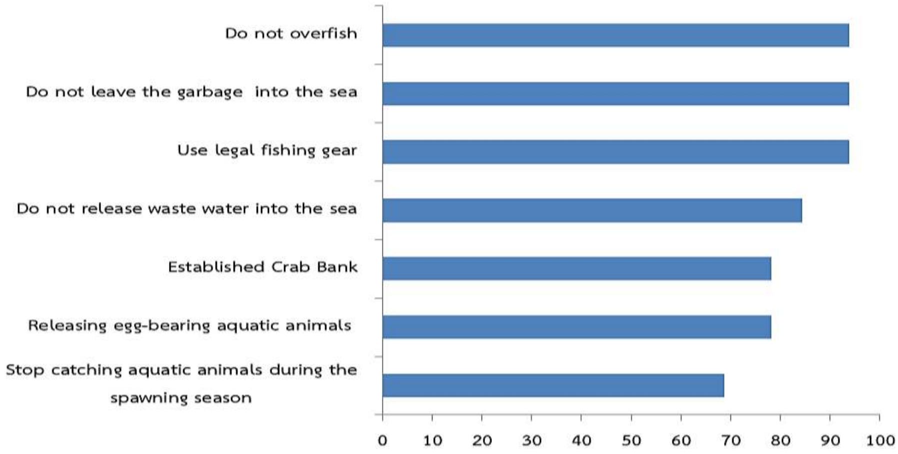


Figure 4 Percentage of sample group which maintain food sources in the community

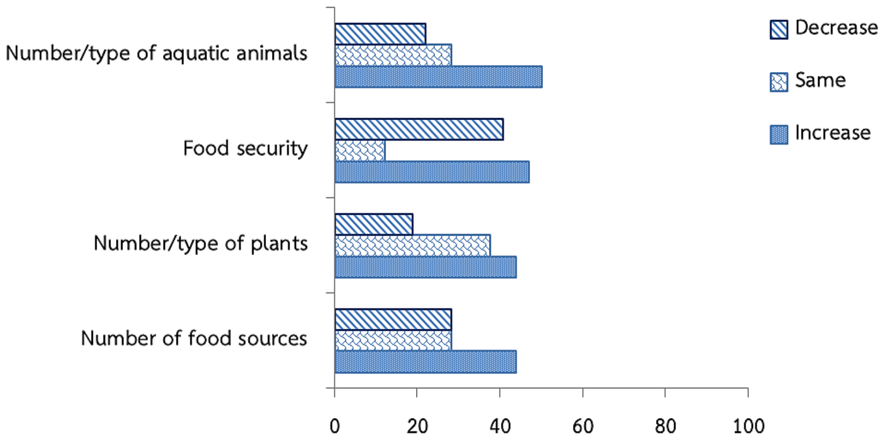


Figure 5 Change in community food resource in the next 5 years (2021-2026)

การจัดการความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อความมั่นคงทางอาหารและการท่องเที่ยวชุมชน พบว่ากลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในการจัดการความเสี่ยงในระดับมากที่สุด ในด้านการติดตามข่าวสารด้านสภาพอากาศ (4.47±0.62) การร่วมมือกันในชุมชนด้านการท่องเที่ยว (4.41±0.98) การเก็บเงินสำรอง (4.41±0.91) การทำธนาคาร

สัตว์น้ำของชุมชน (4.31±0.69) การประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวชุมชน (4.25±1.08) การแลกเปลี่ยนความรู้กับคนในชุมชน (4.22±0.83) และให้ความสำคัญในระดับมากในด้านการโฆษณาท่องเที่ยวชุมชนทางโซเชียลมีเดีย (4.16±0.99) การลดต้นทุนการประกอบธุรกิจ (3.91±1.15) การทำอาชีพอื่นนอกจากการท่องเที่ยวชุมชน (3.84±1.14) และปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเรื่องการท่องเที่ยวชุมชน (3.81±1.03)

สำหรับการปรับตัวด้านความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการท่องเที่ยวชุมชน พบว่ากลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยในระดับมากที่สุดในการปรับตัวด้านการมีเงินทุนสำรอง การรู้ข้อมูลสภาพอากาศในอนาคต การวางแผนการทำท่องเที่ยวชุมชน การมีอาชีพอื่น ๆ นอกจากการท่องเที่ยวชุมชน การแปรรูปผลผลิตแทนการขายสินค้าสด การขายสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการท่องเที่ยวชุมชนให้ทันสมัย ส่วนการปรับตัวโดยการร่วมมือกับบริษัททัวร์เพื่อหาช่องทางการตลาด กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยในระดับมาก (Figure 6)

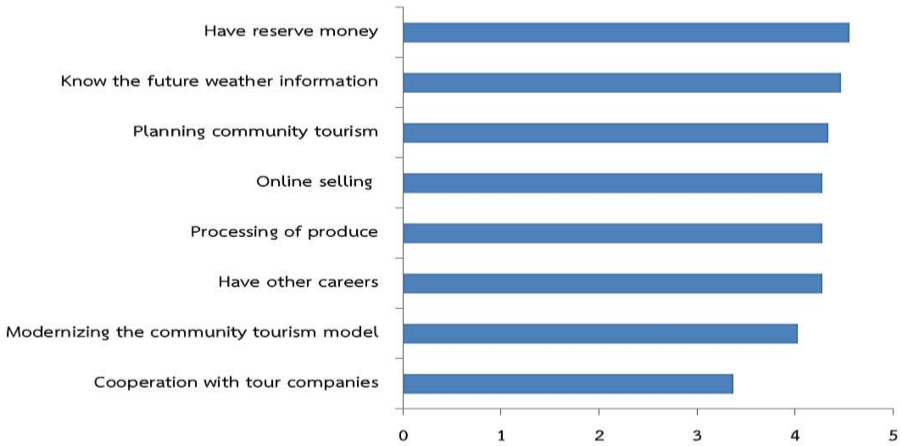


Figure 6 Level of agreement of sample groups over adaptation on climate-related risks in community based-tourism of Koh Phithak. Agreement was score of 1 (disagree) to 5 (strongly agree).

วิจารณ์ผลการวิจัย

สถานการณ์และการรับรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารของคนในชุมชนเกาะพิทักษ์ จังหวัดชุมพร มีความมั่นคงทางอาหารในระดับมีความมั่นคงมาก เมื่อพิจารณาในมิติต่างๆ พบว่า 1) ด้านความพอเพียงของปริมาณอาหาร เกาะพิทักษ์มีความอุดมสมบูรณ์ทางอาหาร มีปริมาณอาหารเพียงพอต่อความต้องการของคนในครัวเรือนทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ นอกจากนี้ยังมีแหล่งอาหารที่หลากหลาย ทั้งแหล่งอาหารจากธรรมชาติ แหล่งอาหารที่ผลิตเอง และอาหารจากการซื้อขาย 2) การเข้าถึงทรัพยากรอาหาร คนในชุมชนมีสิทธิเข้าไปหาอาหารได้อย่างเท่าเทียมกันในแหล่งอาหารธรรมชาติ นอกจากนี้คนในชุมชนยังมีพื้นที่ทำกินในครัวเรือนที่ปลูกพืชผักสวนครัว พืชตามฤดูกาล สวนผลไม้ และพืชสมุนไพร ที่สามารถนำมาใช้บริโภคในครัวเรือนได้ตลอดทั้งปี 3) การใช้ประโยชน์ด้านอาหาร คนในชุมชนมีปริมาณและชนิดอาหารเพียงพอสำหรับนำมาประกอบอาหารสำหรับครัวเรือนในแต่ละวัน โดยมีการบริโภคอาหารที่เหมาะสมกับความ

ต้องการ มีความหลากหลายของอาหาร และ 4) การมีเสถียรภาพทางอาหาร คนในชุมชนสามารถเข้าถึงอาหารได้ทุกฤดูกาล ยกเว้นในช่วงที่มีพายุในฤดูมรสุม และช่วงหยุดจับสัตว์น้ำในฤดูวางไข่ สถานการณ์ความมั่นคงทางอาหารของชุมชนเกาะพิทักษ์ สอดคล้องกับ Thongkaew *et al*. (2018) ที่รายงานว่าชุมชนเกาะพิทักษ์มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ มีแหล่งอาหารทะเลตามฤดูกาลเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวได้ตลอดปี แต่อาจมีความแตกต่างของชนิดสัตว์น้ำในแต่ละฤดูกาล ชาวบ้านทุกคนเข้าถึงอาหารได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม มีการซื้ออาหารทะเลที่มีความสดและปลอดภัยจากสารเคมีจากเรือประมงพื้นบ้าน จากรายจ่ายเฉลี่ยของครัวเรือนในชุมชนพบว่ามีรายจ่ายระหว่าง 10,000-30,000 บาท/เดือน แสดงให้เห็นว่าครัวเรือนในชุมชนมีการใช้จ่ายแบบพอเพียง ซึ่งชุมชนเกาะพิทักษ์มีแหล่งผลิตอาหารเองในครัวเรือนทั้งการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ ทำให้ไม่ต้องพึ่งพาแหล่งซื้อขายมากนัก อีกทั้งยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและได้อาหารที่มีคุณภาพดีต่อร่างกาย ซึ่งครัวเรือนที่ให้ความสำคัญในการผลิตอาหารในครัวเรือนส่งผลให้เกิดความมั่นคงทางอาหารให้กับชุมชน (Chumchat, 2012)

ในส่วนของการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ คนในชุมชนมีความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและคิดว่าในช่วง 5 ปี ที่ผ่านมาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศส่งผลทำให้ปริมาณและชนิดสัตว์น้ำลดลง โดยคนในชุมชนได้รับผลกระทบจากการเกิดพายุ ภัยแล้ง และน้ำท่วม ซึ่งส่งผลกระทบทำให้ไม่สามารถออกเรือเพื่อทำประมง ต้องหยุดทำอาชีพเกี่ยวกับการท่องเที่ยวชั่วคราว ทำให้รายได้จากการท่องเที่ยวชุมชนลดลง พายุและลมที่พัดแรงยังทำให้น้ำเซาะตลิ่งและชายฝั่ง และทำให้พืชพันธุ์ที่ปลูกไว้ได้รับความเสียหาย การเกิดภัยแล้งยังมีผลกระทบต่อการขาดแคลนน้ำดื่ม/น้ำใช้ และน้ำสำหรับการเกษตร ทั้งนี้คนในชุมชนยังมีความเป็นห่วงเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่มีผลกระทบต่อการท่องเที่ยวชุมชนในระดับมากที่สุด Boonrod (2016) ได้กล่าวถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยว เช่น พายุลมแรงส่งผลต่อการกัดเซาะชายฝั่งสร้างความเสียหายให้กับแหล่งท่องเที่ยวโดยเฉพาะหาดทราย ธุรกิจดำน้ำดูปะการัง และส่งผลต่อระบบนิเวศใต้ทะเล การเกิดฝนตกหนักผิดฤดูกาลส่งผลต่อรูปแบบการท่องเที่ยว และการเกิดภัยแล้งที่ส่งผลต่อการขาดแหล่งน้ำจืดที่สะอาดในแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งผู้ที่ได้รับผลกระทบมีทั้งนักท่องเที่ยว ผู้ประกอบธุรกิจ และชาวบ้านที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว

การจัดการความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางอาหารในการท่องเที่ยวชุมชน พบว่าชุมชนเกาะพิทักษ์มีวิธีการดูแลแหล่งอาหารในชุมชนโดยการใช้เครื่องมือประมงตามกฎหมาย การรักษาสิ่งแวดล้อมทางทะเล และการอนุรักษ์สัตว์น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thongkaew *et al*. (2018) พบว่าชุมชนเกาะพิทักษ์มีการสร้างความสมดุลทางอาหารเนื่องจากคนในชุมชนมีความตระหนักรู้ถึงการลดลงของสัตว์น้ำจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ จึงมีการรวมตัวกันของคนในชุมชนจัดทำกิจกรรมการอนุรักษ์สัตว์น้ำและการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมทางทะเล เช่น การจัดตั้งธนาคารปูม้า สร้างบ้านปลาด้วยทางมะพร้าว การปล่อยสัตว์น้ำคืนสู่ทะเล ไม่จับสัตว์น้ำขนาดเล็กมาบริโภค และงดจับสัตว์น้ำในฤดูวางไข่ เป็นต้น

การปรับตัวด้านความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการท่องเที่ยวชุมชน คนในชุมชนคิดว่าการปรับตัวด้วยการมีเงินทุนสำรอง การติดตามข้อมูลสภาพอากาศในอนาคต การวางแผนทำการท่องเที่ยวชุมชน การหาอาชีพอื่นนอกจากการท่องเที่ยวชุมชน การแปรรูปผลผลิตแทนการขายสินค้าสด และการจำหน่ายสินค้าออนไลน์ จะช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการท่องเที่ยวชุมชนได้ Boonrod (2016) กล่าวถึงแนวทางการเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อการท่องเที่ยว ผู้ประกอบการท่องเที่ยวจะต้องมีการแบ่งปันข้อมูลด้าน

ผลกระทบ ความรู้ หรือวิธีการแก้ปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ เพื่อจะได้เกิดประโยชน์ในการช่วยกันวางแผนกลยุทธ์ หรือแนวทางใหม่เพื่อรองรับปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและในอนาคต นอกจากนี้หน่วยงานภาครัฐที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวยังมีส่วนสำคัญในการผลักดันให้ผู้ประกอบการและผู้มีส่วนได้เสียกับการท่องเที่ยวมีแนวทางในการเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า ชุมชนเกาะพิทักษ์ จังหวัดชุมพร มีความมั่นคงทางอาหารในระดับมาก คนในชุมชนมีอาหารเพียงพอ มีการเข้าถึงทรัพยากรอาหาร การใช้ประโยชน์ด้านอาหาร และมีเสถียรภาพทางอาหาร คนในชุมชนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและคิดว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศส่งผลทำให้ปริมาณและชนิดสัตว์น้ำลดลง ชุมชนได้รับผลกระทบจากการเกิดพายุ ภัยแล้ง และน้ำท่วม ส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยว การทำประมงเกิดความเสียหายต่อพืชพันธุ์ และการขาดแคลนน้ำ ซึ่งทำให้รายได้ลดลง สำหรับการจัดการความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางอาหารในการท่องเที่ยว ชุมชนมีวิธีการดูแลแหล่งอาหารในชุมชนโดยการใช้เครื่องมือประมงตามกฎหมาย การรักษาสิ่งแวดล้อมทางทะเล และการอนุรักษ์สัตว์น้ำ ในการปรับตัวด้านความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการท่องเที่ยวนั้นคิดว่าการปรับตัวโดยการสำรองเงิน การติดตามข้อมูลสภาพอากาศ การวางแผนการทำท่องเที่ยวชุมชน การหารายได้จากแหล่งอื่นเพิ่มเติม การแปรรูปผลผลิต การหาช่องทางจำหน่ายสินค้าออนไลน์ จะสามารถช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการท่องเที่ยวชุมชนได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการปรับตัวสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อความมั่นคงทางอาหารภายในแหล่งท่องเที่ยวโดยชุมชนบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชุมพร โดยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ขอขอบคุณคณะมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพรที่สนับสนุนการจัดทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Boonrod, K. 2016. Preparation guideline for climate change in coastal tourism industry. **Journal of Southern Technology** 9(2): 141-148. [in Thai]

Chumchat, J. 2012. **Food Security in Khokphayom Community, Langu Sub-District, Langu District, Satun Province**. Master Thesis. Prince of Songkla University. 257 p. [in Thai]

Lapsetthanurak, C. 2010. Global food crisis an opportunity for food security of Thailand. **For Rural Development** 10(35): 75-84. [in Thai]

Thongkaew, B.N., A. Ruksapol, K. Monpipath, S. Buaurai, W. Tokeree and P. Morasil. 2018. Food security for community-based tourism of Koh Phithak Lang Suan district, Chumphon province. **University of the Thai Chamber of Commerce Journal** 38(2): 50-64. [in Thai]

Prachason, S. 2009. The Development of Food Security Indicators. 57 p. *In* **Research Report of the Project to Drive Agricultural and Health Food Issues According to the Resolution of the 1st National Health Assembly, 2008**. Nonthaburi: National Health Commission Office. [in Thai]

Sanitwong N.A. 2011. Thailand's First Assessment on Climate Change : Impacts, Vulnerability and Adaptation. 206 p. In Thailand's First Assessment Report on Climate Change 2011 Bangkok: **Development and Co-ordination Center for Global Warming and Climate Change (THAI-GLOB)**. [in Thai]

การพัฒนาขีดความสามารถในการจัดการตนเองของชุมชนด้วยการแปรรูปพืชสมุนไพร เพื่อยกระดับรายได้ชุมชนตามอัตลักษณ์ท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช

Development of Community Self-management Capacity by Processing Medicinal Plants to Raise Community Income according to Local Identity in Nakhon Si Thammarat Province

ประกิต ไชยธาดา[1] จุฑามาศ ศุภพันธ์[1] เบญจพร จันทรโคตร[2] เอกลักษณ์ กาญจนเพ็ญ[3]
ธวัชชัย คงนุ่ม[1] ธัชชา สามพิมพ์[4] และจุติพร อัศวโสวรรณ[1*]

Prakit Chaithada[1], Jutamas Supapan[1], Benjaporn Juntarakote[2], Ekkalak Kanchanapen[3]
Thawatchai Kongnoom[1], Tatcha Sampim[4] and Jutiporn Assawasowan[1*]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280
[2]คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280
[3]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280
[4]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280
[1]Faculty of Education, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80280
[2]Faculty of Humanities and Social Sciences, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80280
[3]Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80280
[4]Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80280
*Corresponding author: assawasowan@hotmail.com

Abstract

This project airned: 1) to develop the capacity for self-management of community In terms of quality of life development, economy, and community environment through process of creating at least 10 village innovators and 4 community innovations and 2) Increase growth rate of value of the foundation economy and value of community products by 10%. The target group was the community that participated in 4 community groups. The operation was into 5 steps: 1) community selection; 2) product development of local medicinal plants; 3) process of creating local innovators for further development of medicinal plant products; 4) upgrading the value of herbal products and promoting products to pass product standards and 5) promotion of marketing and distribution channels.

The results showed that Khon Haad citronella herb group developed innovations to make mosquito repellent sprays, lotions and candles. Baan Sai Nuea Learning Center for Sufficiency Economy Development Group used coconut oil added identity with *Piper longum* fruit for anti-inflammation activity. Khum Ta Nui Learning Center Group used 17 herbs to make massage oils and herbal soap using *Amomum biflorum* mixed with butterfly pea. For Ban Tham Talod Herb Group made herbal decoction, compress and *Cinnamomum porreclum* scented bag. The project promoted local innovators by training courses of product development for 15 hours and technology community innovation management for 15 hours. The 13 community innovators were evaluated. There were 3 distribution channels such as community stores OTOP community enterprise souvenir shops, and web page or facebook. For analysis investment and social income, it was showed that communities had jobs and earn more.

Keywords: self-management, medicinal plants processing, community income upgrading, local identity innovator

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาขีดความสามารถในการจัดการตนเองของชุมชน ในมิติด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมของชุมชนผ่านกระบวนการสร้างนวัตกรชาวบ้านไม่ต่ำกว่า 10 คน และนวัตกรรมชุมชนจำนวน 4 ชุมชน 2) เพิ่มอัตราการเติบโตของมูลค่าเศรษฐกิจฐานรากและมูลค่าสินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชน เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 กลุ่มเป้าหมายคือ ชุมชนที่เข้าร่วม 4 กลุ่มชุมชน โดยใช้การวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม การปฏิบัติงานประกอบด้วย 5 ขั้น คือ 1) การคัดเลือกชุมชน 2) การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรท้องถิ่น 3) การสร้างนวัตกรประจำท้องถิ่น 4) การยกระดับมูลค่าผลิตภัณฑ์ และ 5) ส่งเสริมช่องทางการตลาดและการจำหน่ายสินค้า

ผลการวิจัยพบว่า ชุมชน 1 กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด (ชะอวด) พัฒนานวัตกรรมการทำสเปรย์ไล่ยุง โลชั่นกันยุง และเทียนหอมไล่ยุง ผสมสารสกัดจากเมล็ดยอและดอกน้ำมันปาล์มตัวผู้ซึ่งมีฤทธิ์ในการไล่ยุง ชุมชน 2 กลุ่มศูนย์เรียนรู้เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบบ้านไสเหนือ ทำน้ำมันมะพร้าว เสริมความเป็นอัตลักษณ์โดยใช้ดีปลีซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ ชุมชน 3 กลุ่มศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ย ใช้สมุนไพร 17 ชนิด ทำน้ำมันนวดสมุนไพร และทำสบู่สมุนไพรว่านสาวหลงผสมอัญชัน ชุมชน 4 กลุ่มสมุนไพรบ้านถ้ำตลอดทำยาต้มสมุนไพร ลูกประคบ และถุงหอมเทพทาโร พัฒนานวัตกรประจำท้องถิ่น ด้วยการฝึกอบรมพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 15 ชั่วโมง และการอบรมการใช้เทคโนโลยีในการจัดการนวัตกรรมชุมชน จำนวน 15 ชั่วโมง ได้นวัตกรชุมชนจำนวน 13 คน ช่องทางการจัดจำหน่าย 3 ช่องทาง คือ หน้าร้านในแต่ละชุมชน ร้านของฝากวิสาหกิจชุมชน OTOP หน้าเว็บเพจหรือเฟซบุค จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการลงทุนและผลลัพธ์ทางสังคม พบว่าชุมชนสร้างงานอาชีพและมีรายได้เพิ่ม

คำสำคัญ: การจัดการตนเอง การแปรรูปพืชสมุนไพร การยกระดับรายได้ชุมชน อัตลักษณ์ท้องถิ่น นวัตกร

คำนำ

คนเป็นศูนย์กลางของการพัฒนาต้องส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาแบบมีส่วนร่วมของชุมชน เพื่อนำไปสู่ชุมชนที่เข้มแข็ง ชุมชนที่พึ่งตนเอง ชุมชนที่สามารถแก้ไขปัญหาวิกฤติต่างๆ ได้ โดยชุมชนเอง ชุมชนต้องรับผิดชอบชุมชนได้และชุมชนเท่านั้นที่จะแก้ไขปัญหาของชุมชน ชุมชนต้องพึ่งพาซึ่งกันและกันได้ และความต้องการของชุมชนในสังคมไทยคือการใช้นวัตกรรมเชิงพื้นที่ต่อการดำรงชีวิต วงการวิชาการมีบทบาทหลักสองด้าน ได้แก่ ด้านการพัฒนาขีดความสามารถในการผลิตตลอดชีพของประชากรในสังคมไทย และด้านกลไกพัฒนาขีดความสามารถในการผลิตหลักสูตรและองค์ความรู้ใหม่ (Jintrawet, 2018) นวัตกรรมเชิงพื้นที่สามารถสร้างการแปลงเปลี่ยนและเพิ่มขีดความสามารถให้มีประโยชน์และเข้าสู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน

ประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติทำให้ประเทศไทยเป็นอู่ข้าวอู่น้ำที่สำคัญของโลก มีปัจจัยสี่ซึ่งเป็นพื้นฐานของการดำรงชีวิตของมนุษย์ที่ครบครัน เพื่อให้ประเทศไทยมีความสมบูรณ์ทางทรัพยากรธรรมชาติ คนในประเทศจะต้องรู้จักใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างพอเหมาะ รู้จักค้นหาศักยภาพที่ซ่อนเร้น รวมถึงการปกป้องทรัพยากรธรรมชาติ (BaiMai, 2005) โดยเฉพาะสมุนไพรไทยอยู่คู่คนไทยมานับหลายร้อยปี สรรพคุณ และคุณค่าของสมุนไพรไทยถูกนำมาใช้เป็นยาและบำรุงร่างกาย สามารถรักษาได้ตั้งแต่อาการเล็กๆ น้อยๆ เช่น ปวดศีรษะ ปวดท้อง เจ็บคอ ไปจนถึงเจ็บป่วยเรื้อรัง เช่น เบาหวาน ความดัน โรคหัวใจ และมะเร็ง เป็นต้น ประเทศไทยเป็นแหล่งรวมของพืชสมุนไพรที่มีความหลากหลายมากกว่าหมื่นชนิด โดยความต้องการของตลาดภายในประเทศและต่างประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นประกอบกับประเทศไทยมีสภาพดินฟ้าอากาศที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของสมุนไพรทั้งที่ขึ้นเองตามธรรมชาติและนำมาปลูกเพื่อการค้า ปัจจุบันความต้องการใช้พืชสมุนไพรมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นโดยตลอด ทั้งในด้านการบริโภคโดยการนำมาปรุงแต่งอาหาร และใช้ในอุตสาหกรรมยา กระทรวงสาธารณสุขมีนโยบายการส่งเสริมการใช้พืชสมุนไพรเพื่อเสริมสร้างการพึ่งตนเองในด้านสุขภาพ และรัฐบาลได้กำหนดนโยบายการเร่งรัดพัฒนาสมุนไพรให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง และส่งเสริมให้มีการใช้เป็นยาอย่างแพร่หลาย (Ratanacharoenchai *et al*., 2019). การศึกษารูป รส กลิ่น สี และชื่อสมุนไพรจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ และเพื่อให้การแปรรูปสมุนไพรมีคุณภาพดี ตลอดจนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพใกล้เคียงผลิตภัณฑ์เดิมมากที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์บางประเภทไม่สามารถคงสภาพอยู่ได้นาน การแปรรูปจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญมากขึ้น เพื่อให้เกิดผลดีในการรักษาคุณภาพและสรรพคุณที่ดีของพืชสมุนไพร เกษตรกรในจังหวัดนครศรีธรรมราช ปัจจุบันปลูกพืชสมุนไพร ทั้งในรูปแบบการผลิตแบบพืชแซมและแปลงเดี่ยว ปลูกเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในครัวเรือนและชุมชนขนาดเล็ก ส่วนการผลิตในเชิงพาณิชย์ยังมีจำกัด ทำให้ชุมชนไม่สามารถสร้างอาชีพและรายได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชเป็นสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นควรมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาสมรรถนะทรัพยากรมนุษย์ในชุมชนซึ่งเป็นการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่เพื่อให้ชุมชนในพื้นที่สามารถสร้างการเปลี่ยนแปลงและเพิ่มขีดความสามารถในการจัดการตนเองให้มีประโยชน์เพื่อสร้างอาชีพและรายได้และเข้าสู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการจัดการตนเองของชุมชน ในมิติด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมของชุมชนผ่านกระบวนการสร้างนวัตกรชาวบ้านไม่ต่ำกว่า 10 คน และนวัตกรรมชุมชนจำนวน 4 ชุมชน
2. เพื่อเพิ่มอัตราการเติบโตของมูลค่าเศรษฐกิจฐานรากและมูลค่าสินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10

กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาขีดความสามารถในการจัดการตนเองของชุมชน ในมิติด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมของชุมชนผ่านกระบวนการสร้างนวัตกรชาวบ้านไม่ต่ำกว่า 10 คน และนวัตกรรมชุมชนจำนวน 4 ชุมชน โดยกลไกการสร้างนวัตกร เริ่มจากกลุ่มอาชีพชุมชนผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรที่เข้าร่วมกิจกรรมร่วมเรียนรู้ตั้งแต่ขั้นต้นของการพัฒนานวัตกรรมการสร้างผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรตามวัตถุดิบสำคัญในท้องถิ่น สามารถที่จะทำความเข้าใจและใช้นวัตกรรมนั้นได้จริง และสามารถที่จะต่อยอดนวัตกรรมได้เองต่อไปในอนาคต รวมทั้งการถ่ายทอดองค์ความรู้โดยกลุ่มชุมชนเองสู่สมาชิก ผู้สนใจ รวมทั้งเยาวชน ที่จะสามารถสืบสานองค์ความรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีได้เกิดความยั่งยืนและก่อให้เกิดชุมชนชนที่มีนักคิด นักปฏิบัติในชุมชนได้ต่อไป ดังภาพ

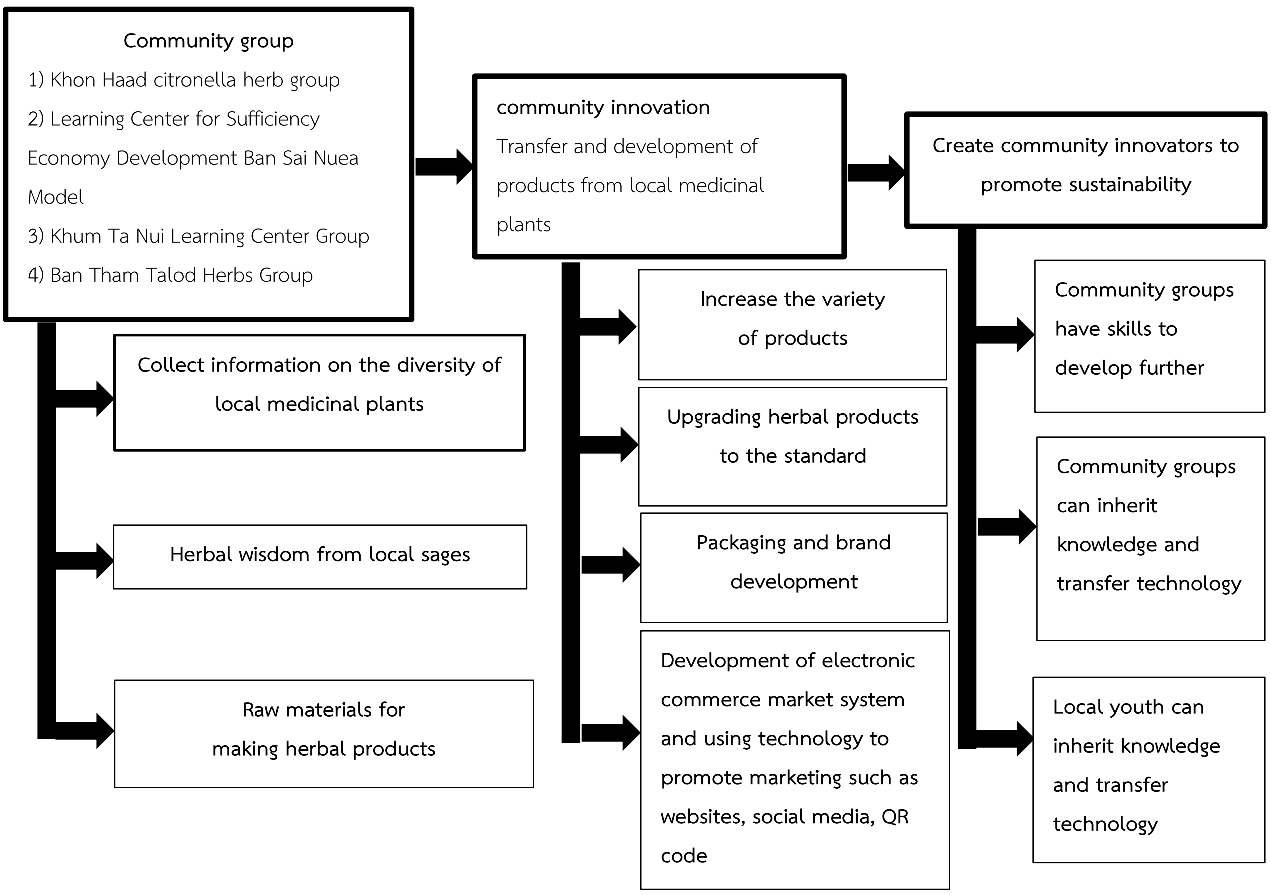


Figure 1 Research framework of the project

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาขีดความสามารถในการจัดการตนเองของชุมชนด้วยการแปรรูปพืชสมุนไพรเพื่อยกระดับรายได้ชุมชนตามอัตลักษณ์ท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้การวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม แบ่งการปฏิบัติงานเป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. การคัดเลือกชุมชนและศึกษาข้อมูลเดิม ปัญหา และความต้องการของชุมชน ชุมชนที่คัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจง ที่ชุมชนสมัครใจเข้าร่วม เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสัมภาษณ์ การสังเกต กิจกรรมการพัฒนา และกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม โดยทำการสัมภาษณ์ข้อมูลจากผู้นำชุมชนและปราชญ์ชาวบ้าน
2. การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรท้องถิ่นจากทรัพยากรความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืชสมุนไพรและออกแบบบรรจุภัณฑ์
3. กระบวนการสร้างนวัตกรประจำท้องถิ่น เป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตสินค้าและการให้บริการบุคลากรในชุมชนได้ทำงานร่วมกันพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร แลกเปลี่ยนเรียนรู้นวัตกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรระหว่างชุมชน ชุมชนมีทักษะในการพัฒนาต่อยอด สืบสานองค์ความรู้และต่อยอดเทคโนโลยี ระดับ 1 ดาว นวัตกรสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรตามที่ได้รับการถ่ายทอดได้ ระดับ 2 ดาว นวัตกรสามารถปรับใช้หรือดัดแปลงสูตรของผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรให้สอดคล้องกับอัตลักษณ์ของชุมชนได้ ระดับ 3 ดาว นวัตกรสามารถจัดโครงการเพื่อถ่ายทอดนวัตกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรสู่ชุมชนอื่นได้
4. การยกระดับมูลค่าผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรและส่งเสริมผลิตภัณฑ์ให้ผ่านมาตรฐานสินค้า
5. ส่งเสริมช่องทางการตลาด การจำหน่ายสินค้าผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรในจังหวัดนครศรีธรรมราช

จากการศึกษาบริบทของชุมชน ความพร้อมของชุมชน ทั้งทรัพยากรท้องถิ่น และความสามารถในการพัฒนานวัตกร ผู้วิจัยได้คัดเลือกชุมชนทั้งหมด 4 ชุมชน

ผลการวิจัย

การพัฒนาขีดความสามารถในการจัดการตนเองของชุมชนด้วยการแปรรูปพืชสมุนไพรเพื่อยกระดับรายได้ชุมชนตามอัตลักษณ์ท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช มีผลดังนี้

1. การคัดเลือกชุมชนและศึกษาข้อมูลเดิม ปัญหา และความต้องการของชุมชน

1.1 ได้พื้นที่ชุมชน 4 ชุมชน ได้แก่

1) กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด (ชะอวด) ที่อยู่ 105/1 หมู่ 4 ตำบลขอนหาด อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช พิกัด GPS (ศูนย์กลางของชุมชน) 7°52'51.6"N 100°02'50.5"E

2) กลุ่มศูนย์เรียนรู้เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบบ้านไสเหนือ ที่อยู่ 109/1 หมู่ 8 ตำบลนาหลวงเสน อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช พิกัด GPS (ศูนย์กลางของชุมชน) 8°12'05.0"N 99°43'15.3"E

3) กลุ่มศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ย ที่อยู่ 40/12 หมู่ 2 ตำบลกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช พิกัด GPS (ศูนย์กลางของชุมชน) 8°46'21.9"N 99°39'25.8"E

4) กลุ่มสมุนไพรบ้านถ้ำตลอด ที่อยู่ 67 หมู่ 4 ตำบลน้ำตก อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช พิกัด GPS (ศูนย์กลางของชุมชน) 7°57'31.8"N 99°44'41.8"E

Figure 2 Study the problems and needs of the community.

1.2 ผลการศึกษาปัญหาและความต้องการของชุมชน ปรากฏดัง Table 1

Table 1 The community context, problems and needs of the community

Community	Context, problems and needs
Khon Haad Citronella Herb Group, Khon Haad Subdistrict, Cha-uat District	The area has 20-30 rai of citronella planting. Fresh citronella trees has been sold to various markets, but in the past few years, the raw citronella have become unsatisfactory in modern market. Therefore, citronella will be develop products for medicinal plants.
Learning Center for Sufficiency Economy Development Ban Sai Nuea Model, Na Luang Sen Subdistrict, Thung Song District	There are local plants, including coconut oil and various medicinal plants, which the community wants to develop for herbal products and sell to the Pracharat market and booths at in any festivals.
Khum Ta Nui Learning Center Group, Krung Ching Subdistrict, Nopphitam District	The community has advantages in both raw materials and knowledge from village sages. Therefore, it is an opportunity to create potential for local herbal products and standards to meet more market demands.

Table 1 (Continued)

Community	Context, problems and needs
Ban Tham Talod Herbs Group, Nam Tok Subdistrict, Thung Song District	The community locates in valley landscape.The forest area is also fertile, comprising many large and small plants, which is a source of medicinal plants. Currently, there is a group making dried herbs that the chairman is a herbal healer trained by the Department of Thai Traditional Medicine. There is a desire to set up a learning center for Thai herbs in the village to enable new generation learn local wisdom.

2. การแปรรูปสมุนไพรและพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรท้องถิ่นจากทรัพยากรความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืชสมุนไพรและออกแบบบรรจุภัณฑ์

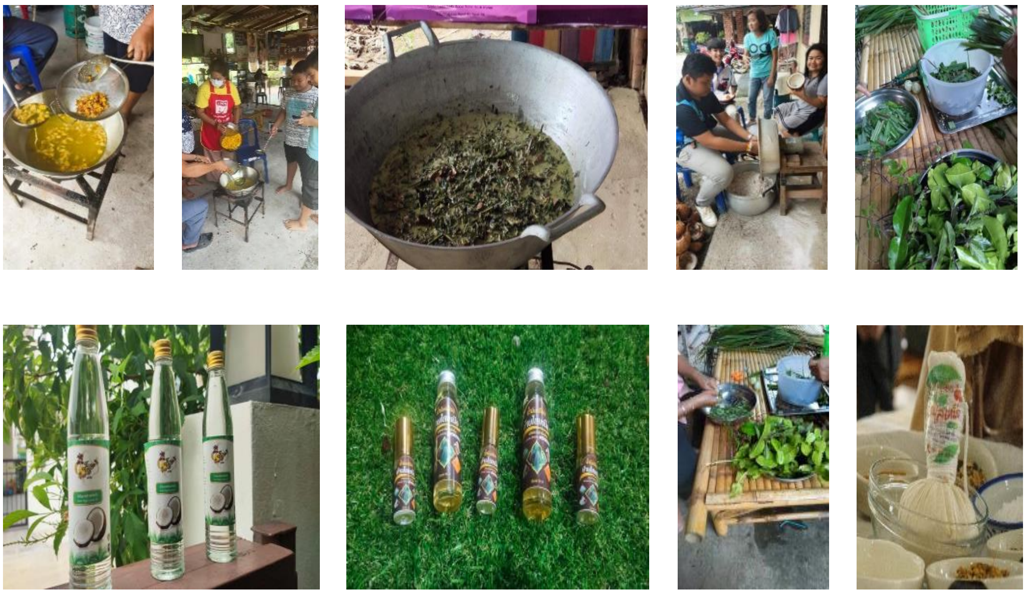


Figure 3 Processing of herbal products

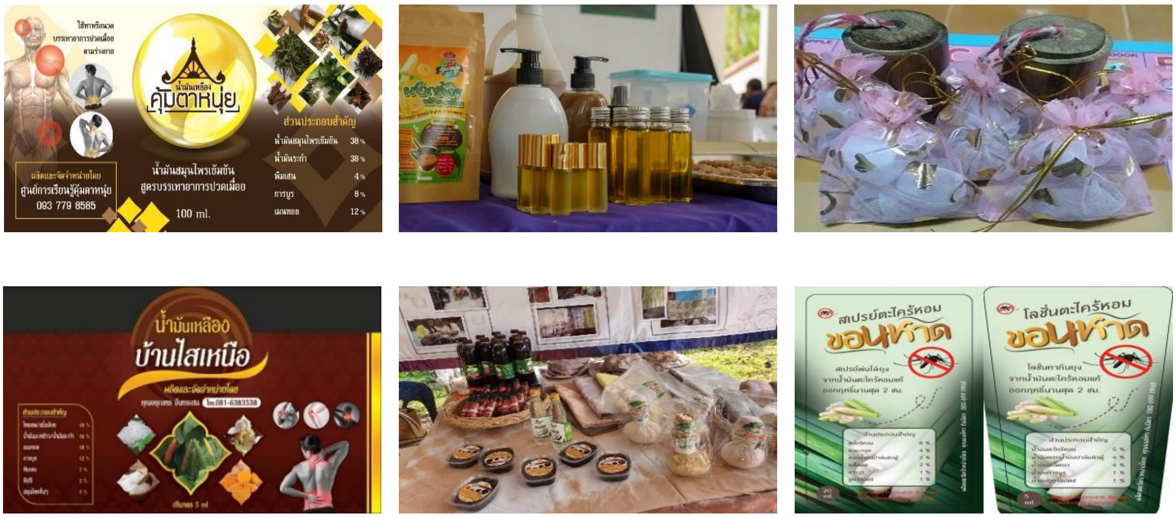


Figure 4 Develop a product from local medicinal plants

3. กระบวนการสร้างนวัตกรประจำท้องถิ่นเพื่อพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร แลกเปลี่ยนเรียนรู้นวัตกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรระหว่างชุมชน ทักษะในการพัฒนาสืบสานองค์ความรู้และต่อยอดเทคโนโลยี

ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกนวัตกรต้นแบบชุมชนละ 2-3 คน เพิ่มขีดความสามารถโดยพัฒนาสมรรถนะด้วยรูปแบบการฝึกอบรมประกอบไปด้วยการฝึกอบรมการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรท้องถิ่น จำนวน 15 ชั่วโมง และการอบรมการใช้เทคโนโลยีในการจัดการนวัตกรรมชุมชน จำนวน 15 ชั่วโมง มีการประเมินเพื่อจัดระดับนวัตกรตลอดการร่วมโครงการ ระดับการถ่ายทอดนวัตกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรของนวัตกรชุมชน ได้นวัตกรจำนวน 13 คน แบ่งออกเป็นระดับ 3 ดาว จำนวน 3 คน ระดับ 2 ดาว จำนวน 8 คน และระดับ 1 ดาว จำนวน 2 คน ดังนี้

3.1 ศูนย์เรียนรู้เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบบ้านไสเหนือ พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันเหลืองสมุนไพร และลูกประคบโดยห่อด้วยผ้ามัดย้อม วัตถุดิบจากมะพร้าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ชุมชนสามารถนำผลิตภัณฑ์ไปออกบูธในงานเดือนสิบ ทุ่งท่าลาด และงานประเพณีชักพระ อ.ทุ่งสง สร้างนวัตกรต้นแบบจำนวน 4 คน อยู่ในระดับ 3 ดาว จำนวน 1 คน และระดับ 2 ดาว จำนวน 3 คน

3.2 ศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ย พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันนวดจากสมุนไพร 17 ชนิด นำน้ำสมุนไพรที่เหลือและกากเหลือของพืชสมุนไพรมาทำสบู่ก้อนและลูกประคบ ต่อยอดพัฒนาความหลากหลายของบรรจุภัณฑ์แชมพูว่านสาวหลง สร้างนวัตกรต้นแบบจำนวน 3 คน อยู่ในระดับ 3 ดาว จำนวน 1 คน และระดับ 2 ดาว จำนวน 2 คน

3.3 กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด (ชะอวด) พัฒนาผลิตภัณฑ์สเปร์ไล่ยุง โลชั่นกันยุงตะไคร้หอม และเทียนหอม สร้างนวัตกรต้นแบบจำนวน 2 คน ปัจจุบันอยู่ในระดับ 1 ดาว

3.4 กลุ่มสมุนไพรบ้านถ้ำตลอด ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของพืชสมุนไพร นำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรพร้อมชง ถุงหอม น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น และลูกประคบ สร้างนวัตกรต้นแบบจำนวน 3 คน อยู่ในระดับ 3 ดาว จำนวน 1 คน และระดับ 2 ดาว จำนวน 3 คน

4. การยกระดับมูลค่าผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรและส่งเสริมผลิตภัณฑ์ให้ผ่านมาตรฐานสินค้า

ในการยกระดับมูลค่าผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรตรวจวิเคราะห์ค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์จากห้องปฏิบัติการจากพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) โดยจำแนกตามชุมชนนวัตกรรมและชนิดของผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรพบว่าได้มาตรฐานจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ทุกรายการ

5. การส่งเสริมช่องทางการตลาด การจำหน่ายสินค้าผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรในจังหวัดนครศรีธรรมราช

เดิมแต่ละชุมชนได้วางจำหน่ายสินค้าเฉพาะในชุมชนของตัวเอง มีรายได้จากการที่นักท่องเที่ยวหรือนักเรียน นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป เข้ามาศึกษาดูงานในชุมชน แต่เมื่อชุมชนได้เข้าร่วมโครงการ ได้มีการเพิ่มช่องทางการตลาด โดยนำไปวางจัดจำหน่าย ณ ชุมชนอื่น ชุมชนบ้านไสเหนือได้นำผลิตภัณฑ์น้ำมันนวดสมุนไพร ลูกประคบสมุนไพร และน้ำมันมะพร้าว มาจัดจำหน่ายในการออกบูธ ณ งานเดือนสิบ ทุ่งท่าลาด อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช และงานประเพณีชักพระ อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช และยังมีการจัดจำหน่ายสินค้าผ่านทางหน้าเพจเฟซบุ๊คของแต่ละชุมชนผ่านทางสื่อสังคมออนไลน์ รวมทั้งสินค้าจากชุมชนต่าง ๆ นำมาจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่ร้านของกินของฝาก วิสาหกิจชุมชน OTOP นครศรีธรรมราช ณ ปั้มน้ำมันเชลล์ อ.ร่อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งดูแลโดยกลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมชะอวด

Figure 5 Product distribution via social media

การวิเคราะห์ ROI และ SROI ของโครงการในแต่ละชุมชน

1. ชุมชนนวัตกรรม 1 กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด (ชะอวด)

ก่อนเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัยชุมชนมีรายได้จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผ้าทอ และปลูกตะไคร้ โดยที่ไม่เคยมีรายได้จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์สมุนไพรมาก่อน แต่เนื่องจากสถานการณ์ COVID-19 ชุมชนถูกยกเลิกออเดอร์ จึงคิดที่จะผลิตสินค้าจากตะไคร้ และเข้าร่วมโครงการวิจัย ดังนั้น รายได้จากสมุนไพรของชุมชนจึงเป็น 0 บาท/ปี เนื่องจากเป็นกลุ่มที่เพิ่งเริ่มผลิตสินค้าใหม่ และได้ตั้งเป้าหมายที่จะจำหน่าย 20,000 บาท/ปี หลังเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัยชุมชนได้แจ้งว่า มีรายได้รวม 4,300 บาท (เก็บข้อมูลจนถึงวันที่ 10 สิงหาคม 2564) โดยในส่วนของโครงการวิจัยภายใต้แผนงานชุมชนนวัตกรรม ผู้วิจัยได้ผลิตสเปรย์ไล่ยุง และโลชั่นกันยุง โดยชุมชนมีค่าเป้าหมายในการผลิตครั้งแรก

20,000 บาท แบ่งเป็นการผลิตสเปรย์ 250 ขวด และโลชั่น 200 หลอด หากคำนวณการยกระดับรายได้ 10% จากค่าเป้าหมาย ชุมชนต้องมีรายได้รวมเพิ่มขึ้น เป็นไม่น้อยกว่า 22,000 บาท โดยที่เป็นรายได้ที่เกิดจากโครงการชุมชนนวัตกรรม ไม่น้อยกว่า 2,200 บาท ซึ่งชุมชนมีรายได้รวม 4,300 บาท (เก็บข้อมูลจนถึงวันที่ 10 สิงหาคม 2564) คิดเป็นสัดส่วนรายได้จากงานวิจัย 21.5% ของค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดจะพบว่า รายได้จากงานวิจัยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ชุมชนเพิ่งผลิตได้ และเริ่มจำหน่ายเพียง 3 เดือนเท่านั้น หากสามารถยืดระยะเวลาการจำหน่ายเพิ่มเติมออกไป น่าจะทำให้รายได้เพิ่มขึ้นอีกมาก

2. ชุมชนนวัตกรรม 2 กลุ่มศูนย์เรียนรู้เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบบ้านไสเหนือ

ก่อนเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัย ชุมชนมีรายได้ 41,535 บาท/ปี โดยที่รายได้มาจากพืชผักสวนครัว น้ำส้มควันไม้ พริกไทยแห้ง และน้ำผึ้ง หลังเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัย ชุมชนมีรายได้จาก 2 ทาง คือ ผลิตภัณฑ์เดิมที่จำหน่ายก่อนเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัยและผลิตภัณฑ์ที่เรียนรู้หลังเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัย ได้แก่ น้ำมันเหลือง น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น ลูกประคบ พบว่า ชุมชนมีรายได้รวม 134,701 บาท (เก็บข้อมูลจนถึงวันที่ 10 สิงหาคม 2564) โดยในส่วนของโครงการวิจัยภายใต้แผนงานชุมชนนวัตกรรม ชุมชนมีรายได้จากการจำหน่ายสินค้า รวม 17,180 บาท หากคำนวณการยกระดับรายได้ 10% ชุมชนต้องมีรายได้รวมเพิ่มขึ้น เป็นไม่น้อยกว่า 45,688.5 บาท โดยที่เป็นรายได้ที่เกิดจากโครงการชุมชนนวัตกรรม ไม่น้อยกว่า 4,153.5 บาท ซึ่งชุมชนมีรายได้รวม 134,701 บาท (เก็บข้อมูลจนถึงวันที่ 10 สิงหาคม 2564) รายได้รวมเพิ่มขึ้น 224.31% โดยมีรายได้จากงานวิจัย 17,180 บาท คิดเป็นสัดส่วนรายได้จากงานวิจัย 41.36% ของรายได้เดิมรวม 41,535 บาท/ปี

3. ชุมชนนวัตกรรม 3 กลุ่มศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ย

โครงการทำงานร่วมกับศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ย ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักประกอบด้วยศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ย ชาวชุมชนในพื้นที่โดยรอบศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ย กลุ่มสมุนไพรบ้านเนินมวง ศูนย์เรียนรู้เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบบ้านไสเหนือ และนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ปัจจัยนำเข้าจากโครงการวิจัย คือ กิจกรรมการจัดอบรม จำนวน 2 ครั้ง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้ดังนี้

3.1 ผลต่อศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ยคือ รายได้เสริมของชาวชุมชน และถ่ายทอดความรู้ ก่อให้เกิดรายได้ 14,400 บาท ผลต่อชาวชุมชนในพื้นที่โดยรอบศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ยคือ ลดจำนวนประชากรที่ต้องเดินทางออกนอกพื้นที่เพื่อเข้ารักษาในโรงพยาบาล ลดค่าใช้จ่ายรวม 24,000 บาท

3.2 ผลต่อกลุ่มสมุนไพรบ้านเนินมวง คือ ชุมชนสามารถนำความรู้ไปทำผลิตภัณฑ์จากตะไคร้หอม ทำให้สามารถนำตะไคร้หอมที่ถูกยกเลิกออเดอร์จำนวน 20 ไร่ มาใช้ให้เกิดประโยชน์แทนที่จะต้องกำจัดเป็นขยะ ลดความเสียหายของชุมชน 50,000 บาท

3.3 ผลต่อศูนย์เรียนรู้เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบบ้านไสเหนือคือ ชุมชนสามารถปรับปรุงสูตรการทำผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรโดยใช้วัตถุดิบจากมะพร้าวที่มีอยู่ในท้องถิ่นได้หลากหลายขึ้น มีรายได้รวม 32,000 บาท

3.4 ผลต่อนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช คือ นักศึกษาได้ทำชุดกิจกรรมเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพร ซึ่งเป็นการเก็บคะแนนส่วนหนึ่งในรายวิชาวิทยาศาสตร์ท้องถิ่น โดยคำนวณการแปลงค่าเป็นเงินประกอบด้วย ความรู้ที่ได้รับจากการอบรม การเผยแพร่และประยุกต์ใช้ประโยชน์จากความรู้ดังกล่าว รวม 54,781.74 บาท

จากการวิเคราะห์ SROI ศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ย ผลกระทบทางสังคมเมื่อแปลงค่าเป็นเงิน = 175,181.74 บาท ต้นทุนโครงการในการทำฐานข้อมูลทรัพยากรจากโครงการวิจัย 51,400 บาท รวม SROI = 3.41

4. ชุมชนนวัตกรรม 4 กลุ่มสมุนไพรบ้านถ้ำตลอด

ก่อนเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัยชุมชนมีรายได้จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากยาสมุนไพร 120,000 บาท/ปี โดยที่รายได้ทั้งหมดมาจากยาสมุนไพร ซึ่งมีปัญหาการจำหน่ายได้น้อยลงในช่วงฤดูฝน หลังเข้าร่วมการดำเนินโครงการวิจัย ชุมชนได้แจ้งว่า มีรายได้รวม 94,918 บาท (เก็บข้อมูลจนถึงวันที่ 5 สิงหาคม 2564) โดยในส่วนของโครงการวิจัยภายใต้แผนงานชุมชนนวัตกรรม ผู้วิจัยได้ต่อยอดการทำสมุนไพรดัดแปลงเป็นการทำลูกประคบจากสมุนไพร และถุงหอมดับกลิ่นจากสมุนไพร (ไม้เทพทาโร) และพวงกุญแจจากไม้เทพทาโร ชุมชนมีรายได้จากผลิตภัณฑ์ที่ร่วมโครงการวิจัย รวม 4,918 บาท แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดจะพบว่า รายได้จากงานวิจัยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ชุมชนเพิ่งผลิตได้ และเริ่มจำหน่ายเพียง 1 เดือนเท่านั้น หากสามารถยืดระยะเวลาการจำหน่ายเพิ่มเติมออกไป น่าจะทำให้รายได้เพิ่มขึ้นอีกมาก และยังช่วยเพิ่มรายได้ที่นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรเดิม ที่จะมียอดจำหน่ายลดลงเหลือเดือนละ 2,000 บาทในช่วงฤดูฝน หากคำนวณการยกระดับรายได้ 10% ชุมชนต้องมีรายได้รวมเพิ่มขึ้น เป็นไม่น้อยกว่า 132,000 บาท โดยที่เป็นรายได้ที่เกิดจากโครงการชุมชนนวัตกรรม ไม่น้อยกว่า 12,000 บาท ซึ่งชุมชนมีรายได้รวม 94,918 บาท (เก็บข้อมูลจนถึงวันที่ 5 สิงหาคม 2564) รายได้ลดลง โดยมีรายได้จากงานวิจัย 4,918 บาท คิดเป็นสัดส่วนรายได้จากงานวิจัย 4.10% ของรายได้เดิมรวม 120,000 บาท/ปี

วิจารณ์ผลการวิจัย

การพัฒนาขีดความสามารถในการจัดการตนเองของชุมชนด้วยการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรเพื่อยกระดับรายได้ชุมชนตามอัตลักษณ์ท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช มีประเด็นวิจารณ์ดังนี้

1. การพัฒนาขีดความสามารถในการจัดการตนเองของชุมชน ในมิติด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมของชุมชนผ่านกระบวนการสร้างนวัตกรชาวบ้านไม่ต่ำกว่า 10 คน และนวัตกรรมชุมชนจำนวน 4 ชุมชน เพิ่มขีดความสามารถโดยพัฒนาสมรรถนะด้วยรูปแบบการฝึกอบรม พบว่า สามารถพัฒนานวัตกรชุมชนได้ 13 คน สูงกว่าวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แบ่งออกเป็นระดับ 3 ดาว จำนวน 3 คน ระดับ 2 ดาว จำนวน 8 คน และระดับ 1 ดาว จำนวน 2 คน แสดงให้เห็นว่าสมาชิกในชุมชนมีความต้องการในการพัฒนาตนเอง เรียนรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรตามอัตลักษณ์ของท้องถิ่น ซึ่งมนุษย์สามารถพัฒนาได้ถ้ามีโอกาสและได้เรียนรู้และมีเสรีภาพกำหนดวิถีการดำรงชีวิตของตนในทิศทางที่ต้องการ มนุษย์ทุกคนมีศักยภาพที่มีคุณค่าอยู่ในตัวเอง ทำให้สามารถฝึกหัดและพัฒนาตนได้ในเกือบทุกเรื่อง สอดคล้องกับคำกล่าวของ Phanit (2013) ที่ว่าหากผู้เรียนต้องการเรียนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพสูง (excellence) ผู้เรียนต้องพร้อมที่จะเผชิญความท้าทายที่ยาก ในการพัฒนานวัตกรชุมชน สมาชิกของชุมชนต้องฝึกอบรมการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรท้องถิ่น จำนวน 15 ชั่วโมง และการอบรมการใช้เทคโนโลยีในการจัดการนวัตกรรมชุมชน จำนวน 15 ชั่วโมง โดยมีเพื่อนกลุ่มสมาชิกยืนเคียงข้างและคอยช่วยเหลือ นวัตกรชุมชนมีเป้าหมายของการแปลงเปลี่ยน (Transformation) โดยนวัตกรรมเชิงพื้นที่ ได้แก่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรย์ไล่ยุง โลชั่นกันยุง ตะไคร้หอม และเทียนหอม การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันเหลืองสมุนไพร และลูกประคบโดยห่อด้วยผ้ามัดย้อม ทำให้

นวัตกรมีขีดความสามารถ (empowerment) ในการแปลงเปลี่ยนด้วยตนเอง จากสภาพเดิมให้เปลี่ยนสู่ สภาพใหม่ที่ดีกว่าอย่างต่อเนื่อง นวัตกรในชุมชนจึงจำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อร่วมกระบวนการแปลงเปลี่ยนของชุมชนด้านกายภาพ คือ สมุนไพรของท้องถิ่น วัฒนธรรมคือภูมิปัญญาที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น และการดำรงชีพเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยการสร้างมูลค่าในการใช้ทรัพยากร การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์คือการพัฒนานวัตกรจึงส่งผลดีต่อการดำเนินงานของชุมชนในระยะยาวและทำให้การพัฒนาชุมชนเป็นไปอย่างยั่งยืนมากกว่าการพัฒนาด้วยวิธีอื่น (Rylatt and Lohan, 1995)

2. การเพิ่มอัตราการเติบโตของมูลค่าเศรษฐกิจฐานรากและมูลค่าสินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชน พบว่าชุมชนนวัตกรรมกลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด (ชะอวด) และชุมชนนวัตกรรมกลุ่มศูนย์เรียนรู้เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบบ้านไสเหนือ มีสัดส่วนรายได้จากงานวิจัย 21.5% และ 41.36% ซึ่งสูงกว่าค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้เป็นเพราะได้มีการเพิ่มช่องทางการตลาดโดยนำไปวางจัดจำหน่าย ณ ชุมชนอื่น การจัดจำหน่ายในการออกบูธงานต่าง ๆ และยังมีการจัดจำหน่ายสินค้าผ่านทางหน้าเพจเฟซบุ๊คของแต่ละชุมชนผ่านทางสื่อสังคมออนไลน์ รวมทั้งสินค้าจากชุมชนต่าง ๆ นำมาจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่ร้านของกินของฝาก วิสาหกิจชุมชน OTOP นครศรีธรรมราช ซึ่งช่องทางการตลาดเป็นกลยุทธ์การจัดจำหน่าย (place strategy) เพื่อกระจายสินค้าไปสู่มือผู้บริโภค ทำให้เกิดผลกำไรที่สูงขึ้น ช่องทางในการจัดจำหน่ายในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ การขายไปสู่มือผู้บริโภคโดยตรงและการขายผ่านพ่อค้าคนกลาง ซึ่งสองวิธีนี้มีข้อแตกต่างคือการขายตรงไปสู่มือผู้ใช้สินค้าจะได้กำไรที่มากกว่า ในขณะที่การขายผ่านพ่อค้าคนกลางจะช่วยในเรื่องของยอดการจำหน่ายที่สูงขึ้นอันมีผลมาจากเครือข่ายที่พ่อค้าคนกลางได้วาง เอาไว้นั่นเอง (Srichannil, 2010) ส่วนชุมชนนวัตกรรมกลุ่มสมุนไพรบ้านถ้ำตลอด และชุมชนนวัตกรรมกลุ่มศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ยและมีสัดส่วนรายได้จากงานวิจัย 4.10% และ 3.41ซึ่งต่ำกว่าค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้เป็นเพราะทั้ง 2 ชุมชน ต้องปิดชุมชนเนื่องจากมีการระบาดของโรค COVID-19 ทำให้การดำเนินงานของกลุ่มต้องหยุดชะงัก หากสถานการณ์ดีขึ้นคาดว่า จะเป็นแหล่งท่องเที่ยวของชุมชนและสามารถเพิ่มการจำหน่ายได้

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาขีดความสามารถในการจัดการตนเองของชุมชนด้วยการแปรรูปพืชสมุนไพรเพื่อยกระดับรายได้ชุมชนตามอัตลักษณ์ท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยพัฒนาสมรรถนะด้วยการฝึกอบรม สามารถพัฒนา นวัตกรชุมชนรวม 13 คน กลุ่มศูนย์เรียนรู้เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบบ้านไสเหนือ พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันเหลืองสมุนไพร และลูกประคบโดยห่อด้วยผ้ามัดย้อม สร้างนวัตกรต้นแบบจำนวน 4 คน อยู่ในระดับ 3 ดาว จำนวน 1 คน และระดับ 2 ดาว จำนวน 3 คน กลุ่มศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ย พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันนวดจากสมุนไพร 17 ชนิด นำน้ำสมุนไพรที่เหลือและกากเหลือของพืชสมุนไพรมาทำสบู่ก้อนและลูกประคบ ต่อยอดพัฒนาความหลากหลายของบรรจุภัณฑ์แชมพูว่านสาวหลง สร้างนวัตกรต้นแบบ จำนวน 3 คน อยู่ในระดับ 3 ดาว จำนวน 1 คน และระดับ 2 ดาว จำนวน 2 คน กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด (ชะอวด) พัฒนาผลิตภัณฑ์สเปร์ไล่ยุง โลชั่นกันยุงตะไคร้หอม และเทียนหอม สร้างนวัตกรต้นแบบจำนวน 2 คน อยู่ในระดับ 1 ดาว กลุ่มสมุนไพรบ้านถ้ำตลอด ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของพืชสมุนไพร นำมาทำเป็น

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรพร้อมชง ถุงหอม น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น และลูกประคบ สร้างนวัตกรต้นแบบจำนวน 3 คน อยู่ในระดับ 3 ดาว จำนวน 1 คน และระดับ 2 ดาว จำนวน 3 คน ทำให้ชุมชนมีความสามารถในการจัดการตนเอง โดยการสืบสานองค์ความรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีได้เกิดความยั่งยืนและก่อให้เกิดชุมชนชนที่มีนักคิด นักปฏิบัติในชุมชน และสร้างงานอาชีพได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากหน่วยบริหารและจัดการทุนวิจัยและนวัตกรรมด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ชุมชนนวัตกรรม (FS20) มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และขอขอบคุณผู้นำชุมชน กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมชะอวด กลุ่มศูนย์การเรียนรู้เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบบ้านไสเหนือ กลุ่มศูนย์การเรียนรู้คุ้มตาหนุ่ย และกลุ่มสมุนไพรบ้านถ้ำตลอด และสมาชิกกลุ่มทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรมต่าง ๆ เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

Baimai, W. 2005. **Biodiversity: Thai Culture and Society.** Bangkok: Chuan Printing Press. 224 p.

Jiewju, N., T. Sibunnan, P. Buaphan, C. Sirikitsathien, W. Jangmo and C. Numai. 2016. **Product Model Development to Add Value to Products of the OTOP Group (OTOP) and Enterprise Group Management Small Community**. pp. 403-415. In Report from the 3rd National Academic Conference. Kamphaeng Phet: Research and Development Institute Kamphaeng Phet Rajabhat University.

Jintrawet, A. 2018. Spatial innovations for transformative and empowering sustainable agricultural livelihood in Thailand: A community-relevant conceptual framework. **HONKAEN AG R.J.** 46(2); 419-428.

Khung Kraben Bay Development Study Center As a Result of the Royal Initiative. 2013. **Knowledge on Herbal Processing**. Chanthaburi: Khung Kraben Bay Development Study Center As a Result of the Royal initiative. 51 p.

Phanit, W. 2013. **Enjoy Learning in the 21st Century**. Nonthaburi: SR Printing Mass Products. 388 p.

Ratanacharoenchai C., K. Chaiwong, N. Pitiniyomrot, W. Yodpan and P. Buajai. 2019. Upgrading of Poo Kao medicinal plants to OTOP products. **Journal of Social Serving University** 3(1): 19-29.

Rylatt, A. and K. Lohan, 1995. **Creating Training Miracles**. Sydney: Prentice Hall. 341 p.

Srichannil S. 2010. **Marketing strategies for entrepreneurs in small and medium sized enterprises in Bang Kuay, Nonthaburi province**. Research Report. Bangkok: Ratchaphruek College. 77 p.

ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่
Factors Affecting self-Sufficiency of the Pradu Hang Dam Chiang Mai Native Chicken Farmer Network

วุฒิชัย ลัดเครือ[*] รัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย ผานิตย์ นาขยัน และปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร

Vuttichai Ladkruea[*], Ratchanon Somboonchai, Phanit Nakayan and Pathipan Sutigoolabud

สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Geosocial Based Sustainable Development Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: chalee29@gmail.com

Abstract

A study of factors affecting self-reliance of 45 farms of the Pradu Hang Dam Chiang Mai native chicken farmer network was conducted in Chiang Mai, Lamphun and Phrae provinces. To study the context of the Pradu Hang Dam Chiang Mai native chicken farmer network related to self-sufficiency. to study management production and productivity of the Pradu Hang Dam Chiang Mai native chicken farmers network and to analyze the factors affecting the self-sufficiency of the Pradu Hang Dam Chiang Mai native chicken farmer network.

The results of the study revealed that the farmers in the the Pradu Hang Dam Chiang Mai native chicken farmer network were raising chickens as a supplementary occupation and this was a family business. The method was to buy chicks for fattening and sell. Productivity was production are balanced by network management methods. Network relations can strengthen farmers in the Pradu Hang Dam Chiang Mai native chicken farmer network to be able to self-reliant. When studying the factors affecting the ability to be self-reliant by analyzing multiple regression analysis, it was found that: 1) leadership factors; 2) knowledge factor and 3) organization management factor were 3 factors that affect the self-reliance ability of Pradu Hang Dam Chiang Mai native chicken farmer network statistically significant at 95 percent confidence

Keywords: self-sufficiency, farmer network, farmer institute, native chicken, Pradu Hang Dam Chiang Mai native chicken

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ จำนวน 45 ฟาร์ม ดำเนินการศึกษาในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน และจังหวัดแพร่ เพื่อศึกษาบริบทของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ที่เกี่ยวข้องกับการพึ่งตนเอง เพื่อศึกษาการบริหารจัดการ การผลิตและผลผลิตของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ และเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเองของ เครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่

จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ ประกอบอาชีพเลี้ยงไก่เป็นอาชีพเสริม ด้วยแรงงานในครอบครัว ลักษณะการเลี้ยง คือ การซื้อไก่มาเลี้ยงขุนและจำหน่าย ปริมาณผลผลิตและการผลิตมีความสมดุล ด้วยวิธีการบริหารระบบเครือข่าย สร้างความเข้มแข็งให้กับเกษตรกรเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ ให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ และเมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเอง ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) พบว่า ปัจจัยด้านผู้นำ ปัจจัยด้านความรู้ และปัจจัยด้านการจัดการองค์กร คือ 3 ปัจจัยที่มีผลความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คำสำคัญ: การพึ่งตนเอง เครือข่ายเกษตรกร สถาบันเกษตรกร ไก่พื้นเมือง ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่

คำนำ

ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม เนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์มีความเหมาะสม คือ มีความอุดมสมบูรณ์ทั้ง ดิน น้ำ ป่า การเกษตรยังมีความสำคัญในระบบเศรษฐกิจสังคมไทย เพราะเกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นอยู่คนจำนวนมาก และเมื่อมองเศรษฐกิจที่เป็นจริงแบบเชื่อมโยงกัน คนไทยส่วนใหญ่ รวมทั้งภาคอุตสาหกรรม การค้า การบริการ ยังพึ่งพาอาหารและรายได้ที่หมายถึงอำนาจซื้อจากภาคเกษตรอยู่มาก แต่การที่เกษตรกรไทยส่วนใหญ่ยังมีฐานะยากจน เนื่องจากเกษตรกรต้องซื้อปัจจัยการผลิตที่ราคาสูง ขาดข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ในการวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับการตลาด การขาดอำนาจต่อรองกับพ่อค้าคนกลางหรือผู้รับซื้อผลผลิต ตลอดจนขาดที่ปรึกษาให้คำแนะนำทั้งในด้านการผลิตและการตลาด

การดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยหน่วยงานภาครัฐ ได้กำหนดเป็นแผนพัฒนาการเกษตรในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ยุทธศาสตร์ที่ 1 สร้างความเข้มแข็งให้กับเกษตรกรและสถาบันเกษตรกร คือการส่งเสริมการรวมกลุ่มเป็นสถาบันเกษตรกรเพื่อให้พึ่งพาตนเองได้ มีความมั่นคงและภาคภูมิใจในการประกอบอาชีพเกษตรกรรม รวมทั้งพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรและสถาบันเกษตรกร ส่งเสริมการพัฒนาองค์ความรู้สู่เกษตรกรมืออาชีพให้สามารถบริหารจัดการฟาร์มแบบครบวงจรตั้งแต่การผลิต แปรรูป และการตลาด ตลอดจนสร้างการรวมกลุ่มเกษตรกรให้เข้มแข็งและสามารถเชื่อมโยงเครือข่ายของเกษตรกร และสถาบันเกษตรกรได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การรวมกลุ่มเกษตรกรมีทั้งกลุ่มที่ประสบความสำเร็จ สามารถพึ่งตนเองได้ และกลุ่มที่ไม่ประสบผลสำเร็จ ดังนั้นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการพึ่งตนเองของกลุ่มเกษตรกรจึงเป็นเรื่องที่สนใจและควรเผยแพร่

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นหน่วยงานทำหน้าที่ดูแลและควบคุมการเลี้ยงสัตว์ ทั้งด้านสุขภาพ การบำบัดโรค การบำรุงพันธุ์ การควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ สถานพยาบาลสัตว์ โรคระบาดสัตว์ ไปจนถึงการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสัตว์ โดยมีเป้าหมายมุ่งเน้นไปที่การส่งเสริมสถาบันเกษตรกรให้พึ่งพาตนเองได้ ซึ่งที่ผ่านมากรมปศุสัตว์ได้ทำงานวิจัยด้านการอนุรักษ์และพัฒนาแหล่งพันธุกรรมสัตว์โดยเฉพาะสัตว์พื้นเมือง เช่น ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 เพื่อพัฒนาไก่ให้เป็นไก่พันธุ์แท้ ที่มีลักษณะภายนอกสม่ำเสมอเป็นเอกลักษณ์ประจำพันธุ์สามารถใช้จำแนกพันธุ์ได้และได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ภาคเหนือเลี้ยงเป็นอาชีพ รวมถึงขยายพันธุ์ จนประสบความสำเร็จ มีการรวมกลุ่มผู้เลี้ยงไก่เกิดขึ้น เพิ่มจำนวนเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ทุกปี (Samonchitti, 2012)

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลและเผยแพร่เป็นแนวทางในการพัฒนากลุ่มเกษตรกรอื่นๆ ให้บรรลุเป้าหมายของการพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืน สร้างความเข้มแข็งจากเศรษฐกิจฐานรากอันจะเป็นพื้นฐานสำคัญของการเจริญของเศรษฐกิจภาพรวมของประเทศไทยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ดำเนินการวิจัย

เครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ ที่ขึ้นทะเบียนกับศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน จังหวัดแพร่

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียน เครือข่ายผู้เลี้ยงสัตว์ปีกของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์จำนวน 45 ฟาร์ม ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน จังหวัดแพร่

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ใช้แบบสอบถามร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยการลงพื้นที่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ และประมวลผลความสัมพันธ์ของข้อมูล

ผลการวิจัย

1. การศึกษาบริบทของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ที่เกี่ยวข้องกับการพึ่งตนเอง

เกษตรกรเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ จำนวน 45 ราย อยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน และจังหวัดแพร่ มีเกษตรกรจำนวน 18 ราย (ร้อยละ 40) เลี้ยงไก่เป็นอาชีพหลัก และ 27 ราย (ร้อยละ 60) เลี้ยงไก่เป็นอาชีพเสริม เกษตรกร 34 ราย (ร้อยละ 75.56) ทำฟาร์มไก่ขุน และ 11 ราย (ร้อยละ 24.44) เป็นฟาร์มไก่ขุนและพ่อแม่

พันธุ์ สำหรับเกษตรกรที่เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ จะมีพ่อพันธุ์จำนวน 50 ตัว แม่พันธุ์ 500 ตัว สามารถผลิตลูกไก่ได้สัปดาห์ละ 1,000 ตัว เพื่อจำหน่ายสู่ฟาร์มไก่ขุนทั้งในและนอกเครือข่ายฯ โดยนิยมเลี้ยงขั้นต่ำ จำนวน 500 ตัว เป็นเวลา 60 – 70 วัน เพื่อให้ได้ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ตามมาตรฐาน ขนาดน้ำหนัก 1.2 – 1.4 กิโลกรัม จึงสามารถส่งขายและเข้าสู่กระบวนการเชือดเพื่อจำหน่าย

2. การบริหารจัดการ การผลิตและผลผลิตของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่

จากการศึกษาการบริหารจัดการ การผลิตและผลผลิตของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ วิเคราะห์ตามหลักการ 4M ได้แก่ แรงงาน (Man) เงิน (Money) ด้านวัสดุหรือวัตถุดิบ (Material) และการจัดการ (Management) รวมถึงผลผลิต (product) พบว่า

2.1 แรงงาน (Man)

แรงงานภายในฟาร์ม จำนวน 1 - 2 คน เป็นคนในครอบครัว ใช้เวลาในการทำงานต่อวัน1 - 2 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของฟาร์ม สำหรับสวัสดิการด้านสุขภาพ พบว่า เกษตรกรจำนวน 28 ราย(ร้อยละ 62.22) ใช้สิทธิ์โครงการหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้าจำนวน 17 ราย(ร้อยละ 37.78) ใช้สิทธิ์ประกันสังคม

จาก Table 1 พบว่า การพัฒนาแรงงานด้านความรู้ ทักษะ และวางแผน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลกับงาน เกษตรกรใช้วิธีพัฒนาความรู้จาก ผู้นำเครือข่าย นักวิชาการ การฝึกอบรมของหน่วยงานราชการ เพื่อนร่วมอาชีพ และศึกษาจากอินเตอร์เน็ต ตามลำดับ

Table 1 Level of importanceof knowledge development method

Knowledge development method	Level of importance
Training as recommended by government agencies	4.00 ± 0.80
Consult with academics specialist in raising native chicken	4.07 ± 0.81
Consult the leader of native chicken farmer network.	4.13 ± 0.66
Consulting members of native chicken farmer network	3.96 ± 0.60
Learn from the internet	3.51 ± 0.84

Note:1 is the least and 5 is the largest.

2.2 ด้านเงิน (Money)

จาก Table 2 พบว่า การบริหารเงินทุน เกษตรกร 27 ราย (ร้อยละ 60) ใช้เงินส่วนตัวและเงินกู้เพื่อลงทุนทำอาชีพเลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ในด้านโครงสร้างอาคาร วัสดุอุปกรณ์ และเงินทุนหมุนเวียน ซึ่งเกษตรกร 34 ราย (ร้อยละ 75.56) เลี้ยงไก่ขุน มีรายได้เฉลี่ยเดือนละ 6,511.76 บาท (ร้อยละ 34.17)

Table 2 Type of investment

Type of investment	Quantity (person)	Percentage
Personal money	9	20
Loan	9	20
Personal money and loan	27	60

จาก Table 3 พบว่า เกษตรกร 34 ราย (ร้อยละ 75.56) ทำฟาร์มไก่ขุน สร้างรายได้เฉลี่ย 6,511.76 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 34.17 ของต้นทุน) เกษตรกร 4 ราย (ร้อยละ 8.89) ทำฟาร์มไก่ขุนร่วมกับฟาร์มพ่อแม่พันธุ์แบบมีตู้ฟักไข่ สร้างรายได้เฉลี่ย 50,437.50 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 48.32 ของต้นทุน) เกษตรกร 3 ราย (ร้อยละ 6.67) ทำฟาร์มไก่ขุนร่วมกับฟาร์มพ่อแม่พันธุ์แบบไม่มีตู้ฟักไข่ สร้างรายได้เฉลี่ย 20,606.67 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 46.74 ของต้นทุน) เกษตรกร 3 ราย (ร้อยละ 6.67) ทำฟาร์มพ่อแม่พันธุ์แบบไม่มีตู้ฟักไข่ สร้างรายได้เฉลี่ย 15,000 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 45 ของต้นทุน) และเกษตรกร 1 ราย (ร้อยละ 2.22) ทำฟาร์มพ่อแม่พันธุ์แบบมีตู้ฟักไข่ สร้างรายได้เฉลี่ย 30,000 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 50 ของต้นทุน)

Table 3 Position in the production chain

Position in the production chain	Quantity (person)	Percentage of quantity	Average net income/month (Baht)	Percentage of net income/month
Fattening chicken farm	34	75.56	6,511.76	34.17
The parent farm does not have an incubator.	3	6.67	15,000.00	45.00
The parent farm has an incubator.	1	2.22	30,000.00	50.00
Fattening chicken farm, parent farm without incubator	3	6.67	20,606.67	46.74
Fattening chicken farm, parent farm with incubator	4	8.89	50,437.50	48.32

2.3 ด้านวัสดุหรือวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Material)

การเลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่นั้น ต้นทุนที่สำคัญคือ ลูกไก่ และ อาหารไก่ ซึ่งจาก Table 4 พบว่า เกษตรกร 30 ราย (ร้อยละ 73.33) ซื้อลูกไก่จากผู้ขายภายในเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่

Table 4 Supply chicken

Supply chicken	Quantity (person)	Percentage
Self-produced	3	6.67
Self-produced. Purchase from vendors within the chicken farm network	5	11.11
Purchase from seller within the native chicken farmer network	30	73.33
Purchase from seller outside of the native chicken farmer network	5	11.11
Purchase from sellers within native chicken farmer network, Government agencies	1	2.22
Self-produced, purchase from seller within the native chicken farmer network, purchase from seller outside of the native chicken farmer network, government agencies	1	2.22

จาก Table 5 พบว่า เกษตรกร 23 ราย (ร้อยละ 51.11) ซื้ออาหารไก่จากร้านขายอาหารสัตว์ทั่วไป รองลงมาคือ เกษตรกร 14 ราย ซื้ออาหารไก่จากผู้ขายภายในเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่

Table 5 Supply animal feed for chickens

Place of sale animal feed for chickens	Quantity (person)	Percentage
The animal feed store	23	51.11
Pradu Hang Dam Chiang Mai chicken farmer network shop	14	31.11
Animal feed store and Pradu Hang Dam Chiang Mai chicken farmer	4	8.89
Local forage and Pradu Hang Dam Chiang Mai chicken farmer	1	2.22
Animal feed store and local forage	1	2.22
Self-produced animal feed, animal feed store and local forage	1	2.22
Self-produced animal feed	1	2.22

2.4 ด้านการจัดการ (Management)

ด้านการจัดการ จาก Table 6 พบว่า เกษตรกร จำนวน 45 ราย มีการวางแผนการผลิต โดยแบ่งเป็น การวางแผนแบบมีบันทึก จำนวน 13 ราย (ร้อยละ 28.89) และการวางแผนแบบไม่มีการบันทึก จำนวน 32 ราย (ร้อยละ 71.11) และการจัดการด้านมาตรฐานการผลิต

Table 6 Production planning

Production planning	Quantity (person)	Percentage
Not clearly documented	32	71.11
Clearly documented	13	28.89

จาก Table 7 พบว่า เกษตรกร 5 ราย (ร้อยละ 11.11) ได้รับมาตรฐานฟาร์ม GAP เกษตรกร 16 ราย (ร้อยละ 35.56) ได้รับมาตรฐานฟาร์ม GFM เกษตรกร 11 ราย (ร้อยละ 24.44) ได้รับมาตรฐานฟาร์ม GAP และ GFM เกษตรกร 5 ราย (ร้อยละ 11.11) อยู่ระหว่างดำเนินการขอรับมาตรฐาน GAP และ เกษตรกร 8 ราย (ร้อยละ 17.78) ยังไม่ได้ขอรับมาตรฐานฟาร์ม จากกรมปศุสัตว์

Table 7 Farm standard

Farm standard	Quantity (person)	Percentage
GAP	5	11.11
GFM	16	35.56
GAP and GFM	11	24.44
Pending GAP request	5	11.11
Farm standards have not been processed.	8	17.78

2.5 ด้านผลผลิต (Product)

จาก Table 8 การวางแผนการผลิต พบว่า เกษตรกร 35 ราย (ร้อยละ 77.78) ประสบความสำเร็จตามแผนการผลิต เกษตรกร 10 ราย (ร้อยละ 22.22) ยังไม่สามารถผลิตได้ตามแผนแต่อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ และ

Table 8 Plans and productivity

Plans and productivity	Quantity (person)	Percentage
succeed	35	77.78
Failed but acceptable	10	22.22

จาก Table 9 ช่องทางการประชาสัมพันธ์ ไก่ประดำหางดำเชียงใหม่ พบว่า เกษตรกร 21 ราย (ร้อยละ46.67) มีแนวความคิดว่าการประชาสัมพันธ์ผ่านผู้ซื้อโดยการบอกต่อกัน เป็นการประชาสัมพันธ์ที่ดีที่สุด เกษตรกร 9 ราย (ร้อยละ 20) มีแนวความคิดว่าการออกร้านแสดงสินค้า เป็นการประชาสัมพันธ์ที่ดีรองลงมาในลำดับที่ 2 เกษตรกร 8 ราย (ร้อยละ 17.78) มีแนวความคิดว่าผู้นำเครือข่าย ช่วยประชาสัมพันธ์ที่ดีรองลงมาในลำดับที่ 3 เกษตรกร 5 ราย (ร้อยละ 11.11) มีแนวความคิดว่าการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์ ช่วยประชาสัมพันธ์ที่ดีรองลงมาในลำดับที่ 4 และเกษตรกร 2 ราย (ร้อยละ 4.44) มีแนวความคิดว่าสมาชิกเครือข่าย ช่วยประชาสัมพันธ์ที่ดีรองลงมาในลำดับสุดท้าย

Table 9 Public relations channel

Public relations channel	Quantity (person)	Percentage
Buyers told each other	21	46.67
Leader	8	17.78
Online PR	5	11.11
Member	2	4.44
Exhibition	9	20.00

3. ศึกษาปัจจัยที่ผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis)

การวิเคราะห์ปัจจัยที่ผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ แบบ Stepwise ซึ่งเป็นวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการโดยจะนำตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดเข้าเป็นสมการแรกและทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติ ถ้าพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็จะถือว่าสิ้นสุดการคัดเลือก แต่ถ้าพบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติก็จะคัดเลือกตัวที่มีความสัมพันธ์อันดับถัดไปเข้าสู่สมการ และทุกครั้งที่มีการนำตัวแปรอิสระตัวใหม่เข้าสมการจะต้องมีการตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทุกตัวที่อยู่ในสมการก่อนหน้านั้นทุกตัวยังควรอยู่ในสมการหรือไม่ ถ้าไม่ควรอยู่ก็จะถูกคัดออกก่อนแล้วค่อยคัดเลือกตัวแปรอิสระตัวที่มีความสัมพันธ์อันดับถัดไปเข้าสู่สมการ แต่ถ้าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็จะถูกคัดออก การคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการจะดำเนินการอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่มีตัวแปรอิสระใดถูกนำเข้าหรือคัดออกจากสมการจึงถือว่าสิ้นสุดการคัดเลือก

ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (Y) ดังนี้

X_1 หมายถึง ปัจจัยด้านผู้นำ

X_2 หมายถึง ปัจจัยด้านการจัดการองค์กร

X_3 หมายถึง ปัจจัยด้านเทคโนโลยี

X_4 หมายถึง ปัจจัยด้านการมีส่วนร่วม

X_5 หมายถึง ปัจจัยด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ

Y หมายถึง การพึ่งตนเองของเครือข่ายไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่

จาก Table 10 ผลการวิเคราะห์ พบว่าความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับปัจจัยด้านความรู้, ปัจจัยด้านผู้นำ และปัจจัยด้านจัดการองกร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสามารถสร้างสมการพยากรณ์เชิงเส้นตรงได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุคูณ สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณได้

Table 10 Multiple regression analysis results. Factors affecting self-sufficiency of the Pradu Hang Dam Chiang Mai native chicken farmer network using linear regression analysis

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6.197	1	6.197	77.561	0.000[b]
	Residual	3.435	43	0.080		
	Total	9.632	44			
2	Regression	7.310	2	3.655	66.130	0.000[c]
	Residual	2.322	42	0.055		
	Total	9.632	44			
3	Regression	7.551	3	2.517	49.591	0.000[d]
	Residual	2.081	41	0.051		
	Total	9.632	44			

a. Dependent variable: self-sufficiency

b. Predictors: (constant), knowledge factors

c. Predictors: (constant), knowledge factors, leadership factors

d. Predictors: (constant), knowledge factors, leadership factors, organizational management factors

* P<0.05

จาก Table 11 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ตัวแปรที่สามารถทำนายความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ (y) คือ ปัจจัยด้านผู้นำ (X_1) ปัจจัยด้านความรู้ (X_2) และปัจจัยด้านการจัดการองค์กร(X_3) ซึ่งสามารถทำนายความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ (y) ได้ร้อยละ 76.8 (Adjusted R^2=0.768)

ผู้วิจัยจึงได้นำค่าสัมประสิทธิ์ของตัวทำนายมาเขียนเป็นสมการทำนาย ความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ (y) โดยใช้คะแนนดิบ ดังนี้

$Y = 0.103 + 0.492X_1 + 0.325X_2 + 0.255X_3$

Table 11 The results of the analysis of self-sufficiency of the Pradu Hang Dam Chiang Mai Native Chicken Farmer Network were presented. by using Linear Regression Analysis

Model		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	0.507	0.420		1.207	0.234
	Knowledge Factors	0.970	0.110	0.802	8.807*	0.000
2	(Constant)	0.289	0.353		0.819	0.418
	Knowledge Factors	0.616	0.121	0.509	5.086*	0.000
	Leadership Factors	0.402	0.090	0.449	4.489*	0.000
3	(Constant)	0.103	0.349		0.294	0.770
	Knowledge Factors	0.492	0.129	0.406	3.804*	0.000
	Leadership Factors	0.325	0.093	0.363	3.496*	0.001
	Organizational Management Factors	0.255	0.117	0.233	2.177*	0.035
				r = 0.885	**Adjusted R^2 = 0.768**	
				R^2 = 0.784	**SE = 0.22529**	

* P<0.05

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ ดำเนินการในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน และจังหวัดแพร่ ได้ศึกษาบริบทที่เกี่ยวข้องกับการพึ่งตนเอง การบริหารจัดการ การผลิตและผลผลิตและวิเคราะห์ปัจจัยที่ผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ พบว่าเกษตรกรที่ประกอบอาชีพเลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ มีลักษณะการเลี้ยงเป็นอาชีพเสริม ร้อยละ 60 คือ เลี้ยงไก่ขุนจำนวนขั้นต่ำ 500 ตัว และเลี้ยงเป็นอาชีพหลัก ร้อยละ 40 คือ เลี้ยงไก่ขุน ร่วมกับการทำกิจกรรมอื่น เช่น

การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์เพื่อจำหน่ายลูกไก่ ซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องมือ เครื่องจักร เงินทุนและเวลาในการทำงานต่อวันมากขึ้น สาเหตุที่เกษตรกรเลือกทำอาชีพเลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ เนื่องจากต้องการมีรายได้เสริม ใช้เวลาทำงานเพียง 1–2 ชั่วโมงต่อวัน และใช้แรงงาน 1–2 คน ให้ผลผลิตเร็ว คือ เลี้ยงไก่ขุน 70–75 วัน ก็สามารถส่งจำหน่ายได้ เหมาะสมกับลักษณะครอบครัวเกษตรกรไทยในปัจจุบัน

การบริหารจัดการการผลิตและผลผลิตของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ พบว่า มีการแบ่งโครงสร้างองค์กรตามลักษณะหน้าที่ในห่วงโซ่การผลิต คือ ฟาร์มไก่ขุน, ฟาร์มพ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตลูกไก่ และการผลิตตู้ฟักไข่ สำหรับเครือข่ายเกษตรกรรุ่นใหม่ จะต้องเริ่มจากการทำฟาร์มไก่ขุน เรียนรู้วิธีการเลี้ยงและบริหารฟาร์มภายใต้คำแนะนำของผู้นำกลุ่ม สมาชิกเครือข่าย และผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐ เมื่อมีความชำนาญในอาชีพ จึงขยายขนาดของฟาร์ม เช่น จาก ไก่ขุน 500 ตัวต่อรอบการผลิต ไล่ระดับไปจนถึง 3,000 ตัวต่อรอบการผลิต หรือพัฒนาเป็นฟาร์มพ่อแม่พันธุ์ การบริหารจัดการสมาชิกเครือข่ายลักษณะนี้จะช่วยให้สามารถควบคุมปริมาณและคุณภาพผลผลิตได้อย่างดี เมื่อนำหลักการของการบริหาร 4 M และ 1 P มาวิเคราะห์เครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ พบว่า

1. ด้านแรงงาน (Man)

เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ มีวิธีการพัฒนาบุคลากรที่เชี่ยวชาญ มีความรู้ ความเข้าใจในทักษะการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ ผ่านกระบวนการให้คำปรึกษา โดยนักวิชาการกรมปศุสัตว์, นักวิชาการมหาวิทยาลัย, ผู้นำเครือข่าย, เพื่อนสมาชิกเครือข่ายที่มีประสบการณ์ รวมถึงการเข้ารับการฝึกอบรมเพิ่มพูนองค์ความรู้อย่างต่อเนื่อง โดยการสนับสนุนจากองค์กรภาครัฐและเอกชน

2. ด้านเงินทุน (Money)

ด้วยประสบการณ์ การเป็นสมาชิกสหกรณ์เครดิตยูเนียน ของนายซิมโอน ปัญญา ผู้นำเครือข่าย ซึ่งเป็นสถาบันการเงินที่สมาชิกเป็นเจ้าของและบริหารงานโดยสมาชิก มีจุดประสงค์ในการระดมเงินออมเพื่อใช้สำหรับเป็นทุนให้บริการแก่สมาชิกในรูปแบบของสินเชื่อโดยคิดอัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสมนั้น ทำให้เป็นพื้นฐานในการวางระบบ การลงทุนที่เหมาะสมสำหรับสมาชิกเครือข่าย มีการแบ่งขนาดของฟาร์มตามศักยภาพของเกษตรกร เช่น ผู้เลี้ยงรายใหม่ ทางกลุ่มจะแนะนำให้เลี้ยงไก่ขุน เริ่มต้น 500 ตัว ปฏิบัติตามวิธีการเลี้ยงตามหลักวิชาการ จัดทำระบบบัญชีเพื่อควบคุมค่าใช้จ่าย รายได้สุทธิต่อการผลิต 1 รอบ อยู่ที่ 5,000 บาท สอดคล้องกับ Wongsansri (2019) ที่พบว่า ต้นทุนการผลิตลูกไก่ขุนประดู่หางดำพันธุ์แท้และต้นทุนไก่ขุนเฉลี่ยรวม 76.18 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเลี้ยง 250-300 ตัว จะมีกำไรสุทธิ 4,142 บาทต่อรุ่น

3. ด้านวัสดุหรือวัตถุดิบ (Material)

เครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ มีระบบกระจายความเสี่ยง สร้างแหล่งผลิตลูกไก่จากหลายแหล่งในพื้นที่ภาคเหนือ รวมถึงพื้นที่อื่นๆ ทำให้สามารถป้องกันปัญหา ลูกไก่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของเครือข่ายหรือความเสี่ยงจากโรคระบาดสัตว์

ในด้านสุขภาพสัตว์ มีการวางมาตรฐานการเลี้ยงเป็นกรอบ คือ มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP) หมายถึง แนวทางในการทำการเกษตร ปศุสัตว์ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีและปลอดภัยตามมาตรฐานที่กำหนด โดยขบวนการผลิตจะต้อง ปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้บริโภค หรือ ฟาร์มที่มีระบบการ

ป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม” (Good Farming Management: GFM) หมายความว่า ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ที่ยกระดับการเลี้ยง การจัดการให้มีความปลอดภัยทางชีวภาพ ระบบการบันทึกข้อมูล การพัฒนาคุณภาพผลผลิต เพื่อให้ได้ปศุสัตว์และผลผลิตที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ด้านอาหารสัตว์ เกษตรกรเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ เรียนรู้การพัฒนาอาหารสัตว์ด้วยงานวิจัยเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพราะอาหารสัตว์คือต้นทุนหลัก รวมถึงการรวมกลุ่มเพื่อซื้ออาหารในปริมาณมาก จึงได้ราคาต่ำ

4. ด้านการจัดการ (Management)

ด้านการจัดการ พบว่า มีการวางแผนผลิต ทั้งในแบบที่มีเอกสารชัดเจนและไม่มีเอกสารชัดเจน แต่มีการกำหนดเป้าหมายการผลิตร่วมกัน ระหว่าง ผู้นำและสมาชิกในเครือข่าย เพื่อป้องกันปัญหาสินค้าล้นตลาด รวมถึงการพัฒนามาตรฐานฟาร์ม ให้มีความปลอดภัย ข้อมูลพบว่า เครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ ร้อยละ 71 ได้รับมาตรฐานฟาร์ม GFM และ GAP ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการยกระดับการผลิตสู่สินค้าปลอดภัยได้ พร้อมเข้าสู่ระบบการแข่งขัน บนพื้นฐานความเข้มแข็งที่มาจากการพึ่งตนเองสอดคล้องกับ Chuchot (2020) รายงานว่า กรมปศุสัตว์มีการพัฒนาระบบการผลิตไก่พื้นเมืองไทยสู่ระบบฟาร์มอย่างจริงจังมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 มีฟาร์ม/เกษตรกรร่วมเป็นเครือข่ายผู้ผลิต ทำให้มีไก่พื้นเมือง/ลูกผสมพื้นเมืองออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่อง มีการวิจัยพัฒนาระบบการเลี้ยงการผลิตของเกษตรกรตามมาตรฐานของกรมปศุสัตว์ เพื่อให้เข้าสู่การเป็นอาหารปลอดภัย (Food safety) ต่อผู้บริโภค เริ่มตั้งแต่ฟาร์มเลี้ยงไก่จนถึงโรงชำแหละไก่ ผลที่คาดว่าจะได้รับ ได้แก่ การพัฒนาการเลี้ยงขุนไก่พื้นเมืองให้เข้าสู่ระบบมาตรฐานฟาร์ม ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่พื้นเมืองประดู่หางดำเชียงใหม่ที่ถูกสุขลักษณะและสุขอนามัยเหมาะสมต่อประชาชนในมาตรฐานเพื่อให้เป็นไปตาม GAP

5. ด้านผลผลิต (Product)

ผลผลิต ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ เช่น ลูกไก่, ไก่ขุน และไก่ชำแหละ มีการวางแผนผลิตตามแนวโน้มความต้องการตลาด ซึ่งจากการตอบแบบสอบถาม พบว่า ร้อยละ 77.78 ประสบความสำเร็จตามแผนงานที่ตั้งไว้ คือ สามารถผลิตได้ตามที่ตลาดต้องการทั้งคุณภาพและปริมาณ ไม่ประสบปัญหาสินค้าล้นตลาด

ปัจจัยที่ผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเองของ เครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่

จากการศึกษา พบว่า ปัจจัยด้านผู้นำ ปัจจัยด้านความรู้ และปัจจัยด้านการจัดการองค์กร มีผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเองของ เครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ สอดคล้องกับ Jongwutiwes (2010) ที่พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานของธุรกิจชุมชน ของประชาชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด มี 4 ปัจจัย ดังนี้ ด้านผู้นำ ด้านการสร้างเครือข่ายด้านการบริหารและจัดการ และด้านคณะกรรมการกลุ่มและสอดคล้องกับ Jaisue (2016) พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการเป็นหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียงของหมู่บ้านศาลาศักดิ์และหมู่บ้านบ้านโคก มี 8 ปัจจัยเหมือนกัน ได้แก่ ปัจจัยด้านเทคโนโลยีด้านเศรษฐกิจ ด้านทรัพยากรธรรมชาติ ด้านจิตใจด้านสังคมวัฒนธรรม ด้านการมีส่วนร่วมด้านผู้นำหมู่บ้าน และด้านการสนับสนุนจากหน่วยงานรัฐ

จากข้อมูลแสดง พบว่า ความโปร่งใส ความเสียสละ ความมุ่งมั่น เป็นลักษณะสำคัญของผู้นำ ที่ทำให้เกิดความเชื่อมั่นของสมาชิก และสร้างบรรยากาศการทำงานเป็นทีมผ่านกระบวนการสื่อสารที่ชัดเจน บนข้อมูลความรู้ที่ถูกต้อง จึง

นำไปสู่การขับเคลื่อน กิจกรรมของเครือข่ายไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ภายใต้การบริหารจัดการอย่างเป็นระบบ มีภูมิคุ้มกันพร้อมสำหรับการแข่งขัน

การรวมกันเป็นองค์กร เครือข่าย ตามกฎหมาย ทำให้โอกาสเข้าถึงบริการของรัฐมีมากขึ้น การบริหารจัดการอย่างเป็นระบบ ร่วมกันพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทของกลุ่ม เช่น ตู้ฟักไข่สำหรับไก่พื้นเมือง องค์ความรู้ด้านอาหารสัตว์จากวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น และองค์ความรู้ด้านสุขภาพสัตว์ ส่งผลดีต่อความเข้มแข็งของกลุ่มในด้านพึ่งพาตนเอง สอดคล้องกับพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตรในพิธีพระราชทานปริญญาบัตรของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ณ หอประชุมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันศุกร์ ที่ 19 กรกฎาคม 2517 ความว่า "...การช่วยเหลือสนับสนุนประชาชนในการประกอบอาชีพและตั้งตัวให้มีความพอกินพอใช้ก่อนอื่นเป็นสิ่งสำคัญยิ่งยวด เพราะผู้มีอาชีพและฐานะเพียงพอที่จะพึ่งพาตนเองได้ ย่อมสามารถสร้างความเจริญในระดับสูงขั้นต่อไป..."

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัย พบว่า เกษตรกรเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ 45 ฟาร์ม ร้อยละ 60 ประกอบอาชีพเลี้ยงไก่เป็นอาชีพเสริม ด้วยแรงงานในครอบครัว ลักษณะการเลี้ยงคือการซื้อไก่มาเลี้ยงขุนและจำหน่าย ปริมาณผลผลิตและการผลิตมีความสมดุลด้วยวิธีการบริหารระบบเครือข่าย สร้างความเข้มแข็งให้กับเกษตรกรเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ ให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ และเมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเอง ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) พบว่า ปัจจัยด้านผู้นำ ปัจจัยด้านความรู้ และปัจจัยด้านการจัดการองค์กร คือ 3 ปัจจัยที่มีผลความสามารถในการพึ่งพาตนเองของ เครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การประเมินระดับการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ พบว่า เครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่มีความพอใจ ด้านจิตใจ ด้านสังคม และด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในระดับ มาก- มากที่สุด และมีความพอใจ ด้านเทคโนโลยี และ ด้านเศรษฐกิจ ในระดับ ปานกลาง – มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เกษตรกรยังต้องการมีรายได้ที่มากขึ้น ต้องการพัฒนาความรู้ เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน อย่างไรก็ตาม ในด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และจิตใจ ถือว่าเกษตรกรมีความพอใจที่สามารถพึ่งพาตนเองได้ด้วยวิธีพึ่งพากันภายในเครือข่าย ในระบบกลุ่มเกษตรกร ทำให้เครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ สามารถสร้างรายได้ อย่างมั่นคงได้ แม้จะผ่านวิกฤติเศรษฐกิจ หรือ วิกฤติโรคระบาด ซึ่งแตกต่างจากอาชีพอื่นๆ โดยเฉพาะอาชีพที่ยึดโยงกับระบบอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการพึ่งพาตนเองของเครือข่ายผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลือ แนะนำ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.รัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผานิตย์ นาขยัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ขอน้อมสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีองค์นายกกิตติมศักดิ์และองค์ประธานกรรมการมูลนิธิชัยพัฒนา ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมพระราชทานทุนการศึกษา ในครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนและญาติพี่น้องทุกคนที่ช่วยเหลือสนับสนุนทั้งด้านกำลังใจด้วยดีตลอดมา นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งผู้เขียนไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด จึงขอขอบคุณทุกท่านเหล่านั้นไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คุณค่าทั้งหลายที่ได้รับจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทีแด่บิดามารดา และบูรพาจารย์ที่เคยอบรมส่งสอน รวมทั้งผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

Chaipattana Foundation. **Working principle**. [Online]. Available. http://www.rdpb.go.th/th/King (1 March 2021). [in Thai]

Chuchot, S. 2020. **Pradu Hang Dam Chiang Mai network of the department of livestock Development (12/2563)**. [Online]. Available https://secretary.dld.go.th/webnew/index.php/th/news-menu/dld-editorial-menu/6146-12-2563 (1 March 2021). [in Thai]

Jaisue, N. 2016. Factors related to the successful of sufficiency economy village. **Suthiparithat Journal** 30(96): 108-120. [in Thai]

Jongwutiwes, N. 2010. Factors affecting the success of community business management in Mueang district, Roi-et province. **RajabhatMahaSarakham University Journal** 4(2): 103-111. [in Thai]

Samonchitti, P. 2012. **National outstanding farmer in livestock (84/2012).** [Online]. Available https://extension.dld.go.th/webnew/index.php/th/service-menu/situation-of-livestock-economy/74-2012-03-05-03-57-33/press-release/396-842555 (1 March 2021). [in Thai]

Wongsansri, C. 2019. **The Strengthening of the Networking and Self-reliance of Pradu- Hang Dum Chicken Raising Group in Phan District, Chiang Rai Province**. Bangkok: Thailand Science Research and Innovation (TSRI). 60 p. [in Thai]

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

The Factors Affecting on the Development of Capabilities for Agricultural Characteristics of Farmers in Mueang La, Oudom Xay Province Lao People's Democratic Republic

อัมพร ผาสุก พหล ศักดิ์คะทัศน์* พุฒิสรรค์ เครือคำ และสายสกุล ฟองมูล

Amphone Phasouk, Phahol Sakkatat*, Phutthisun Kruekum and Saisakul Fongmul

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production

Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: Phahol@mju.ac.th

Abstract

Native chickens are considered to play an important role of protein sources consumption in the rural community, chicken meat and eggs are highly nutrition that low-income family can easily find in their households. Furthermore, native chicken rearing also be a great extra income channel for the rural community. Therefore, this study is objective to study the factors affecting the potential of native chicken rearing in knowledge and practice of farmers in Muang La district, Oudom Xay province, Laos People's Democratic Republic. Samples group in this study were selected 319 farmers who raised native chickens in Muang La district, Oudom Xay province. All selected farmers were evaluated by a set of questionnaires for evaluated the factors affecting the development of native chicken farming potential of farmers. Data were analysis by a multiple regression statistic with 15 independent variable factors which affecting the development of native chicken farming potential for farmers knowledge was 12.4% (R^2=0.124), the remaining 87.60% was influenced by other factors that were not determined in this research. Factors affecting the development of native chicken farming potential for farmers knowledge was found that all 15 independent variables were influenced by 21.80% of farmers' behavior with native chickens (R^2=0.218) and the remaining 78.20% were influenced by other factors that were not determined in this study

Keywords: native chicken farmers, farmers potential, native chickens

บทคัดย่อ

ไก่พื้นเมืองเป็นแหล่งโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาพื้นที่ชนบท โดยผู้มีรายได้น้อยสามารถนำเนื้อและไข่ไก่ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาบริโภคในครัวเรือน อีกทั้งยังเป็นช่องทางการสร้างรายได้เสริมให้แก่ชุมชนได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองในด้านความรู้และการปฏิบัติได้ตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในเมืองหลา แขวงอุดมซัย จำนวน 319 คน โดยใช้แบบสอบถาม ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรโดยสถิติถดถอยพหุ ซึ่งมีตัวแปรอิสระทั้งหมด 15 ตัวแปร ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองด้านความรู้ตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกร ตัวแปรอิสระทั้งหมด 15 ตัวแปร มีอิทธิพลต่อความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกรอยู่ร้อยละ 12.40 (R^2=0.124) ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 87.60 เป็นอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่ไม่ได้กำหนดในการวิจัยครั้งนี้ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองด้านการปฏิบัติตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกร พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมด 15 ตัวแปร มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะเกษตรที่ดีของเกษตรกรอยู่ร้อยละ 21.80 (R^2=0.218) ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 78.20 เป็นอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่ไม่ได้กำหนดในการวิจัยครั้งนี้

คำสำคัญ เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง ศักยภาพของเกษตรกร ไก่พื้นเมือง

คำนำ

ไก่พื้นเมืองเป็นสัตว์ปีกที่ประชาชนชาวลาวในพื้นที่ชนบทนิยมเลี้ยงไว้ตามบ้านเรือน เนื่องจากเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย มีความแข็งแรงและทนทานได้ทุกสภาพแวดล้อม โดยไก่จะสามารถคุ้ยเขี่ยหาอาหารกินได้เองตามธรรมชาติ จึงทำให้การเลี้ยงไก่พื้นเมืองมีต้นทุนการเลี้ยงที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นๆ อีกทั้งการเลี้ยงไก่พื้นเมืองยังเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญให้แก่คนในชนบท ซึ่งเนื้อไก่พื้นเมืองจะมีรสชาติดี มีโปรตีนและพลังงานสูง อีกทั้งยังมีปริมาณของไขมันและความชื้นที่ค่อนข้างต่ำ (Jaturasitha *et al*, 2008) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ได้ตอบสนองต่อกระแสความต้องการของผู้บริโภคที่ห่วงใยสุขภาพในยุคปัจจุบันได้เป็นอย่างดี และยังสามารถต่อยอดในการสร้างอาชีพเพื่อเป็นรายได้เสริมให้แก่คนในชุมชนได้อีกด้วย โดยมีข้อมูลรายงานว่า ประเทศที่กำลังพัฒนาส่วนใหญ่จะมีอัตราการบริโภคสัตว์ปีกถึงร้อยละ 20 ของปริมาณการบริโภคเนื้อสัตว์ทั้งหมดภายในประเทศ (Livelihood Improvement Project for Southern Mountainous and Plateau Areas of Lao PDR, 2014)

เมืองหลาเป็นเมืองที่มีเกษตรกรเลี้ยงไก่พื้นเมืองมากที่สุดในแขวงอุดมซัย ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 90 ของจำนวนครัวเรือนทั้งหมด ถึงแม้ว่าการเลี้ยงไก่จะอยู่คู่กับประชาชนชาวลาวมาช้านาน แต่การดำรงชีพของประชาชนส่วนใหญ่ยังคงใช้ชีวิตแบบเรียบง่ายตามวิถีธรรมชาติ ระดับการศึกษาและความรู้ทางด้านวิชาการต่างๆ มีค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ประชาชนยังคงยึดถือประเพณีนิยมแบบดั้งเดิมที่สืบทอดมาอย่างยาวนาน ซึ่งสิ่งเหล่านี้กลับถูกมองว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่

ชะลอการพัฒนาเศรษฐกิจ-สังคมในพื้นที่ชนบทของประเทศลาว โดยเฉพาะการรวมกลุ่มกันของเกษตรกรภายในชุมชน การจัดหาอาชีพที่มั่นคงและการแก้ไขปัญหาความยากจนของประชาชนในพื้นที่ชนบท การเลี้ยงไก่พื้นเมืองในเมืองหลาส่วนมากจะเป็นการเลี้ยงเพื่อบริโภคภายในครอบครัวแบบพออยู่พอกิน ส่วนใหญ่ยังคงเป็นระบบการเลี้ยงที่ยังไม่ได้มีการพัฒนาเท่าที่ควร และยังไม่มีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Agricultural and forestry Office La District, 2019) การเลี้ยงไก่พื้นเมืองโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 70- 80 ยังคงเป็นแบบปล่อยตามธรรมชาติ จำนวนไก่ที่เลี้ยงประมาณ 10-20 ตัวต่อครอบครัว ซึ่งแผนพัฒนากสิกรรม ป่าไม้ และพัฒนาชนนบท ปี ค.ศ. 2019 ของแขวงอุดมชัย ได้มีความพยายามเป็นอย่างมากในการที่จะพัฒนาความมั่นคงทางด้านอาหารของชุมชน โดยเฉพาะในด้านการทำปศุสัตว์และการประมง โดยมีการยกระดับวิธีการเลี้ยงให้เป็นระบบมากยิ่งขึ้น จากการเลี้ยงแบบวิถีธรรมชาติไปสู่การเลี้ยงที่มีการใช้หลักวิชาการและใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้าช่วย โดยในปี ค.ศ. 2019 พบว่าการเลี้ยงสัตว์ปีกของแขวงอุดมชัยมีเพียงร้อยละ 51 ซึ่งหากเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2018 มีปริมาณลดลงถึงร้อยละ 42.0 (Department of Agricultural and forestry Udomxay Province, 2019) เช่นเดียวกับเมืองหลา ซึ่งเป็นเมืองที่เกษตรกรเลี้ยงไก่มากที่สุดในแขวงอุดมชัย โดยในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม 5 ปี ครั้งที่ II สมัยที่ X (ค.ศ.2015-2019) ของเมืองหลาหน่วยงานการเลี้ยงสัตว์และสัตว์แพทย์ได้มีวางแผนงานที่จะต้องผลิตสัตว์ปีกให้ได้ 148,045 ตัว แต่สามารถทำได้เพียงร้อยละ 76.4 เมื่อเทียบกับปี 2014 ที่มีปริมาณลดลงร้อยละ 40.31 (Planning and Investment Office La District, 2019) จากข้อมูลข้างต้น แสดงให้เห็นว่าศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรมีปริมาณลดลงเป็นอย่างมาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกร ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปวางแผนปรับปรุงการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรให้ดีขึ้นต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง สมาชิกเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในเมืองหลา แขวงอุดมชัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จำนวน 319 ครัวเรือน โดยได้จากการสุ่มเกษตรกรที่เลี้ยงไก่ทั้งหมด จำนวน 21 หมู่บ้าน 1,573 ราย ที่คำนวณได้จากสูตร (Yamane, 1973) โดยใช้ความคลาดเคลื่อน 0.05

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ตัวแปรอิสระ คือ ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในเมืองหลา แขวงอุดมชัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ตัวแปรตาม คือ ความรู้และการปฏิบัติเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยการค้นคว้าจากตำราหนังสือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย ซึ่งแบบสอบถามมีลักษณะเป็นคำถามปลายปิด (Close-ended Questions) และคำถามปลายเปิด (Open-ended Questions) โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. สอบถามลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในเมืองหลา แขวงอุดมชัย ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

2. เป็นคำถามเกี่ยวกับศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรโดยแบ่งออกเป็นความรู้ตามลักษณการเกษตรที่ดีของเกษตรในการเลี้ยงเลี้ยงไก่พื้นเมือง โดยลักษณะคำถามแบบปรนัยคือ ถูกและผิด ทั้งแบบคำถามเชิงบวก และคำถามเชิงลบ จำนวน 21 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ตอบคำถามผิด	=	0	คะแนน
ตอบคำถามถูกต้อง	=	1	คะแนน

ข้อคำถามทั้งหมด 21 ข้อ ผู้วิจัยได้นำมาตรวจนับคะแนนเพื่อจัดทำเป็นระดับความรู้ ตามแบบของ Palee (2020) โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

0 – 7	คะแนน	หมายถึง	ความรู้น้อย
8 – 14	คะแนน	หมายถึง	ความรู้ปานกลาง
15 – 21	คะแนน	หมายถึง	ความรู้มาก

การปฏิบัติเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกร ใช้แบบทดสอบการปฏิบัติ 7 ด้าน คือ ด้านองค์ประกอบฟาร์ม ด้านการจัดการอาหารไก่พื้นเมือง ด้านการจัดการน้ำไก่พื้นเมือง ด้านการจัดการฟาร์ม ด้านสุขภาพสัตว์ ด้านสวัสดิภาพสัตว์ ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยลักษณะคำถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) จำนวน 5 ระดับ คือ

มีการปฏิบัติมากที่สุด	=	5	คะแนน
มีการปฏิบัติมาก	=	4	คะแนน
มีการปฏิบัติปานกลาง	=	3	คะแนน
มีการปฏิบัติน้อย	=	2	คะแนน
มีการปฏิบัติน้อยที่สุด	=	1	คะแนน

ผู้วิจัยวิเคราะห์โดยการใช้สถิติเชิงพรรณนา เช่น ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำคะแนนที่ได้ตามความเป็นจริงมาคำนวณหาน้ำหนักค่าเฉลี่ยเพื่อตีความหมายให้เป็น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามแบบของ Palee (2020) ตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.50	ระดับการปฏิบัติได้น้อยที่สุด
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50	ระดับการปฏิบัติได้น้อย
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50	ระดับการปฏิบัติได้ปานกลาง
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50	ระดับการปฏิบัติได้มาก
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00	ระดับการปฏิบัติได้มากที่สุด

การทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยจะนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นจากการศึกษาค้นคว้า และจากการตรวจสอบเอกสาร นำไปทดสอบในด้านต่างๆ คือ

การทดสอบความตรง (Validity) ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือเสนอ อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องในด้านส่งเสริมการเกษตร รวมจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาแบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยนั้น มีข้อคำถามวัดได้ตรงนิยามศัพท์

รูปแบบของการวัด หรือวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษาวิจัยหรือไม่ โดยการสร้างแบบประเมินเพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงของข้อคำถาม ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณา คือ

+1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามที่ใช้ในการวิจัยตรงตามสิ่งที่ต้องการวัด

0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามที่ใช้ในการวิจัยตรงตามสิ่งที่ต้องการวัด

-1 คือ แน่ใจข้อคำถามที่ใช้ในการวิจัยไม่ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัด

เมื่อตรวจสอบแล้วนำค่าคะแนนที่ได้มาหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) ตามสูตรของ (Kessung, 2016) จากการทดสอบคำถามเกี่ยวกับศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในเมืองหลา พบว่าข้อคำถามทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 สามารถนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างได้

การทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยนำแบบสัมภาษณ์ที่ได้จากการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษานำไปทดสอบกับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง ในเมืองซัย แขวงอุดมซัย ซึ่งเป็นเกษตรกรที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับประชากรกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 30 คน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient of Alpha) ตามแบบของ Cronbach (1970) อ้างใน (Puangrat, 1999) ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นจากข้อคำถามด้านความรู้ทั้งหมด 21 ข้อ ซึ่งได้ค่า Alpha รวมเท่ากับ 0.822 และข้อคำถามด้านการปฏิบัติได้ทั้งหมด 52 ข้อ ซึ่งได้ค่า Alpha รวมเท่ากับ 0.914 สามารถนำแบบสอบถามไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างจริงได้

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ เพื่อทำการแจกแจงข้อมูลที่ได้โดยการทดสอบสมมุติฐานการวิจัย เพื่อหาปัจจัยพยากรณ์ที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) แบบปกติ (Entry Mode) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอย เช่น ความเป็นเชิงสั้นตรง การแจกแจงแบบปกติ และการหาค่า Multicolinearity พบว่าเป็นไปตามข้อตกลง จึงทำการวิเคราะห์การถดถอยพหุต่อไปได้

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาศักยภาพด้านความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ตามลักษณะการเกษตรที่ดี ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมด 15 ตัวแปร มีอิทธิพลต่อความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรอยู่ร้อยละ 12.40 (R^2=0.124) ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 87.60 เป็นอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่ไม่ได้กำหนดในการวิจัยครั้งนี้ และเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีผลต่อศักยภาพด้านความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่ามีทั้งหมด 4 ตัวแปร มีผลทางบวก คือ อายุ ระดับการศึกษา มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสถานภาพ การได้รับข้อมูลข่าวสาร มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนอีก 11 ตัวแปร ไม่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการด้านความรู้เกี่ยวกับการ

เลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดี ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (Table 1)

โดยการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาศักยภาพด้านความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ตามลักษณะการเกษตรที่ดี ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สามารถแสดงได้สมการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ได้ดังนี้

KNOW= 5.131+(-0.531) SEX+0.074 AGE+0.733 EDU +1.414 STAT+0.052 MEMB+0.012 LAB+6.120E-5 F_INC+0.000 NNCR+0.010 LAND+0.360 FUND+(-0.659) ACT+0.751 CONT+0.184 INFO+(-0.100) EXP+(-875) GMEM

Table 1 The factors affecting the potential of native chicken rearing in knowledge of farmers in the La district, Oudom Xay Province, Lao people's Democratic Republic

Independent variables	Dependent variable knowledge of farmers		
	B	t	Sig.
1 Sex	-0.531	-1.013	0.312
2 Age	0.074	0.028	0.010**
3 Education	0.733	2.883	0.004**
4 Marital status	1.414	2.191	0.029*
5 Household member	0.052	0.441	0.660
6 Labour of native chickens reared	0.012	0.066	0.948
7 Family income	6.120E-5	1.003	0.316
8 Number of native chicken reared	0.010	1.291	0.198
9 Land holding	-0.708	-1.461	0.145
10 Funding source	0.360	0.248	0.804
11 Attending a training and educational trip	-0.659	-1.181	0.239
12 Contacted agricultural extension	0.751	1.066	0.287
13 Rceived agricultural information	0.184	2.326	0.021*
14 Experience in native chicken rearing	-0.100	-1.803	0.072
15 Being a group member	-0.875	-0.121	0.249
Constant	5.131	2.598	0.010**
R^2 = 0.124 (12.40%)	**F = 2.868**	**Sig. F = 0.000**	

*Statistically significant level at 0.05 ** Statistically significant level at 0.01

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาศักยภาพด้านการปฏิบัติได้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดี ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมด 15 ตัวแปร มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรอยู่ร้อยละ 21.80 (R^2 = 0.218) ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 78.20 เป็นอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่ไม่ได้กำหนดในการวิจัยครั้งนี้ และเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองด้านการปฏิบัติของเกษตรกร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่ามีทั้งหมด 4 ตัวแปร และมีผลทางบวก 3 ตัวแปร คือ อายุ ระดับการศึกษา การได้รับข้อมูลข่าวสาร ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนจำนวนสมาชิกในครัวเรือน มีผลทางลบ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนอีก 11 ตัวแปร ไม่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองด้านการปฏิบัติตามลักษณะการเกษตรที่ดี ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (Table 2)

โดยการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาศักยภาพด้านการปฏิบัติได้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดี ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สามารถแสดงได้สมการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ได้ดังนี้

PRAC=2.638+(-0.009) SEX+0.004 AGE+0.044 EDU +0.140 STAT+ (-0.010) MEMB+0.007 LAB+2.035E-6 F_INC+0.000 NNCR+(-0.004) LAND+0.004 FUND+(-0.004) ATC+(-0.021) CONT+0.008 INFO+(-0.003) EXP+0.002 GMEM

Table 2. The factors affecting the potential of native chicken rearing in practice of farmers in the La district, Oudom Xay Province, Lao People's Democratic Republic.

Independent variables	Dependent variable		
	practice of farmers		
	B	t	Sig.
1 Sex	-0.009	-0.464	0.643
2 Age	0.004	3.556	0.000**
3 Education	0.044	4.697	0.000**
4 Marital status	0.140	0.603	0.547
5 Household member	-0.010	-2.299	0.022*
6 Labour of native chickens reared	0.007	1.043	0.298
7 Family income	2.035E-6	1.018	0.309
8 Number of native chicken reared	0.000	0.946	0.345
9 Land holding	-0.004	-0.208	0.835
10 Funding source	0.004	0.741	0.460

Table 2 (Continued)

Independent variables	Dependent variable		
	practice of farmers		
	B	t	Sig.
11 Attending a training and educational trip	-0.004	-0.208	0.836
12 Contacted agricultural extension	-0.021	-0.805	0.422
13 Rceived agricultural information	0.008	2.794	0.006**
14 Experience in native chicken rearing	-0.003	-1.341	0.181
15 Being a group member	0.002	-0.101	0.936
Constant	2.638	35.992	0.000**
R^2 = 0.218 (21.80%)	**F = 5.623**	**Sig. F = 0.000**	

*Statistically significant level at 0.05 ** Statistically significant level at 0.01

วิจารณ์ผลการวิจัย

ตัวแปรอิสระทั้งหมด 4 ตัวแปร ที่มีผลต่อตัวแปรตาม (ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมชัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว) สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. อายุ สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่ เกษตรกรที่มีอายุเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีสูงขึ้นอีก 0.074 คะแนน ดังนั้น อายุจึงเป็นส่วนสำคัญในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตัวเอง เกษตรกรที่กำลังอยู่ในช่วงวัยหนุ่มสาว ซึ่งเป็นวัยที่ชอบค้นหาประสบการณ์ใหม่ๆ ซึ่งมีโอกาสที่จะนำประสบการณ์และความรู้ไปปรับใช้ในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองได้ดีกว่าวัยอื่น

2. ระดับการศึกษา สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่ เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าประถมศึกษาขึ้นไป จะมีค่าเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดี อยู่ที่ 0.733 คะแนน เนื่องจากเกษตรกรมีความต้องการและจำเป็นที่จะต้องได้เรียนรู้เพิ่มเติมอยู่ตลอดเวลาในทุกๆ ด้านของการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ตามหลักการเกษตรที่ดี โดยการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีนั้น เป็นการเลี้ยงที่ต้องการดูแลเอาใจใส่เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพตรงต่อความต้องการของผู้บริโภค เพราะราคาผลผลิตจะเปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการของผู้บริโภค หากเกษตรกรมีการแสวงหาความรู้และรักที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมอยู่ตลอดเวลา หรือเกษตรกรมีระดับการศึกษาที่สูงขึ้นเท่าไหร่ก็ยิ่งทำให้การเลี้ยงไก่ได้รับผลดีเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Charroenmoon *et al.* (2015) รายงานว่า ปัญหาทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง เช่น เกษตรกรบางรายขาดความรู้ และ ประสบการณ์ในด้านการเลี้ยงไก่พื้นเมือง บางรายมีความกังวลเรื่องสุนัข/แมวข้างบ้านมากัดทำลายไก่ บางรายมีปัญหาเรื่องสถานที่ในการเลี้ยงไก่ค่อนข้างจำกัด เช่น ทั้งสถานที่ติดถนนทำให้บางครั้งมีรถเหยียบไก่ตายและยากต่อการจัดการในเรื่องการเลี้ยงไก่พื้นเมือง จากปัญหาข้างต้นอาจ

เนื่องมาจากเกษตรกรยังขาดความรู้ ความเข้าใจ ในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ประกอบกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมที่ดูแลในเรื่องการเลี้ยงไก่ของทางภาครัฐนั้นยังมีอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้การส่งเสริมทางด้านการเลี้ยงไม่ทั่วถึงเท่าที่ควร

3. สถานภาพสมรส สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่ เกษตรกรที่มีสถานภาพสมรสจะมีค่าเฉลี่ยความรู้ในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีมากกว่าเกษตรกรมีสถานภาพโสด หม้าย และหย่าร้าง อยู่ที่ 1.414 คะแนน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเกษตรกรที่มีสถานภาพสมรส จะมีโอกาสที่จะปรึกษากันทุกๆ เรื่องภายในครัวเรือน อีกทั้งยังมีส่วนช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในครัวเรือนได้ดีกว่า และเกษตรกรที่มีสถานภาพสมรสย่อมมีแนวคิดในการสร้างฐานะของครอบครัวให้มั่นคง มีความรับผิดชอบต่อครอบครัวมากขึ้น จึงมีความใส่ใจในเรื่องของการผลิตและการบริโภคอาหารที่ปลอดภัยกว่าคนที่มีสถานะอื่นๆ

4. การได้รับข้อมูลข่าวสาร สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่ เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลการเลี้ยงไก่พื้นเมืองจากหลายช่องทางจะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดี มากกว่าเกษตรกรที่ได้รับข้อมูลการเลี้ยงไก่พื้นเมืองช่องทางเดียว อยู่ที่ 0.184 คะแนน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าช่องทางการได้รับข้อมูลข่าวสารมีความสำคัญต่อกับการเลี้ยงไก่มาก เนื่องจากการเลี้ยงไก่เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านการผลิต เกษตรกรต้องมีวิธีปรับปรุง ป้องกัน และแก้ไขเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องโรคระบาดที่มีการพัฒนาสายพันธุ์ใหม่เพิ่มขึ้นมาเรื่อยๆ จึงจำเป็นที่เกษตรกรต้องมีช่องทางการรับรู้ข้อมูลข่าวสารหลายๆ ช่องทางเพื่อเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลและให้มีการรับรู้อยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นทางวิทยุ โทรทัศน์ ทางอินเทอร์เน็ต และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาปรับใช้ในงานของตนเองให้ครอบคลุมในทุกๆ ด้าน

การอธิบายตัวแปรอิสระทั้งหมด 4 ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตาม (ด้านการปฏิบัติเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดี ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมชัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว) สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. อายุ สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่ เกษตรกรที่มีอายุเพิ่มมากขึ้น 1 ปี จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยการปฏิบัติเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดี สูงขึ้น 0.004 คะแนน เนื่องจากเกษตรกรที่มีอายุสูงขึ้นก็จะมีประสบการในการเลี้ยงไก่มากขึ้น มีความกล้าที่จะตัดสินใจทำกิจกรรมใดหนึ่งให้มีความชำนาญ แต่ความชำนาญจำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์และการปฏิบัติด้วยตัวเองเป็นหลัก เนื่องจากกิจการเลี้ยงสัตว์กว่าจะพบความสำเร็จต้องพบปัญหาอุปสรรคหลายอย่าง ซึ่งมีหลายๆ ปัจจัยเป็นตัวแปรมาก โดยเฉพาะการป้องกันและแก้ไขโรคระบาด การจัดการเรื่องอาหาร เป็นต้น ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ เกษตรกรส่วนมากอยู่ในช่วงวัยหนุ่มสาวเป็นช่วงที่มีพลัง มีความกระตือรือร้นและความเอาใจใส่ทุ่มเทกับงานเพื่อเก็บเกี่ยวประสบการณ์ขึ้นไปเรื่อยๆ เมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้มีประสบการณ์เพิ่มขึ้น

2. ระดับการศึกษา สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่ เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าประถมศึกษาขึ้นไปจะมีค่าเฉลี่ยการปฏิบัติเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีสูงขึ้น 0.044 คะแนน เนื่องจากเกษตรกรมีระดับความรู้ที่สูงขึ้นก็จะสามารถนำมาปรับใช้ในการเลี้ยงไก่ได้มากขึ้น ทั้งการติดต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริม การเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร การรับรู้ข้อมูลข่าวสารก็จะได้ดีกว่าผู้ที่มีการศึกษาต่ำ อีกทั้งการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามหลักการเกษตรที่ดีนั้น เกษตรกรต้องมีความรู้พอสมควรไม่ว่าจะเป็นเรื่อง การจัดการฟาร์ม การให้น้ำให้อาหารไก่ ด้านการสุขาภิบาล ด้านสวัสดิภาพสัตว์ เป็นต้น จึงจะทำให้การเลี้ยงไก่พื้นเมืองได้ผลผลิตตามที่ต้องการ และผู้ที่จะประสบผลสำเร็จต้องแสวงหาความรู้

ความชำนาญอยู่เสมอ ความรู้และความชำนาญนับว่าเป็นหัวใจสำคัญที่สุดของการผลิตสัตว์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ความรู้อาจจะศึกษาได้จากตำราวิชาการต่างๆ ซึ่งจะมีรายงานถึงการค้นพบใหม่ๆ ออกมาเรื่อยๆ หรือศึกษาจากตัวสัตว์เอง ในขณะที่ความชำนาญจำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์และการปฏิบัติด้วยตัวเองเป็นหลัก

3. จำนวนสมาชิกในครัวเรือน สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่ เกษตรกรมีจำนวนแรงงานเพิ่มขึ้น 1 คน ต่อครัวเรือน จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยการปฏิบัติได้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีลดลง 0.010 คะแนน ทั้งนี้เนื่องมาจากการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย ส่วนมากเป็นการเลี้ยงไก่เพื่อบริโภคในครัวเรือน อีกทั้งการเลี้ยงไก่พื้นเมืองยังเป็นวิถีชุมชนมาตั้งแต่ในอดีต ทำให้สมาชิกในครัวเรือนเคยชินกับกิจกรรมนี้เป็นอย่างดี ดังนั้น สมาชิกภายในชุมชน ไม่ว่าจะเป็นเด็ก วัยหนุ่มสาว วัยกลางคน และคนสูงอายุ ก็สามารถที่จะช่วยทำกิจกรรมนี้ได้ ทั้งนี้การศึกษาของ Yaemkong, (2014) รายงานว่า การสำรวจสถานภาพการผลิตไก่พื้นเมืองของเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก มีการใช้แรงงานภายในครอบครัวทั้งหมด เนื่องจากการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเลี้ยงได้ง่าย และส่วนใหญ่เป็นธุรกิจขนาดเล็กภายในครัวเรือน จึงใช้แรงงานคนในครอบครัวเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย

4. การได้รับข้อมูลข่าวสาร สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่ เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลการเลี้ยงไก่เพิ่มขึ้น 1 ช่องทาง จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยการปฏิบัติได้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะเกษตรที่ดีสูงขึ้น 0.008 คะแนน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารการเลี้ยงไก่พื้นเมืองจากหลายๆ ช่องทางก็จะสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้รับมาปรับใช้ในงานของตัวเอง ไม่ว่าจะเป็นทางวิทยุ โทรทัศน์ ทางอินเทอร์เน็ต เจ้าหน้าที่ส่งเสริมที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการติดต่อสื่อสารกับเพื่อนบ้าน เพื่อนำมาปรับใช้ในงานของตนเองให้ครอบคลุมในทุกๆ ด้าน Charityoung and Jarasboonhirun, (2012) รายงานว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองรายย่อยในจังหวัดอุดรธานี มีความสามารถพึ่งตนเองได้ระดับปานกลางในการจัดการคอกและโรงเรือน ในด้านการทำความสะอาดพื้นคอกหรือโรงเรือนด้วยยาฆ่าเชื้อโรค ตลอดจนการซ่อมแซมคอก หลังคา ผ้าม่าน และแนวรั้วที่ชำรุด เพื่อป้องกันอันตราย จากสัตว์อื่นๆ เป็นต้น จึงอาจส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไก่พื้นเมืองของเกษตรกรลดลงด้วย

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดี ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยสถิติถดถอยพหุโดยมีตัวแปรอิสระทั้งหมด 15 ตัวแปร สามารถสรุปได้ดังนี้ ตัวแปรอิสระทั้งหมด 15 ตัวแปร มีเพียง 4 ตัวแปร มีอิทธิพลต่อความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกร คือ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ และการได้รับข้อมูลข่าวสาร โดยมีผลทางบวก และตัวแปรอิสระทั้งหมด 15 ตัวแปร มีเพียง 4 ตัวแปร ที่มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกร คือ อายุ ระดับการศึกษา การได้รับข้อมูลข่าวสาร จะมีผลในทางบวก ส่วนจำนวนสมาชิกในครัวเรือนจะมีผลในทางลบ

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกร เห็นว่ามีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามลักษณะการเกษตรที่ดีของเกษตรกร ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเข้ามาส่งเสริมและสนับสนุนในด้านความรู้ โดยการจัดฝึกอบรม การดูแลให้ความรู้ หรือการเยี่ยมเยือนเกษตรกร และรวบรวมองค์ความรู้จากแหล่งต่างๆ แล้วจัดเป็นระบบฐานข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้สะดวกรวดเร็ว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงอย่างเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน เพื่อให้เกษตรกรเกิดกระบวนการการเรียนรู้และเสริมสร้างความมั่นใจทั้งในเรื่องการเลี้ยงไก่พื้นเมืองให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

การวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาปัจจัยบางประการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรตามหลักการเกษตรที่ดีเท่านั้น ซึ่งยังเหลืออีกหลายปัจจัยที่ยังไม่ได้ทำการศึกษา ดังนั้น การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาถึงปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรเพิ่มเติม เช่น ทัศนคติของเกษตรกรที่มีต่อการเลี้ยงไก่พื้นเมือง และทัศนคติที่มีต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหารมหาวิทยาลัยสุภานุวง เจ้าหน้าที่สำนักงานกสิกรรมและป่าไม้แขวงอุดมซัย ที่ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือที่ดีตลอดมา ขอบพระคุณผู้นำชุมชน และเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ให้ความร่วมมือ ช่วยเหลือในการให้ข้อมูล และร่วมดำเนินการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Agricultural and forestry Office La District. 2019. **Implementation of the Action Plan for Agriculture and Rural dDevelopment** Lar District: Agricultural and forestry Office. 45 p.

Charroenmoon, K., M. Duangjinda, B. Laopaiboon, P. Saenchaisuriya, Y. Phasuk and S. Kanhariang. 2015. Raising Thai native chicken and satisfaction with farmers in flooding area in Khon Kaen province. **KHON KAEN AGR. J.** 43(1): 995-1000. [in Thai]

Charityoung. M. and I. Jarasboonhirun. 2012. Study of breed and condition of native chicken rearing of Small farmers in Udon Thani Province. **Livestock Journal** 16(30): 44-71. [in Thai]

Department of Agricultural and forestry Udomxay Province. 2019. **Implementation of the Action Plan for Agriculture, Forestry and Rural Development 2019 and Direction of the annual plan for 2020**. Udomxay: Department of Agricultural and forestry. 35 p.

Jaturasitha, S., T. Srikanchai, M. Kreuzer and M. Wicke. 2008. Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to Northern Thailand (Blackboned and Thai Native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). **Poultry Science** 87: 160-169. [in Thai]

Kessung, P. 2016. **Action Research**. Bangkok: Chulalongkorn University Press. 301 p.

Laos Extension for Agriculture Project. 2003. **Rearing Native Chicken**. Vientiane: Lao P.D.R. 17 p.

Livelihood Improvement Project for Southern Mountainous and Plateau Areas of Lao PDR. 2014. **Relive the history of the local chickens in Laos**. Sekong: Japan International Cooperation Agency. 34 p.

Palee. K. 2020**. Knowledge and Good Agricultre Practice for Dairy Cattle Farm of Farmers Rearing Dairy Cattle in Sankhampaeng and Mae On Districts, Chiang Mai Province**. Master Thesis. Maejo University. 172 p.

Planning and Investment Office La District. 2019. **" Social Economic Development Plan 5 years (2020-2024) La District Oudomsay province".** Oudomsay: Planning and Investment Office La District. 75 p.

Puangrat T. 1999**. Behavioral Sciences and Social Sciences Research Method**. Bangkok: Educational and Psychological Test Bureau, Srinakharinwirot University (Prasarnmit Campus). 303 p.

Yaemkong. S. 2014. A Survey of situation in Thai indigenous chicken production of small scale farmers in Phitsanulok province. International Academic & Research Conference of Rajabhat University: **INARCRU III.** 6:(1) 63-73 [in Thai]

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis.** 3rd. New york: Harper and Row Publication. 1130 p.

การสำรวจความรู้และการปฏิบัติของผู้ประกอบการในจุดฆ่าสัตว์และจำหน่ายเนื้อสัตว์ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Exploring the Knowledge and Practice of Entrepreneurs in Slaughter Sites and Selling Meat Business Operation in the Northern of Lao PDR

สุลิพง คุนทะวง สายสกุล ฟองมูล* พหล ศักดิ์คะทัศน์ และพุฒิสรรค์ เครือคำ

Souliphong Khounthavong, Saisakul Fongmul*, Phahol Sakkatat and Phutthisun Kruekum

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production

Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: saisakul_tor@yahoo.com

Abstract

The objective of the present study was to exploring the knowledge and practice of entrepreneurs in slaughter sites and selling meat business operation in the northern of Lao PDR, there was focus in four capital provinces in Lao PDR as: 1) Luang Prabang province (Luang Prabang district); 2) Luangamtha province (Luangamtha district); 3) Xieng Kuang province (Paek district) and 4) Huaphan Province (Xamneur district) by interview with slaughter entrepreneurs and selling meat business operation in amount 328 people. The basic statistical analyze were used together with descriptive data analysis. The results showed that in the past when the population increased the demand for food from meat had also increased but poor quality on meat production because the meat was still contaminated which can be collected various issues such as the animal processing, the animal transporting, the animals take caring to the slaughter house, the animal slaughtering, carcass storing, meat sell processing, hygiene individual person, equipment cleaning and general cleaning not yet hygienic including the house structure and marketing had not yet improved. General conditions, problems and obstacles of potential development of animal slaughter and meat distributors found that marital status 92.2%, males 26.5% and females 73.5%, age range 30-40 year old 46%, educational level of the respondents questionnaire graduated high school 83.5%, type of meat seller 54.6%, work experience 5-10 years, 49.1%. In terms of understanding of entrepreneurs, it was found that knowledge of relevant laws, 64.94% little understanding, knowledge of the disease 63.11% less understand, the risk of contamination of meat 63.72% did not understand, maintenance and cleaning of equipment 39.02% moderately understand, waste disposal 50.61% less understand and personal hygiene of entrepreneurs, 50.30% did not understand.

Keywords: general condition, development, potential, slaughter entrepreneurs, meat seller

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความรู้และการปฏิบัติของผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยใช้การวิจัยเชิงสำรวจกับผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ จำนวน 328 คน ทำการวิเคราะห์ค่าความถี่ และค่าร้อยละ ผลการศึกษาพบว่าที่ผ่านมาเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น ความต้องการอาหารจากเนื้อสัตว์ก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่การผลิตเนื้อยังไม่มีคุณภาพ เนื่องจากเนื้อยังมีการปนเปื้อน สามารถรวบรวมประเด็นต่างๆ ที่เป็นสาเหตุ คือ กระบวนการผลิตสัตว์ กระบวนการขนส่งสัตว์ไปยังโรงฆ่าสัตว์ กระบวนการรักษาสัตว์ในคอกพักสัตว์ กระบวนการดำเนินการและการชำแหละ กระบวนการขนส่งซากและการเก็บรักษาซากสัตว์ กระบวนการขายเนื้อสัตว์ สุขอนามัยส่วนบุคคล อุปกรณ์ที่ใช้ และการทำความสะอาด ยังไม่ถูกสุขลักษณะ รวมไปถึงโรงเรือนและตลาดสัตว์ยังไม่ได้รับการปรับปรุง สภาพทั่วไป และปัญหาอุปสรรคของการพัฒนาศักยภาพของผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ พบว่าผู้ประกอบการมีสถานภาพ สมรส ร้อยละ 92.2 เพศชาย ร้อยละ 26.5 และเพศหญิง ร้อยละ 73.5 ช่วงอายุ 30-40 ปี ร้อยละ 46 ระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม จบมัธยมร้อยละ 83.5 ประเภทของผู้ประกอบการเนื้อสัตว์ ร้อยละ 54.6 มีประสบการณ์ในการทำงาน ช่วงการทำงาน 5-10 ปี ร้อยละ 49.1 ด้านความเข้าใจของผู้ประกอบการพบว่า ความรู้ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ร้อยละ 64.94 เข้าใจในระดับน้อย ความรู้เรื่องโรค ร้อยละ 63.11 เข้าใจในระดับน้อย ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเนื้อสัตว์ ร้อยละ 63.72 ไม่เข้าใจ การบำรุงรักษาและทำความสะอาดอุปกรณ์ ร้อยละ 39.02 เข้าใจในระดับปานกลาง การกำจัดของเสีย ร้อยละ 50.61 เข้าใจในระดับน้อย และสุขอนามัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ ร้อยละ 50.30 ไม่เข้าใจ

คำสำคัญ: สภาพทั่วไป การพัฒนา ศักยภาพ การฆ่าสัตว์ การจำหน่ายเนื้อสัตว์

คำนำ

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เป็นประเทศกำลังพัฒนา การผลิตอาหารที่มีคุณภาพ สะอาด ปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคนั้น เป็นการยกระดับคุณภาพมาตรฐานเนื้อสัตว์ให้มีความปลอดภัยใกล้เคียงในระดับสากล นอกจากจะทำในโรงฆ่าสัตว์และตลาดที่ได้มาตรฐานแล้ว ต้องมีวธีการฆ่าสัตว์ที่ถูกต้อง มีการตรวจสัตว์ก่อนและหลังการฆ่านอกจากนั้นต้องมีการจัดการทางด้านสุขาภิบาลที่ดีอีกด้วย เนื่องจากการสุขาภิบาลที่ดีจะช่วยป้องกันและลดการปนเปื้อนของเชื้อโรคและสิ่งสกปรกต่างๆ จากโรงฆ่า ตลาด คน เครื่องมือเครื่องใช้ ไปยังเนื้อสัตว์ (Department of

Livestock and Fisheries, 2020) ฉะนั้น กระทรวงเกษตรและป่าไม้ โดยกรมปศุสัตว์ได้รับมอบหมายเป็นผู้รับผิดชอบดูแลให้ผู้ประกอบการในโรงฆ่าสัตว์และตลาดขายเนื้อสัตว์ดำเนินการตามกฎหมาย และดำรัส ที่กำหนดไว้ (Department of Livestock and Fisheries, 2017) ตลอดจนได้กำหนดมาตรฐานด้านจุลชีววิทยาในเนื้อสัตว์ 2 ระดับคือ มาตรฐานการส่งออกและมาตรฐานเนื้อสัตว์อนามัย (Department of Livestock, 2002) โรงฆ่าสัตว์ในภาคเหนือของประเทศลาวที่มีกระบวนการตัดแต่งภายในโรงฆ่า ส่วนใหญ่จะทำการตัดแต่งโดยวิธีการขึ้นซากอุ่นภายหลังกระบวนการฆ่าทันที ซึ่งนอกจากจะประหยัดต้นทุนในการผลิตแล้ว ผู้บริโภคในประเทศบางคนยังมีความเชื่อว่า เนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นเป็นเนื้อที่สด และใหม่กว่าเนื้อจากการตัดแต่งซากเย็น แต่การตัดแต่งซากอุ่นมีข้อเสียเปรียบคือ เกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่า จึงทำให้เนื้อเกิดการเน่าเสียได้เร็วกว่า ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (Sethakul *et al*., 2008) ผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และ จำหน่ายเนื้อสัตว์ เป็นจุดหนึ่งในการปรับสภาพให้เข้ากับสถานการณ์ทั่วไปของประเทศ เป็นจุดช่วยเชื่อมโยงภาคการผลิต กับกิจการขนาดใหญ่ นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งที่สามารถรองรับทางด้านในเรื่องมาตรฐานความปลอดภัยของเนื้อสัตว์ และ ปริมาณ (Boonmak, 2000) โดยเฉพาะความสำคัญผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และ จำหน่ายเนื้อสัตว์ ขนาดกลางและขนาดย่อมด้านการผลิตเนื้อสัตว์ต่อมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ซึ่งสร้างสัดส่วนมูลค่า 8.5% ต่อผลิตภัณฑ์รวมในประเทศ ซึ่งแสดงถึงความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ (Kenan Institute Asia, 2010) อุปสรรคและข้อจำกัดที่เป็นขีดกั้นความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และ จำหน่ายเนื้อสัตว์ ขนาดกลางและขนาดย่อม เกิดมาจากขาดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในด้านต่าง ๆ เช่น การขาดการจัดการที่เป็นระบบ ปัญหาเรื่องความสะอาด รวมทั้งการได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นจุดทำให้เนื้อเกิดการปนเปื้อนกับเนื้อ ในการแข่งขันทางการค้า อุปสรรคในการขยายตลาดไปสู่ธุรกิจห้างค้าในปัจจุบัน (Nakornthaipoom *et al*., 2008) ในปัจจุบันหลักเกณฑ์และเงื่อนไขของผลิตภัณฑ์เรื่องคุณภาพและความปลอดภัยในผลิตเนื้อเป็นปัจจัยสำคัญพื้นฐานซึ่งส่งผลต่อการพิจารณาเลือกซื้อสินค้าของผู้บริโภค โดยเกิดมาจากความคาดหวังของผู้บริโภคต่อคุณภาพ ความสะอาดและความปลอดภัยในผลิตภัณฑ์เนื้อที่เพิ่มมากขึ้น (Tabai and Salay, 2003; Jevsnik *et al*., 2008) แม้ว่าผู้บริโภคมีความตระหนักในคุณภาพ ความสะอาดและความปลอดภัยอาหารที่เพิ่มมากขึ้น แต่ยังพบว่าส่วนใหญ่ ยังขาดความเข้าใจ และการเล็งเห็นความสำคัญของการจัดทำระบบคุณภาพ ความสะอาดและความปลอดภัย ซึ่งจะเป็นสิ่งสำคัญที่จะส่งผลต่อคุณภาพ ความสะอาดและความปลอดภัย (Yapp and Fairman, 2006; Bas *et al*., 2007) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งสำรวจความรู้และการปฏิบัติของผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยผลการวิจัยจะเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาเสริมสร้างศักยภาพของผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณโดยใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจมาเป็นแนวทางในการกำหนดระเบียบวัธีการวิจัย สำหรับพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้คือจุดฆ่าสัตว์ และ จำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตย

ประชาชนลาว ทั้ง 4 จังหวัดได้แก่ 1) จังหวัดหลวงพระบาง (เมืองหลวงพระบาง) 2) จังหวัดหลวงน้ำทา (เมืองหลวงน้ำทา) 3) จังหวัดเชียงขวาง (เมืองแปก) และ 4) จังหวัดหัวพัน (เมืองซำเหนือ)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และ จำหน่ายเนื้อสัตว์ภายในเมืองหลวง ของ 4 จังหวัด ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยกุ่มตัวอย่างมีจำนวนทั้งหมด 328 ราย คือใช้ประชากรทั้งหมดเป็นกลุ่มตัวอย่าง เช่น เมืองหลวงพระบาง 108 ราย เมืองหลวงน้ำทา 66 ราย เมืองแปก 94 ราย และเมืองซำเหนือ 60 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามกรอบของการพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ เพื่อใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างการวิจัยโดยมีรายระเอียดของข้อมูลดั่งนี้ 1) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของผู้ประกอบการได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา และระยะเวลาการทำงานใน 2) ระดับความรู้ของผู้ประกอบการ 3) การปฏิบัติของผู้ประกอบการประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การปฏิบัติด้านการพัฒนา และส่วนที่ 2 การปฏิบัติด้านการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน

เมื่อได้ข้อมูลจากแบบสอบถาม จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้สถิติ เป็นสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ และค่าร้อยละ (Percentage) ในการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยในครั้งนี้

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 2) ผลการวิเคราะห์การสำรวจระดับความรู้ของผู้ประกอบการในจุดฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 3) ผลการวิเคราะห์การสำรวจการปฏิบัติของผู้ประกอบการในจุดฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว รายละเอียดดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว รายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ พบว่า ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม สถานะผู้ตอบแบบสอบถาม โสด จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 6.1 สมรส จำนวน 296 คน คิดเป็นร้อยละ 92.2 หม้าย จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 3.7 ผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นเพศชาย จำนวน 87 คน คิดเป็นร้อยละ 26.5 และเพศหญิง จำนวน 241 คน คิดเป็นร้อยละ 73.5 ช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถามช่วงอายุ 20-30 ปี จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 24.7 ช่วงอายุ 30-40 ปี จำนวน 151 คน คิดเป็นร้อยละ 46 ช่วงอายุ 40-50 ปี จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 20.1 ช่วงอายุ 50-60 ปี จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 ระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม จบโรงเรียนประถมศึกษา จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 3.35 จบมัธยมศึกษา จำนวน 274 คน คิดเป็นร้อยละ 83.5 จบอาชีวศึกษา จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 13.1 ประเภทของผู้ประกอบการ ของผู้ตอบแบบสอบถาม ข้าราชการ จำนวน 17 คน คิด

เป็น ร้อยละ 5.2 ผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ จำนวน 132 คน คิดเป็นร้อยละ 40.2 ผู้ประกอบการขายเนื้อสัตว์ จำนวน 179 คน คิด เป็นร้อยละ 54.6 ประสบการณ์ในการทำงาน ของผู้ตอบแบบสอบถาม ช่วงการทำงาน น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 32.2 ช่วงการทำงาน 5-10 ปี จำนวน 161 คน คิดเป็นร้อยละ 49.1 ช่วงการทำงาน 10-15 ปี จำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 24.9 ช่วงการทำงาน 15-20 ปี จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 7.3 ช่วงการทำงาน มากกว่า 20 ปี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 5.5 (Table 1)

Table 1 Number and percentage of respondents

General information of the respondents	Number (person)	Percentage
Status		
Single	20	6.1
Married	296	90.2
Widow	12	3.7
Total	**328**	**100**
Sex		
Male	87	26.5
Female	241	73.5
Total	**328**	**100**
Age		
20-30 years	81	24.7
30-40 years	151	46.0
40-50 years	66	20.1
50-60 years	30	9.1
Total	**328**	**100**
Education level		
Elemantary school	11	3.35
Secondary education	274	83.5
Vocational	43	13.1
Total	**328**	**100**
Occupation		
Government officer	17	5.2
Slaughter entrepreneurs	132	40.2
Selling meat business operation	179	54.6
Total	**328**	**100**

Table 1 (Continued)

General information of the respondents	Number (person)	Percentage
Work experience		
< 5 years	76	32.2
5-10 years	161	49.1
10-15 years	49	24.9
15-20 years	24	7.3
> 20 years	18	5.5
Total	**328**	**100**

2) ผลการวิเคราะห์การสำรวจระดับความรู้ของผู้ประกอบการในจุดฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว รายละเอียดดังนี้

Table 2 In terms of understanding of entrepreneurs

General information	Understanding of entrepreneurs (%)				
	High	Good	Moderately	Less	Least
Knowledge of relevant laws	0.61	0.91	10.98	64.94	22.56
Knowledge of the disease	1.22	3.96	10.67	63.11	21.04
Risk of contamination of meat	2.74	1.52	10.06	21.95	63.72
Maintenance and cleaning of equipment	2.13	0.61	39.02	28.96	29.27
Waste disposal	3.66	3.96	25.61	50.61	16.16
Personal hygiene of entrepreneurs	5.18	4.27	9.15	31.10	50.30

จากTable 2 พบว่าผู้ประกอบการมีความรู้ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องในระดับน้อย ร้อยละ 64.94 เข้าใจน้อย ร้อยละ 22.56 ไม่เข้าใจ ร้อยละ 10.98 เข้าใจปานกลาง ร้อยละ 0.91 เข้าใจมาก ร้อยละ 0.61 เข้าใจมากที่สุด ความรู้เรื่องโรค ร้อยละ 63.11 เข้าใจน้อย ร้อยละ 21.04 ไม่เข้าใจ ร้อยละ 10.67 เข้าใจปานกลาง ร้อยละ 3.96 เข้าใจมาก ร้อยละ 1.22 เข้าใจมากที่สุด ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเนื้อสัตว์ ร้อยละ 63.72 ไม่เข้าใจ ร้อยละ 21.95 เข้าใจน้อย ร้อยละ 10.06 เข้าใจปานกลาง ร้อยละ 1.52 เข้าใจมาก ร้อยละ 2.74 เข้าใจมากที่สุด การบำรุงรักษาและทำความสะอาดอุปกรณ์ ร้อยละ 39.02 เข้าใจปานกลาง ร้อยละ 29.27 ไม่เข้าใจ ร้อยละ 28.96 เข้าใจน้อย ร้อยละ 0.61 เข้าใจมาก ร้อยละ 2.13 เข้าใจมากที่สุด การกำจัดของเสีย ร้อยละ 50.61 เข้าใจน้อย ร้อยละ 21.61 เข้าใจปานกลาง ร้อยละ 16.16 ไม่เข้าใจ ร้อยละ

3.96 เข้าใจมาก ร้อยละ 3.66 เข้าใจมากที่สุด และสุขอนามัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ ร้อยละ 50.30 ไม่เข้าใจ ร้อยละ 31.10 เข้าใจน้อย ร้อยละ 9.15 เข้าใจปานกลาง ร้อยละ 5.18 เข้าใจมากที่สุด ร้อยละ 4.27 เข้าใจมาก

3) ผลการวิเคราะห์การสำรวจการปฏิบัติของผู้ประกอบการในจุดฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว รายละเอียดดังนี้

Table 3 Data slaughterhouse and meat sales

General information	Yes/No (%)	
	Yes	No
Business operator about animal production		
Have a valid business registration and business license	38.72	61.28
Have undergone training related to animal production	3.66	96.34
Have a health certificate every year	25.30	74.70
Slaughterhouse and meat markets		
Slaughterhouse and market floor can be easily cleaned and disinfected	15.55	84.45
Slaughterhouse and meat market with protective door	0.00	100
There is water with disinfectant to wash	16.77	83.23
The table is in good condition. Can be easily washed and disinfected	12.80	87.20
There are petty animals, dogs and cats accessing the place	96.65	3.35
There is a trash can with a lid	26.83	67.07
Equipment		
Knives, cutting boards, trays and scales are easy to disinfect	70.43	29.57
Cleaning table and equipment before and after use	39.02	60.98
The practice of slaughter and butcher operators		
Wear an apron, glove, hat and boots	44.51	55.49
Always wash your hands after touching objects and going to the bathroom	38.72	61.28
Spit, smoke and eat food in the slaughterhouse and butchering	50.30	49.70
Wear jewelry while slaughtering and selling meat	84.76	15.24
Kill the beast to the ground	96.95	3.05
Slaughter the animal waste and wash it to the ground	89.94	10.06
Separate meat and utensils during storage	55.49	44.51
When transporting the meat is packed in containers with lids	41.16	58.84
Have sold meat and offal together	49.70	50.30
Sold meat with an unusual smell or color	36.89	63.11
Use parchment paper for meat and offal	95.12	4.88

จากตาราง พบว่าข้อมูล ผู้ประกอบการฆ่า และจำหน่ายเนื้อสัตว์ มีทะเบียนธุรกิจและใบอนุญาตประกอบธุรกิจที่ถูกต้อง (ร้อยละ 38.72) มีทะเบียนธุรกิจและใบอนุญาตประกอบธุรกิจที่ถูกต้อง (ร้อยละ 61.28) ไม่มีทะเบียนธุรกิจและใบอนุญาตประกอบธุรกิจที่ถูกต้อง ได้ผ่านการอบรมการเชือดและขายเนื้อ (ร้อยละ 3.66) ได้ผ่านการอบรม (ร้อยละ 96.34) ไม่ได้ผ่านการอบรม มีใบรับรองสุขภาพทุกปี (ร้อยละ 25.30) มีใบรับรองสุขภาพทุกปี (ร้อยละ 74.70) ไม่มีใบรับรองสุขภาพทุกปี สถานที่ของโรงฆ่าสัตว์และขายเนื้อ พื้นมีน้ำขัง ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อได้ง่าย (ร้อยละ 15.55) พื้นมีน้ำขัง (ร้อยละ 84.45) พื้นไม่มีน้ำขัง ประตูปิดเปิดโรงฆ่าสัตว์และตลาดขายเนื้อ (ร้อยละ 100) ตอบว่าไม่มีประตูปิดเปิด มีอ่างน้ำพร้อมน้ำยาฆ่าเชื้อ (ร้อยละ 16.77) มีอ่างน้ำพร้อมน้ำยาฆ่าเชื้อ (ร้อยละ 83.23) ไม่มีอ่างน้ำพร้อมน้ำยาฆ่าเชื้อ โต๊ะอยู่ในสภาพดีซึ่งสามารถล้างและฆ่าเชื้อได้ง่าย (ร้อยละ 12.80) โต๊ะอยู่ในสภาพดี (ร้อยละ 87.20) โต๊ะไม่อยู่ในสภาพดี โรงฆ่าสัตว์และร้านขายเนื้อ มีสัตว์ประเภท สุนัข แมวและนก เข้าถึงสถานที่ (ร้อยละ 96.65) มีสัตว์ประเภท สุนัข แมวและนก เข้าถึงสถานที่ (ร้อยละ 3.35) ไม่มีสัตว์ประเภท สุนัข แมวและนก เข้าถึงสถานที่ ถังขยะแบบมีฝาปิดเปิดปิดได้ (ร้อยละ 26.83) มี (ร้อยละ 67.07) ไม่มี อุปกรณ์สำหรับฆ่าและขายเนื้อ พ้า มีด และตาชั่ง สภาพดีสามารถฆ่าเชื้อได้ง่าย (ร้อยละ 70.43) สภาพดีสามารถฆ่าเชื้อได้ง่าย (ร้อยละ 29.57) สภาพไม่ดี โต๊ะและอุปกรณ์ทำความสะอาดก่อนและหลังการใช้งาน (ร้อยละ 39.02) ทำความสะอาดก่อนและหลังการใช้งาน (ร้อยละ 60.98) ไม่ได้ทำความสะอาดก่อนและหลังการใช้งาน การปฏิบัติที่โรงฆ่าสัตว์และการขายเนื้อ สวมผ้ากันเปื้อน หมวก และถุงมือ (ร้อยละ 44.51) ได้ใส่ (ร้อยละ 55.49) ไม่ได้ใส่ ล้างมือทุกครั้งหลังสัมผัสวัตถุอื่นและเข้าห้องน้ำ (ร้อยละ 38.72) ได้ล้างมือ (ร้อยละ 61.28) ไม่ได้ล้างมือ ถ่มน้ำลาย สูบบุหรี่และกินอาหาร ในโรงฆ่าสัตว์และร้านขายเนื้อ (ร้อยละ 50.30) ได้ทำ (ร้อยละ 49.70) ไม่ได้ทำ สวมเครื่องประดับระหว่างการเชือดกับการขายเนื้อ (ร้อยละ 84.76) ได้สวมเครื่องประดับ (ร้อยละ 15.24) ไม่ได้สวมเครื่องประดับ ฆ่าสัตว์และชำแหละซากลงกับพื้น (ร้อยละ 96.95) ฆ่าใส่พื้น (ร้อยละ 3.05) ไม่ฆ่าใส่พื้น ชำแหละซากสัตว์และล้างลงกับพื้น (ร้อยละ 89.94) ทำใส่พื้น (ร้อยละ 10.06) ไม่ทำใส่พื้น แยกเนื้อสัตว์และเครื่องในระหว่างการเก็บรักษา (ร้อยละ 55.49) ได้แยก (ร้อยละ 44.51) ไม่ได้แยก เมื่อขนย้ายเนื้อถูกบรรจุในภาชนะที่มีฝาปิด (ร้อยละ 41.16) มีฝาปิด (ร้อยละ 58.84) ไม่มีฝาปิด วางขายเนื้อและเครื่องในผสมกัน (ร้อยละ 49.70) ได้วางปนกัน (ร้อยละ 50.30) ไม่ได้วางปนกัน ขายเนื้อมีกลิ่นหรือสีผิดปกติ (ร้อยละ 36.89) ขายเนื้อมีกลิ่น (ร้อยละ 63.11) ไม่ขายเนื้อมีกลิ่น ใช้กระดาษรองเนื้อสัตว์และเครื่องใน (ร้อยละ 95.12) ใช้รองเนื้อ (ร้อยละ 4.88) ไม่ได้ใช้รองเนื้อ

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่าสภาพทั่วไปศักยภาพผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ และจำหน่ายเนื้อสัตว์ พบว่า โสด จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 6.1 สมรส จำนวน 296 คน คิดเป็นร้อยละ 92.2 หม้าย จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 3.7 ผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นเพศชาย จำนวน 87 คน คิดเป็นร้อยละ 26.5 และเพศหญิง จำนวน 241 คน คิดเป็นร้อยละ 73.5 ช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถามช่วงอายุ 20-30 ปี จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 24.7 ช่วงอายุ 30-40 ปี จำนวน 151 คน คิดเป็นร้อยละ 46 ช่วงอายุ 40-50 ปี จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 20.1 ช่วงอายุ 50-60 ปี จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 ระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม จบโรงเรียนประถมศึกษา จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 3.35 จบ

มัธยมศึกษา จำนวน 274 คน คิดเป็นร้อยละ 83.5 จบอาชีวศึกษา จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 13.1 ประเภทของผู้ประกอบการ ของผู้ตอบแบบสอบถาม ข้าราชการ จำนวน 17 คน คิดเป็น ร้อยละ 5.2 ผู้ประกอบการฆ่าสัตว์ จำนวน 132 คน คิดเป็นร้อยละ 40.2 ผู้ประกอบการขายเนื้อสัตว์ จำนวน 179 คน คิด เป็นร้อยละ 54.6 ประสบการณ์ในการทำงาน ของผู้ตอบแบบสอบถาม ช่วงการทำงาน น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 32.2 ช่วงการทำงาน 5-10 ปี จำนวน 161 คน คิดเป็นร้อยละ 49.1 ช่วงการทำงาน 10-15 ปี จำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 24.9 ช่วงการทำงาน 15-20 ปี จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 7.3 ช่วงการทำงาน มากกว่า 20 ปี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 5.5

ระดับความรู้ของผู้ประกอบการในจุดฆ่าสัตว์และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่า ความรู้ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ร้อยละ 64.94 เข้าใจน้อย ความรู้เรื่องโรค ร้อยละ 63.11 เข้าใจน้อย ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเนื้อสัตว์ ร้อยละ 63.72 ไม่เข้าใจ การบำรุงรักษาและทำความสะอาดอุปกรณ์ ร้อยละ 39.02 เข้าใจปานกลาง การกำจัดของเสีย ร้อยละ 50.61 เข้าใจน้อย สุขอนามัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ ร้อยละ 50.30 ไม่เข้าใจ

การปฏิบัติของผู้ประกอบการในจุดฆ่าสัตว์และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่า ผู้ประกอบการฆ่า และจำหน่ายเนื้อสัตว์ มีทะเบียนธุรกิจและใบอนุญาตประกอบธุรกิจที่ถูกต้อง ร้อยละ 38.72 ได้ผ่านการอบรมการเชือดและขายเนื้อ ร้อยละ 3.66 มีใบรับรองสุขภาพทุกปี ร้อยละ 25.30 สถานที่ของโรงฆ่าสัตว์และขายเนื้อ พื้นไม่มีน้ำขัง ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อได้ง่าย ร้อยละ 15.55 พื้นมีน้ำขัง ประตูปิดเปิดโรงฆ่าสัตว์และตลาดขายเนื้อ ร้อยละ 100 ตอบว่าไม่มีประตูปิดเปิด อ่างน้ำพร้อมน้ำยาฆ่าเชื้อ ร้อยละ 16.77 มีอ่างน้ำพร้อมน้ำยาฆ่าเชื้อ โต๊ะอยู่ในสภาพดีซึ่งสามารถล้างและฆ่าเชื้อได้ง่าย ร้อยละ 12.80 โต๊ะอยู่ในสภาพดี โรงฆ่าสัตว์และร้านขายเนื้อ มีสัตว์ประเภท สุนัข แมวและนก เข้าถึงสถานที่ ร้อยละ 96.65 มีเข้าถึงสถานที่ ถังขยะแบบมีฝาปิดเปิดปิดได้ ร้อยละ 26.83 มีฝาปิด อุปกรณ์สำหรับฆ่าและขายเนื้อ พ้า มีด และตาชั่ง สภาพดีสามารถฆ่าเชื้อได้ง่าย ร้อยละ 70.43 อยู่ในสภาพดีสามารถฆ่าเชื้อได้ง่าย โต๊ะและอุปกรณ์ทำความสะอาดก่อนและหลังการใช้งาน ร้อยละ 39.02 ได้ทำความสะอาดก่อนและหลังการใช้งาน การปฏิบัติที่โรงฆ่าสัตว์และการขายเนื้อ สวมผ้ากันเปื้อน หมวก ถุงมือ ร้อยละ 44.51 ได้ใส่ ล้างมือทุกครั้งหลังสัมผัสวัตถุอื่นและเข้าห้องน้ำ ร้อยละ 38.72 ได้ล้างมือ ได้ถ่มน้ำลาย สูบบุหรี่และกินอาหาร ในโรงฆ่าสัตว์ และร้านขายเนื้อ ร้อยละ 50.30 ได้สวมเครื่องประดับระหว่างการเชือดกับการขายเนื้อ ร้อยละ 84.76 ได้สวมเครื่องประดับ ได้ฆ่าสัตว์ลงกับพื้น ร้อยละ 96.95 ฆ่าใส่พื้น การชำแหละซากสัตว์และล้างลงกับพื้น ร้อยละ 89.94 ทำใส่พื้น แยกเนื้อสัตว์และเครื่องในระหว่างการเก็บรักษา ร้อยละ 55.49 ได้แยก เมื่อขนย้ายเนื้อถูกบรรจุในภาชนะที่มีฝาปิด ร้อยละ 41.16 มีฝาปิด วางขายเนื้อและเครื่องในผสมกัน 49.70 ได้วางปนกัน ขายเนื้อมีกลิ่นหรือสีผิดปกติ ร้อยละ 36.89 ขายเนื้อมีกลิ่น ใช้กระดาษรองเนื้อสัตว์และเครื่องใน ร้อยละ 95.12 ใช้รองเนื้อ

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปสู่การพัฒนาศักยภาพของผู้ประกอบการในจุดฆ่าสัตว์และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

- ทางภาครัฐควรทำความเข้าใจให้ผู้ประกอบการฆ่าสัตว์และจำหน่ายเนื้อสัตว์ที่ได้รับใบอนุญาต เพื่อปรับปรุงโรงฆ่าสัตว์และร้านขายเนื้อให้ได้มาตรฐานขั้นพื้นฐาน (โรงเรือน อุปกรณ์และเครื่องมือ) ตามที่กฎหมาย และดำรัสกำหนด

- ผู้ประกอบการในโรงฆ่าสัตว์และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ต้องมีความรู้ความเข้าใจที่ดีและถูกต้องต่อการพัฒนาการผลิต การจัดการให้เป็นมาตรฐาน

- ให้ผู้ประกอบการในจุดฆ่าสัตว์และจำหน่ายเนื้อสัตว์ ได้ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตร การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับการฆ่าสัตว์และจำหน่ายเนื้อสัตว์

- ผู้ผลิตควรมีการรวมกลุ่ม โดยเฉพาะเกษตรกรฆ่าสัตว์และจำหน่ายเนื้อสัตว์รายย่อยเพื่อรวมพลัง สร้างความเข้มแข็ง สามารถผลักดันการดำเนินการต่างๆ ให้สัมฤทธิ์ผลได้ตามที่ต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ Northern Agriculture and Forestry College และ Northern Smallholder Livestock Commercialization Project สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และงบประมาณในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Bas, M., M. Yuksel and T. Cavusoglu, 2007. Difficulties and barriers for the implementing of HACCP and food safety systems in food businesses in Turkey. **Food Control** 18: 124-130.

Boonmak, C. 2000. Small and medium enterprises (SME's) and economic development. **Maejo Vision** 1(6): 80-83.

Department of Livestock and Fisheries. 2017. **Revised Law on Animal Husbandry and Veterinary**. Botswana: Department of Livestock and Fisheries Ministry of Agriculture and Forestry with Department of Advertising and Dissemination, Ministry of Justice. 76 p.

Department of Livestock and Fisheries. 2020. **Decree on Slaughter and Inspection of Meat**. Botswana: Department of Livestock and Fisheries Ministry of Agriculture and Forestry. 21 p.

Department of Livestock. 2002. **Meat Hygiene Project Manual**. Bangkok: Agricultural Cooperative Association of Thailand Printing Community. 25 p.

Jevsnik, M., V. Hlebec and P. Raspor. 2008. Consumers' Awareness of Food Safety from Shopping to Eating. **Food Control** 19(8): 737-745.

Kenan Institute Asia. 2010. **Thailand SME sectors and the proposed EU-Thailand FTA: winners, losers and policy recommendation.** [Online]. Available http://www.kiasia.org (16 January 2011).

Nakornthaipoom, S., K. Sukharat and A. Vejyanon. 2008. **Law on Business Operations Retail or Wholesale**. Documents Presented at the Meeting Seminar to Listen the Opinions (Focus Group) of Traders and Manufacturers. Nonthaburi: Ministry of justice.

Sethakul, J., K. Tantivisutkul, P. Changwanichlert and K. Kongrak. 2008. Comparison of cold carcass pruning and warm carcass pruning effect on pork quality. pp. 209-219 *In* **The 4th Conference on Animal Science**. Khon Kaen: Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University.

Tabai, K.C. and E. Salay. 2003. Opinion of the food processors, wholesale and retail companies towards the Program for Product Quality Analysis in Sao Paulo, Brazil. **Food Control** 14: 545-551.

Yapp, C. and R. Fairman. 2006. Factors affecting food safety compliance within small and medium-sized enterprises: implications for regulatory and enforcement strategies. **Food Control** 17: 42-51.

คุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตร
The Quality of Life of Government Welfare Card Holder in Phichit Province

ศศิประภา มวลชู

Sasiprapha Muanchu

สาขาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Applied Economics, Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

Corresponding author: Lookpla_384@hotmail.com

Abstract

The purposes of this study of state welfare cardholders’ quality of life in Phichit province were: 1) to measure the level quality of life of state welfare cardholders in Phichit province; 2) to analyze the factor, affect state welfare cardholders’ quality of life in Phichit province. The questionnaire from state welfare cardholders used for data analysis. The data consists of general information and The World Health Organization Quality of Life (WHOQOL–BREF–THAI) of 400 state welfare cardholders in Phichit province. The data were analyzed using descriptive statistics, the ordered logit model and the analyzing of the marginal effect of variable that affected to the quality of life.

The findings indicated that overall, the state welfare cardholders had a good level of life quality. In addition, the elements had physical, mental, and social relations at a good level. Meanwhile, environmental elements were at a moderate level.

Factors affecting the quality of life include age, income, furthermore, awareness about the state welfare program news. There was also a level of decrease in trouble from the money received. The sufficiency for the number of stores, including the participation in the development of potential affected the quality of life too.

Keywords: low income people, welfare cardholders, quality of life

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐ ในจังหวัดพิจิตร มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อวัดระดับคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตร 2) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตร โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามจากประชาชนผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตร จำนวน 400 คน ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไป และแบบสอบถามเครื่องชี้วัดคุณภาพชีวิตขององค์กรอนามัยโลกชุดย่อ (WHOQOL–BREF–THAI) วิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลสถิติเชิงพรรณนา โดยใช้แบบจำลองโลจิทแบบลำดับในการวิเคราะห์ข้อมูล และการหาผลกระทบส่วนเพิ่มของตัวแปรที่ส่งผลต่อระดับคุณภาพชีวิต ผลการศึกษาพบว่าผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตโดยรวมอยู่ในระดับดี โดยองค์ประกอบด้านสุขภาพกาย องค์ประกอบด้านจิตใจ และองค์ประกอบด้านความสัมพันธ์ทางสังคมอยู่ในระดับดี ส่วนองค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อระดับคุณภาพชีวิต ได้แก่ อายุ รายได้ การรับรู้ข่าวสารของโครงการสวัสดิการแห่งรัฐ ระดับการบรรเทาความเดือดร้อนจากเงินที่ได้รับ ความเพียงพอต่อปริมาณร้านค้า และการเข้าร่วมการพัฒนาศักยภาพ

คำสำคัญ: ผู้มีรายได้น้อย บัตรสวัสดิการแห่งรัฐ คุณภาพชีวิต

คำนำ

ทรัพยากรมนุษย์เป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาประเทศ การส่งเสริม การสนับสนุนให้ประชาชนมีชีวิตที่ดีขึ้น ไม่ว่าจะทางด้านวัตถุ ทางด้านสังคม ทางด้านเศรษฐกิจ ทางด้านความก้าวหน้าของเทคโนโลยี การอำนวยความสะดวกสบายในชีวิตแก่พลเมือง รวมถึงการส่งเสริมทางด้านร่างกาย และสภาพจิตใจ ต่างก็เป็นประเด็นที่มุ่งส่งเสริมคุณภาพชีวิตของประชาชนทั้งสิ้น สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างประเทศไทยที่ได้ให้ความสำคัญของมนุษย์หรือคนในสังคมเป็นหลัก ดังจะเห็นได้จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยกำหนดให้มีนโยบายในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม เพื่อมุ่งเน้นความกินดีอยู่ดีและลดความเหลื่อมล้ำของคนในประเทศ ซึ่งได้ดำเนินนโยบายที่เรียกว่า “สวัสดิการแห่งรัฐ” โดยการช่วยเหลือเบื้องต้นในการลดค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำ รวมทั้งสวัสดิการต่าง ๆ ของกลุ่มที่ด้อยโอกาสทางสังคม อาทิเช่น กลุ่มผู้มีรายได้น้อย กลุ่มผู้พิการ เป็นต้น ผ่านเครื่องมือของรัฐบาลที่เรียกว่า “บัตรสวัสดิการแห่งรัฐ” เป็นโครงการนวัตกรรมในการช่วยเหลือประชาชนผู้มีรายได้น้อยให้พ้นจากปัญหาความยากจนของรัฐบาล โดยการให้มีการขึ้นทะเบียนกับกระทรวงการคลัง จากนั้นจะออกเป็นบัตรสวัสดิการเพื่อช่วยในการลดค่าครองชีพ ทั้งการซื้อสินค้า และการเดินทาง จึงเปิดให้มีการลงทะเบียนผู้มีรายได้น้อยในปี 2560 มีผู้ลงทะเบียน 14 ล้านคน โดยผู้ที่จะมาลงทะเบียนจะต้องเป็นบุคคลที่มีสัญชาติไทยมีอายุตั้งแต่ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป (โดยต้องเกิดก่อนวันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2542) อยู่ในภาวะว่างงานหรือมีรายได้ที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2559 ทั้งสิ้นไม่เกิน 100,000 บาทจะต้องไม่มีทรัพย์สินทางการเงิน ได้แก่ เงินฝากธนาคารสลากออมสินสลาก ธ.ก.ส. พันธบัตรรัฐบาลและตราสารหนี้หรือถ้ามีทรัพย์สินทางการเงินดังกล่าวจะต้องมีจำนวนรวมทั้งสิ้นไม่เกิน 100,000 บาท ณ เวลาใดเวลาหนึ่งและต้องไม่เป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์ในอสังหาริมทรัพย์ตามกฎหมายหรือถ้าเป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์ดังกล่าวจะต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนดปรากฏตามข้อมูลของกรมบัญชีกลาง ณ วันที่

8 กันยายน พ.ศ. 2560 แต่ผ่านคุณสมบัติทั้งหมดที่รัฐบาลกำหนดไว้ เพียง 11.4 ล้านคน และนำไปสู่การให้บัตรสวัสดิการแห่งรัฐซึ่งถือเป็นระยะที่ 1 โดยเป็นการให้เงินช่วยเหลือ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน และลดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และวันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2561 ได้มีมติเห็นชอบมาตรการช่วยเหลือระยะที่ 2 คือมาตรการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐ โดยไม่ได้เป็นการช่วยเหลือโดยการให้เงินเพียงอย่างเดียว แต่เป็นการพัฒนาให้มีงานทำ มีทักษะฝีมือและมีคุณภาพชีวิตที่ดีด้วย (Prime Minister’s Secretariat, 2018)

จากนโยบายในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม เพื่อมุ่งเน้นความกินดีอยู่ดีลดความเหลื่อมล้ำและประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดี ซึ่งการมีชีวิตที่มีคุณภาพย่อมเป็นชีวิตที่ประสบความสมหวัง รู้จักยับยั้งความต้องการทางร่างกาย และความต้องการทางอารมณ์ของตนเองให้อยู่ในขอบเขตที่พอดี สามารถใช้ความรู้ สติปัญญาความรู้สึกนึกคิดของตนไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนเบียดเบียน หรือให้โทษแก่บุคคลอื่นในขณะเดียวกันบุคคลจะต้องมีการศึกษาสูงมีความขยันอดทนประกอบอาชีพที่สุจริต เป็นพลเมืองดี มีศาสนาเป็นสิ่งยึดเหนี่ยวทางใจมีระเบียบมีวินัยมีกฎเกณฑ์ทางสังคมแสวงหาความรู้เพิ่มเติมรู้จักใช้ความคิดและสติปัญญาแก้ไขปัญหาสุขภาพและการดำรงชีวิตของตนเอง ซึ่งถือว่าเป็นคุณลักษณะของการมีคุณภาพชีวิตที่ดีของบุคคลในอีกระดับหนึ่ง โดยมีองค์ประกอบในการพัฒนาคุณภาพชีวิต 4 ด้าน ได้แก่ ด้านสุขภาพกาย ด้านจิตใจ ด้านสัมพันธ์ภาพทางสังคมและด้านสิ่งแวดล้อม

โดยจังหวัดพิจิตรถือได้ว่าเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่มีผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐสูงถึง 145,357 คน เมื่อเทียบกับจำนวนประชากรทั้งหมด 541,868 คน ถือว่าเป็นอัตราที่สูงมากถึงร้อยละ 19 ของประชากรทั้งหมด จังหวัดพิจิตรเป็นจังหวัดที่มีรายได้เฉลี่ยต่อหัวในปี 2560 อยู่ที่ 19,412 บาท/ครัวเรือน เป็นลำดับที่ 11 ของ 17 จังหวัดภาคเหนือ ถือว่าเป็นจังหวัดที่มีรายได้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งประชาชนที่เข้าร่วมโครงการบัตรสวัสดิการแห่งรัฐต่างมีวัตถุประสงค์ในการเข้าร่วมโครงการเพื่อยกระดับความเป็นอยู่และพัฒนาระดับคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น (Phichit Provincial Treasury Office 2017) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตรและเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตร เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาโครงการและนโยบายของรัฐบาล

วิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เน้นการศึกษาคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐ โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาในจังหวัดพิจิตร

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือประชาชนที่ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตร มีจำนวน 145,357 คน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) กรณีทราบจำนวนประชากรของ Taro Yamane ในปี ค.ศ. 1973 (Ekakul, 2000) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 398.902283 หรือจำนวน 400 คน โดยกลุ่มตัวอย่าง 400 คน นำมาสุ่มตัวอย่างเป็นตัวแทนผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐของแต่ละอำเภอ

โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิอย่างเป็นสัดส่วน (Proportional Stratified Random Sampling) (Ratchaneekul, 2016)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือแบบสอบถาม ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาจากข้อมูลแนวคิดทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงศึกษาเอกสารข้อมูลเครื่องมือที่ใช้วัดคุณภาพชีวิตขององค์การอนามัยโลกชุดย่อ ฉบับภาษาไทย แล้วนำมาเป็นแนวทางในการจัดทำแบบสอบถาม โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล

ส่วนที่ 2 คุณภาพชีวิตด้านร่างกาย คุณภาพชีวิตด้านจิตใจ คุณภาพชีวิตด้านความสัมพันธ์ทางสังคมและคุณภาพชีวิตด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีแบบสอบถามทั้งหมด 26 ข้อ ซึ่งมีความหมายทางบวก 23 ข้อ และความหมายทางลบ 3 ข้อ แต่ละข้อเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับให้เลือกตอบ (Department of Mental Health, 2016)

คือกลุ่มที่ 1 ข้อความทางลบ

ตอบ	ไม่เลย	5 คะแนน
	เล็กน้อย	4 คะแนน
	ปานกลาง	3 คะแนน
	มาก	2 คะแนน
	มากที่สุด	1 คะแนน

กลุ่มที่ 2 ข้อความทางบวก

ตอบ	ไม่เลย	1 คะแนน
	เล็กน้อย	2 คะแนน
	ปานกลาง	3 คะแนน
	มาก	4 คะแนน
	มากที่สุด	5 คะแนน

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะที่สามารถทำให้เกิดการพัฒนาคุณภาพชีวิตได้

ขอบเขตด้านระยะเวลาในการดำเนินงาน

วันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2561 – 16 มีนาคม พ.ศ. 2563

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาเรื่องคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตร ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยการใช้แบบสอบถาม เก็บข้อมูลโดยการนำแบบสอบถามไปสอบถามกลุ่มตัวอย่างของผู้ที่ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตร และรอรับแบบสอบถามกลับคืนมาให้ครบตามจำนวนที่กำหนด

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตรเพื่อตอบวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยคะแนนคุณภาพชีวิตมีคะแนนตั้งแต่ 26-130 คะแนน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปกติที่กำหนดคือคะแนน 26-60 คะแนน แสดงถึงการมีคุณภาพชีวิตที่ไม่ดี (Y=1) คะแนน 61-95 คะแนน แสดงถึงการมีคุณภาพชีวิตปานกลาง (Y=2) คะแนน 96-130 คะแนน แสดงถึงการมีคุณภาพชีวิตที่ดี (Y=3) โดยวิเคราะห์แบบจำลองโลจิทแบบลำดับ (Ordered Logit Model) เนื่องจากตัวแปรที่นำมาศึกษานั้นเป็นตัวแปรแบบเรียงลำดับ และการหาผลกระทบส่วนเพิ่ม (Marginal Effect) (Ratree, 2018) ของตัวแปรอิสระของความน่าจะเป็นของประชาชนที่ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในแต่ละระดับ ในที่นี้ตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Variable) เมื่อกำหนดปัจจัยอื่น ๆ คงที่

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไป

จากการศึกษาข้อมูลโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่าเพศของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คน พบว่าร้อยละ 71 เป็นเพศหญิง และร้อยละ 29 เป็นเพศชาย ช่วงอายุระหว่าง 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 29.75 รองลงมาคือช่วงอายุระหว่าง 41-50 ปี คิดเป็นร้อยละ 28.25 และช่วงอายุต่ำกว่า 31 ปี คิดเป็นร้อยละ 20 ช่วงอายุระหว่าง 51-60 ปี คิดเป็นร้อยละ 19.25 ช่วงอายุ 60 ปี ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 2.75 และส่วนใหญ่มีสถานะภาพสมรส ร้อยละ 72 และร้อยละ 28 มีสถานะภาพโสด ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 43.75 รองลงมาคือระดับมัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 29.75 ถัดไปคือระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 11.75 ระดับปวส. คิดเป็นร้อยละ 8 ระดับปวช. คิดเป็นร้อยละ 6.75

ระดับคุณภาพชีวิต

จากการศึกษาระดับคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐ พบว่าจากองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ สุขภาพกาย จิตใจ สัมพันธภาพทางสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีคุณภาพชีวิตทั้ง 4 ด้านอยู่ในระดับดี โดยที่คะแนนขององค์ประกอบทุกด้านมีระดับคุณภาพชีวิตอยู่ในระดับดี ยกเว้นคุณภาพชีวิตด้านสิ่งแวดล้อม มีระดับคุณภาพชีวิตอยู่ในระดับปานกลาง

Table 1 The quality of life of government welfare card holder in Phichit province

(n = 400)

Quality of life	Average	Meaning
Physical health elements	3.89	Good
Psychological elements	3.96	Good
Social relations elements	3.72	Good
Environmental elements	3.56	Moderate
Quality of life and overall health	**3.78**	**Good**

พิจารณาระดับคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตรโดยแยกเป็นรายบุคคลพบว่าผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งจำนวน 400 คน มีระดับคุณภาพชีวิตที่ดี คิดเป็นร้อยละ 81.75 รองลงมามีระดับคุณภาพชีวิตที่ไม่ดี คิดเป็นร้อยละ 10.75 และคุณภาพชีวิตระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 7.50

Table 2 The quality of life of government welfare card holder in Phichit province

Quality of life	Quantity	Average
Poor quality of life	43	10.75
Moderate quality of life	30	7.50
Good quality of life	327	81.75
Total	**400**	**100**

ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับคุณภาพชีวิต

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อระดับคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐ ในจังหวัดพิจิตร ค่า p-value แสดงให้เห็นว่ามีตัวแปรอิสระเพียง 6 ตัวแปร ที่มีผลต่อระดับคุณภาพชีวิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ อายุ (Age) รายได้ (Income) แหล่งการรับรู้ข่าวสารโครงการสวัสดิการแห่งรัฐ (News) ระดับการบรรเทาความเดือดร้อนต่อเงินที่ได้รับจากโครงการสวัสดิการแห่งรัฐ (Relief) ความเพียงพอต่อจำนวนร้านค้าในการใช้บริการ (Adequacy_shop) และการเข้าร่วมการพัฒนาศักยภาพ (Join)

Table 3 The analysis of factors affecting to the level of state welfare cardholders' life quality in Phichit province

Variant	Coefficient	Std.Error	Z-Statistic	p-value
Age	-0.08746	0.01345	-6.50	**0.000
Income	-0.00015	0.00006	-2.53	**0.011
Member	0.18343	0.10134	1.81	0.070
News	1.04298	0.30817	3.38	**0.001
Relief	-0.33945	0.16047	-2.12	**0.034
Adequacy_shop	-0.38155	0.19252	-1.98	**0.047
Join	2.74643	0.75881	3.62	**0.000
Activity	-0.77583	0.49027	-1.59	0.112
			Log Likelihood = -262.84274	
cut 1	-7.76094	1.08091	LR statistic = 109.00	
cut 2	-6.24176	1.04743	Probability (LR stat) = 0.000	
			Pseudo R^2 = 0.172	

*Significance 0.05 and ** Significance 0.01

จากการวิเคราะห์ผลกระทบส่วนเพิ่ม พบว่าตัวแปรอิสระที่มีผลต่อความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐจะมีระดับคุณภาพชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป หากอายุเพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 หน่วย จะทำให้ความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับไม่ดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 0.47 ส่วนความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับปานกลาง เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 1.01 และมีความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 1.49

หากรายได้เพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 หน่วยจะทำให้ความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับไม่ดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 0.0008 ส่วนความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับปานกลาง เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 0.0017 และมีความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 0.0025

หากการรับรู้ข่าวสารของโครงการบัตรสวัสดิการแห่งรัฐเพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 หน่วยจะทำให้ความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับไม่ดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 5.12 ส่วนความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับปานกลาง เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 11.23 และมีความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 16.35

หากจำนวนเงินที่ได้รับจากโครงการจะสามารถแบ่งเบาภาระเพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 หน่วยจะทำให้ความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับไม่ดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 1.84 ส่วนความน่าจะเป็นที่ผู้ถือ

บัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับปานกลาง เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 3.94 และมีความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 5.78

หากความเพียงพอต่อจำนวนร้านค้าในการใช้บริการเพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 หน่วยจะทำให้ความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับไม่ดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ2.06 ส่วนความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับปานกลาง เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 4.43 และมีความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 6.50

หากการเข้าร่วมโครงการพัฒนาศักยภาพชีวิตเพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 หน่วยจะทำให้ความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับไม่ดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 7.46 ส่วนความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับปานกลาง เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 18.53 และมีความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีระดับคุณภาพชีวิตระดับดี เพิ่มขึ้น (ลดลง) เท่ากับร้อยละ 25.99

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระที่มีผลต่อความน่าจะเป็นที่ผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐจะมีระดับคุณภาพชีวิตที่ดี (Y=3) คุณภาพชีวิตระดับปานกลาง *(Y=2)* และคุณภาพชีวิตไม่ดี *(Y=1)* มากที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ การเข้าร่วมโครงการพัฒนาศักยภาพชีวิต การรับรู้ข่าวสารของโครงการบัตรสวัสดิการแห่งรัฐ และความเพียงพอต่อจำนวนร้านค้าในชุมชน คิดเป็นร้อยละ 25.99 ร้อยละ 16.35 และ ร้อยละ 6.50 ตามลำดับ

Table 4 The effect of each independent variable on the probability that affect to state welfare cardholders' life quality

Variant	Prob(Y=1)	Prob(Y=2)	Prob(Y=3)
Aeg	0.00474	0.01017	-0.01491
Income	0.00000805	0.0000173	-0.0000253
News	-0.05122	-0.11232	0.16355
Relief	0.01840	0.03946	-0.05787
Adequacy_shop	0.02068	0.04436	-0.06504
Join	-0.07464	-0.18533	0.25997

วิจารณ์ผลการวิจัย

ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐ มี 6 ตัวแปรได้แก่ อายุ รายได้ การรับรู้ข่าวสารของโครงการสวัสดิการแห่งรัฐ ระดับการบรรเทาความเดือดร้อนจากเงินที่ได้รับ ความเพียงพอต่อปริมาณร้านค้า และการเข้าร่วมการพัฒนาศักยภาพ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรการสวัสดิการแห่งรัฐนวัตกรรมเพื่อการแก้ปัญหาความยากจน (Prime Minister's Secretariat, 2018) เนื่องจากจุดเริ่มต้นของมาตรการสวัสดิการแห่งรัฐ เพื่อการแก้ปัญหาความยากจน โดย

โครงการบัตรสวัสดิการแห่งรัฐช่วยเหลือบรรเทาค่าใช้จ่ายจากจำนวนเงินที่ได้รับ โดยมีการจัดสรรเรื่องอายุที่เหมาะสมของผู้ที่เข้าร่วมโครงการ และส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพ (ฝึกทักษะอาชีพ) เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการแก้ไขปัญหาความยากจน

ส่วนปัจจัยความเพียงพอต่อปริมาณร้านค้า การรับรู้ข่าวสารนั้น และการเข้าร่วมกิจกรรมในชุมชนนั้น สอดคล้องกับนโยบายบัตรสวัสดิการแห่งรัฐ ที่ว่าด้วยเรื่องการสนับสนุนให้มีร้านค้าเข้าร่วมโครงการเพื่อกระจายรายได้สู่ร้านค้าในเขตพื้นที่หรือชุมชน การเข้าถึงข่าวสารของโครงการที่พัฒนาให้เข้าสู่ระบบอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมในชุมชน ปรึกษาหารือแนวทางการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ภายในหมู่บ้านเพื่อตอบสนองต่อปัญญาที่เกิดขึ้นและเพื่อการแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

จากผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐจำนวน 400 คน พบว่าระดับคุณภาพชีวิตโดยรวมอยู่ในระดับดี โดยองค์ประกอบด้านสุภาพกาย องค์ประกอบด้านจิตใจ และองค์ประกอบด้านความสัมพันธ์ทางสังคม อยู่ในระดับดี ส่วนองค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อม อยู่ในระดับปานกลาง หากพิจารณาระดับคุณภาพชีวิตเป็นรายบุคคล พบว่าร้อยละ 81.75 มีระดับคุณภาพชีวิตระดับดี รองลงมาร้อยละ 10.75 มีระดับคุณภาพชีวิตที่ไม่ดี และร้อยละ 7.50 มีระดับคุณภาพชีวิตระดับปานกลาง

ปัจจัยที่มีผลต่อระดับคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐโดยวิธี Ordered Logit Model นั้นพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อระดับคุณภาพชีวิตมี 6 ปัจจัย ได้แก่ อายุ รายได้ การรับรู้ข่าวสารของโครงการสวัสดิการแห่งรัฐ ระดับการบรรเทาความเดือดร้อนจากเงินที่ได้รับ ความเพียงพอต่อปริมาณร้านค้า และการเข้าร่วมการพัฒนาศักยภาพ สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อระดับคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐจะมีระดับคุณภาพชีวิตที่ดี (Y=3) คุณภาพชีวิตระดับปานกลาง *(Y=2)* และคุณภาพชีวิตไม่ดี *(Y=1)* มากที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ การเข้าร่วมโครงการพัฒนาศักยภาพชีวิต การรับรู้ข่าวสารของโครงการบัตรสวัสดิการแห่งรัฐ และความเพียงพอต่อจำนวนร้านค้าในชุมชน คิดเป็นร้อยละ 25.99 ร้อยละ 16.35 และร้อยละ 6.50 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าการเข้าถึงการรับรู้ข่าวสารของโครงการบัตรสวัสดิการแห่งรัฐ และการเข้าร่วมโครงการพัฒนาศักยภาพของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐมีผลต่อระดับคุณภาพชีวิตฉะนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องมีเพิ่มช่องทางการกระจายข่าวสารและเพิ่มโครงการพัฒนาศักยภาพเพื่อให้สอดคล้องต่อการพัฒนาการดำรงชีวิต และการพัฒนาระดับคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐได้ดีขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาวิจัยที่เป็นแนวทางต่อการพัฒนาระดับคุณภาพชีวิต ควรศึกษาเกี่ยวกับระดับคุณภาพชีวิตของผู้ที่เข้าร่วมโครงการพัฒนาศักยภาพว่ามีความแตกต่างจากตอนที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการพัฒนาศักยภาพเพื่อให้สอดคล้องต่อนโยบายของรัฐได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยคุณภาพชีวิตของผู้ถือบัตรสวัสดิการแห่งรัฐในจังหวัดพิจิตร ฉบับบนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยที่ได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.นิโรจน์ สินณรงค์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทพรรดิ์ นิตยพงศ์ชัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เก นันทะเสน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่คอยแนะแนวทางให้คำปรึกษาตลอดจนช่วยเหลือ หรือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่ง จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความรู้สึกซาบซึ้งและสำนึกในพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

Department of Mental Health. 2016. **The World Health Organization Quality of Life (WHOQOL–BREF–THAI)**. [Online]. Available https://www.dmh.go.th/test/download/files/whoqol.pdf (1 May 2017). [in Thai]

Ekakul, T. 2000**. Study of sample size determination according to Yamane guidelines**. New York: Harper and Row Publication. 1130 p.

Phichit Provincial Treasury Office. 2017. **Persons eligible for government welfare cards or low-income welfare cards.** [Online]. Available https://www.cgd.go.th/cs/pct/pct/7.html (1 May 2017). [in Thai]

Prime Minister's Secretariat. 2018. Innovative measures for government welfare to solve poverty problems. **Prime Minister's Secretariat Journal** April–June (2018): 1-44. [in Thai]

Ratchaneekul, P. 2016 **Sampling design**. [Online]. Available http://www.udru.ac.th/oldsite/attachments/elearning/01/06.pdf (1 May 2019). [in Thai]

Ratree, P. 2018. **Farmer Perception and Adaptation to Impacts of Climate Change on Quality of Longan Yleid in Chom Thong District, Chiang Mai Province.** Master Thesis. Maejo University. 59 p. [in Thai]

Session 5

ภาคโปสเตอร์

การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาดำเนินงานโครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานราก ตามแนวทางประชารัฐ จังหวัดเชียงใหม่

Implementation of the Sufficiency Economy Philosophy to the Pracharath Project Chiang Mai

โฆษิต ไชยประสิทธิ์

Khosit Chaiprasit

หลักสูตรวิชาการพัฒนาชุมชน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

Department of Community Development, Faculty of Humanities and Social Sciences, Chiang Mai Rajabhat University

Chiang Mai, Thailand 50300

Corresponding author: gotkhosit@gmail.com

Abstract

The research purposes were: 1) to study the context of the Pracharath project in Chiang Mai; 2) to study the philosophy of sufficiency economy concept to strengthen basic economics of the Pracharath project and 3) to propose ways to implement the philosophy of sufficiency economy project to strengthen basic economics of Pracharath project guidelines. The study was a mixed method research. The sample group included 250 projects. The data were analyzed using rating scale, descriptive statistics, percentage, mean, and standard deviation. In-depth interview was also included for 3 successful projects.

This research found that

1. The project using the principle of sufficiency economy philosophy affected the community economy at a high level. Based on each issue, the project also worked at a high level.

2. The principle of sufficiency economy philosophy helped increase income at a high level. Based on each issue, the project worked at a high level as well.

3. The sufficiency economy philosophy provided had built up happiness to the community at a high level. Based on each issue, it was found that the practice was at a high level in all aspects.

The research was also found that the achievement of the project was related to the social capital of the community including: 1) community culture; 2) humans; 3) several organizations as well as different groups in the communities; 4) community networks and 5) local wisdom. These would increase community income, strengthen community economy, and build up the happiness to develop the quality of life of the people in the communities. These would also reduce both social and economic inequalities.

Keywords: Pracharath project, sufficiency economy philosophy, Chiang Mai

บทคัดย่อ

การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาดำเนินงานโครงการเพิ่มเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์ในการวิจัย คือ 1) เพื่อศึกษาบริบทการดำเนินโครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ จังหวัดเชียงใหม่ 2) เพื่อศึกษาการนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาดำเนินงานโครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ และ 3) เพื่อเสนอแนะแนวทางในการนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ดำเนินโครงการเพิ่มความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ โดยใช้วิธีการศึกษาแบบผสานวิธี (Mixed method research) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 250 โครงการ เครื่องมือที่ใช้คือมาตรประมาณค่า (Rating scale) ใช้หลักสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย(Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ส่วนการวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกโครงการที่ประสบผลสำเร็จในการดำเนินงาน 3 โครงการ

ผลการดำเนินงาน พบว่า

1. โครงการนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาดำเนินงาน ทำให้เศรษฐกิจชุมชนเกิดความเข้มแข็ง อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าโครงการมีการปฏิบัติอยู่ในระดับมากทุกประเด็น

2. โครงการนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาดำเนินงาน ทำให้รายได้เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า โครงการมีการปฏิบัติอยู่ในระดับมากทุกประเด็น

3. การนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติ ทำให้ชุมชนมีความสุขอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า โครงการมีการปฏิบัติอยู่ในระดับมากทุกประเด็น

โครงการจะประสบความสำเร็จได้ ต้องนำทุนทางสังคมของแต่ละชุมชนมาใช้ในการดำเนิน ได้แก่ 1) วัฒนธรรมชุมชน 2) บุคคล 3) องค์กร และกลุ่มที่มีอยู่ในชุมชน 4) เครือข่ายชุมชน และ 5) ภูมิปัญญา อันจะก่อให้เกิดรายได้เพิ่มเศรษฐกิจมีความเข้มแข็ง มีความสุขเพื่อที่จะพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในชุมชน ลดความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ สังคม

คำสำคัญ: โครงการเพิ่มเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จังหวัดเชียงใหม่

คำนำ

ความสำคัญของปัญหา

โครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า “โครงการประชารัฐ” เป็นโครงการที่คณะกรรมการกองทุนหมู่บ้าน และชุมชนเมืองแห่งชาติ ได้มีมติสนับสนุนการดำเนินงานตามมติคณะรัฐมนตรีในปี พ.ศ. 2559 ที่ได้เห็นชอบหลักการโครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ และอนุมัติหลักการงบประมาณในการดำเนินโครงการฯ ในวงเงิน 35,000 ล้านบาท เพื่อสนับสนุนให้กับกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองเพื่อใช้ในการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานในชุมชน และความเป็นอยู่ในชุมชนที่ดีขึ้น โดยมอบให้สำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติขับเคลื่อนการดำเนินงานให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการต่อไป โดยโครงการฯ ดังกล่าวจะช่วยสร้างโอกาสในการแก้ไขปัญหาความต้องการของหมู่บ้านและชุมชน ตลอดจนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในการส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างอาชีพ สร้างงาน สร้างรายได้ ในหมู่บ้านและชุมชนที่มุ่งเน้นทั้งภาคการผลิต การแปรรูป และการตลาดอย่างครบวงจร การเพิ่มศักยภาพในการประกอบอาชีพและความเป็นอยู่ของประชาชนในหมู่บ้านและชุมชนให้ดีขึ้นได้ตามความต้องการอย่างแท้จริง

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้กำหนดวิสัยทัศน์และแนวทางการพัฒนาประเทศไทย 20 ปี (พ.ศ. 2550-2570) ในปี พ.ศ. 2570 มีสาระสำคัญคือ การกลับเข้าสู่ทิศทางการพัฒนาบนรากฐานของสังคมไทยที่อยู่ในกรอบแนวคิดของการพัฒนาตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และให้ความสำคัญกับการพัฒนาประเทศที่ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อลดความเสี่ยง สร้างภูมิคุ้มกัน นำไปสู่การพึ่งตนเองได้ทั้งในระดับปัจเจกชน ระดับครัวเรือน ระดับชุมชน ระดับภูมิภาคและระดับประเทศ ด้วยการพัฒนาที่ในทุกมิติจะต้องอยู่ภายใต้หลักการของความพอประมาณ มีเหตุผล และมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี คน ชุมชน สังคม ต้องมีความรู้ (รอบรู้ รอบคอบ ระมัดระวัง) และมีคุณธรรม (ซื่อสัตย์ สุจริต ขยัน อดทน สติปัญญา แบ่งปัน)

เชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และได้ถูกกำหนดเป็นจังหวัดที่ถูกดำเนินการระยะที่ 1 ตามโครงการประชารัฐรักสามัคคี ซึ่งจะต้องดำเนินการตามเป้าหมาย คือการสร้างรายได้ให้ชุมชน และประชาชนมีความสุข มีกลุ่มงานสำคัญคือ การเกษตร การแปรรูป (SME, OTOP) การท่องเที่ยวชุมชน โดยกระบวนการดำเนินงาน ได้แก่ การเข้าถึงปัจจัยการผลิต การสร้างองค์ความรู้ การตลาด การสื่อสารสร้างการรับรู้เพื่อความยั่งยืน และการบริหารจัดการ โดยการขับเคลื่อนให้ยึดตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงแล้วนำไปสู่แนวทางปฏิบัติ

การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสู่การพัฒนานวัตกรรม และองค์ความรู้ที่เป็นพื้นฐานของประเทศไทย ควบคู่ไปกับการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี เสริมสร้างความมั่นคงในการดำรงชีวิต ขจัดความยากจน และพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน รวมทั้งการต่อยอดภูมิปัญญาให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์และสาธารณะ ตลอดจนการจัดการงาน และอาชีพในสังคมไทย เป็นการพัฒนาขีดความสามารถในการผลิตและการบริโภคอย่างพออยู่พอกินไปจนถึงการแปรรูปอุตสาหกรรมครัวเรือน สร้างอาชีพ และทักษะวิชาการ ซึ่งเป็นการพัฒนาตามขั้นตอนเป็นลำดับในเรื่องต่าง ๆ โดยพัฒนาขึ้นจากฐานทรัพยากรและภูมิปัญญาที่มีอยู่ในชาติควบคู่ไปกับการเรียนรู้จากโลกภายนอก การพัฒนาประเทศตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงไม่ได้เป็นแบบอย่างตายตัวตามตำรา หากแต่ต้องเป็นไปตามสภาพภูมิศาสตร์ สังคมวิทยา

วัฒนธรรม ชุมชนที่มีความหลากหลาย ขณะเดียวกันต้องเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วตามอิทธิพลของกระแสโลกาภิวัตน์ ควบคู่ไปกับการพยายามแสวงหาแนวทางการดำรงชีวิตตามหลักการพื้นฐานของเศรษฐกิจพอเพียง ให้เกิดความสมดุลและสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในยุคปัจจุบัน

ปัญหาความยากจน และความเหลื่อมล้ำเป็นปัญหาเรื้อรังต่อการพัฒนาประเทศ จำเป็นต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน ที่ผ่านมาการพัฒนาประเทศมุ่งเน้นแต่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเศรษฐกิจเป็นส่วนใหญ่ ทำให้เกิดช่องว่าง ความยากจนมากขึ้น เป็นต้นเหตุปัญหาต่าง ๆ มากมาย จึงได้ดำเนินงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง เพื่อเป็นแหล่งเงินทุนหมุนเวียนเพื่อการลงทุนในการสร้างอาชีพ สร้างงาน สร้างรายได้ให้กับประชาชน โดยการขับเคลื่อนกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองผ่านโครงการต่าง ๆ เช่น 1) โครงการสนับสนุนและพัฒนากองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง วงเงิน 40,000 ล้านบาท 2) โครงการฟื้นฟูและพัฒนาเพื่อสนับสนุนการเพิ่มทุนกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง วงเงิน 68,318 ล้านบาท เป็นต้น

นอกจากนี้ ยังมีโครงการต่างๆ ภายใต้การดำเนินงานของประชารัฐ เช่นโครงการตลาดประชารัฐเพื่อประชาชนสำหรับจำหน่ายสินค้าของสมาชิกโครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานราก การสนับสนุนงบประมาณให้กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง กองทุนละ 500,000 บาท โครงการเพิ่มศักยภาพหมู่บ้านและชุมชนเพื่อความเข้มแข็งฐานรากตามแนวประชารัฐ 15,000 ล้านบาท จากการดำเนินงานกองทุนหมู่บ้านฯ มาตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 จนถึงปัจจุบันได้เกิดการต่อยอดประสานกับแนวคิดประชารัฐเกิดสิ่งที่เป็นรูปธรรมมาก เช่น 1)ร้านค้าประชารัฐ 19,306 แห่ง 2) ตลาดประชารัฐ 1,359 แห่ง 3) สินค้ากองทุนหมู่บ้านกว่า 10,000 รายการ 4) โรงน้ำดื่มชุมชนกว่า 10,000 แห่ง มีเงินสบทบเข้ากองทุนฯ กว่า 5,600 ล้านบาท ส่งเสริมการออมกว่า 18,600 ล้านบาท

การขับเคลื่อน “เศรษฐกิจฐานราก” ถือเป็น 1 ใน 12 นโยบาย “ประชารัฐ” ที่รัฐบาล พลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา ให้ความสำคัญ มีเป้าหมายเพื่อลดความเหลื่อมล้ำ สร้างเศรษฐกิจชุมชนเข้มแข็ง ประชาชนมีความสุขและมีรายได้เพิ่มขึ้นเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างภาครัฐภาคเอกชน ภาควิชาการ ภาคประชาสังคม และภาคประชาชนจึงเรียกว่า “นโยบายเศรษฐกิจฐานรากและประชารัฐ” มีการแต่งตั้งคณะทำงานขึ้นมาในเดือนธันวาคม 2558 มีพลเอกอนุพงษ์ เผ่าจินดา รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยเป็นหัวหน้าทีมภาครัฐ และนายฐาปน สิริวัฒนภักดี ผู้บริหารบริษัทไทยเบฟเวอเรจฯ เป็นหัวหน้าทีมภาคเอกชน และมีผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาองค์กรชุมชนเข้าร่วมเป็นคณะทำงาน

ปัจจุบัน การพัฒนาระบบเศรษฐกิจฐานรากตามแนวคิด Local economy โดยมุ่งพัฒนาทุกด้านภายใต้ศาสตร์พระราชา ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และการทรงงานของในหลวงรัชกาลที่ 10 ได้แก่ การทำความเข้าใจถึงความสำคัญในหน้าที่ และความรับผิดชอบของตนให้ถ่องแท้ ร่วมกันคิด ร่วมกันทำด้วยความอุตสาหะ เสียสละด้วยความสุจริต จริงใจ สอดคล้องกับการบริหารงานของพลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี ได้ดำเนินโครงการประชารัฐขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจฐานรากของประเทศให้เกิดความมั่นคง ยั่งยืน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องน้อมนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นหลักในการสร้างภูมิคุ้มกันชุมชนตามเจตนารมณ์ของรัฐบาล จึงเป็นที่มาโครงการวิจัยเรื่อง “การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาดำเนินงานโครงการเพิ่มเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ จังหวัดเชียงใหม่” อันจะเป็นการสร้างศักยภาพของชุมชนและสมาชิกชุมชนให้เกิดความเข้มแข็งจากการเปลี่ยนแปลงทางสังคมอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่ออัตลักษณ์ชุมชนที่อาจล่มสลายไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาบริบทการดำเนินโครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ จังหวัดเชียงใหม่

2) เพื่อศึกษาการนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาดำเนินงานโครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชาชารัฐ

3) เพื่อเสนอแนะแนวทางในการนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ดำเนินโครงการเพิ่มความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาคือ ประธานผู้รับผิดชอบโครงการในแต่ละอำเภอของจังหวัดเชียงใหม่ จากนั้นผู้วิจัยได้ประสานไปยังคณะอนุกรรมการดำเนินโครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ (อปค.) ระดับอำเภอ เพื่อกำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยอปค.อำเภอมีรายชื่อโครงการที่ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติ จำนวน 10 โครงการต่ออำเภอ รวมกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 250 คน จากนั้นผู้วิจัยได้ส่งแบบสอบถามไปยังประธานโครงการในแต่ละอำเภอเพื่อดำเนินการเก็บข้อมูลต่อไป

ส่วนการวิจัยเชิงคุณภาพ เป็นแบบเฉพาะเจาะจง โดยวิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกไปยังประธานโครงการที่ประสบผลสำเร็จจำนวน 3 โครงการ ได้แก่

1) โครงการที่พัฒนาและเสริมสร้างทรัพยากรมนุษย์ ได้แก่ ศูนย์จำหน่ายสินค้าชุมชนตำบลข่วงเปา อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ (ได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับ 2)

2) โครงการที่มีการบูรณาการกิจกรรมการพัฒนาหมู่บ้านและชุมชนสู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน มีอยู่ด้วยกัน 2 โครงการ ได้แก่

2.1) พิพิธภัณฑ์ไทเขินเพื่อการท่องเที่ยว ตำบลบ้านกลาง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ (ได้รับรางวัลชนะเลิศระดับจังหวัดเชียงใหม่)

2.2) โครงการเพาะต้นกล้ากาแฟบ้านปางไฮ ตำบลเทพเสด็จ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสานวิธี (Mixed method research) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณ ได้แก่ แบบสอบถาม แบ่งเป็น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของโครงการ ประกอบด้วย ประเภทโครงการ จำนวนสมาชิก การก่อตั้ง งบประมาณสนับสนุน รายได้จากการดำเนินโครงการ เป็นคำถามแบบเลือกตอบ (Check list)

ตอนที่ 2 ระดับภาพรวมการประกอบธุรกิจโครงการ เป็นคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale)

ตอนที่ 3 ความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์โครงการ เป็นคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale)

ตอนที่ 4 การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติในโครงการ เป็นคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ส่งแบบสอบถามไปยังประธานโครงการในแต่ละอำเภอ จำนวน 250 ชุด ได้รับกลับคืนมาจำนวน 250 ชุด คิดเป็นร้อยละ 100% จากนั้นนำข้อมูลในแบบสอบถามไปวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้วิธีการประมวลผลตาม หลักสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) กำหนดให้คะแนนคำตอบของแบบสอบถาม ดังนี้

ระดับการปฏิบัติมากที่สุด กำหนดให้เป็น 5 คะแนน
ระดับการปฏิบัติมาก กำหนดให้เป็น 4 คะแนน
ระดับการปฏิบัติปานกลาง กำหนดให้เป็น 3 คะแนน
ระดับการปฏิบัติน้อย กำหนดให้เป็น 2 คะแนน
ระดับการปฏิบัติน้อยที่สุด กำหนดให้เป็น 1 คะแนน

แล้วนำคะแนนไปหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีระดับการปฏิบัติมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีระดับการปฏิบัติมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีระดับการปฏิบัติปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง มีระดับการปฏิบัติน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง มีระดับการปฏิบัติน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ด้านเนื้อหา (Content analysis) จากการสัมภาษณ์เชิงลึกแล้วจึงสรุป

ผลการวิจัย

1. บริบทการดำเนินโครงการเพิ่มเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐโดยหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อเสริมศักยภาพของชุมชน จังหวัดเชียงใหม่

สำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ (สทบ.) มีจำนวนสาขา 13 สาขา กระจายตามภูมิภาคต่างๆ โดยสทบ.สาขา 1 มีที่ตั้งสำนักงานที่จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่รับผิดชอบด้วยกัน 6 จังหวัด คือ เชียงราย เชียงใหม่ พะเยา แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน โครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ จังหวัดเชียงใหม่นั้น ได้ดำเนินงานตามโครงการประชารัฐตามนโยบายกระตุ้นเศรษฐกิจฐานรากของรัฐบาลมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 จนถึง พ.ศ. 2563 ซึ่งเป็นในระยะที่ 3 และมีการปรับชื่อโครงการเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากในแต่ละระยะ กล่าวโดยสรุปภาพรวมการดำเนินโครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ จังหวัด

เชียงใหม่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559–2563 มีจำนวนโครงการที่ได้รับการสนับสนุนทั้งสิ้น 2,993 โครงการ และมีงบประมาณสนับสนุนจำนวนทั้งสิ้น 913,736,600 บาท

2. การนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ดำเนินงานโครงการเพิ่มเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐโดยหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อเสริมศักยภาพของชุมชน จังหวัดเชียงใหม่

Table 1 The level of business overview

Business conditions	Business results level (percent)					$\bar{x}$	S.D.	Interpret
	5	**4**	**3**	**2**	**1**			
1. Profit	2 (1.1%)	26 (13.8%)	129 (68.6%)	22 (11.7%)	9 (4.8%)	2.95	0.69	Neutral
2. Reduce debt	7 (3.7%)	43 (22.9%)	102 (54.3%)	27 (14.4%)	9 (4.8%)	3.06	0.84	Neutral
3. Reduce the burden of expenses	10 (5.3%)	72 (38.3%)	91 (48.4%)	14 (7.4%)	1 (0.5%)	3.40	0.72	Neutral
4. Enhance capital liquidity	6 (3.2%)	95 (50.5%)	76 (40.4%)	9 (4.8%)	2 (1.1%)	3.50	0.69	Neutral
5. Efficient cost-expense-profit management	11 (5.9%)	85 (45.2%)	82 (43.6%)	10 (5.3%)	-	3.52	0.69	Agree
Total						**3.28**	**0.54**	**Neutral**

จากTable 1 พบว่า สภาวะการประกอบธุรกิจโครงการ อยู่ในระดับปานกลาง โดยเฉลี่ยมีความคิดเห็นว่าสภาวะการประกอบธุรกิจโครงการ อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$= 3.28) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าภาพรวมการประกอบธุรกิจอยู่ในระดับปานกลางทุกข้อ ส่วนการบริหารจัดการต้นทุน–รายจ่าย–ผลกำไรให้มีประสิทธิภาพ ดำเนินการอยู่ในระดับมาก

Table 2 The level of conformity with the goals and objectives of the Pracharath project

Goals and objectives	Consistency level (percent)					$\bar{x}$	S.D.	Interpret
	5	4	3	2	1			
1. Applying local wisdom for good quality of life	6 (3.2%)	109 (58.0%)	62 (33.0%)	11 (5.9%)	-	3.59	0.65	Agree
2. Strengthen the stability of life	19 (10.1%)	113 (60.1%)	55 (29.3%)	1 (0.5%)	-	3.80	0.61	Agree
3. End poverty	10 (5.3%)	70 (37.2%)	96 (51.1%)	11 (5.9%)	1 (0.5%)	3.41	0.70	Neutral
4. Sustainable development of the community economy	22 (11.7%)	98 (52.1%)	61 (32.4%)	7 (3.7%)	-	3.72	0.71	Agree
5. Extending wisdom for commercial and public benefits	8 (4.3%)	104 (55.3%)	60 (31.9%)	16 (8.5%)	-	3.55	0.71	Agree
6. Job and Career Management in Thai Society	6 (3.2%)	80 (42.6%)	89 (47.3%)	12 (6.4%)	1 (0.5%)	3.41	0.68	Neutral
7. Develop production capacity and sufficient consumption	11 (5.9%)	88 (46.8%)	73 (38.8%)	14 (7.4%)	2 (1.1%)	3.49	0.76	Neutral
8. Household industry privatization, career building and academic skills	9 (4.8%)	60 (31.9%)	84 (44.7%)	26 (13.8%)	9 (4.8%)	3.18	0.90	Neutral
Total						**3.51**	**0.52**	**Agree**

จาก Table 2 พบว่า การดำเนินโครงการมีความสอดคล้องเป็นไปตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์โครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ อยู่ในระดับมาก โดยเฉลี่ยมีความคิดเห็นว่าการดำเนินโครงการมีความสอดคล้องเป็นไปตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์โครงการฯ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.51) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความสอดคล้องในระดับมากทุกข้อ ส่วนการขจัดความยากจน การจัดการงานและอาชีพในสังคมไทย การพัฒนาขีดความสามารถในการผลิตและการบริโภคอย่างพออยู่พอกิน และการแปรรูปอุตสาหกรรมครัวเรือน สร้างอาชีพ และทักษะวิชาการ อยู่ในระดับปานกลาง

Table 3 The overview of strong community economy

Issue	$\bar{x}$	SD	Interpret
1. Moderation	3.57	0.53	Agree
2. Reasonableness	3.64	0.54	Agree
3. Self–immunity	3.76	0.52	Agree
Total	**3.66**	**0.48**	**Agree**

จาก Table 3 พบว่า การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติ ทำให้ความเข้มแข็งของเศรษฐกิจชุมชนภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยเฉลี่ยโครงการปฏิบัติในประเด็น ความพอประมาณ ความมีเหตุผล มีภูมิคุ้มกัน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.66) และเมื่อพิจารณาในรายข้อ พบว่ามีการปฏิบัติระดับมากในทุกข้อ

Table 4 The overall of income increased

Issue	$\bar{x}$	SD	Interpret
1. Moderation	3.41	0.59	Agree
2. Reasonableness	3.61	0.51	Agree
3. Self - immunity	3.77	0.47	Agree
Total	**3.60**	**0.45**	**Agree**

จาก Table 4 พบว่า การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติ ทำให้ภาพรวมรายได้เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับมาก โดยเฉลี่ยโครงการปฏิบัติในประเด็น ความพอประมาณ ความมีเหตุผล มีภูมิคุ้มกัน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.60) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีการปฏิบัติระดับมากในทุกข้อ

Table 5 The overall of happiness community

Issue	$\bar{x}$	SD	Interpret
1. Moderation	3.72	0.54	Agree
2. Reasonableness	3.74	0.48	Agree
3. Self-immunity	3.78	0.51	Agree
Total	**3.75**	**0.46**	**Agree**

จากTable 5 พบว่า การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติ ทำให้ชุมชนมีความสุขอยู่ในระดับมาก โดยเฉลี่ยโครงการปฏิบัติในประเด็น ความพอประมาณ ความมีเหตุผล มีภูมิคุ้มกัน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 3.75) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีการปฏิบัติระดับมากทุกข้อ

Table 6 The overview of the implementation of the Sufficiency Economy Philosophy in the Pracharath Project

Issue	$\bar{x}$	SD	Interpret
1. Strong community economy	3.66	0.48	Agree
2. Increased income	3.60	0.45	Agree
3. Happiness community	3.75	0.46	Agree
Total	**3.67**	**0.42**	**Agree**

จากTable 6 พบว่า ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเพิ่มความเข้มแข็งของโครงการ ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความเข้มแข็งเศรษฐกิจชุมน รายได้เพิ่มขึ้น ชุมชนมีความสุข อยู่ในระดับมาก โดยเฉลี่ยโครงการปฏิบัติในประเด็น ความพอประมาณ ความมีเหตุผล มีภูมิคุ้มกัน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.67) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีการปฏิบัติในระดับมากทุกข้อ

การศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพจากการถอดบทเรียนตัวอย่างโครงการที่ประสบผลสำเร็จ แต่ละกลุ่มจะมีวิธีการบริหารจัดการที่หลากหลายขึ้นอยู่กับบริบทและต้นทุนที่มีอยู่ของชุมชนนั้นๆ ยกตัวอย่างเช่นศูนย์จำหน่ายสินค้าชุมชนตำบลข่วงเปา อำเภอจอมทอง กลุ่มมีการบริหารงานโดยกลุ่มผู้อาวุโสที่มีความสามารถ มีประสบการณ์และมีความเสียสละในการทำงานเพื่อชุมชนและสังคม ถือได้ว่าการดำเนินงานของศูนย์จำหน่ายสินค้าชุมชน ได้ใช้หลักการบริหารทรัพยากรมนุษย์ให้เกิดความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดในการพัฒนา ส่วนกลุ่มเพาะต้นกล้ากาแฟชุมชนเทพเสด็จ อำเภอดอยสะเก็ด ที่นำเอาพืชเศรษฐกิจในท้องถิ่นมาดำเนินการในรูปแบบของการรวมกลุ่มอย่างครบวงจรห่วงโซ่ทางเศรษฐกิจเศรษฐกิจชุมชนเกิดการหมุนเวียนและสร้างอาชีพ สร้างรายได้อย่างครบวงจร ตั้งแต่ในระดับต้นน้ำ (การเพาะพันธุ์,เพาะต้นกล้า) กลางน้ำ (การปลูก) ปลายน้ำ (การแปรรูป) หรือการนำเอาอัตลักษณ์ของชุมชนไทเขิน บ้านต้นกอก อำเภอสันป่าตองมาสร้างจิตสำนึกร่วมเพื่อการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น นอกเหนือจากนั้นยังเป็นการเพิ่มรายได้ของชุมชนจากการท่องเที่ยวอีกทางหนึ่งด้วย

วิจารณ์ผลการวิจัย

โครงการประชารัฐ มีวัตถุประสงค์ให้ชุมชนท้องถิ่นสามารถพึ่งตนเอง สร้างความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ซึ่งกันและกัน เกิดการพัฒนาด้านต่างๆ ในพื้นที่ สังคม ผู้คน ชุมชน วัฒนธรรม สิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาและการจัดการโดยชุมชนท้องถิ่น ให้เกิดการสร้างทุน กองทุนที่เข้มแข็ง การผลิตพื้นฐาน การแปรรูป การบริการ การตลาด ความจำเป็นพื้นฐานต่าง ๆ ผลการศึกษา พบว่า

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559–2563 จังหวัดเชียงใหม่ มีจำนวนโครงการที่ได้รับการสนับสนุนทั้งสิ้น 2,993 โครงการ และมีงบประมาณสนับสนุนจำนวนทั้งสิ้น 913,736,600 บาท โครงการสามารถลดภาระหนี้สิน การลดภาระค่าใช้จ่าย การเสริมสร้างสภาพคล่องเงินทุนประกอบอาชีพ เกิดการสร้างกลุ่มและต่อยอดวิสาหกิจชุมชน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์โครงการที่เน้นการพัฒนาระบบเศรษฐกิจฐานรากที่กระจายอยู่ในเขตชนบททั่วประเทศ

การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาดำเนินโครงการ ในประเด็น ได้แก่ ความพอประมาณ ความมีเหตุผล มีภูมิคุ้มกัน อยู่ในระดับมาก แสดงถึงความเข้าใจของผู้ดำเนินโครงการเกี่ยวกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่จะนำมาประยุกต์ใช้บริหารจัดการโครงการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินโครงการ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Patitangkho (2015) ที่ว่าความรู้ความเข้าใจในหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมีหลายระดับ ในระดับบุคคลและครอบครัวคือการลดรายจ่าย ประหยัดอดออม การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การประยุกต์ใช้เศรษฐกิจพอเพียงในการดำเนินชีวิตได้แก่การลดการใช้จ่ายในครัวเรือน ลดปริมาณการซื้อจากภายนอก เน้นการผลิตใช้ด้วยตนเอง และนำไปจำหน่ายถือว่าเป็นการพึ่งตนเองสอดคล้องกับ Supunya (2007) ที่กล่าวว่าการนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติโดยการพึ่งตนเอง ต้องมีการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนและกลุ่มอาชีพต่างๆ อย่างถูกต้องตามกฎหมาย โดยให้ชุมชนเป็นเจ้าของและดำเนินกิจการด้วยตนเอง นอกจากนั้นปัจจัยสำคัญในการนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติให้เกิดผล ดังที่ Wuttiviy (2008) กล่าวไว้คือ ผู้นำชุมชน มีผลต่อการนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติในระดับชุมชน ผู้นำชุมชนต้องสร้างแรงจูงใจและการให้ความรู้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงแก่ลูกบ้านอยู่ตลอดเวลา

ด้านข้อเสนอแนะการนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ดำเนินโครงการ ดังที่ Patitangkho (2015) กล่าวว่าจะต้องมีรูปแบบการแก้ไขปัญหาความยากจนที่เหมาะสม โดยต้องเริ่มจากคนในชุมชนต้องมีความรู้ มีแหล่งเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง และได้รับการมีส่วนร่วมของชุมชน สอดคล้องกับ Somphat (2006) ที่กล่าวว่าการเสริมศักยภาพของชุมชนเป็นการสร้างตัวตนของคนในชุมชน สร้างพลังปัญญา เสริมสร้างกระบวนการเรียนรู้ให้ชุมชนสามารถพึ่งตนเองได้ จะสามารถเชื่อมโยงมิติทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม มีความพร้อมที่จะนำไปสู่การพัฒนากลุ่มหรือองค์กร ชุมชนให้เกิดขบวนการขับเคลื่อนต่อไป ตามแนวคิดบันได 9 ขั้นสู่ความพอเพียงสอดคล้องกับแนวคิดของ Sutham (2003) ที่กล่าวว่า ความเข้มแข็งของกลุ่มเกิดจากปัจจัย 2 ประการ กล่าวคือ

1) ปัจจัยภายใน ได้แก่ด้านความสัมพันธ์ทางสังคมในชุมชน เช่นความสัมพันธ์ที่เหนียวแน่นของของในชุมชนเนื่องจากความเป็นชนชาติพันธุ์เดียวกัน สมาชิกภายในชุมชนมีความสัมพันธ์เกี่ยวดองกันเป็นเครือญาติ รักพวกพ้อง มีความซื่อสัตย์ เสียสละ มีคุณธรรม ดำเนินตามวัฒนธรรมประเพณีที่สืบทอดกันมาอย่างเคร่งครัด

การมีผู้นำที่เสียสละ มีความตั้งใจจริง มุ่งมั่นที่จะทำให้องค์กรประสบความสำเร็จ มีลักษณะความเป็นผู้นำเสียสละ มีการแบ่งงานกันอย่างชัดเจน ทุกคนทำตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายอย่างจริงจัง และมีการผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนคณะกรรมการเข้ามาทำหน้าที่ตามวาระ ทำให้ทุกคนได้มีโอกาสเรียนรู้งานและพัฒนาศักยภาพของตนเองไปด้วย

การเสริมสร้างกระบวนการเรียนรู้ให้กับสมาชิกภายในองค์กร คณะกรรมการให้ความสำคัญในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ให้กับสมาชิกอย่างต่อเนื่อง โดยถือว่าเป็นรากฐานสำคัญของการเติบโตและการพัฒนาองค์กรชุมชนได้อย่างยั่งยืน

การมีส่วนร่วมของสมาชิก วัตถุประสงค์ที่แท้จริงของกองทุนหมู่บ้าน คือ การพัฒนาจิตใจให้มีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ต่อกัน โดยใช้เงินเป็นสื่อในการสร้างคน ดังนั้น ในการดำเนินงานทุกขั้นตอนจึงเป็นการดำเนินงานโดยเน้นการมีส่วนร่วมของชาวบ้านและชุมชน

2) ปัจจัยส่งเสริมที่มาจากภายนอก ที่เข้ามาส่งเสริมให้องค์กรชุมชนเข้มแข็ง ได้แก่ หน่วยงานต่างๆ ทั้งจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ที่ให้การสนับสนุนทั้งทางด้านงบประมาณ และด้านวิชาการ ได้แก่ สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอ สำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง (สทบ.1) องค์การบริหารส่วนตำบล มหาวิทยาลัยต่างๆ เป็นต้นนอกจากนี้ยังมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ศึกษาดูงานสถานที่ต่าง ๆ รวมถึงการเปิดให้หน่วยงานอื่น ๆ ได้เข้ามาศึกษาเรียนรู้ด้านธุรกิจการเงินของสหกรณ์ฯ อีกด้วย ปัจจัยภายนอกดังกล่าวจึงทำให้เกิดองค์ความรู้ เกิดการแลกเปลี่ยน แนวทางการทำงานรวมถึงการบริหารงานของสหกรณ์เครดิตยูเนี่ยน ซึ่งถือเป็นปัจจัยหนุนเสริมความเข้มแข็งของสหกรณ์ฯ ให้ยั่งยืนอย่างมั่นคง

การเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐโดยหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อเสริมศักยภาพของชุมชนเป็นการสร้างตัวตนของคนในชุมชน สร้างพลังปัญญา เสริมสร้างกระบวนการเรียนรู้ให้ชุมชนสามารถพึ่งตนเองได้ สามารถเชื่อมโยงมิติทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม มีความพร้อมที่จะนำไปสู่การพัฒนากลุ่มหรือองค์กร ชุมชนให้เกิดขบวนการขับเคลื่อนต่อไป (Sombhat, 2006) โครงการประชารัฐฯ ของจังหวัดเชียงใหม่เกิดความมั่นคงได้เนื่องจากความเข้มแข็งของกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sutham (2003) ที่กล่าวว่า ความเข้มแข็งของกลุ่มเกิดจากปัจจัย 2 ประการ กล่าวคือ

1) ปัจจัยภายใน ได้แก่ด้านความสัมพันธ์ทางสังคมในชุมชน เช่นความสัมพันธ์ที่เหนียวแน่นของของในชุมชนเนื่องจากความเป็นชนชาติพันธุ์เดียวกัน สมาชิกภายในชุมชนมีความสัมพันธ์เกี่ยวดองกันเป็นเครือญาติ รักพวกพ้อง มีความซื่อสัตย์ เสียสละ มีคุณธรรม ดำเนินตามวัฒนธรรมประเพณีที่สืบทอดกันมาอย่างเคร่งครัด

การมีผู้นำที่เสียสละ มีความตั้งใจจริง มุ่งมั่นที่จะทำให้องค์กรประสบความสำเร็จ มีลักษณะความเป็นผู้นำเสียสละ มีการแบ่งงานกันอย่างชัดเจน ทุกคนทำตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายอย่างจริงจัง และมีการผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนคณะกรรมการเข้ามาทำหน้าที่ตามวาระ ทำให้ทุกคนได้มีโอกาสเรียนรู้งานและพัฒนาศักยภาพของตนเองไปด้วย

การเสริมสร้างกระบวนการเรียนรู้ให้กับสมาชิกภายในองค์กร คณะกรรมการให้ความสำคัญในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ให้กับสมาชิกอย่างต่อเนื่อง โดยถือว่าเป็นรากฐานสำคัญของการเติบโตและการพัฒนาองค์กรชุมชนได้อย่างยั่งยืน

การมีส่วนร่วมของสมาชิก วัตถุประสงค์ที่แท้จริงของกองทุนหมู่บ้าน คือ การพัฒนาจิตใจให้มีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ต่อกัน โดยใช้เงินเป็นสื่อในการสร้างคน ดังนั้น ในการดำเนินงานทุกขั้นตอนจึงเป็นการดำเนินงานโดยเน้นการมีส่วนร่วมของชาวบ้านและชุมชน

2) ปัจจัยส่งเสริมที่มาจากภายนอก ที่เข้ามาส่งเสริมให้องค์กรชุมชนเข้มแข็ง ได้แก่ หน่วยงานต่างๆ ทั้งจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ที่ให้การสนับสนุนทั้งทางด้านงบประมาณ และด้านวิชาการ ได้แก่ สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอ สำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง (สทบ.1) องค์การบริหารส่วนตำบล มหาวิทยาลัยต่างๆ เป็นต้นนอกจากนี้ยังมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ศึกษาดูงานสถานที่ต่าง ๆ รวมถึงการเปิดให้หน่วยงานอื่น ๆ ได้เข้ามาศึกษาเรียนรู้ด้านธุรกิจการเงินของสหกรณ์ฯ อีกด้วย ปัจจัยภายนอกดังกล่าวจึงทำให้เกิดองค์ความรู้ เกิดการแลกเปลี่ยน แนวทางการทำงานรวมถึงการบริหารงานของสหกรณ์เครดิตยูเนี่ยน ซึ่งถือเป็นปัจจัยหนุนเสริมความเข้มแข็งของสหกรณ์ฯ ให้ยั่งยืนอย่างมั่นคง

การดำเนินโครงการประชารัฐเพื่อให้เกิดความเข้มแข็ง สิ่งสำคัญที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาและปฏิบัติคือการนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาดำเนินการเพื่อสร้างภูมิคุ้มกันแก่ตนเองในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างความพอดี ความซื่อสัตย์ต่อตนเอง และชุมชน การไม่ฟุ่มเฟือย การสร้างความรักความสามัคคีให้เกิดขึ้นในชุมชน มาดำเนินงานก็จะทำให้โครงการฯ สามารถสร้างอาชีพ สร้างรายได้ให้กับชุมชน เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐโดยหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อเสริมศักยภาพของชุมชนในที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาดำเนินงานโครงการเพิ่มเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ จังหวัดเชียงใหม่

สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. จังหวัดเชียงใหม่ มีจำนวนโครงการที่ได้รับการสนับสนุนทั้งสิ้น 2,993 โครงการ และมีงบประมาณสนับสนุนจำนวนทั้งสิ้น 913,736,600 บาท โครงการสามารถลดภาระหนี้สิน การลดภาระค่าใช้จ่าย การเสริมสร้างสภาพคล่องเงินทุนประกอบอาชีพ เกิดการสร้างกลุ่มและต่อยอดวิสาหกิจชุมชน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์โครงการที่เน้นการพัฒนาระบบเศรษฐกิจฐานรากที่กระจายอยู่ในเขตชนบททั่วประเทศ

2. การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาดำเนินโครงการ ในประเด็น ได้แก่ ความพอประมาณ ความมีเหตุผล มีภูมิคุ้มกัน อยู่ในระดับมาก แสดงถึงผู้ปฏิบัติตามโครงการมีความเข้าใจในปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และสามารถนำมาประยุกต์ใช้บริหารจัดการโครงการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

3. ข้อเสนอแนะการนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ดำเนินโครงการ จะต้องมีรูปแบบการแก้ไขปัญหาความยากจนที่เหมาะสม โดยต้องเริ่มจากคนในชุมชนต้องมีความรู้ตั้งแต่การเขียนโครงการ การบริหารจัดการเงินทุน การตลาด การมีส่วนร่วมในชุมชน และมีแหล่งเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงเพื่อเป็นต้นแบบในการดำเนินงาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร.มนัส สุวรรณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูสิทธิ์ ชูชาติ อาจารย์ ดร.ชุติวลัญชน์ เสมมหาศักดิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบแบบสอบถาม เพื่อให้ได้คุณภาพตามหลักวิชาการ ผู้อำนวยการสทบ. สาขา 1 เชียงใหม่ คุณจิตรา ชัยสุ เจ้าหน้าที่บริหารจัดการความรู้ และเจ้าหน้าที่สทบ. สาขา 1 ทุกท่าน ที่ได้มอบข้อมูลอันเป็นประโยชน์ และให้คำแนะนำ รวมถึงแนวทางในการดำเนินการแก่นักวิจัย คุณจรัญ คำประเสริฐ คุณสวัสดิ์ เรือนวิน คุณบุญรส ถาวรศรี ที่ให้ข้อมูลการสัมภาษณ์เชิงลึก และประธานโครงการที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

เอกสารอ้างอิง

Patitangkho, S. 2015. A study of integrative models for solving the poverty problem in community using the sufficiency economy philosophy: A case study of Tradtoun village, Chumhed sub-district, Muang district, Buriram province. **Research and Development Journal**. 10(1): 68-77 [in Thai]

Supunya, P. 2007. **The Application of Sufficient Economic Philosophy into Real Practice of Village Leaders Who Project of Sufficient Economic Villages, Khon Kaen.** MasterThesis. Khon Kaen University. 110 p. [in Thai]

Sutham, P. 2003. **Community Dynamics and Self-sufficiency in the West**. Bangkok: Viththat Institute. 288 p. [in Thai]

Sombhat, U. 2006. **Community Organization Management.** Bangkok: The Thailand Research Fund. 210 p. [in Thai]

Wutthiviy, W. 2008**. The Factors Affecting on the Application of Sufficiency Economy Philosophy into Real Practice in Thasobchai Municipal, Maetha District, Lamphun Province.** Master Thesis. Khon Kaen University. 13 p. [in Thai]

การสร้างและพัฒนาเกษตรกรเครือข่ายผลิตเมล็ดถั่วเหลืองจังหวัดเชียงใหม่
Creation and Development of Farmers on Soybean Seed Production Network in Chiang Mai

สุพรรณณี เป็งคำ* วรกานต์ ยอดชมภู และปัทมพร วาสนาเจริญ

Supannee Phengkham*, Worakarn Yodchompoo, and Pattamaporn Vassanacharoen

ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร เชียงใหม่ 50290

Chiang Mai Field Crop Research Center, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: Supannee_oi@hotmail.com

Abstract

A research studied on the creation and development of farmers in the soybean seed production network Chiang Mai. The objective was to create and develop a group of model farmers who produced soybeans in the Chiang Mai community. They can produce soybean seeds by using suitable soybean production technology to obtain good quality soybeans, operations in 2020-2021. It consisted of the following operational steps: 1) seminar; 2) farmer's training and farmer selection; 3) plot farm demonstration to expand the technology of soybean production. It was found that they able to develop a group of farmers who produced soybeans in San Pa Tong district, Chiang Mai, 1 group. It has produced good quality soybeans. Soybean production was distributed within the group. Product processing group and linking 7.5 tons of product distribution sources in nearby areas. It can be generating income for farmers' groups about 131,250 Baht by joining together and building a network of soybean producers. Through the project upgraded large plots with modern agriculture and link the markets, Moo 7, Makham Luang subdistrict, San Pa Tong district, Chiang Mai. Which had received a budget to support various production factors and to facilitate group members for further soybean production.

Keywords: farmer group development, soybean seed production network, soybean

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่องการสร้างและพัฒนาเกษตรกรเครือข่ายผลิตเมล็ดถั่วเหลือง จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและพัฒนากลุ่มเกษตรกรต้นแบบผู้ผลิตถั่วเหลืองในชุมชนจังหวัดเชียงใหม่ สามารถผลิตเมล็ดถั่วเหลืองโดยใช้เทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองที่เหมาะสม ได้ถั่วเหลืองคุณภาพดี ดำเนินงานในปี พ.ศ. 2563-2564 ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้ 1) การเสวนาร่วมกับกลุ่มเกษตรกร 2) การฝึกอบรมเกษตรกรและคัดเลือกเกษตรกร 3) การจัดทำแปลงต้นแบบขยายผลเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลือง พบว่าสามารถพัฒนากลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตถั่วเหลืองในพื้นที่อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1 กลุ่ม ได้ผลิตถั่วเหลืองคุณภาพดี มีการกระจายผลผลิตถั่วเหลืองภายในกลุ่ม กลุ่มแปรรูปผลผลิต และเชื่อมโยงแหล่งจำหน่ายผลผลิตในพื้นที่ใกล้เคียงได้จำนวน 7.5 ตัน สามารถสร้างรายได้ให้แก่กลุ่มเกษตรกรประมาณ 131,250 บาท นอกจากนี้กลุ่มเกษตรกรได้มีการขยายผลการใช้เทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองที่ได้จากแปลงต้นแบบ โดยการรวมกลุ่มและสร้างเครือข่ายผู้ผลิตถั่วเหลือง ผ่านโครงการยกระดับแปลงใหญ่ด้วยเกษตรสมัยใหม่และเชื่อมโยงตลาด หมู่ 7 ตำบลมะขามหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนปัจจัยการผลิตต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่สมาชิกกลุ่มสำหรับการผลิตถั่วเหลืองต่อไป

คำสำคัญ: การพัฒนากลุ่มเกษตรกร เครือข่ายการผลิตถั่วเหลือง ถั่วเหลือง

คำนำ

พื้นที่ปลูกถั่วเหลืองโดยรวมภายในประเทศลดลงจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและข้อจำกัดของการผลิต ได้แก่ศักยภาพการให้ผลผลิตต่ำจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้เทคโนโลยีการผลิตที่เป็นคำแนะนำบางเทคโนโลยีไม่สามารถปรับใช้ได้ในปัจจุบัน มีต้นทุนสูง ราคาไม่แน่นอนทำให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นที่ให้ผลตอบแทนที่สูงกว่า และที่สำคัญคือขาดการเชื่อมโยงของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบการผลิตตั้งแต่ผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ผู้ผลิตถั่วเหลืองบริโภคและภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรัฐบาลมีนโยบายมาอย่างต่อเนื่องให้ถั่วเหลืองเป็นพืชที่ปลูกเพื่อทดแทนการนำเข้าและให้ความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิต รวมถึงการเพิ่มมูลค่าถั่วเหลืองเพื่อให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 เน้นการผลิตในระบบเกษตรแปลงใหญ่ที่มีการผลิตแบบครบวงจรให้สามารถแข่งขันกับพืชอื่นในตลาดได้ และเป็นการเตรียมความพร้อมไปสู่การเป็นประเทศที่มีความมั่นคงทางอาหารในอนาคต

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและพัฒนาเกษตรกรเครือข่ายการผลิตเมล็ดถั่วเหลือง โดยขยายผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมในระดับชุมชน สำหรับลดต้นทุนการผลิต ยกระดับผลผลิตและคุณภาพของถั่วเหลือง รวมถึงสร้างเกษตรกรผู้นำ ผ่านการจัดทำแปลงต้นแบบทางวิชาการที่เหมาะสมกับพื้นที่ ซึ่งคาดหวังว่าการสร้างเครือข่ายเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดถั่วเหลือง จะส่งผลให้ชุมชนพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืนและพัฒนาเป็นกลุ่มผลิตเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อจำหน่ายเสริมสร้างรายได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60
2. ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12
3. ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม
4. สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ได้แก่ สารเคมีไตรอะโซฟอส
5. สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช ได้แก่ สารเคมีอลาคอร์
6. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช ได้แก่ สารเคมีเมทาแลกซิล
7. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร เทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองและ GAP ถั่วเหลือง
8. เอกสารการประเมินผลความพึงพอใจผู้ใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองและเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลือง

วิธีการ

ดำเนินการในรูปแบบการถ่ายทอดความรู้และทำแปลงต้นแบบการผลิตถั่วเหลืองอย่างมีส่วนร่วมในพื้นที่เกษตรกร จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ปี 2563-64 ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเสวนาร่วมกับกลุ่มเกษตรกร เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และรับสมัครเกษตรกรเข้าร่วมกลุ่มผลิตถั่วเหลือง ความจำเป็นในการสร้างและพัฒนากลุ่มเกษตรและเครือข่ายผู้ผลิตถั่วเหลือง วิเคราะห์ประเด็นปัญหาการผลิตถั่วเหลืองของเกษตรกร รวบรวมและสรุปประเด็นปัญหาจากการสนทนาในกลุ่มก่อนการดำเนินการทดลอง ชี้แจงประโยชน์ที่เกษตรกรจะได้รับจากการร่วมดำเนินการ คัดเลือกพื้นที่เป้าหมาย คัดเลือกกลุ่มเกษตรกรในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่

ขั้นตอนที่ 2 การฝึกอบรมเกษตรกรและคัดเลือกเกษตรกร

จัดฝึกอบรมหลักสูตร เทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองแก่กลุ่มเกษตรกร อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 20 ราย ทั้งฤดูแล้ง-ฝน และได้คัดเลือกเกษตรกรจำนวน 1 ราย เพื่อจัดทำแปลงต้นแบบการผลิตถั่วเหลือง โดยปฏิบัติตามคำแนะนำการผลิตถั่วเหลืองของกรมวิชาการเกษตร

ขั้นตอนที่ 3 การจัดทำแปลงต้นแบบขยายผลเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลือง

จัดทำแปลงต้นแบบการปลูกถั่วเหลืองพื้นที่ 1 ไร่ ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองที่แนะนำ ได้แก่ การปลูกถั่วเหลืองโดยใช้เครื่องหยอดเมล็ดพืช การใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ 12-15 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูกให้น้ำทันที การกำจัดวัชพืชหลังปลูกโดยพ่นสารเคมีอลาคลอร์ และการป้องกันกำจัดหนอนเจาะลำต้น หลังต้นถั่วเหลืองงอกได้ 7-10 วัน โดยพ่นสารเคมีไตรอะโซฟอส พ่นซ้ำ 1-2 ครั้งทุก 7 วัน และการดูแลรักษาแปลงปลูกปฏิบัติตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร เมื่อถั่วเหลืองสุกแก่ทำการเก็บเกี่ยวต้นถั่วเหลืองที่ระยะ R8 (ระยะที่ฝักถั่วเหลืองมีสีน้ำตาลร้อยละ 95) หลังเก็บเกี่ยวหากเมล็ดมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 15 ให้นำต้นถั่วเหลืองมาตากลดความชื้น เพื่อเตรียมต้นถั่วเหลืองเข้าสู่ขั้นตอนการนวดกะเทาะเมล็ด ส่วนการติดตามประเมินผลโดยคณะวิจัยและเกษตรกรในโครงการตั้งแต่ปลูก ดูแลรักษา เก็บเกี่ยว คุณภาพ

และการกระจายเมล็ดถั่วเหลืองสู่กลุ่มแปรรูปถั่วเหลืองหรือผู้ใช้ประโยชน์ในโครงการ รวมถึงการประเมินผลความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ผลิตถั่วเหลือง

ผลการวิจัย

1. การเสวนาร่วมกับกลุ่มเกษตรกร ได้คัดเลือกพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองฤดูแล้ง ปี 2563-64 ได้แก่ บ้านร่องน้ำและบ้านมะขามหลวง ตำบลมะขามหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ และคัดเลือกเกษตรกรที่มีความพร้อมในการผลิตถั่วเหลือง รวมจำนวน 27 ราย จากการเสวนากลุ่มผู้เข้าร่วมการทดลอง สรุปได้ว่า ต้นทุนการผลิต ส่วนใหญ่มาจากต้นทุนแรงงานในช่วงปลูกและเก็บเกี่ยว สำหรับปัญหาการผลิตที่พบ คือ ค่าจ้างแรงงานสูง ขาดเครื่องจักรกลการเกษตรในขบวนการผลิต เช่น เครื่องหยอดเมล็ด เครื่องเก็บเกี่ยว เครื่องนวด ราคาขายเมล็ดพันธุ์ต่ำไม่คุ้มกับการลงทุนและปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณและช่วงระยะเวลาตกของฝนเปลี่ยนแปลง ทำให้ช่วงปลูกเลื่อนไปจากเดิม หรือขาดน้ำในช่วงติดฝัก (ฝนทิ้งช่วง) ทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเขียวเพิ่มขึ้น และการระบาดของแมลงและวัชพืชเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยการระบาดเกิดถี่ขึ้นหรือรุนแรงขึ้น ซึ่งได้มีการนำเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรเข้าไปปรับใช้จำนวน 5 เทคโนโลยี ได้แก่

1.1 เทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตรเพื่อลดปัญหาแรงงานและลดต้นทุนการผลิต ได้แก่ เครื่องหยอดเมล็ดพืชแบบ 2 แถวติดรถไถเดินตาม (Laongdown *et al*., 2021)

1.2 การใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม คือ 15 กก./ไร่ เพื่อลดต้นทุนในส่วนของปริมาณเมล็ดพันธุ์ (Department of Agricultural, 2004)

1.3 การป้องกันและกำจัดวัชพืชหลังปลูก (Weed Research Group, 2011)

1.4 การป้องกันและกำจัดแมลงในระยะต้นกล้า เช่น หนอนแมลงวันเจาะลำต้น (Department of Agricultural, 2004)

1.5 การใช้เครื่องเกี่ยววางราย เพื่อลดต้นทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิต (Agricultural Engineering Research institute. 1991)

2. การฝึกอบรมเกษตรกรและคัดเลือกเกษตรกร ได้ดำเนินการฝึกอบรมกลุ่มเกษตรกร ณ ศาลาประจำหมู่บ้านร่องน้ำ และวัดป่าจี้ ตำบลมะขามหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยแนะนำเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลือง ตามหัวข้อที่สรุปได้จากการเสวนา เพื่อนำมาปรับใช้และแก้ไขปัญหาเรื่องต้นทุนการผลิตถั่วเหลืองในพื้นที่ (Table 1, 4)

3. การจัดทำแปลงต้นแบบ

การเจริญเติบโตและผลผลิตของแปลงต้นแบบในฤดูแล้ง ปี 2563 พบว่า ข้อมูลลักษณะทั่วไปทางการเกษตรประกอบด้วย ความสูงต้น จำนวนข้อต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้น เฉลี่ยเท่ากับ 59.9 เซนติเมตร 10.6 ข้อต่อต้น และ 20.6 ฝักต่อต้น ตามลำดับ ส่วนข้อมูลด้านผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ ผลผลิตต่อไร่ ความชื้นเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 260 กิโลกรัมต่อไร่ 10.5 เปอร์เซ็นต์ และ 17.9 กรัม ตามลำดับ (Table 2) ส่วนรายได้ของเกษตรกรหลังจากจำหน่ายผลผลิตถั่วเหลือง เป็นเงิน 4,420 บาทต่อไร่ ราคาขายผลผลิตฤดูนี้ มีราคา 17.00 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนการผลิตต่อไร่ เท่ากับ 3,235 บาทต่อไร่ กำไรสุทธิ เท่ากับ 1,185 บาทต่อไร่ ผลการประเมินความ

พึงพอใจเทคโนโลยีที่นำมาปรับใช้ในแปลงต้นแบบของกลุ่มเกษตรกรที่ร่วมงานทดลอง มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ที่ระดับ 4.50 คะแนน โดยเฉพาะเทคโนโลยีที่ 1-4 ได้แก่ การใช้เครื่องหยอดเมล็ดพืชแบบ 2 แถวติดรถไถเดินตาม การใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม คือ 15 กก./ไร่ การป้องกันและกำจัดวัชพืชหลังปลูก การป้องกันและกำจัดแมลงในระยะต้นกล้า (หนอนแมลงวันเจาะลำต้น) ส่วนการใช้เครื่องเกี่ยววางรายในช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิต เกษตรกรให้การยอมรับ 2.25 คะแนน

จากการขยายผลการจัดทำแปลงต้นแบบจำนวน 11 แปลง ในฤดูแล้งปี 2564 พบว่า จากการติดตามการปลูก การเจริญเติบโตและการเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 เกษตรกรต้นแบบเริ่มปลูกถั่วเหลือง ได้ตั้งแต่ปลายเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 และสามารถเก็บผลผลิต ในช่วงต้นเดือนเมษายน พ.ศ. 2564 อายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ยประมาณ 90-100 วัน โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตจากแปลงต้นแบบของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ ฯ มาบันทึกข้อมูลลักษณะทั่วไปทางการเกษตร ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต พบว่า วันปลูก อยู่ระหว่างวันที่ 22-25 ธันวาคม พ.ศ. 2563 วันเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่างวันที่ 10-15 เมษายน พ.ศ. 2564 มีความสูงต้นเฉลี่ย มีค่าอยู่ระหว่าง 36.40-60.10 เซนติเมตร จำนวนข้อต่อต้นเฉลี่ย มีค่าอยู่ระหว่าง 8.00-11.00 ข้อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้นเฉลี่ย มีค่าอยู่ระหว่าง 1.00-4.00 กิ่งต่อต้น ตามลำดับ ส่วนข้อมูลด้านผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย มีค่าอยู่ระหว่าง 187.10-412.27 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ย มีค่าอยู่ระหว่าง 16.97-29.80 ฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ย มีค่าอยู่ระหว่าง 1.00-3.00 เมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย มีค่าอยู่ระหว่าง 13.60-17.85 กรัม ตามลำดับ ส่วนรายได้ของเกษตรกรหลังจากจำหน่ายผลผลิตถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 3,368-7,421 บาทต่อไร่ โดยราคาขายผลผลิตฤดูนี้ มีราคา 18.00 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนการผลิตต่อไร่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2,400-4,433 บาทต่อไร่ กำไรสุทธิ อยู่ระหว่าง 616-3,883 บาทต่อไร่ และผลการประเมินความพึงพอใจเทคโนโลยีที่จากการขยายผลแปลงต้นแบบของกลุ่มเกษตรกรที่ร่วมงานทดลองการสร้างและพัฒนาเกษตรกรเครือข่ายผลิตเมล็ดถั่วเหลืองในพื้นที่ อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ที่ระดับ 4.75 คะแนน จากการติดตามแหล่งจำหน่ายผลผลิตถั่วเหลืองของกลุ่มฯ ได้แก่ ลิ้มศักดิ์ดากุล สาขาอำเภอหางดง กลุ่มแปรรูป ในอำเภอสันป่าตอง นำไปทำถั่วเน่าแผ่นและน้ำนมถั่วเหลือง หรือจำหน่ายผลผลิตให้กับเจ้าของรถเกี่ยวนวดถั่วเหลือง (Table 5-6)

Figure 1 Agricultural machinery technology, such as two-row seeding machine mounted on a walk-behind tractor

Figure 2 Using the optimum seed rate, including with prevention and elimination of insects in the seedling stage (Bean fly; *Melanagromyza sojae* Zehntner**)**

Figure 3 Weed controlling and using of reaper for harvesting

Table 1 Farmer's name and address of soybean producers in dry season, 2020

No.	Farmer's name	Address
1	Mr. Nikom Kundang	5 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
2	Mr. Narin Pankam	193Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong , Chiang Mai
3	Mr. Authai Panadon	24 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
4	Mr. Nakhon Pankhom	193/3 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
5	Mr. Boontam Maneewon	41 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
6	Mr. Tawee Tawin	6/1 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai

Table 1 (Continued)

No.	Farmer's name	Address
7	Mrs. Buapin Khueanphet	123 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
8	Mr. Moon Lanwang	50/2 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
9	Mr. Wanlop Khamkhiao	123 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
10	Mr. Som Mookham	50 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
11	Mr. Sombat Sripanya	57/1 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
12	Mr. Inpol Yasamut	214 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
13	Mr. Lai Somwong	177 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
14	Mr. Suwan Somwong	79/2 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
15	Mr. Tip Wankaew	238 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
16	Mr. Kham Mookham	224/1 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai

Table 2 Yield and yield components of soybean; Chiang Mai 60 varieties at farmers' fields in dry season, 2020

Yield and Yield components	Average
Plant height (cm)	59.9
Number of Node (Node/plant)	10.6
Number of Pods (Pods/ plant)	20.6
Seed Moisture (%)	10.5
Weight of 100 seed (g)	17.9
Yield (kg./rai)	260

Table 3 Cost and income from Mr. Inphon Yasamut's soybean production technology of plot farm demonstration, Ban Rong Nam Group, San Pa Tong district, dry season, 2020

Cost and income of soybean cultivation process	Recommendation method of DOA
1. Planting (Bath/rai) two-row seeding machine (fuel cost 0.7 liter/rai+labor cost 300 Bath/person/rai)	320
2. Seed cost (22 Bath/kg) (Optimum rate of seed 15 kg/rai)	330
3. Fertilizer; 12-24-12 (Optimum rate 25 kg/rai)	570
4. Herbicides + Pesticides (cost of chemicals x No. of sprays)	280
5. Irrigation	500
6. Harvesting (Bath/rai) Reaper for harvesting (fuel cost 1 liter/rai + labor cost 300 Bath/person/rai)	328
7. Bundling + collecting (Bath/rai)	600
8. Threshing (15 Bath/15 kg of soybean seed)	260
9. Transportation (fuel cost)	50
10. Yields (kg/rai)	260
11. Selling price (Bath/kg)	17
12. Cost (Bath/rai)	3,238
13. Income (Yields/rai x selling price) (Bath/rai)	4,420
14. Profit (Bath/rai)	1,182
15. BCR (income/cost)	1.37

1. Second income from sale mushroom; Hypsizygus marmoreus 3,000 (Peck) Bigelow (Yields of mushroom about 25 kg/rai x 120 Baht/kg)

2.Total Income (selling of soybean yield and mushrooms) 7,420 Bath/rai

3. Fuel price about 28 Bath/liter

Table 4 Farmer's name and address of soybean producers in dry season, 2021

No.	Farmer's name	Address
1	Mr. Supol Jaithong	153/2 Moo 2 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
2	Mr. Sompong Kongboonkerd	41 Moo 4 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
3	Mr. Boonlert Khampan	54/1 Moo 2 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
4	Mr. Pratuan Jaising	128/1 Moo 2 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
5	Mr. Kham Khampun	216/1 Moo 2 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
6	Mr. Nikhom Nochot	53 Moo 4 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
7	Mr. Kaew Phakdi	9/1 Moo 4 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
8	Mr. Thanom Pengdaeng	56/2 Moo 4 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
9	Mr. Phisit Thawong	38/1 Moo 4 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
10	Mr. Kham Mookham	224/1 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai
11	Mr. Nuan Chaiwat	157/1 Moo 7 Makham Luang, San Pa Tong, Chiang Mai

Table 5 Growth yield and yield components of soybean, including with income and cost of soybean production at farmers' fields in dry season, 2021

Details	Farmer's name					
	Supol Jaithong	Sompong Kongboonkerd	Boonlert Khampan	Pratuan Jaising	Kham Khampun	Nikhom Nochot
Planting date	22 Dec. 20	22 Dec. 20	25 Dec. 20	24 Dec. 20	22 Dec. 20	24 Dec. 20
Harvesting date	10 Apr. 21	10 Apr. 21	13 Apr. 21	12 Apr. 21	10 Apr. 21	12 Apr. 21
Plant height (cm)	40.43	43.97	44.30	46.07	45.6	43.5
Number of Node (node/plant)	10.00	9.00	9.00	9.00	10.00	8.00
Number of branch (branch/plant)	2.00	4.00	1.00	1.00	2.00	2.00
Number of Pods (Pods/plant)	18.20	21.26	17.75	16.97	22.10	20.7
Number of seeds (seeds/pod)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00
Weight of 100 seed (g)	14.72	17.03	15.27	17.72	16.80	15.40
Yield (kg/rai)	382.39	390.43	310.00	412.27	379.20	280.50
Selling price (Bath/kg)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Income (Bath/rai)	6,883	7,028	5,580	7,421	6,826	5,049
Cost (Bath/rai)	3,000	3,171	3,275	3,180	3,240	4,433
Profit (Bath/rai)	3,883	3,857	2,305	4,241	3,586	616
BCR	2.29	2.22	1.70	2.33	2.11	1.14

* BCR (income/cost)

Table 6 Growth Yield and Yield components of soybean, including with income and cost of soybean production at farmers' Fields in dry season, 2021

Details	Farmer's name					
	Kaew Phakdi	Thanom Pengdaeng	Phisit Thawong	Kham Mookham	Nuan Chaiwat	Average
Planting date	24 Dec. 20	22 Dec. 20	22 Dec. 20	24 Dec. 20	22 Dec. 20	22-24 Dec. 20
Harvesting date	12 Apr. 21	10 Apr. 21	10 Apr. 21	15 Apr. 21	10 Apr. 21	10-15 Apr. 21
Plant height (cm)	56.80	57.10	49.90	60.10	36.40	48.37
Number of Node (node/plant)	11.00	11.00	10.00	10.00	10.00	9.70
Number of branch (branch/plant)	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00
Number of pods (Pods/plant)	29.20	29.80	19.60	20.60	16.15	21.00
Number of seeds (seeds/pod)	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Weight of 100 seed (g)	14.50	13.80	17.70	17.85	13.60	15.97
Yield (kg/rai)	187.10	271.70	313.50	280.00	300.65	312.54
Selling price (Bath/kg)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Income (Bath/rai)	3,368	4,891	5,643	5,040	5,412	5,626
Cost (Bath/rai)	2,400	3,050	3,792	3,197	3,141	3,293
Profit (Bath/rai)	968	1,841	1,851	1,843	2,271	2,338
BCR	1.40	1.60	1.49	1.58	1.72	1.73

* BCR income/cost)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการประชุมเสวนาของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลือง ได้คัดเลือกพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองฤดูแล้ง ปี 2563-2564 ได้แก่ บ้านร่องน้ำและบ้านมะขามหลวง ตำบลมะขามหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ และคัดเลือกเกษตรกรที่มีความพร้อมในการผลิตถั่วเหลือง รวมจำนวน 27 ราย จากการสนทนาของกลุ่มเกษตรกรผู้เข้าร่วมการทดลอง สรุปได้ว่า ต้นทุนการผลิต ส่วนใหญ่มาจากต้นทุนแรงงานในช่วงปลูกและช่วงเก็บเกี่ยว สำหรับปัญหาการผลิตที่พบ คือ ค่าจ้างแรงงานสูง ขาดเครื่องจักรกลการเกษตรในขบวนการผลิต เช่น เครื่องหยอดเมล็ด เครื่องเก็บเกี่ยว เครื่องนวด ราคาขายเมล็ดพันธุ์ต่ำไม่คุ้มกับการลงทุนและการระบาดของแมลงศัตรูถั่วเหลือง วัชพืชเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยการระบาดเกิดถี่ขึ้นหรือรุนแรงขึ้น ซึ่งได้มีการนำเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรเข้าไปปรับใช้จำนวน 5 เทคโนโลยี เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น

หลังจากการจัดทำแปลงต้นแบบ ความพึงพอใจในการปรับใช้เทคโนโลยี ที่ 1-4 อยู่ที่ระดับ 4.50 คะแนน (ยอมรับเทคโนโลยีมาก) เนื่องจากการใช้เครื่องหยอดเมล็ดแบบ 2 แถว ช่วยลดปัญหาด้านแรงงานและค่าปลูกถั่วเหลืองจากเดิมต้นทุน 1,000 บาท/ไร่ ลดลงเหลือ 320 บาท และการใช้แรงงาน 6-8 ชั่วโมง/ไร่ ลดลงเหลือ 0.7 ชั่วโมง/ไร่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Laongdown *et al*. (2021) นอกจากนี้การใช้เครื่องปลูกร่วมกับการใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม คือ 15 กิโลกรัม/ไร่ ช่วยลดค่าเมล็ดพันธุ์ได้ ซึ่งปรกติเกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์ในการปลูกถั่วเหลืองประมาณ 20-25 กิโลกรัม/ไร่ ในการป้องกันและกำจัดวัชพืชหลังปลูก ช่วยลดค่าแรงงานและสารเคมีในการกำจัดวัชพืชหลังถั่วเหลืองงอกได้ การป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูถั่วเหลืองในระยะต้นกล้า เช่น หนอนแมลงวันเจาะลำต้น สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากแมลงศัตรูพืชชนิดนี้ได้ เนื่องจากมีการสำรวจปริมาณแมลง การฉีดพ่นที่เหมาะสมกับระยะเวลาการเข้าทำลาย ส่วนการใช้เครื่องเกี่ยววางรายข้าวชนิด 4 แถว ในช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วเหลือง เกษตรกรให้การยอมรับ 2.25 คะแนน (ยอมรับเทคโนโลยีน้อย) เนื่องจากการตัดฝักถั่วเหลืองในข้อสุดท้าย สูงจากพื้นดิน 5-10 เซนติเมตร ซึ่งยังคงเหลือฝักบนต้นถั่วเหลือง ถึงแม้สามารถลดต้นทุนค่าแรงงานเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองจาก 1,200 บาท/ไร่ ลดลงเหลือ 328 บาท/ไร่ การทำงานของเครื่องใช้เวลา 2.30 ชั่วโมง/ไร่ มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย 0.97 ลิตร/ไร่ และต้นทุนเชื้อเพลิง 28 บาท/ไร่ เมื่อมีการขยายผลการจัดทำแปลงต้นแบบในปี 2564 โดยใช้ 4 เทคโนโลยีที่เกษตรกรยอมรับ พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจในการโดยรวมอยู่ที่ระดับ 4.75 คะแนน เกษตรกรกลุ่มนี้ได้มีการขยายเครือข่ายผู้ผลิตถั่วเหลืองในพื้นที่โดยการรวมกลุ่ม แนะนำเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองที่ได้รับการถ่ายทอดองค์ความรู้จากแปลงต้นแบบ นอกจากนี้กลุ่มเกษตรกรสามารถผลิตเมล็ดถั่วเหลืองคุณภาพดี มีการกระจายผลผลิตถั่วเหลืองภายในกลุ่ม กลุ่มแปรรูปผลผลิตอื่น และเชื่อมโยงแหล่งจำหน่ายผลผลิตในพื้นที่ใกล้เคียงได้ จำนวน 7.5 ตัน สร้างรายได้ 131,250 บาท

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุเพื่อสร้างและพัฒนากลุ่มเกษตรกรต้นแบบผู้ผลิตถั่วเหลืองในชุมชนจังหวัดเชียงใหม่ อย่างน้อย 1 กลุ่ม และกลุ่มสามารถผลิตเมล็ดถั่วเหลือง โดยใช้เทคโนโลยีการลดต้นทุนการผลิตถั่วเหลืองที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ถั่วเหลืองคุณภาพดี 5-10 ตัน

1. กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตถั่วเหลืองที่ได้รับการพัฒนา พื้นที่อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1 กลุ่ม ได้ผลิตถั่วเหลืองคุณภาพดี มีการกระจายผลผลิตถั่วเหลืองภายในกลุ่ม กลุ่มแปรรูปผลผลิต และเชื่อมโยงแหล่งจำหน่ายผลผลิตในพื้นที่ใกล้เคียงได้จำนวน 7.5 ตัน สามารถสร้างรายได้ให้แก่กลุ่มเกษตรกรประมาณ 131,250 บาท

2. กลุ่มเกษตรกรได้มีการขยายผลการใช้เทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองที่ได้จากแปลงต้นแบบ โดยการรวมกลุ่มและสร้างเครือข่ายผู้ผลิตถั่วเหลือง ผ่านโครงการยกระดับแปลงใหญ่ด้วยเกษตรสมัยใหม่และเชื่อมโยงตลาด หมู่ 7 ตำบลมะขามหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนปัจจัยการผลิต ได้แก่ เครื่องหยอดเมล็ดแบบ 2 แถว จำนวน 4 เครื่อง รถไถเดินตามจำนวน 2 เครื่อง เครื่องนวดถั่วเหลือง รถอีแต๋นหรือรถขนถ่ายการเกษตรจำนวน 1 คัน อาคารรวบรวมและเก็บรักษาผลผลิตถั่วเหลือง และอื่นๆ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่สมาชิกกลุ่มสำหรับการผลิตถั่วเหลืองต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1.เทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองจากแปลงต้นแบบที่เกษตรกรยอมรับว่าสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้นั้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด เกษตรกรยังจำเป็นต้องมีการเรียนรู้เทคนิคการใช้เครื่องมือให้เหมาะสม เช่น การใช้เครื่องหยอดเมล็ดถั่วเหลืองแบบ 2 แถวติดรถไถเดินตาม สามารถช่วยลดปัญหาด้านแรงงานและค่าปลูกถั่วเหลือง รวมถึงประหยัดเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้ แต่มีข้อจำกัดสำหรับพื้นที่ที่มีการเตรียมดินที่มีความชื้นสูงเกินไป เพราะอาจทำให้โคลนอุดตันกลไกการหยอดเมล็ดของเครื่อง ส่งผลให้การปล่อยเมล็ดไม่มีความสม่ำเสมอได้

2.การเพิ่มคุณภาพผลผลิต นอกเหนือจากการใช้พันธุ์ดีที่ให้ผลผลิตสูง การปฏิบัติดูแลแปลงปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตถั่วเหลืองแล้ว เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วเหลืองที่ถูกต้องและเหมาะสม เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ช่วยเพิ่มคุณภาพผลผลิตตามที่ตลาดต้องการได้ เช่น การผลิตถั่วเหลืองฤดูฝน มักพบปัญหาฝนตกหนักก่อนเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง เกษตรกรสามารถหลีกเลี่ยงความเสียหายของผลผลิตได้ โดยการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (R7.5) โดยสังเกตจากจำนวนฝักครึ่งหนึ่งบนต้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แล้วนำไปผึ่งในร่ม 2 วัน ก่อนตากแดดให้แห้งแล้วนวด จะได้เมล็ดที่มีคุณภาพสูงและลดการสูญเสียของผลผลิต โดยช่วยลดปริมาณเมล็ดเขียว เมล็ดย่น ทำให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูง รวมถึงการใช้เทคโนโลยีโรงตากหรือโรงอบลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลือง เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตหรือในโรงเก็บ เป็นต้น

3. จากการขยายผลสร้างและพัฒนาเกษตรกรเครือข่ายผลิตเมล็ดถั่วเหลืองในพื้นที่ ตำบลมะขามหลวง อำเภอสันป่าตอง จนสามารถผลิตเมล็ดถั่วเหลืองคุณภาพดีได้นั้น เนื่องจากเกษตรกรเห็นคุณค่าของถั่วเหลือง เป็นพืชอาหารประจำท้องถิ่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ช่วยบำรุงดิน และสามารถนำซากต้นถั่วเหลืองมาเป็นวัสดุเพาะเห็ดโคนน้อย สร้างรายได้เสริมแก่เกษตรกรเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุผลเพียงเท่านี้คงไม่สามารถจะช่วยการผลิตถั่วเหลืองให้มีความต่อเนื่องและยาวนานในอนาคตได้ หากกลุ่มเกษตรกรยังจำหน่ายผลผลิตเฉพาะจุดรับซื้อเมล็ดถั่วเหลืองเพียงแหล่งเดียว หรือจำหน่ายโดยตรงกับเจ้าของรถเกี่ยวนวด ซึ่งต้องจำหน่ายราคาผลผลิตที่ต่ำ ดังนั้นกลุ่มเกษตรกรควรมีการเชื่อมโยงตลาดกับภาคอุตสาหกรรมอาหารในท้องถิ่นใกล้เคียง พร้อมกับพัฒนาคุณภาพผลผลิตถั่วเหลืองให้ตรงกับที่ตลาดต้องการ เช่น โรงงานผลิตเต้าหู้ต้องการถั่วเหลืองที่มีโปรตีนสูง เมล็ดถั่วเหลืองต้องสะอาดและผ่าซีก หากกลุ่มเกษตรกรสามารถพัฒนาคุณภาพผลผลิตได้ตามที่ตลาดต้องการ น่าจะเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่จะเพิ่มมูลค่าถั่วเหลืองได้

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยการสร้างและพัฒนาเกษตรกรเครือข่ายผลิตเมล็ดถั่วเหลือง จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอสันป่าตอง กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตถั่วเหลือง ตำบลมะขามหลวง รวมถึงคณะผู้วิจัยศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ขอขอบคุณกรมวิชาการเกษตรและสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Agricultural Engineering Research Institute. 1991. **Publications of Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agricultural**. Bangkok: Agricultural Engineering Research Institute 96 p. [in Thai]

Department of Agricultural. 2004. **Good Agriculture Suitable for Soybeans**. Bangkok: Agricultural Co-Cooperative Federation of Thailand Ltd., The Category Printers. 26 p. [in Thai]

Laongdown, S., S. Jaipala, J. Phunchaisri, P. Vassanacharoen, S. Phengkham, S. Keatmaneerat, and T. Komate. 2021. **Soybean Communication Development in Ching Mai Province**. Bangkok: Department of Agricultural. 77 p. [in Thai]

Weed Research Group, Plant Protection Research and Development office. 2011. **Weed Control and Chemical Weed Control.** Bangkok: Agricultural Co-Cooperative Federation of Thailand Ltd., The Category Printers. 149 p. [in Thai]

แนวคิดเกษตรชุมชนเพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมือง
Concepts of Agricultural Community to Enhance Food Security in Urban Communities

สุภิญญา ปัญญะภาโส

Supina Punyapaso

ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 10330

*Corresponding author: 6373002925@student.chula.ac.th

Abstract

Food security has become a global crisis affecting people in all societies. Every corner of the world is facing more severe natural disasters. Thailand is one of the world's top food exporters, but it is confronting heightened food insecurity. Food security approaches between urban and rural communities are differences according to the context of environment, economic, social, culture and natural resources. At the present time, food security occurs when using of the urban community-based farming concept in the area of urban community. Urban agriculture shortens food production areas for consumers, which means that the produce consumed by urban residents is fresher than those from rural areas. Urban agriculture has resulted in shorter food production areas for consumers, meaning urban produce is fresher than rural produce. Including the purchase of produce from urban agriculture also helps to promote the economy of people in urban communities to help the money flow still circulating within the community. It also has a positive effect on the ecosystem. it reduces the energy consumption in transporting agricultural produce from the source of production to the consumer. Therefore, the concepts of agricultural communities can be the way to approach food security occurs in urban communities. This article therefore aimed to study about the process of promoting agriculture in urban communities for food security, factors affecting food security in urban agriculture to approaches on food security through agricultural methods which can lead to the way of community agriculture towards sustainable food security especially in urban communities.

Keywords: food security, urban agriculture, urban community

บทคัดย่อ

ความมั่นคงทางอาหารกลายเป็นวิกฤตระดับโลกที่ส่งผลกระทบต่อคนในทุกสังคม ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศผู้ส่งออกอาหารอันดับต้น ๆ ของโลก แต่กลับต้องเผชิญกับภาวะความไม่มั่นคงทางอาหารที่สูงขึ้น ซึ่งความมั่นคงทางอาหารในแต่ละพื้นที่ โดยเฉพาะชุมชนเมืองกับชนบทนั้นมีความแตกต่างกันไปตามบริบทแวดล้อม ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และทรัพยากรธรรมชาติ ในปัจจุบันการสร้างความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมือง มีการใช้แนวคิดการเกษตรที่คำนึงถึงระบบนิเวศ ความเป็นธรรม สิ่งแวดล้อม และสุขภาพของเกษตรกร โดยเฉพาะแนวคิดเกษตรชุมชนในเมือง การทำเกษตรกรรมที่อยู่ในเมืองส่งผลทำให้ระยะห่างระหว่างพื้นที่ผลิตอาหารกับผู้บริโภคสั้นลง กล่าวคือ ทำให้ผลผลิตเพื่อการบริโภคของคนในเมืองมีความสดใหม่มากกว่าผลผลิตที่มาจากพื้นที่ชนบท รวมถึงการจับจ่ายซื้อผลผลิตจากการเกษตรในเมืองยังเป็นการช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจของคนในชุมชนเมือง ช่วยให้กระแสเงินยังคงหมุนเวียนอยู่ภายในชุมชน อีกทั้งยังส่งผลดีต่อระบบนิเวศ เนื่องจากช่วยลดการใช้พลังงานในการขนส่งผลิตผลทางการเกษตรจากแหล่งผลิตไปยังผู้บริโภค กล่าวได้ว่า แนวคิดเกษตรชุมชนอาจเป็นหนทางหนึ่งที่สามารถช่วยสร้างความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมืองได้ บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทบทวนองค์ความรู้และแนวคิดต่างๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการส่งเสริมการทำเกษตรกรรมในชุมชนเมืองเพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหาร ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหาร รวมถึงแนวทางที่ส่งเสริมเกี่ยวกับแนวคิดเกษตรชุมชนเพื่อนำไปสู่การสร้างความมั่นคงทางอาหารต่อชุมชนเมืองอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ความมั่นคงทางอาหาร *เกษตรชุมชน* ชุมชนเมือง

คำนำ

ชุมชนเมืองในรูปแบบสมัยใหม่มีการพัฒนาและขยายตัวขึ้นในประเทศตะวันตกนับตั้งแต่หลังยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา และได้กลายเป็นต้นแบบให้ชุมชนเมืองต่างๆทั่วโลกยึดเป็นแบบอย่างในการพัฒนาเมืองของตน ปัจจุบันมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจบนฐานของอุตสาหกรรมและการสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อบริการแก่คนในเมือง การพัฒนาเมืองที่เกิดขึ้นเหล่านี้ล้วนทำให้พื้นที่เมืองเผชิญกับปัญหาทางสภาพแวดล้อมทั้งจากมลภาวะทางอากาศ น้ำ และเสียง (Noyraiphoom, 2008) สังคมในเมืองเป็นสังคมที่มีประชากรอาศัยอยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก เป็นศูนย์กลางของความเจริญ มีการคมนาคมที่สะดวก และประชาชนประกอบอาชีพหลากหลาย ในด้านความสัมพันธ์ของคนในเมืองเป็นไปอย่างมีระเบียบแบบแผน การทำงานในสังคมจะมีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน โดยมากมักจะติดต่อกันด้วยตำแหน่งหน้าที่การงานและความสัมพันธ์ที่มีการจัดตั้งเป็นกลุ่มต่างๆ รูปแบบครอบครัวในสังคมเมืองจะมีลักษณะเป็นครอบครัวเดี่ยว สมาชิกในครอบครัวมักจะประกอบอาชีพที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่จะเป็นการประกอบอาชีพในภาคอุตสาหกรรม ระบบเศรษฐกิจในเมืองจะมีความซับซ้อนและมีการแข่งขันที่สูง และหากพิจารณาถึงเรื่องการผลิตอาหารในชุมชนเมืองก็นับว่าต้องอาศัยแหล่งการผลิตจากในพื้นที่รอบเมือง ชานเมือง และชนบท เนื่องจากปัญหาที่สำคัญ นั่นคือ การขาดแคลนพื้นที่สีเขียว หรืออีกนัยหนึ่งคือการขาดแคลนพื้นที่ทำการเกษตรเพื่อเป็นแหล่งผลิตอาหารแก่เมือง ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของเมืองทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นในรูปแบบของที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรม (Kwuan-Art and Thinpangha, 2003)

การวางผังเมืองที่มีประสิทธิภาพเพื่อจัดสรรพื้นที่เพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ให้เหมาะสมกับเมือง ก็เป็นปัจจัยสำคัญต่อพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่เพื่อการเกษตรในเมือง เนื่องจากปัจจุบันพื้นที่เพื่อการเกษตรในเมืองมีความสำคัญต่อคนเมืองโดยเปรียบเสมือนเป็นแหล่งฟอกอากาศและแหล่งการผลิตอาหารแก่เมือง หากเมืองใดไม่มีพื้นที่สีเขียวเลยหรือมีน้อยมาก เมืองนั้นก็อาจไม่มีความมั่นคงทางอาหารเกิดขึ้น ซึ่งปัจจุบันการตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตอาหารในชุมชนเมืองด้วยแนวคิดทางการเกษตรสมัยใหม่ ทำให้รูปแบบวิถีชีวิตของคนเมืองได้ให้ความสนใจเปลี่ยนไปทำการเกษตรมากขึ้น เช่น การปลูกผักแบบสวนผักคนเมือง การเกษตรแนวตั้งในพื้นจำกัด หรือแม้กระทั่งการเปลี่ยนพื้นที่รกร้างในเมืองเพื่อเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชผักสวนครัวและเกิดการแบ่งปันอาหารระหว่างคนในชุมชนเมือง เป็นต้น (Boosbong, 2012) โดยที่แนวคิดเกษตรชุมชนที่เกิดขึ้นในเมืองเหล่านี้สามารถช่วยทำให้เกิดความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมืองมากขึ้น

ความมั่นคงทางอาหารเป็นวิกฤตระดับโลกที่ผู้คนในทุกสังคมต้องตระหนักถึง เนื่องจากส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ และการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่นับวันจะมีความรุนแรงขึ้น ทำให้หลายประเทศประสบกับปัญหาขาดแคลนทรัพยากรหรือสินค้าในการอุปโภคบริโภค มีอัตราการว่างงานและจำนวนคนยากจนเพิ่มสูงขึ้น โดยในภาคการเกษตรพบว่า มีเกษตรกรผู้ผลิตจำนวนมากตกอยู่ในภาวะยากจนและขาดแคลนอาหาร แต่ในขณะที่บางแห่งพบว่า มีผู้คนเจ็บป่วยเพราะบริโภคอาหารมากเกินไป แสดงให้เห็นถึงความเหลื่อมล้ำที่เกิดขึ้นในเรื่องความมั่นคงทางอาหาร สำหรับประเทศไทยเองเป็นประเทศที่มีความพร้อมในด้านทรัพยากรธรรมชาติอย่างมาก และเป็นหนึ่งในผู้ส่งออกวัตถุดิบและสินค้าทางด้านอาหารโดยมีรายได้สูงถึง 950,000 ล้านบาท แต่ประเทศไทยกลับมีแนวโน้มของภาวะความไม่มั่นคงทางอาหารที่สูงขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตอาหารที่เป็นกลุ่มอาชีพที่น่าวิตกมากที่สุด เนื่องจากรายได้ที่น้อย การขาดที่ดินทำกิน และการขาดองค์ความรู้ในการทำเกษตรกรรมนำไปสู่การทำการเกษตรที่ไม่ยั่งยืน โดยเฉพาะวิถีการเกษตรชุมชนซึ่งกำลังเผชิญกับปัญหาในหลายๆ ด้านอยู่ในปัจจุบัน (Plungsricharoensuk *et al*., 2018)

แนวคิดการทำเกษตรกรรมภายในพื้นที่เมือง โดยเฉพาะวิถีเกษตรชุมชนได้รับความสนใจและมีการปฏิบัติกันอย่างจริงจังและกว้างขวางในเมืองใหญ่ระดับนานาชาติ อาทิเช่น นิวยอร์ก ลอนดอน ปารีส โตเกียว ฯลฯ การทำการเกษตรโดยมีกิจกรรมปลูกผักและเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่ว่างขนาดกลางหรือตามพื้นที่ว่างที่หาได้ในเมือง เช่น พื้นที่ว่างข้างบ้าน ที่ดินรกร้าง หรือพื้นที่บนดาดฟ้าของอาคาร กลายเป็นกิจกรรมที่คนรุ่นใหม่ให้ความสนใจ (Davivongs, n.d.) การทำการเกษตรในเมืองเป็นความท้าทายใหม่ที่เกิดขึ้น เนื่องจากต้องทำบนพื้นที่ค่อนข้างมีจำนวนจำกัดและตั้งอยู่บนการเปลี่ยนแปลงของเมืองตลอดเวลาจากการพัฒนาทางอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรม เช่น การขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมและหมู่บ้านจัดสรร การปรับตัวเพื่อรับมือกับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต้องอาศัยการบริหารจัดการที่เหมาะสมและความช่วยเหลือสนับสนุนจากภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อเข้ามาดำเนินการเกี่ยวกับการใช้พื้นที่เพื่อการทำการเกษตรในเมือง จากการคาดการณ์ของหน่วยงานสำคัญด้านการพัฒนาการตั้งถิ่นฐานมนุษย์ของสหประชาชาติ (UN Habitat) พบว่า ประชากรโลกที่อาศัยอยู่ในเมืองจะมีจำนวนเพิ่มขึ้น 64 ล้านคน ภายใน 30 ปีข้างหน้าหรือในปี ค.ศ. 2050 ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมและสุขภาพ โดยองค์กรสหประชาชาติมองว่าการทำเกษตรในเมืองเป็นส่วนหนึ่งของระบบเมืองที่ช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้เมือง และยังมีความเกี่ยวข้องในการจัดการของเสีย การจัดการมลภาวะ การลดการใช้พลังงานในเมือง และการพัฒนาภูมิทัศน์ต่างๆ ภายในเมือง

การขับเคลื่อนเรื่องแนวคิดเกษตรชุมชนเมืองเพื่อสร้างห่วงโซ่อาหาร เป็นสิ่งที่ตอบสนองความต้องการเรื่องอาหารสำหรับคนที่อาศัยอยู่ในเมืองได้อย่างยั่งยืน (Sriupayo *et al*, 2017) โดยหากพิจารณาเทียบกับการผลิตอาหารจากพื้นที่เกษตรกรรมในชนบทนั้นจะพบว่า การทำเกษตรกรรมในเมืองมีข้อได้เปรียบอยู่หลายประการ โดยเฉพาะประเด็นที่ตั้งของพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ในเมืองย่อมทำให้ระยะทางระหว่างพื้นที่ผลิตอาหารกับผู้บริโภคสั้นลง ซึ่งส่งผลทำให้ผลผลิตเพื่อการบริโภคของคนเมืองมีความสดใหม่มากกว่าผลผลิตที่มาจากพื้นที่ชนบท รวมถึงการจับจ่ายซื้อผลผลิตจากเกษตรในเมืองยังเป็นการช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจของคนในชุมชนเมืองให้มีความเข้มแข็งมากยิ่งขึ้น (Davivongs, n.d.) ซึ่งแนวคิดการทำเกษตรในเมืองได้มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาและแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ รวมถึงสร้างความยั่งยืนในแง่ของการบริโภคและความมั่นคงทางอาหารแก่ชุมชน บทความนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถึงกระบวนการส่งเสริมเกษตรในชุมชนเมืองเพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหาร รวมถึงศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหาร เพื่อสังเคราะห์หาแนวทางในการสร้างความมั่นคงทางอาหารอย่างยั่งยืนผ่านแนวคิดเกษตรชุมชน

กระบวนการส่งเสริมการเกษตรในชุมชนเมืองเพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหาร

กระบวนการทำการเกษตรในชนบทหรือในชุมชนเมืองที่ผ่านมา ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการที่กลุ่มเกษตรกรเป็นผู้ผลิตเพื่อส่งออกและไม่ได้มีไว้เพื่อบริโภคเอง จึงทำให้เกิดคำถามที่ว่า หากการทำการเกษตรที่ต้องพึ่งพาอาหารจากภายนอกนั้นจะมีความสอดคล้องกับแนวคิดเกษตรชุมชนหรือไม่ ในปัจจุบันไม่ได้มีแค่เฉพาะกลุ่มคนในแวดวงการเกษตรเท่านั้นที่มีความห่วงใยเกี่ยวกับเรื่องการเกษตร แต่ยังมีกลุ่มคนนอกภาคการเกษตรที่เป็นห่วงในเรื่องของสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของมนุษย์ เช่น ด้านสาธารณสุขที่มองเกี่ยวกับความปลอดภัยของการใช้สารที่เป็นพิษต่างๆ และอาหารที่เป็นยาหรือเสริมสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อมที่มองเกี่ยวกับทรัพยากร ภาวะมลพิษ ภาวะโลกร้อนและผลกระทบในระบบนิเวศวิทยา ส่วนด้านผู้บริโภคที่มองถึงมาตรฐานและความเชื่อมั่นในการให้มาตรฐานเครือข่ายเกษตรกร - ผู้บริโภค ด้านความมั่นคงทางอาหารที่มองเรื่องการพึ่งตนเองทางอาหาร และในด้านการลดความเสี่ยงหรือจัดการความเสี่ยงที่มองเรื่องเกษตรผสมผสาน เกษตรทฤษฎีใหม่และความพอเพียง (Simaruk, 2004) ซึ่งความห่วงใยดังกล่าวจากกลุ่มคนแวดวงนอกการเกษตรก็เป็นเหมือนแรงขับเคลื่อนให้กลุ่มคนในวงการเกษตรและคนที่มีความสนใจได้ตระหนักถึงกระบวนการทำการเกษตรชุมชนมากขึ้น โดยเน้นการใช้แนวคิดเกี่ยวกับระบบเกษตรที่สามารถพึ่งพาตนเองได้และลดการพึ่งพาอาหารจากภายนอก รวมถึงให้ความใส่ใจกับสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะหากเป็นกระบวนการทำการเกษตรอย่างยั่งยืนที่เกิดขึ้นในชุมชนเมืองอันจะนำไปสู่ความมั่นคงทางอาหาร

นอกจากนี้ การเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหารของชุมชนมีความสัมพันธ์กับการส่งเสริมให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนวิถีการผลิต เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องการใช้สารเคมีไปสู่การทำเกษตรที่เอื้อต่อสุขภาพและ สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน โดยที่ Hutanuwat and Hutanuwat (2004) ได้ศึกษาถึงชุมชนเกษตรกรต้นแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีคิดหรือกระบวนทัศน์ในเรื่องการทำเกษตรกรรมสู่ความยั่งยืน โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงความเชื่อและกระบวนการคิดจะทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตที่มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับวิถีการผลิต จากระบบเก่าที่ระบบเกษตรชุมชนเน้นการผลิตพืชเป็นหลักและผูกขาดกับระบบธุรกิจการค้าที่ทำให้เกิดการพึ่งพาปัจจัยการผลิตจากภายนอกชุมชน มาสู่ระบบความคิดใหม่ใน

กระบวนการผลิตที่ให้ความสำคัญกับการรักษาและฟื้นฟูคุณภาพของสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติให้คงไว้อย่างยั่งยืน (Plungsricharoensuk *et al*., 2018)

สำหรับพื้นที่ในบริเวณเขตเมืองที่มีประชากรอาศัยอยู่จำนวนมาก ซึ่งเป็นพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบที่อยู่อาศัยหนาแน่นและพื้นที่ว่าง ซึ่งพื้นที่ว่างสาธารณะที่มีอยู่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ในความรับผิดชอบของภาครัฐ ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐจึงควรมีหน้าที่หลักในการส่งเสริมและผลักดันกระบวนการด้านการเกษตรให้เกิดความยั่งยืนในชุมชนเมือง โดยเป็นกระบวนการที่มีส่วนทำให้เกิดกระบวนความคิดและความรู้ที่จะสามารถปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตของเหล่าเกษตรกร ทั้งเกษตรกรผู้ไม่มีที่ดินและมีที่ดินทำกินเป็นของตนเอง เพื่อนำไปสู่วิถีเกษตรชุมชนแบบยั่งยืนได้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

1. การจัดการฝึกอบรมเกี่ยวกับองค์ความรู้ด้านการเกษตร ได้แก่ การปรับปรุงบำรุงดิน วิธีการปลูกพืชผัก การบำรุงรักษาดินและพืช การดูแลรักษาและการป้องกันศัตรูพืช โดยแยกเกษตรกรเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เกษตรกรที่เพาะปลูกในครัวเรือน เกษตรกรที่เพาะปลูกในพื้นที่สาธารณะ ซึ่งการจัดฝึกอบรมควรมีการติดตามและประเมินผลเป็นระยะเพื่อให้เกิดการปฏิบัติที่ต่อเนื่อง

2. การบริหารจัดการกลุ่มหรือการสร้างเครือข่ายของเกษตรกรภายในชุมชนเมือง เพื่อช่วยเหลือซึ่งกันและกัน รวมถึงการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างกัน โดยอาจเป็นการรวมตัวกันเป็นกลุ่มหรือเครือข่ายที่ไม่เป็นทางการบนฐานความสัมพันธ์ส่วนตัวและความไว้เนื้อเชื่อใจ เช่น การรวมกลุ่มกันเพื่อฝากขายผลผลิตให้กับเพื่อนบ้านหรือญาติพี่น้อง ซึ่งทำหน้าที่เป็นพ่อค้าคนกลางเพื่อรวบรวมผลผลิตพืชผักไปขายต่อยังตลาดรับซื้อผลผลิตทางการเกษตร (Naksingha *et al*., 2018)

3. การจัดให้มีเจ้าหน้าที่เกษตรอำเภอคอยติดตามสอบถามปัญหาและให้คำปรึกษาและช่วยเหลือตลอดช่วงการเพาะปลูกในชุมชน รวมถึงการวางแผนการตลาดและการประชาสัมพันธ์ โดยเฉพาะกับเกษตรกรที่ทำการเกษตรในพื้นที่สาธารณะ

ซึ่งเป้าหมายสำคัญที่กลุ่มเกษตรกรหรือผู้ที่เกี่ยวข้องจะได้รับจากการกระบวนการดังกล่าว คือ การมีอาหารบริโภคในครัวเรือนและสามารถลดค่าใช้จ่ายพึ่งพาอาหารจากภายนอกชุมชนหรือจากนอกเมืองได้ อีกทั้งยังสามารถนำผลผลิตที่เหลือนำไปจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้ และช่วยรักษาแหล่งความมั่นคงทางอาหารให้แก่ครอบครัวและประเทศชาติอีกด้วย (Borsrang, n.d.) นอกจากนี้ มีงานวิจัยของ Noyraiphoom (2008) ที่ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยของกระบวนการส่งเสริมการเกษตรในชุมชน พบว่า ความพอเพียงของทรัพยากรธรรมชาติและเทคโนโลยีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพและไม่เบียดเบียนธรรมชาติ และสามารถเสาะแสวงหาทรัพยากรหรือวัสดุในท้องถิ่นที่มีอยู่เพื่อทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ผสานกับการรู้จักเลือกใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศและสภาพสังคม สามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวจะนำไปสู่การสร้างแนวคิดเกษตรชุมชนที่ไปสู่ความมั่นคงทางอาหารยั่งยืนได้ก็ต่อเมื่ออาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะในพื้นที่ชุมชนเมืองที่มีความซับซ้อนด้านสังคมและเศรษฐกิจ จากการศึกษาข้างต้นสามารถสังเคราะห์แนวคิดการออกแบบชุมชนเมืองกับวิถีเกษตรชุมชนเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหาร ได้เป็นประเด็นต่างๆ ดังนี้

1. การจัดกลุ่มชุมชนออกเป็นหน่วยย่อยขนาดเล็ก โดยพยายามให้แต่ละหน่วยมีขนาดเล็กที่สุดเพื่อการกระจายทรัพยากรในแต่ละหน่วยจะได้ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด หากต้องการขยายให้ใช้ระบบเครือข่ายควรจัดให้มีเครือข่ายเกษตรชุมชน

2. การสร้างความกระชับให้แต่ละหน่วยชุมชน โดยจำกัดกรอบการพัฒนาเอาไว้ไม่ให้รุกล้ำพื้นที่ธรรมชาติรอบนอก เพื่อรักษาระบบนิเวศทางธรรมชาติเอาไว้

3. การนำธรรมชาติเข้ามาช่วยในการประหยัดพลังงาน เช่น การรณรงค์การปลูกต้นไม้เพื่อฟอกอากาศให้เมือง เพิ่มพื้นที่สีเขียวด้วยการทำเกษตรครัวเรือนหรือชุมชน การใช้แนวคิดอาคารสีเขียวและการปลูกพืชแนวตั้ง เพื่อลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น

4. การสร้างบรรยากาศภายในชุมชนให้มีความเป็นธรรมชาติ เช่น เพิ่มร่มเงาของต้นไม้บริเวณเส้นทางสัญจร สวนสาธารณะ และลานกิจกรรมต่างๆ เพื่อช่วยเพิ่มประสบการณ์ทางธรรมชาติในชุมชนเมือง

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารของเกษตรในชุมชนเมือง

มีการประเมินความมั่นคงทางอาหารของประเทศไทย มีการจัดทำการประเมินโดยหน่วยงาน The Economist Intelligence Unit ในระดับสากล โดยใช้ดัชนีชี้วัด Global Food Security Index (2021) ระบุว่าในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีคะแนนความมั่นคงทางอาหาร 64.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน อยู่ในอันดับที่ 51 จากประเทศทั้งหมด 113 ประเทศ และNational Statistic Office Thailand (2018) ได้รายงานว่า ประเทศไทยมีภูมิประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์และเป็นแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญ อีกทั้งยังสามารถผลิตอาหารและส่งออกได้ในหลายๆประเทศจึงทำให้มีความมั่นคงทางอาหารสูง อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับการประเมินความมั่นคงทางอาหารในระบบสากลดังกล่าวแล้วพบว่าประเทศไทยอาจไม่ได้มีความมั่นคงทางอาหารที่สูงอย่างแท้จริงเมื่อเทียบกับนานาประเทศ เช่น จีน ที่เป็นประเทศผู้นำเข้าอาหารรายใหญ่และยังพึ่งพาอาหารจากต่างประเทศ แต่กลับได้คะแนนความมั่นคงทางอาหารที่สูงกว่าไทย เป็นต้น ดังนั้นการพิจารณามองถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารของการทำการเกษตรในชุมชนเมือง ในสถานการณ์ด้านฐานทรัพยากรและปัจจัยการผลิต (Yaimueang and Yangyuen, 2011) โดยมีภาพรวมมีดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการเปลี่ยนจากพื้นที่ทำการเกษตรเพื่อการเพาะปลูก ไปเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัย การใช้พื้นที่ทางการเกษตรเพื่อการปลูกพืชที่ไม่ได้มีไว้เพื่อบริโภคมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น การขยายตัวของชุมชนเมืองและภาคอุตสาหกรรมที่รุกล้ำพื้นที่ทางการเกษตรส่งผลให้เนื้อที่ปลูกผลผลิตเพื่อการบริโภคน้อยลง

2.ขนาดพื้นที่ถือครองที่ดินภาคการเกษตรลดลง จากข้อมูลรายงานของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2561 ได้มีการพิจารณาเนื้อที่ถือครองทำการเกษตรโดยเฉลี่ยต่อผู้ถือครอง พบว่า ในปี พ.ศ. 2561 ผู้ถือครองที่ดินเพื่อการเกษตรมีเนื้อที่ 18.9 ไร่ ซึ่งเป็นที่สังเกตว่าเนื้อที่ถือครองเฉลี่ยลดลงเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2551 และ 2556 ซึ่งมีเนื้อที่ถือครองเฉลี่ย 19.4 และ 19.7 ไร่ ตามลำดับ

3.ความเสื่อมโทรมของฐานทรัพยากรธรรมชาติ ทั้งจากปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินที่มีการใช้ประโยชน์อย่างไม่เหมาะสม ปัญหาดินเปรี้ยวและเค็ม ปัญหาการชะล้างพังทลายหน้าดินจากฝีมือมนุษย์และภัยธรรมชาติ

การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์จากการทำลายแผ้วถางป่าไม้ซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี (Forest and Management Office, 2019) การใช้สารเคมีเพิ่มมากขึ้นเพื่อเพิ่มผลผลิต ซึ่งนำไปสู่ปัญหาการตกค้างของสารเคมีในดินและลามไปถึงปัญหาของทรัพยากรน้ำ เช่น การขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรและเพื่อการอุปโภคบริโภค

4.วิธีการผลิตโดยการพึ่งพาปุ๋ยและสารเคมี โดยกลุ่มเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีความรู้และไม่ได้ตระหนักถึงการเกษตรที่ทำลายสิ่งแวดล้อม (Harintharanonta, 2015) หรือสารพิษจากมลพิษในเมืองที่ทำให้ได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายของเกษตรกรผู้ใช้ รวมถึงผู้บริโภคด้วย

แนวคิดเกษตรชุมชนในการสร้างความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมือง

ความสำคัญและแนวคิดเกษตรชุมชน

ความสำคัญส่วนหนึ่งของการทำเกษตรกรรมในเมืองเป็นการสร้างความสุขแก่คนเมืองและเป็นเสมือนงานอดิเรก โดยที่กลุ่มคนเมืองที่มีความสนใจในวิถีการเกษตรสามารถค้นหาความรู้และสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการทำการเกษตรด้วยตนเองจากหนังสือ อินเตอร์เน็ต หรือพูดคุยสอบถามโดยตรงกับผู้เชี่ยวชาญหรือเกษตรกร ในปัจจุบันคนที่อาศัยอยู่ในชุมชนเมืองมีความต้องการผลผลิตเพื่อการบริโภคอาหารที่ปลอดภัย (Safe food) และสดใหม่ เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่าย อีกทั้งยังเป็นสร้างความภาคภูมิใจที่สามารถผลิตอาหารเพื่อบริโภคได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ความสำคัญของเกษตรกรรมในเมืองไม่ใช่แค่การเอื้อประโยชน์ต่อส่วนบุคคลเท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญต่อองค์รวมทั้งเมืองและในระดับกว้างมากกว่านั้น โดยแนวคิดเกษตรชุมชนทำหน้าที่ครอบคลุมทั้งการเป็นแหล่งการผลิตอาหาร (Production function) เป็นแหล่งระบบนิเวศน์ของเมือง (Ecological function) และเกิดการรวมตัวของชุมชนนำไปสู่ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมวัฒนธรรม (Cultural function) เรียกได้ว่าเป็นพื้นที่เกษตรแบบผสมผสานหน้าที่อันหลากหลายมิติ “Multi-functionalize Agricultural Land”

การทำเกษตรกรรมที่อยู่ในเมืองสามารถทำให้ระยะทางอาหาร (Food mile) ของคนในเมืองสั้นลง หมายความว่า ระยะทางระหว่างพื้นที่ผลิตอาหารกับผู้บริโภคสั้นลง เป็นผลทำให้ผลผลิตที่มาจากพื้นที่ในเมืองมีความสดใหม่มากกว่าที่มาจากพื้นที่นอกเมืองหรือชนบท รวมถึงการซื้อขายแลกเปลี่ยนผลผลิตทางการเกษตรในเมืองยังเป็นการช่วยสร้างตลาดและช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจการหมุนเวียนกระแสเงินให้คงอยู่ในชุมชนเมืองอีกด้วย อีกทั้งยังส่งผลดีต่อระบบนิเวศให้เมืองเนื่องจากช่วยลดการใช้พลังงานในการขนส่งผลิตผลทางการเกษตรจากแหล่งผลิตไปยังผู้บริโภค โดยผลผลิตเหล่านี้เป็น “Low-mile Food” โดยปกติผลผลิตทางการเกษตรจะมาสู่ผู้บริโภคในเมืองได้ต้องมาจากชนบท และอยู่ในรูปแบบการแปรรูป การบรรจุหีบห่อ ซึ่งเกษตรในเมืองสามารถทำให้ผลผลิตในรูปแบบนี้ลดลงไปด้วย ส่งผลทำให้สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุทำให้การเกิดภาวะโลกร้อนและช่วยลดปัญหาทางด้านสภาวะแวดล้อมของเมือง นอกจากนี้การนำขยะอินทรีย์ที่เป็นปัญหามลภาวะของเมืองมาทำเป็นปุ๋ยเพื่อใช้ในการทำเกษตรกรรมในเมือง ยังส่งผลทำให้ช่วยลดปริมาณขยะในเมืองได้อีกทาง อีกทั้งพื้นที่เกษตรกรรมยังสามารถช่วยลดความเสียหายจากภัยพิบัติในเมืองได้ เช่น อุทกภัย เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมจะมีลักษณะเป็นร่องน้ำหรือบ่อน้ำ ซึ่งสามารถทำหน้าที่เสมือนเป็นพื้นที่รับน้ำ หน่วงน้ำ หรือชะลอน้ำในภาวะฝนตกหนักได้ (Davivongs, n.d.)

ความมั่นคงทางอาหารในแต่ละพื้นที่โดยเฉพาะในชุมชนเมืองกับชนบท มีความแตกต่างกันไปตามบริบทแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และทรัพยากรธรรมชาติ แต่มีจุดมุ่งหมายเดียวกันในการสร้างความมั่นคงทางอาหาร หากแต่ชุมชนเมืองจำเป็นต้องใช้แนวคิดเกษตรชุมชนที่ตระหนักในเรื่องของฐานทรัพยากรที่จำกัดและการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมอย่างมาก รวมถึงการให้ความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตของผู้คนเนื่องจากชุมชนเมืองมีความเป็นพหุสังคมที่ซับซ้อนและมีระบบเศรษฐกิจที่มีการแข่งขันสูง ลักษณะความเป็นชุมชนเมืองดังกล่าวมีความสอดคล้องกับแนวคิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารบนพื้นฐานในการคำนึงถึงระบบนิเวศ ความเป็นธรรม สิ่งแวดล้อม และสุขภาพของเกษตรกร คือแนวคิดเกษตรชุมชนแบบเกษตรอินทรีย์ โดยมีมุมมองที่น่าสนใจจากการศึกษาของ Sitthisantikul *et al.* (2018) ในเรื่องของการใช้แนวคิดเกษตรอินทรีย์มาอธิบายความหมายของความมั่นคงทางอาหารในมิติต่างๆ ได้แก่ 1) ความสามารถในการเข้าถึงแหล่งอาหาร เนื่องจากเกษตรกรอินทรีย์สามารถการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ผสมผสานกันทำให้สมาชิกในครอบครัวสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์จากแหล่งอาหารจากพื้นที่เกษตรกรรมของตน 2) การเสริมสร้างเศรษฐกิจครัวเรือน โดยที่เกษตรกรอินทรีย์สามารถประหยัดรายจ่ายด้านค่าอาหารภายในครัวเรือน และยังมีรายได้จากการขายผลผลิตสำหรับเป็นค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวัน 3) วัฒนธรรมการแลกเปลี่ยนพึ่งพา โดยเกษตรกรอินทรีย์และชุมชนสามารถเข้าถึงอาหารได้อย่างยั่งยืนผ่านการแลกเปลี่ยนพึ่งพาซึ่งกันและกันภายในหรือระหว่างชุมชน ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ในชุมชน และ 4) การมีสุขภาพที่ดี เนื่องจากกระบวนการผลิตแบบอินทรีย์เพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ปลอดสารเคมี รวมถึงการบริโภคอาหารที่ปลอดภัยเป็นประจำ

นอกจากนี้ แนวคิดเกษตรชุมชนแบบเกษตรอินทรีย์ไม่ได้เอื้อประโยชน์แค่เฉพาะกลุ่มเกษตรกรเท่านั้น แต่ยังเป็นแนวคิดที่เอื้อประโยชน์ต่อการพัฒนาพื้นที่สีเขียวในเมืองอีกด้วย โดยเฉพาะหากเป็นการทำเกษตรในพื้นที่สาธารณะที่คนในชุมชนสามารถเข้าถึงได้ ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งฟอกอากาศและแหล่งพักผ่อนหย่อนใจของคนในชุมชนเมือง สร้างแหล่งอาหารที่ปลอดภัยพร้อมกับฟื้นฟูระบบนิเวศของเมือง อีกทั้งยังเป็นแหล่งพัฒนาเศรษฐกิจเพื่อคนจนเมือง (Phanan, 2018) การทำเกษตรอินทรีย์มีกระบวนการทางการเกษตรที่ตระหนักถึงคุณค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะปัจจัยการผลิตพื้นฐาน อาทิ ดินและน้ำ รวมถึงผลพลอยได้ในเรื่องอาหารและแหล่งรายได้ที่ยั่งยืน ซึ่งแนวคิดเกษตรอินทรีย์เป็นแนวคิดเกษตรชุมชนที่มีวิธีการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เหมาะสำหรับการทำเกษตรในชุมชนเมืองเนื่องจากเป็นแนวคิดที่อาศัยความพอเพียงและพึ่งพาตนเอง การเชื่อมโยงปฏิสัมพันธ์ของคนในชุมชน รวมถึงการคำนึงถึงทรัพยากรธรรมชาติภายในเมืองที่มีอยู่อย่างจำกัด นำไปสู่การเกิดระบบนิเวศน์ในเมืองได้อย่างยั่งยืนได้

แนวทางในการสร้างความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมือง

จากงานวิจัย Sriupayo *et al.* (2017) เรื่องการบริหารจัดการเกษตรในเมือง พบว่าแนวทางการสร้างวิถีเกษตรชุมชนสู่วิถีความมั่นคงทางอาหารที่ยั่งยืน และเกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองได้ สามารถเกิดขึ้นได้โดยการพิจารณาที่ต้นทุนทางสังคม โดยเฉพาะองค์ความรู้ในตัวของนักวิชาการที่เชี่ยวชาญที่อาศัยอยู่ในชุมชนทางการเกษตรมาร่วมเป็นวิทยากร การจัดอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกรและคนในชุมชน การสร้างและกระจายศูนย์การเรียนรู้เกี่ยวกับการทำการเกษตรบริเวณโดยรอบชุมชน รวมถึงการจัดหาตลาดให้กับกลุ่มเกษตรกรโดยมุ่งเป้าไปยังผู้ประกอบการร้านอาหารใน

ชุมชน เพื่อสร้างความยั่งยืนในการขายสินค้าให้แก่กลุ่มเกษตรกร และการทำกิจกรรมทางการตลาดร่วมกันของชุมชน เช่น การออกร้านจำหน่ายสินค้าทางการเกษตร

นอกจากนี้ การสร้างความมั่นคงทางอาหารของคนเมืองโดยแนวคิดเกษตรชุมชนที่ยั่งยืน จำเป็นต้องมีเครือข่ายชุมชนที่เข้มแข็ง ซึ่งเกิดจากการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนและการพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน รวมถึงการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และองค์ความรู้ ความเข้มแข็งของชุมชนนั้นต้องเกิดจากการมีผู้นำที่เสียสละและเป็นที่ยอมรับของคนในชุมชน สามารถนำชุมชนได้ในสถานการณ์ที่ต้องการการมีส่วนร่วม และเป็นลักษณะของผู้นำแบบกลุ่ม รวมถึงอาจจำเป็นต้องสร้างผู้นำรุ่นเยาว์ในรุ่นต่อ ๆ ไปอีกด้วย โดยเฉพาะชุมชนที่มีความเป็นมาและความสัมพันธ์กันตั้งแต่เริ่มก่อตั้งชุมชน มีประวัติศาสตร์ที่เหมือนกัน ร่วมทุกข์ร่วมสุขกันมาต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันจะทำให้มีความเอื้ออาทรและเกื้อกูลซึ่งกันและกันก่อตัวเป็นฐานรากที่เข้มแข็ง การมีเครือข่ายชุมชนและความเข้มแข็งของชุมชนจำเป็นต้องมีการหนุนเสริมทั้งจากภาครัฐและเอกชน (Phanan, 2018)

จากการศึกษาข้างต้น การสร้างความมั่นคงทางอาหาร ประกอบไปด้วยแนวทางการบูรณาการของมิติต่าง ๆ ทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม และที่สำคัญคือ การมีส่วนร่วมของคนในชุมชนและการพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน รวมถึงการสร้างเครือข่ายระหว่างพื้นที่ชุมชน โดยสามารถสังเคราะห์แนวทางการสร้างความมั่นคงทางอาหารโดยแนวคิดเกษตรชุมชนเป็นสองประเด็นหลักๆ ได้ดังนี้

1. แนวทางการพัฒนาระดับชุมชน โดยการเป็นชุมชนที่สามารถพึ่งพาตนเองได้ โดยการสร้างฐานที่มั่นคงในการใช้แนวคิดเกษตรชุมชนเพื่อผลิตอาหารภายในครัวเรือน การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านเกษตรอินทรีย์และการพึ่งพาตนเองให้กับสมาชิกระดับครอบครัว และระดับชุมชนทั้งภายในและภายนอกชุมชน การเสริมสร้างเครือข่ายชุมชนที่เข้มแข็ง รวมทั้งการกระตุ้นการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนเพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติของชุมชน การจัดกิจกรรมสนทนากลุ่มและกิจกรรมเชิงปฏิบัติการประชุมกลุ่มชุมชนเพื่อร่วมในกระบวนการแก้ไขปัญหาต่างๆ การจัดทำข้อมูลชุมชนในการพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรให้มีประสิทธิภาพ การให้ความรู้และทักษะด้านการเกษตร การสร้างความรู้ความเข้าใจถึงประโยชน์ที่ได้รับจากผลผลิตในการพึ่งพาตนเองเพื่อสร้างความมั่นคงด้านอาหารในครอบครัวและชุมชน

2. แนวทางการสนับสนุนเชิงนโยบาย โดยการกำหนดนโยบายจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในเรื่องของการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรในเมืองอย่างเคร่งครัด การส่งเสริมและพัฒนาการพัฒนาแหล่งน้ำและดินเพื่อการเกษตร การออกนโยบายส่งเสริมการใช้ระบบเกษตรแบบพึ่งพาตนเองด้านปัจจัยการผลิตและตลาดเพื่อลดความเสี่ยงต่อความไม่มั่นคงทางอาหาร การพัฒนาความรู้และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำเกษตรกรรมในเมืองที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงการสนับสนุนกิจกรรมทางสังคมและการพัฒนาคนรุ่นใหม่ให้ใส่ใจเรื่องวิถีการเกษตรควบคู่กับการดำรงชีวิตอยู่ในชุมชนเมือง การกำหนดนโยบายในพื้นที่ชุมชนเมือง ซึ่งอาจเป็นนโยบายในเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินรกร้างหรือที่ดินว่างเปล่าไม่ได้ใช้งานเพื่อพัฒนาเป็นสวนเกษตรชุมชน นโยบายการพัฒนาและวิจัยด้านเกษตรชุมชนเมือง นโยบายสนับสนุนให้เกิดระบบตลาดแบบพึ่งพาตนเองของคนในชุมชนเมือง เพื่อการเข้าถึงแหล่งอาหารที่ปลอดภัยจากวิธีการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ การออกนโยบายโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดสรรพื้นที่สาธารณะส่วนกลางสำหรับการทำเกษตรชุมชน รวมถึงนโยบายสนับสนุนงบประมาณและข้อมูลเชิงวิชาการต่างๆ สำหรับการทำเกษตรชุมชนในเมือง

สรุปผลการวิจัย

แนวคิดเกษตรชุมชนเพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมือง ควรให้ความสำคัญกับการรักษาและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม การจัดสรรและใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดในเมือง รวมถึงกระบวนการทำการเกษตรแบบพึ่งพาตนเองที่สามารถส่งเสริมระบบเศรษฐกิจภายในครัวเรือนและชุมชน โดยสามารถสร้างความมั่นคงทางอาหารให้เกิดขึ้นในเมืองได้เพื่อลดระยะทางอาหารหรือลดการพึ่งพาจากแหล่งผลิตนอกเมือง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารที่เกี่ยวข้องกับวิถีเกษตรชุมชนในเมือง ได้แก่ ปัจจัยด้านฐานทรัพยากรและปัจจัยในการผลิต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการขยายตัวของเมืองที่ทำให้พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่สีเขียวในเมืองลดลง ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของฐานทรัพยากรธรรมชาติซึ่งเป็นส่งผลกระทบต่อปัจจัยในการผลิตอาหารของเมือง ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว ปัจจุบันจึงมีการใช้แนวคิดเกษตรชุมชนเพื่อเป็นฐานในการช่วยสร้างแหล่งผลิตอาหารให้เกิดขึ้นภายในเมือง

แนวคิดเกษตรชุมชนแบบอินทรีย์เป็นแนวคิดที่สามารถช่วยสร้างความมั่นคงทางอาหารให้เกิดขึ้นในชุมชนเมืองได้ กล่าวคือ การทำเกษตรกรรมในเมืองจำเป็นต้องใช้พื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัดและให้ความสำคัญกับระบบนิเวศ โดยเป็นการเกษตรแบบผสมผสานที่เน้นการผลิตแบบพึ่งพาตนเองเพื่อมีอาหารไว้บริโภคภายในครัวเรือนและช่วยเสริมสร้างให้เกิดระบบเศรษฐกิจที่ดีขึ้นแก่ครอบครัวและชุมชน อีกทั้งเป็นการสร้างความสัมพันธ์ทางสังคมโดยการจัดให้มีเครือข่ายเกษตรชุมชนและสามารถขยายตัวจากความเข้มแข็งของชุมชนนั้น และที่สำคัญคือการส่งเสริมและสนับสนุนแนวคิดเกษตรชุมชนด้วยนโยบายต่างๆจากภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับความร่วมมือและการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารให้เกิดขึ้นในชุมชนเมืองอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Boosbong, P. 2012. **Theories and Practices on Agricultural Development in Urban Area.** Nonthaburi: Project of Urban Agriculture, Sustainable Agriculture Foundation (Thailand). 108 p. [in Thai]

Borsrang, S. n.d. **Agriculture in Chiangrai.** Bangkok: Thailand Environment Institute. 16 p. [in Thai]

Davivongs, V. n.d. **Agricultural in the City: Forms and Experiences from Tokyo Japan.** Bangkok: Faculty of Architecture, Kasetsart University. 11 p. [in Thai]

Forest Land Management Office. 2019. **Forest area in Thailand (2521–2563).** [Online]. Available https://www.forest.go.th/land/%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%9B%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%89 (26 November 2021).

Global Food Security Index. 2021. **Performance of countries based on their 2021 food security score.** [Online]. Available https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index/Index (26 November 2021).

Harintharanonta, T. 2015. **Food security.** Bangkok: Bureau of Livestock Standards and Certification. [Online]. Available http://certify.dld.go.th/certify/index.php/th/2016-05-01-14-51-22/2016-05-03-03-23-38/1276-2020-09-23-02-20-23. (23 September 2020). [in Thai]

Hutanuwat, N. and N. Hutanuwat. 2004. **Sustainable Agricultural: Paradigm Process and Indicator.** Nonthaburi: Foundation of Sustainable Agricultural (Thailand). 311 p. [in Thai]

Kwuan-Art, W. and P. Thinpangha. 2003. **Urbanization in Thailand.** Bangkok: Thailand Environment Institute (TEI). 9 p.

Naksingha, P., K. Chaowattanakul, C. Buntawong and K. Hongkananukhror. 2018. Rural transformation and livelihood adaptations: a case study of villagers in an "Agricultural Community" in Nakhon Pathom, Thailand. **Journal of social research** 40(2): 77-106. [in Thai]

National Statistic Office Thailand. 2018. **The Agriculture Intercensal Survey Whole Kingdom.** Bangkok: National Statistic Office Thailand. 153 p. [in Thai]

Noyraiphoom, J. 2008. The Urban sufficiency concept: A sustainable urban design in Thai pattern. **Journal of the faculty of Architecture Silpakorn University academic year 2008.** 2008(23): 177-198. [in Thai]

Phanan, P. 2018. Urban agriculture garden development and the community empowerment: a case study of Poonsap community, Saimai district, Bangkok. **Romphruek Journal** 36(3): 68-75. [in Thai]

Phrutikarnkit, T. 2015. Community context under the semi-urban, semi-rural society. **Journal of The Far Eastern University** 9(1): 7-15. [in Thai]

Plungsricharoensuk, P., W. Pathumcharoenwattana and C. Nantananate. 2018. Community learning process to enhance food security, case study of Ban Yang Dang, Khu Yai Mi sub district, Sanam Chai Khet district, Cha Choeng Sao province. **Veridian E-Journal** 10(2): 2758-2768. [in Thai]

Simaruk, S. 2004. Sustainable Agriculture for community: Perspective more than community. pp. 39-46. *In* **Proceedings of The 4th International Conference Agricultural System**. Khon Kaen: Khon Kaen University. [in Thai]

Sitthisantikul, K., K. Satienperakul and B. Jolanun. 2018. Approaches to Develop Food Security in the organic communities Luang Neua sub-district, doi-Saket District, Chiang Mai. **Journal of Agri. Research & Extension** 35(3): 63-73. [in Thai]

Sriupayo, N., and S. Suyarat. 2017. Agricultural management in the city: the pattern of study centre of sufficiency economy according to His Majesty's initiative, Pa-Hget-Tee village, Hnongpueng sub-district, Sarapee district, Chiang Mai province. **FEU Academic Review Journal** 11(3): 261-270. [in Thai]

Yaimueang, S. and K. Yangyuen. 2011. **Food Security Index in Community.** NonthaBuri: Sustainable Agriculture Foundation (Thailand), National Health Commission Office (NHCO). 108 p. [in Thai]

Session 6

ภาคบรรยาย

การตรวจจับอาการใบเหลืองของต้นทุเรียนโดยใช้การสำรวจระยะไกลด้วยอากาศยานไร้คนขับ
Detection of Yellow Leave Disease on Durian Tree using Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-Based Remote Sensing

เสน่ห์ รักเกื้อ* พรเทพ ทองเลี่ยมนาค พุธรัตน์ นามเพ็ชร อุกฤษฏ์ ชำมริ และอาทิตย์ สวัสดิรักษา

Sanae Rukkur*, Porntep Thongleumnak, Puttarat Namphet

Ugrit Chammari and Arthit Sawasdiraksa

สาขาเกษตรประยุกต์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

Department of Applied Agriculture, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya

Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

*Corresponding author: sanae.r@rmutsv.ac.th

Abstract

Nowadays, farmers are interested in planting durian but still lacking basic knowledge in planting and durian tree diseases. Yellow leave disease is the characteristic symptom of durian which is chosen for this research. It is caused by micronutrient deficiencies and nutritional supplements which effect on the growth of durian trees. Therefore, the identifying yellow leave diseases in plot is investigated. The study was conducted by remote sensing of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) equipment, combined with deep learning processing for image processing with Ground Sample Distance (GSD) at 0.44, 0.88 and 1.31 m. The model performance assessment was also investigated. The results indicated the overall accuracy Deep Learning at 0.44 with the highest accuracy at 85.71%. The study could be concluded that the model performance of GSD was less than 1.31 and yellow leave disease on durian leaves could be detected by UAV with high efficiency.

Keywords: UAV, remote sensing, durian, plant pathology, deep learning

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรให้ความสนใจในการปลูกทุเรียนเป็นจำนวนมาก แต่ยังขาดความรู้พื้นฐานในการปลูกและความรู้เกี่ยวกับโรคในต้นทุเรียน ซึ่งลักษณะอาการของทุเรียนที่ผู้วิจัยสนใจ คือ ใบเหลือง โดยเกิดจากการขาดธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นทุเรียน ทำให้ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าวจึงเกิดงานวิจัยนี้ขึ้น เพื่อจำแนกโรคที่เกิดจากใบเหลือง ในลักษณะรายแปลงได้ ซึ่งวิธีการสำรวจทางไกลจากเครื่องมืออากาศยานไร้คนขับ (UAV) ร่วมกับการประมวลผลด้วยวิธีการ Deep Learning เพื่อประมวลผลภาพ โดยค่าความละเอียดจุดภาพ (GSD) ที่ใช้คือ 0.44, 0.88 และ 1.31 m จากการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองพบว่า Overall Accuracy Deep Learning ที่ค่าความละเอียดจุดภาพ 0.44 มีความแม่นยำในการตรวจจับได้ 85.71% สามารถบินที่ความสูง 30 เมตร สรุปได้ว่า การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองโดยค่าความละเอียดจุดภาพไม่เกิน 1.31 และผลจากการศึกษาพบว่าสามารถตรวจจับโรคอาการใบเหลืองที่เกิดบนใบต้นทุเรียนได้ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ การสำรวจระยะไกล ทุเรียน โรคพืช การเรียนรู้เชิงลึก

คำนำ

ยุทธศาสตร์แผนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560–2564) การสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจและแข่งขันได้อย่างยั่งยืน และการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม บนพื้นฐานยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ.2560–2579) เป็นแผนแม่บทหลักของการพัฒนาประเทศและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals; SDGs) ซึ่งมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในการสนับสนุนภาคการเกษตร (Smart Farming) (Office of the National Economic and Social Development Council, 2016) (Phodee and Charoenchit, 2017) ปัจจุบันมีการนำนวัตกรรมเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ในการทำการเกษตร เพื่อให้สามารถวางแผนการจัดการผลผลิตการเกษตรให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้ การประเมินความเสียหาย หรือวางแผนป้องกันความเสียหายของผลผลิตการเกษตรได้อย่างแม่นยำ เช่น การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) โดยอากาศยานไร้คนขับ เช่น ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite Imagery) และข้อมูลภาพถ่ายจากระบบหุ่นยนต์สำรวจทางอากาศขนาดเล็ก (small Unmanned Aerial System: sUAS) ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทในการสำรวจพื้นที่เกษตรและทรัพยากรสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว (Bendig *et al*., 2014; Nebikera *et al*., 2008) ทำให้ได้ข้อมูลในการบูรณาการในการจัดการเชิงพื้นที่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับเกษตรกรได้อย่างรวดเร็วและทันต่อสถานการณ์ซึ่งสามารถลดระยะเวลา และค่าใช้จ่ายแรงงานสำรวจ

ทุเรียนเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยซึ่งปัจจุบันผลิตเพื่อบริโภคในประเทศและส่งออกในรูปผลไม้สดและแปรรูปจำนวนมาก เกษตรกรผู้ผลิตจึงต้องบริหารจัดการที่ดีเพื่อควบคุมการผลิตทุเรียนทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพก่อให้เกิดวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอย่างครบวงจร ตั้งแต่การปลูก การเตรียมสภาพ การจัดการ รวมถึงการป้องกันและกำจัดโรคและแมลงที่เหมาะสม เพื่อให้ผลผลิตทุเรียนของไทยมีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับในต่างประเทศ ในปัจจุบันมี

งานวิจัยมากมายสนับสนุนการผลิตทุเรียน การบริหารจัดการน้ำและการตลาด แต่เนื่องจากในระบบกระบวนการผลิตนั้นยังขาดเทคโนโลยีเชิงพื้นที่ (Geospatial Technology) หรือวิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Science Mapping) เพื่อการสำรวจและติดตามผลผลิตของทุเรียน ได้แก่ โรค ซึ่งมีส่วนส่งเสริมในการบริหารจัดการพื้นที่ปลูกทุเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ (Charoenchit *et al*., 2018) งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาโดยการนำโดรนบินสำรวจเก็บข้อมูลภาพแปลงทุเรียนและสร้างเป็นแผนที่แปลงจำลอง จากนั้นประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านการวิเคราะห์ NDVI มาวิเคราะห์ จึงทำให้สามารถระบุตำแหน่งต้นทุเรียนที่เป็นโรคใบเหลืองได้ตรงจุดและมีความแม่นยำอีกด้วย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจอาการใบเหลืองของต้นทุเรียนที่ปลูกในแปลงด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อประเมินการเจริญเติบโต และความเสียหายของต้นทุเรียนในแปลงด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ประยุกต์ใช้โปรแกรม Cira Core ร่วมกับอากาศยานไร้คนขับ ในการระบุตำแหน่งของต้นทุเรียนที่เป็นโรคใบเหลืองในแปลง โดยประกอบด้วย

1) โดรนรุ่น Dji Phantom 3 standard พร้อมกับกล้องบันทึกข้อมูลความละเอียดคมชัดระดับ 2.7 K HD (Video) 12 ล้าน (Photo) บินได้ไกล 1 กิโลเมตร ด้วยกล้องแบบ Realtime มีระบบบินอัตโนมัติด้วย GPS (Auto Pilot) ดังแสดงใน Figure 1

Figure 1 Dji Phantom 3 standard

ประกอบด้วย

1) พอร์ต USB Micro	2) เซนเซอร์ด้านล่าง	3) ชุดกล้อง
4) ชุดกันสั่นสะเทือน	5) มอเตอร์	6) ใบพัด
7) ชุดกระดอง	9) ระดับแบตเตอรี่	10) พอร์ต SD Card
11) ไฟสถานะ GPS	12) ไฟสถานการณ์เชื่อมต่อและปุ่มลิงค์	
13) ช่องใส่ SD Card		

2) สมาร์ทโฟนที่รองรับ ระบบปฏิบัติการ Android เครือข่าย WiFi 4 G รองรับการใช้งานของแอปพลิเคชันของ Dji go และ Pix4D capture

3) แอปพลิเคชัน Pix4D capture โปรแกรมถ่ายภาพแบบอัตโนมัติที่สามารถระบุตำแหน่งของภาพในแผ่นที่ได้ และมีรูปแบบในการกำหนดเส้นทางการบินแบบที่ผู้ใช้งานสามารถกำหนดเส้นทางการบิน ความสูง ความเร็ว และระยะการถ่ายภาพได้

4) โปรแกรม pix4D fields โปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์การสะท้อนค่าสีของพืชโดยต้องใช้กล้อง multispectral และสามารถ Process Images ภาพที่ถ่ายด้วยโปรแกรม Pix4D capture เพื่อรวมไฟล์ภาพ JPG และ RAW เป็นไฟล์ TIF ได้ รวมถึงสามารถระบุตำแหน่งของภาพถ่ายที่รวมไฟล์แล้วได้ใน Google Map

5) โปรแกรม Cira core แพลตฟอร์มที่เป็น Core Technology ซึ่งถ้าเทียบกับเทคโนโลยีที่คล้ายๆ กัน เช่น ระบบปฏิบัติการแอนดรอด์ที่สามารถเข้าไปอยู่ในสมาร์ตโฟน นาฬิกา กล้องดิจิทัล รวมถึงสมาร์ททีวี โดยเราสามารถสร้างอัลกอริทึม หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ เช่น Deep Learning ใส่เข้าไปเพื่อสร้างการเรียนรู้จดจำให้แก่ระบบ สามารถการประยุกต์ใช้การระบุตำแหน่งของต้นทุเรียนได้

การจำแนกข้อมูล

การจำแนกข้อมูลระหว่างต้นทุเรียนที่มีความสมบูรณ์ และต้นทุเรียนที่มีลักษณะใบเหลือง โดยการใช้หลักการของ Deep Learning โดยกำหนดใส่ภาพตัวอย่างต้นทุเรียนที่มีลักษณะใบสีเหลืองในกล่อง Deep train เพื่อที่จะให้ระบบทำการเรียนรู้และจดจำลักษณะของต้นทุเรียนที่ใบเหลือง โดยใส่ภาพตัวอย่างของต้นทุเรียนที่มีลักษณะใบเหลืองไปไม่น้อยกว่า 20 ภาพ โดยสามารถนำภาพตัวอย่างจากต้นที่เกิดโรคใบเหลืองจริงมาเป็นตัวอย่างในการเรียนรู้ของกระบวนการ Deep Learning ดังแสดงใน Figure 2

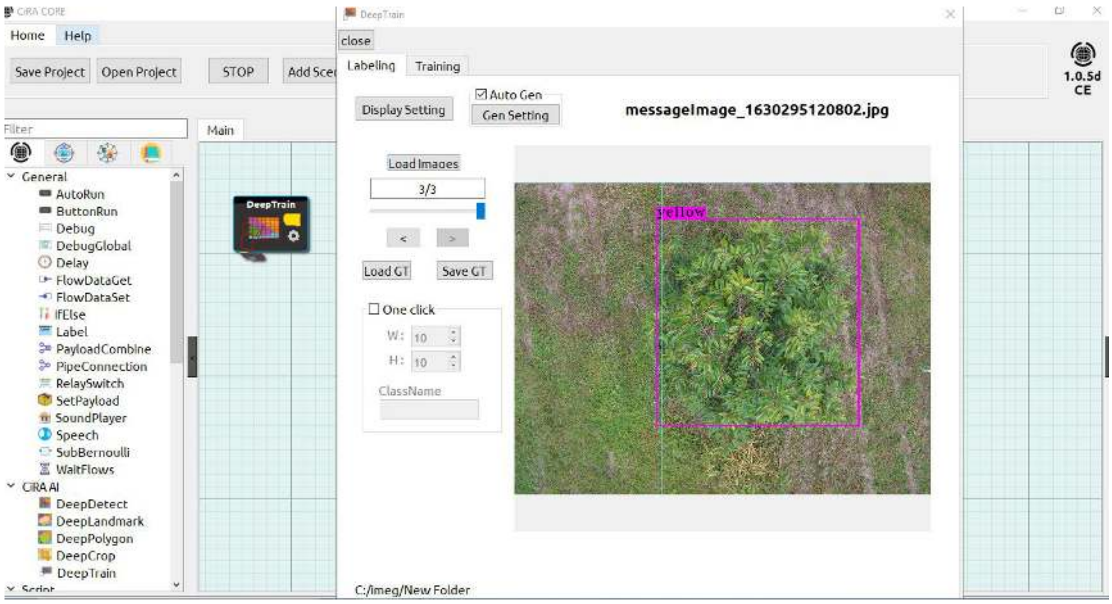


Figure 2 Deep training of durian trees with yellow leaves

การรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการถ่ายภาพแปลงทุเรียนเพื่อเก็บข้อมูลภาพในแปลงของต้นทุเรียนที่มีลักษณะที่เป็นโรคและไม่เป็นโรค โดยสร้างจุดทดสอบเพื่อจำลองว่าจุดทดสอบนั้นคือโรคและทดสอบประสิทธิภาพในการค้นหาโรคของโปรแกรม และภาพ ด้วยโดรน Dji Phantom 3 standard และวางแผนการบินถ่ายภาพด้วย Pix4D Capture ซึ่งสามารถกำหนดพื้นที่ที่ต้องการถ่ายภาพเพื่อให้ UAV ทำการบินถ่ายภาพโดยอัตโนมัติด้วยแอปพลิเคชัน Pix4D Capture โดยการกำหนดพื้นที่แปลง ค่าความสูงบิน รูปแบบการบินแบบกริด (GRID) สำหรับการทำแผนที่ 2 มิติ ส่วนซ้อนส่วนเกย ความเร็วของโดรน องศาของกล้องบันทึกข้อมูล จากนั้นจึงสร้างแผนที่ถ่ายภาพทางอากาศของแปลงทุเรียนด้วยโปรแกรม Pix4D fields และประมวลผลด้วยวิธีการ Deep Learning โดยกำหนดภาพตัวอย่างต้นทุเรียนที่มีลักษณะใบสีเหลืองไว้ในกล่อง Deep train และสร้างการจดจำลักษณะของต้นทุเรียนที่ใบเหลืองได้ชัดเจน หลังจากนั้นก็ทำการประเมินผลข้อมูล ระบุตำแหน่งของภาพตัวอย่าง และวิเคราะห์ตำแหน่งของต้นทุเรียนที่เป็นโรคใบเหลืองจากภาพถ่ายที่ระยะความสูงบิน 10 เมตร 20 เมตร และ 30 เมตร ด้วยโปรมแกรม Cira core โดยใช้เครื่องมือ deep train, deep detect และ debug ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 3

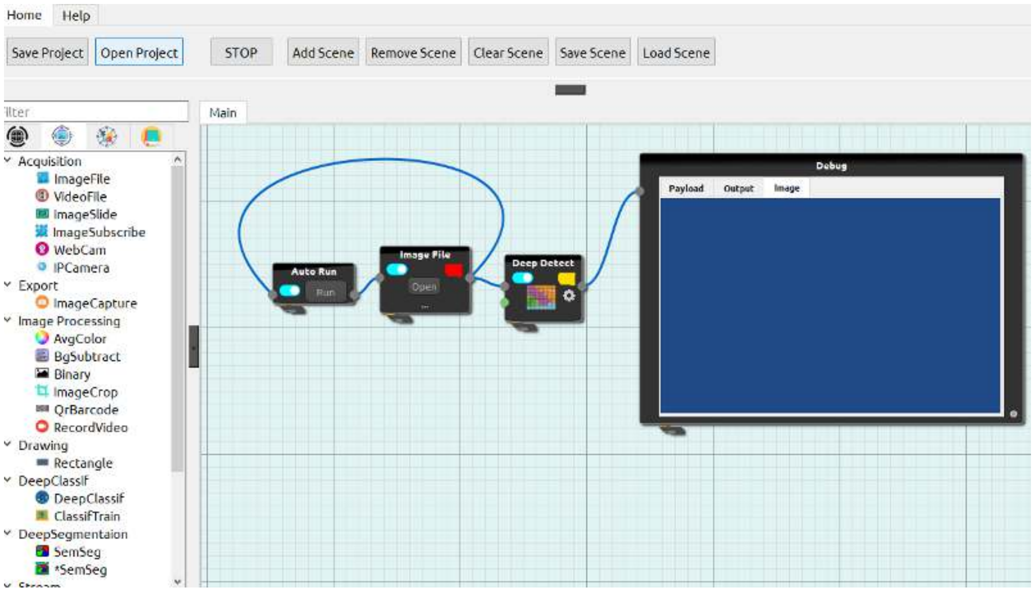


Figure 3 Deep Learning Process of durian trees with yellow leaves

ผลการวิจัย

จากผลการใช้กระบวนการ Deep Learning ร่วมกับโปรแกรม Cira Core ในการระบุตำแหน่งของต้นทุเรียนที่มีลักษณะอาการใบเหลืองในแปลงจากภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ พบผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 5 และTable 1 ดังนี้

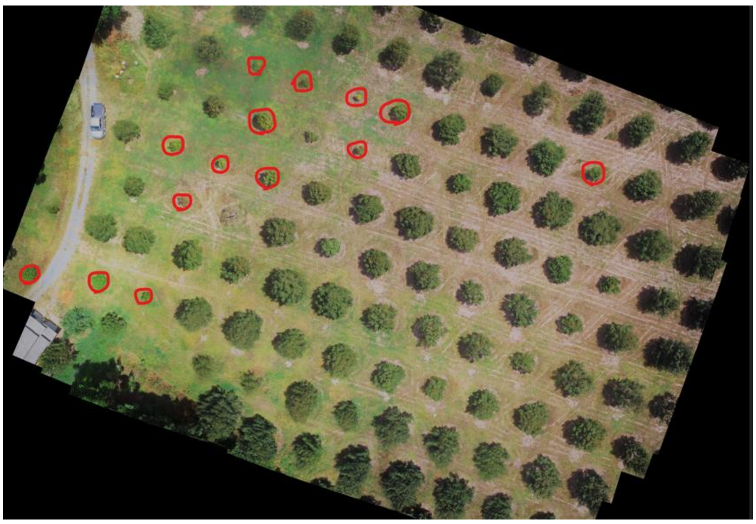


Figure 4 Location and amount of durian trees with yellow leaves

จาก Figure 4 ผลการสำรวจแปลงทุเรียนด้วยแรงงานคนพบว่ามีต้นทุเรียนที่มีลักษณะใบเหลืองในแปลงมีจำนวน 14 ต้น

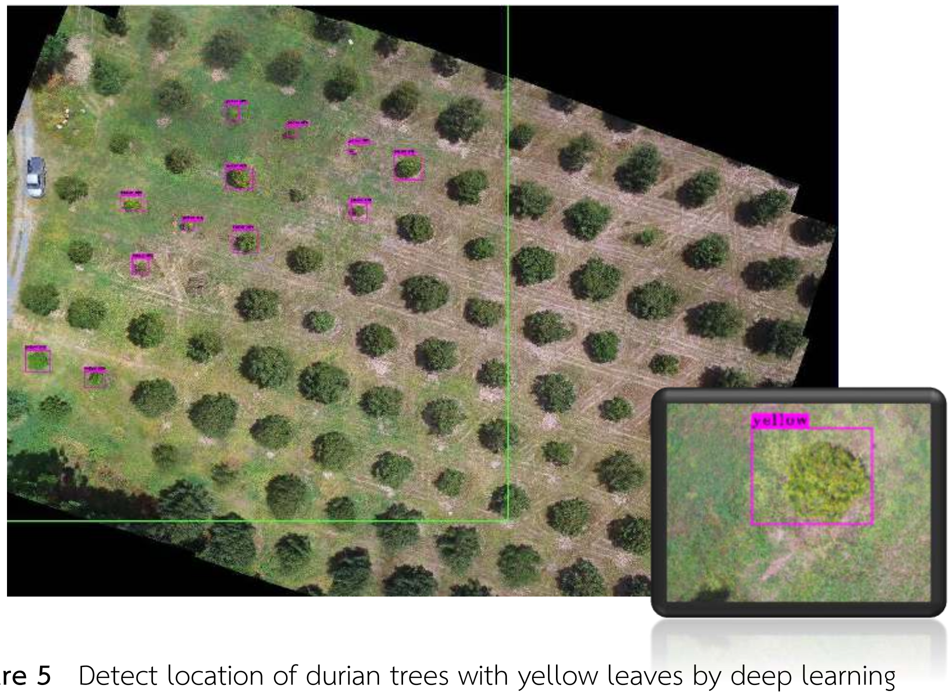


Figure 5 Detect location of durian trees with yellow leaves by deep learning

Table 1 Performance of overall deep learning model

Amount of durian tree with yellow leave disease	Ground Sample Distance (m)	Performance (%)	Accuracy
14	0.44	85.71	0.97
14	0.88	64.28	0.73
14	1.31	57.14	0.65

จากผลการใช้กระบวนการ Deep Learning ร่วมกับโปรแกรม Cira Core ในการระบุตำแหน่งของต้นทุเรียนที่มีลักษณะอาการใบเหลืองในแปลงจากภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ โดยใช้ภาพถ่ายที่มีระดับความสูง 30, 40 และ 50 เมตร ด้วยโดรน Dji Phantom 3 standard ที่ค่าความละเอียดจุดภาพ (GSD) ที่ใช้คือ 0.44, 0.88 และ 1.31 เมตร ประมวลข้อมูล ระบุและวิเคราะห์ตำแหน่งของต้นทุเรียนที่มีใบเหลืองด้วยวิธีการ Deep Learning จาก Figure 5 ผลการตรวจสอบต้นทุเรียนที่มีใบสีเหลืองโดยใช้กระบวนการ Deep Learning และตารางที่ 1 พบว่า Overall accuracy Deep Learning ของแบบจำลองที่ค่าความละเอียดจุดภาพ 0.44 m. มีประสิทธิภาพในการตรวจจับใบเหลืองของทุเรียนได้ 85.71% ที่ค่าความละเอียดจุดภาพ 0.88 m. มีประสิทธิภาพในการตรวจจับใบเหลืองของทุเรียนได้ 64.28% และที่ค่าความละเอียดจุดภาพ 1.31 m. มีประสิทธิภาพในการตรวจจับใบเหลืองของทุเรียนได้ 57.14% สรุปได้ว่า การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองโดยค่าความละเอียดจุดภาพไม่เกิน 1.31 m. ยังสามารถตรวจจับต้นทุเรียนที่มีลักษณะใบสีเหลืองได้แต่ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อเพิ่มค่าความละเอียดจุดภาพ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าโปรแกรม Cira core สามารถใช้กระบวนการ Deep Learning ในการตรวจจับต้นทุเรียนที่มีลักษณะใบสีเหลืองในแปลงได้ และสามารถประยุกต์ใช้ในด้านงานเกษตรได้อีกมากมาย แต่การวิเคราะห์ด้วยกระบวนการ deep learning ต้องอาศัยผู้ที่พอมีความรู้ทางด้านโปรแกรม Cira core ซึ่งมีการทำวีดีโอสอนไว้ในเว็บไซต์อยู่หลายเว็บไซต์ จึงไม่ยากมากสำหรับการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศ เกษตรกรสามารถเรียนรู้ และใช้งานโปรแกรมได้

การจำแนกโรคที่เกิดจากใบเหลืองในต้นทุเรียนในลักษณะรายแปลงได้ด้วยวิธีการ Deep Learning โดยการจำลองแผ่นที่จากภาพถ่ายทางอากาศด้วยกล้องบันทึกข้อมูลการสำรวจทางไกลโดยอากาศยานไร้คนขับสามารถระบุและวิเคราะห์ตำแหน่งของต้นทุเรียนที่มีใบเหลืองได้ ซึ่งค่าความละเอียดจุดภาพมีค่าต่ำสุดซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพ และทำให้ได้ค่าความถูกต้องสูงขึ้น กล่าวคือความละเอียดจุดภาพแปรผกผันกับประสิทธิภาพ และค่าความถูกต้อง อีกทั้งการสำรวจด้วยวิธีดังกล่าวใช้เวลาในการปฏิบัติภารกิจการสำรวจน้อยกว่าการสำรวจโดยใช้แรงงานคนอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผลการวิจัย

การสำรวจแปลงพืชทางการเกษตร เมื่อเทียบกับการสำรวจด้วยการลงพื้นที่เดินตรวจสอบ และเก็บข้อมูลนั้น การใช้อากาศยานไร้คนขับสามารถทำงานได้รวดเร็วกว่าเมื่อต้องใช้เวลาเท่ากัน และขั้นตอนการบินสำรวจนั้นง่าย และใช้ผู้ตรวจสอบน้อยกว่าการลงพื้นที่ ซึ่งมีเพียงแค่ผู้บังคับ และผู้ช่วย 1 คนก็สามารถบินสำรวจเก็บข้อมูลได้ ซึ่งทำให้มีความสะดวกสบายในการสำรวจ จะช่วยลดระยะเวลาการทำงาน สำรวจพื้นที่ได้มากขึ้น และเป็นวิธีการที่ทันสมัย ซึ่งในปัจจุบันนั้นการใช้อากาศยานไร้คนขับมีประสิทธิภาพมากขึ้นเนื่องจากมีการพัฒนาแอปพลิเคชันให้โดรนสามารถใช้งานได้ง่าย และสามารถติดเซ็นเซอร์อื่นเพิ่มเข้าไปเพื่อเพิ่มศักยภาพในการเก็บข้อมูล

การประมวลข้อมูล ระบุและวิเคราะห์ตำแหน่งของต้นทุเรียนที่มีใบเหลืองด้วยวิธีการ Deep Learning สามารถเกิดความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากคุณภาพของข้อมูลที่คลาดเคลื่อนด้วยปัจจัยทางธรรมชาติ เช่นความเข้มของแสงแด ด ส่งผลต่อการดูดซับและสะท้อนแสงของใบทุเรียน สภาพอากาศ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของอุปกรณ์ เช่น คุณสมบัติของหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์ คุณสมบัติความคมชัดของกล้องบันทึกข้อมูล หากสามารถบันทึกข้อมูลที่มีคุณภาพสูงขึ้น ยิ่งเพิ่มความถูกต้อง แม่นยำ ในการการประมวลข้อมูล ระบุและวิเคราะห์ตำแหน่งของต้นทุเรียนที่มีใบเหลืองด้วยวิธีการ Deep Learning

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Bendig, J., A. Bolten, S. Bennertz, J. Broscheit, S. Eichfuss and G. Bareth. 2014. Estimating biomass of barley using crop surface models (CSMs) deived from UAV-based RGB imaging. **Remote Sensing** 6: 10395-10412.

Charoenchit, K., K. Rimpeng, S. Sa-Nguanpuag and P. Boonkhaw. 2018. **The development of geoinformation for monitoring of organic rice paddy fields based on ecosystem services using earth satellite observation and small Unmanned Aerial System**. 96 p. *In* Research Report. Chonburi: Burapha University. [in Thai]

Nebikera, S., A. Annen, M. Scherrer and D. Oesch. 2008. A Light-weight multispectral sensor for micro UAV - opportunities for very high resolution airborn remote Sensing. pp. 1193-1200. *In* **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Hannover: ISPRS Archives.

Office of the National Economic and Social Development Council. 2016. **National Economic and Social Development Plan,** 12. 215 p. [in Thai]

Phodee P. and K. Charoenchit. 2017. **Evaluation of ecosystem services on durian plantation in Chantaburi province using optical satellite data and aerial images from sUAV**. 92 p. *In* Research Report. Chonburi: Burapha University. [in Thai]

หุ่นยนต์อารักขาพืชด้วยวิธีพ่นยาควบคุมระยะไกลผ่านกล้องเสมือนจริง

Plant Protection Robot with Remote Control Spraying Method via Virtual Reality (VR)

อุกฤษฎ์ ชำมริ[*] เสน่ห์ รักเกื้อ พุฒิพงษ์ ชูช่วย รณชัย ไชยรักษา เอกรินทร์ สุขช่วง และอาทิตย์ สวัสดิรักษา

Ugrit Chammari[*], Sanae Rukkur, Puttipong Chuchuai, Ronnachai Chairaksa

Aegkarin Sukchuang and Arthit Sawatdiraksa

สาขาเกษตรประยุกต์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

Department of Applied Agriculture, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya

Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

*Corresponding author: ugrit.c@rmutsv.ac.th

Abstract

Currently, farmers are aware of the impact on the protection of plants by spraying on agricultural plots, which affect health and a reduction in the number of people working on this constantly. This research focuses on development of a crop protection robot using a remote-controlled spraying method using a first person view (FPV). The robot design width 105 cm length 110 cm and height 25 cm. Powered by an electric motor with a voltage of 24 volts and a power of 350 watts and installation of spray spraying adjustable both horizontally and vertically. The spray nozzle can adjust the size of the mist. It is also equipped with a 5.5 horsepower engine to generate DC electricity into the energy storage system for use with the control system and to drive the robot. The system controls the robot using commands from the remote with 2.4 GHz radio remote control and FPV. The results indicated the robot can be controlled at a distance of up to 300 meters in the open air and performance decreased by 2.5% when tested on a building wall the average speed is 0.95 meters per second and work average is 0.993 rai per hour.

Keywords: robot, spraying machine, romote sensing ,virtual reality, plant protection

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรตระหนักถึงผลกระทบเกี่ยวกับการอารักขาพืชโดยการพ่นยาในแปลงเกษตร ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพร่างกาย และมีการลดจำนวนของผู้ที่ปฏิบัติงานด้านนี้ลงอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาหุ่นยนต์อารักขาพืชด้วยวิธีพ่นยาควบคุมระยะไกลโดยการมองภาพจากแว่น First Person View (FPV) โดยออกแบบหุ่นยนต์มีขนาดความกว้าง 105 เซนติเมตร ยาว 110 เซนติเมตร และสูง 25 เซนติเมตร ใช้มอเตอร์มีค่าแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ และกำลังไฟฟ้า 350 วัตต์ เป็นต้นขับเคลื่อนกำลังสำหรับหุ่นยนต์ และติดตั้งชุดฉีดพ่นยาแบบปรับระดับการฉีดพ่นได้ทั้ง แนวนอนและแนวตั้ง และหัวพ่นสามารถปรับขนาดของละอองฝอยได้ อีกทั้งยังติดตั้งเครื่องยนต์ขนาด 5.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเข้ามายังระบบกักเก็บพลังงาน สำหรับนำไปใช้กับระบบควบคุม และระบบการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ ระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ใช้การสั่งงานจากระยะไกล ด้วยรีโมทวิทยุบังคับแบบ 2.4 GHz ดูภาพหุ่นยนต์และบริเวณที่หุ่นยนต์กำลังเคลื่อนที่ด้วยระบบ FPV ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าหุ่นยนต์สามารถควบคุมได้ระยะทางไม่เกิน 300 เมตร ในที่โล่ง และเมื่อทดสอบภายในอาคารที่มีผนังกั้นมีประสิทธิภาพการทำงานที่ 97.5% เปรียบเทียบกับระยะทาง 300 เมตร และความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 เมตรต่อวินาที และสามารถทำงานได้จริงเฉลี่ยเท่ากับ 0.993 ไร่ต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: หุ่นยนต์ เครื่องฉีดพ่นยา ควบคุมระยะไกล เสมือนจริง อารักขาพืช

คำนำ

ปัจจุบันเกษตรกรให้ความสำคัญเรื่องอันตรายจากสารเคมีสำหรับใช้พ่นยา พ่นปุ๋ย ซึ่งอันตรายจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช สารพิษสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางปาก ผิวหนัง และทางจมูก (Environment Rescarch and Training Center, 2014) แต่ก็เป็นสิ่งจำเป็นอีกอย่างที่ต้องใช้ในทำการเกษตรเพื่อผลผลิตที่ดีนั้น จึงมีการใช้เครื่องฉีดพ่นแบบสะพายหลังที่เกษตรกรต้องใช้งานเป็นระยะเวลานาน ๆ นั้นส่งผลให้เกิดอาการปวดหลังเหนื่อยล้าจากการแบกถังต่อผู้ปฏิบัติงาน จึงต้องจ้างแรงงานเพิ่มเพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้แล้วเสร็จ (Puaphonthep *et al.*,2019) เพื่อให้เกษตรกรปลอดภัย และลดอัตราการ เกิดการสะสมของสารเคมีเพื่อความสะดวกสบายของเกษตรกร และลดปัญหาการ จ้างแรงงาน จึงมีการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์พ่นยาบังคับวิทยุขับเคลื่อนสี่ล้อเพื่อทดแทนแรงงานคน ซึ่งเครื่องพ่นยาบังคับวิทยุที่นำมาฉีดพ่นในพืชไร่ สวนผัก และสวนผลไม้ของพื้นที่นั้นๆ เนื่องจากภูมิประเทศของไทยอยู่ในระนาบเดียวกับเส้นศูนย์สูตรเรียกว่าเขตร้อนชื้น ซึ่งเหมาะแก่การเจริญเติบโตของแมลงศัตรูพืชที่มีผลต่อการเกษตร (Meteorological Department, 2020) เกษตรกรจึงมีการกำจัดแมลงศัตรูพืชโดยใช้เครื่องยนต์เช่น เครื่องพ่นยาแบบสะพายหรือแบบเครื่องยนต์ เป็นต้น แรงของคนในการโยกหรือใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงเพื่อไปขับลมในถังให้ดันน้ำยาออกมาทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณมากในแต่ละครั้งในการพ่นยา และมีน้ำหนักมากต่อการสะพายในการพ่นยาแต่ละครั้ง ส่งผลให้เกษตรกรเกิดความเหนื่อยล้า งานวิจัยเรื่องนี้ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและปัญหาของการใช้ถังฉีดยาแบบสะพายหลังในการฉีดพ่นหรือเครื่องยนต์ฉีดพ่นสารเคมีในปัจจุบัน เนื่องจากราคาเชื้อเพลิงเบนซินมีราคาสูงและมี

การระเหยตามอากาศหากใช้ไม่หมดในครั้งเดียวหรือเก็บในภาชนะที่ปิดไม่สนิท จึงได้ศึกษาออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์พ่นยาบังคับวิทยุขับเคลื่อนสี่ล้อ เพื่อทดสอบการใช้งานสำหรับการฉีดพ่นยาในแปลงเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ออกแบบหุ่นยนต์

แนวคิดการออกแบบ คือหุ่นยนต์ช่วยแบ่งเบาภาระการทำงานของเกษตรกร ช่วยให้เกษตรกรปลอดภัยต่อสารเคมีเพิ่มมากขึ้น โดยกำหนดความสามารถของหุ่นยนต์ให้สามารถควบคุมในระยะไกลได้ไม่เกิน 200 เมตร หุ่นยนต์สามารถบรรทุกน้ำได้ไม่เกิน 40 ลิตรต่อครั้ง การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์พ่นยาควบคุมระยะไกลมีกรอบแนวความคิดในการออกแบบดังFigure 1

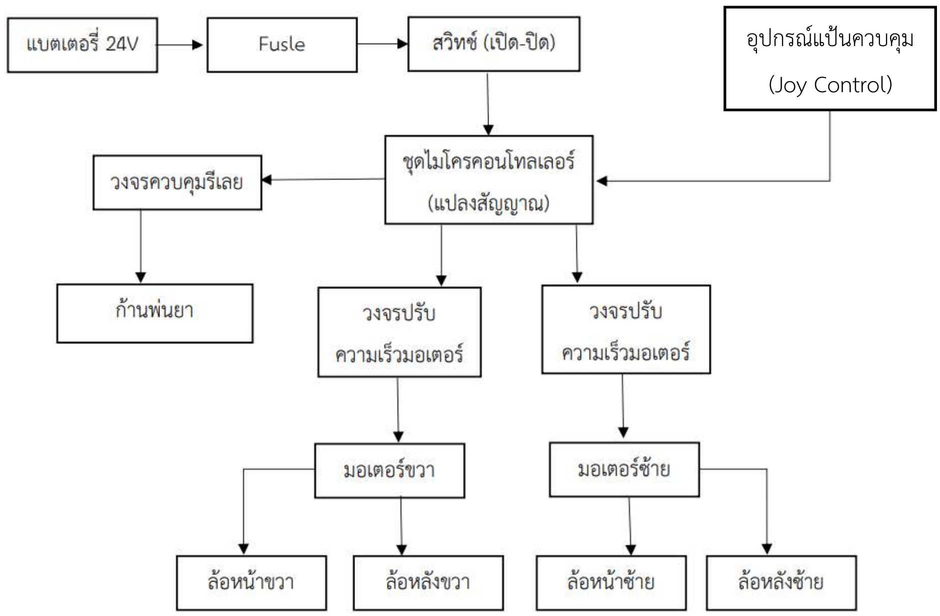


Figure 1 Conceptual framework for designing radio controlled sprayer

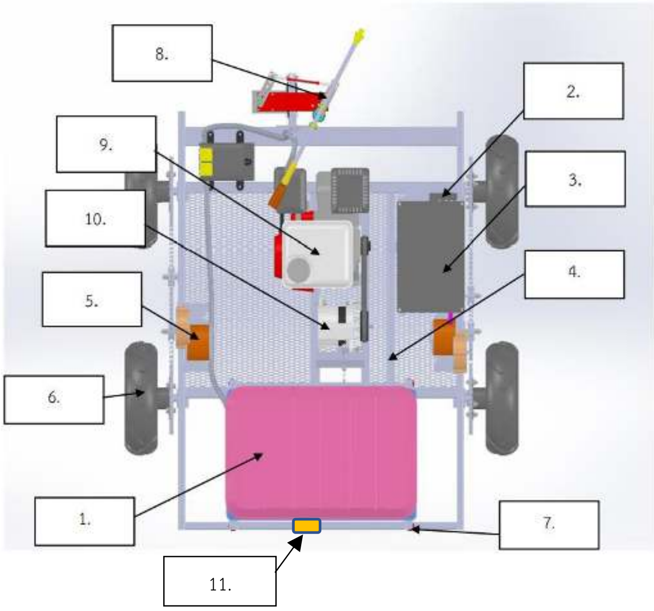


Figure 2 3D model of a remote-controlled sprayer.

จากFigure 2 มีรูปแบบจำลองการออกแบบ 3 มิติ โดยมีการออกแบบส่วนประกอบ คือ 1) ถังพ่นยา 2) แบตเตอรี่ 12V 3) กล่องควบคุม 4) โครงรถ 5) มอเตอร์ขนาด 12V 250 w 6) ล้อรถ 7) สปริง 4 อัน 8) แกนที่ฉีดพ่นยา 9) เครื่องยนต์เบนซินขนาด 4.5 แรงม้า 10) ไดร์ชาร์จรถยนต์ 11) กล้อง FPV Camera

2. การสร้างหุ่นยนต์

สร้างหุ่นยนต์จากแบบจำลองซึ่งตัวรถประกอบด้วย ถังพ่นยา ใช้บรรจุน้ำยา หรือสารเคมี จำนวน 40 ลิตร โดยจะลดความจุน้ำหรือเพิ่มก็ได้แต่ไม่เกิน 40 ลิตร แบตเตอรี่ 12V จำนวน 2 ลูก ส่งจ่ายไฟเลี้ยงส่วนต่างๆในตัวรถ กล่องควบคุมภายในประกอบไปด้วยอุปกรณ์สำหรับควบคุมระบบต่างๆ มอเตอร์ขนาด 12V 250 w ใช้ขับเคลื่อนการทำงานของล้อเดินหน้า – ถอยหลัง ล้อรถ หน้า-หลัง ขนาด 11.5 นิ้ว แบบไม่เติมลม ลักษณะของล้อสามารถวิ่งทางตรง ทางเรียบ ผิวขรุขระและยังสามารถวิ่งในผิวต่างระดับได้ สปริง 4 อัน ใช้สำหรับรองรับน้ำหนักถังน้ำเวลาขับเคลื่อนบนพื้นผิวที่เรียบและขรุขระ เพื่อรองรับการสั่นสะเทือนของถังน้ำที่บรรจุน้ำยา หรือสารเคมี แกนฉีดพ่นยาเป็นแท่นยาว ติดตั้งหัวฉีดพ่น 1 หัว สามารถปรับระดับความสูงต่ำของหัวฉีดพ่น และปรับทิศทางฉีดได้เป็นมุม 180 องศา เพื่อให้เหมาะสมกับพืชในแต่ละชนิด ใช้ปั้มน้ำแรงดันสูง 12V ในการพ่นน้ำยา หรือสารเคมี ให้เป็นหมอก มีเครื่องยนต์เบนซินขนาด 4.5 แรงม้า สำหรับเป็นต้นกำลังในการปั่นไฟไดร์ชาร์จขนาด 24 V ผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้แบตเตอรี่ในการเก็บกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้สำหรับใช้ในระบบควบคุม น้ำหนักของหุ่นยนต์เมื่อไม่บรรจุน้ำมีน้ำหนักสุทธิ 40 กิโลกรัม และเมื่อบรรจุน้ำมีน้ำหนักสุทธิ 80 กิโลกรัม ดังแสดงในFigure 3

Figure 3 Components of the remote control sprayer

ระบบควบคุมของหุ่นยนต์เป็นแบบเคลื่อนไร้สาย ดังFigure 4ประกอบด้วย ชุดควบคุมมอเตอร์ DC 24V 100A รีเลย์ 5 ขา 12V ชุดควบคุมการแปลงไฟ 24V-12V สวิทช์ไฟ NO สวิทช์ไฟไดชาร์จ ชุดควบคุมการแปลงไฟ 24v-4v ชุดรับ-ส่งสัญญาณ ชุดควบคุมทิศตำแหน่งหัวฉีด ชุดควบคุมแขนพ่นยา ชุดควบคุมอัตราการไหลของยา พัดลมระบายความร้อน สายรับสัญญาณ กล่องฟิวส์

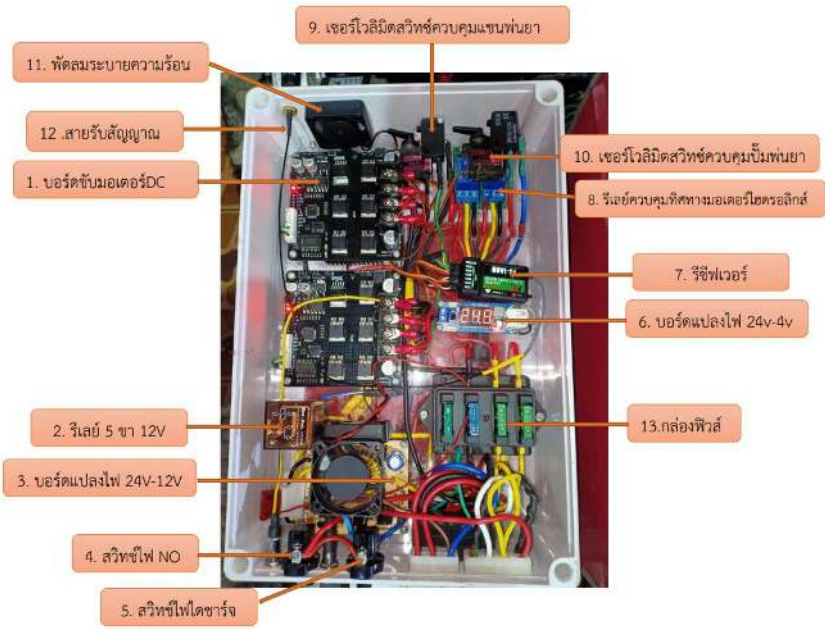


Figure 4 Components of the remote control sprayer vehicle control system

ระบบรับ-ส่งสัญญาณควบคุมหุ่นยนต์แขของหุ่นยนต์จากระยะไกลประกอบด้วย รีโมทควบคุมรุ่น Flysky FS-i6X มีความถี่ 2.4 GHz ประกอบด้วย 10 ช่องสัญญาณในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ให้มีการทำงานในหน้าที่ที่แตกต่างกันเช่น เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ปรับตำแหน่งของหัวพ่นยา กำหนดการพ่นยา ต่างๆ และมีระบบรับ – ส่งสัญญาณภาพจากระยะไกล ประกอบด้วย กล้อง FPV Camera มีหน้าที่ในการส่งภาพจากตำแหน่งของหุ่นยนต์ เปรียบเสมือนตาในการมองเห็น และแว่น VR ใช้สำหรับรับค่าที่ได้มาจากกล้อง FPV Camera เพื่อที่จะแสดงผลของการมองภาพของหุ่นยนต์ที่ตำแหน่งตัวของหุ่นยนต์ไปยังบริเวณด้านหน้าหุ่นยนต์ ดังแสงในFigure 5

Figure 5 VR GALSS and controller

ผลการวิจัย

การทดสอบความเร็วของหุ่นยนต์พ่นยนบนพื้นเรียบที่ระยะทาง 50 100 150 และ 200 โดยทดสอบภายในอาคารดังแสดงผลใน Table 1

Table 1 Speed test results at various distances

	Distances (m)			
	50	**100**	**150**	**200**
Average time (s)	52.16	104.3	156.48	208.64
Average Speed (m/s)	0.95	0.95	0.95	0.95

จาก Table 1 ผลการทดสอบความเร็วสำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์พ่นยาที่ระยะทาง 50, 100, 150 และ 200 เมตร บนพื้นที่เรียบพบว่า หุ่นยนต์พ่นยามีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 เมตรต่อวินาที

การทดสอบการควบคุมสั่งงานระยะไกล สำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์พ่นยาที่ระยะทาง 50, 100, 150, 200 และ 250 เมตร จำนวน 10 ครั้งแบบต่อเนื่อง โดยทดสอบภายในแปลงเกษตรและในอาคาร แสดงผลการทดสอบในTable 2 และ 3 ตามลำดับ

Table 2 Control results at different distances in agricultural plots

	Distances (m)					Average
	50	**100**	**150**	**200**	**250**	
Forward	10	10	10	10	10	10
Backward	10	10	10	10	10	10
Turn Left	10	10	10	10	10	10
Turn Right	10	10	10	10	10	10

จากผลการทดสอบการควบคุมสั่งงานระยะไกล สำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์พ่นยาที่ระยะทาง 50, 100, 150 200 และ 250 เมตร จำนวน 10 ครั้งแบบต่อเนื่อง ในแปลงเกษตร พบว่า การควบคุมสั่งงานสามารถทำงานได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 100% ของระยะควบคุมนั้น หุ่นยนต์พ่นยามีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 0.95 เมตรต่อวินาที

Table 3 Control results at different distances indoors

	Distances (m)					Average
	50	100	150	200	250	
Forward	10	10	10	10	8	9.6
Backward	10	10	10	10	8	9.6
Turn Left	10	10	10	10	9	9.8
Turn Right	10	10	10	10	10	10

จากผลการทดสอบการควบคุมสั่งงานระยะไกล สำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์พ่นยาที่ระยะทาง 50, 100, 150, 200 และ 250 เมตร จำนวน 10 ครั้งแบบต่อเนื่อง ภายในอาคาร มีผนังกั้นและมีสัญญาณไวไฟรบกวน พบว่า การสั่งงานสามารถทำงานได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.75 ครั้ง คิดเป็น 65 เปอร์เซ็นต์ และ 97.5 เปอร์เซ็นต์ของระยะควบคุมนั้น หุ่นยนต์พ่นยามีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 0.95 เมตรต่อวินาที อย่างไรก็ตามในการทดสอบการควบคุมสั่งงานระยะไกลที่ระยะทางตั้งแต่ 300 เมตรเป็นต้นไป ไม่สามารถควบคุมสั่งงานได้เนื่องจากไม่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สายได้

การทดสอบความสามารถในการทำงานของหุ่นยนต์พ่นยาควบคุมระยะไกลที่ระยะทาง 40 เมตร แสดงผลการทดสอบเวลาที่ทำงานและเวลาสูญเสียดัง Table 4

Table 4 Ability to work at a distance of 40 meters

No.	Time (s)	Lost Time (s)	Spaying widths (m)			Average
			First	Second	Third	
1	43.00	7.20	4.50	4.50	4.35	4.45
2	43.10	7.50	4.25	4.40	3.85	4.16
3	43.35	-	4.55	4.55	4.00	4.36
Total	**129.45**	**14.70**	**-**	**-**	**-**	**12.97**
Average	**43.15**	**7.35**	**-**	**-**	**-**	**4.32**

จาก Table 4 แสดงผลการทดสอบความสามารถในการทำงานจริง ที่ระยะทาง 40 เมตร พบว่าใช้เวลาทำงานทั้ง 3 ครั้ง เท่ากับ 129.45 วินาที และมีเวลาสูญเสีย 14.7 วินาที รวมเป็นเวลา ทั้งหมดเท่ากับ 144.15 วินาที ซึ่งมีเวลาทำงานเฉลี่ยเที่ยวละ 43.15 วินาที และมีเวลาสูญเสียเฉลี่ยครั้งละ 7.35 วินาที และสามารถพ่นยาได้ความกว้างรวม 12.97 เมตร และสามารถคำนวณค่าเฉลี่ยความสามารถในการทำงานจริงได้เท่ากับ 0.993 ไร่ต่อชั่วโมง

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการพ่นยาแต่ละครั้งควรมีการสำรวจพื้นที่ก่อนลงมือปฏิบัติงานทุกครั้ง ว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ใน พื้นที่ปฏิบัติงานหรือไม่ และตรวจสอบตำแหน่งของพืช ผักที่ต้องการฉีดพ่นหรือวัชพืชที่ต้องการกำจัด ก่อน ออกปฏิบัติงานทุกครั้งควรตรวจสอบสภาพความพร้อมของหุ่นยนต์พ่นยาไม่ว่าจะเป็น ชุดเฟืองโซ่ ชุดฉีดพ่น น้ำมัน และอุปกรณ์ป้องกันของผู้ปฏิบัติงาน หากพื้นทีมีน้ำขังและดินโคลนไม่สามารถทำงานได้เพราะดิน เปียกและลื่น ทำให้ไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากรถขับเคลื่อน 4 ล้อ ทำให้ดินมาฝังในดอกยาง ควร เปลี่ยนเป็นขับเคลื่อนตีนตะขาบ และขณะฝนหรือมีลมพัดแรงไม่สามารถทำการฉีดพ่นได้เพราะการฉีดพ่น จะไม่มีผลหรือประสิทธิภาพเพียงพอ และจากผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์จะเห็นได้ว่าหุ่นยนต์สามารถที่จะขับเคลื่อนไปยังพื้นที่ต่างๆได้อย่างดี ระยะการควบคุมกการทำงานได้ระยะไกลเพียงพอที่จะทำให้คนปลอดภัยจากตัวสารเคมีที่ใช้พ่นให้กับพืช และสามารถนำไปประยุกต์ต่อในการพัฒนาต้นแบบไปยังระบบการทำงานอัตโนมัติต่อไปในอนาคตได้

สรุปผลการวิจัย

หุ่นยนต์พ่นยาควบคุมระยะไกล ที่คณะผู้จัดทำได้สร้างขึ้นมีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 105 x 110 x 25 เซนติเมตร มีโครงสร้างเป็นเหล็กกล่องขนาด 1x 2 นิ้ว ใช้มอเตอร์ 24 โวลต์ 350 วัตต์เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน พัฒนาชุดบังคับเลี้ยว ชุดพ่นยา และระบบปั่นไฟ ได้นำ เครื่องยนต์ 5.5 HP เป็นต้นกำลังไปยังไดชาร์จ เพื่อปั่นไฟเข้าแบตเตอรี่และนำไฟฟ้าไปยังระบบควบคุม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สร้างหุ่นยนต์พ่นยาควบคุมระยะไกล หุ่นยนต์พ่นยาควบคุมระยะไกล ที่สร้างขึ้นนี้สามารถที่จะฉีดพ่นยา ในแปลงเกษตรนั้น สภาพแวดล้อมบริเวณที่โล่งแจ้ง หรือบริเวณที่คับแคบได้โดยที่เกษตรกรทำการควบคุมหุ่นยนต์พ่นยา ควบคุมระยะไกล ซึ่งจากการทดสอบพบว่า บริเวณพื้นในสวน การสั่งงานสามารถทำงานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ได้เท่ากับ 100% ของระยะการควบคุม และภายในอาคาร บริเวณอาคารมีผนังและสัญญาณไวไฟรบกวน พบว่า การสั่งงานสามารถทำงานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 97.5% ของระยะควบคุมนั้นที่มีระยะทางไม่ เกิน 300 เมตร ทั้งในอาคารและนอกอาคารทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของสัญญาณ สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 เมตรต่อวินาทีและสมรรถนะความสามารถในการทำงานจริงของรถฉีดพ่น สารเคมีควบคุมระยะไกลสามารถทำงานได้จริงเฉลี่ยเท่ากับ 0.993 ไร่/ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Environmental Research and Training Center. 2014. **A study on the development of guidelines for reducing the use of chemicals in agriculture through participatory research: A case study of Mae Taeng District, Chiang Mai Province.** 208p. Department of Environmental Quality Promotion Ministry of Natural Resources and 208p. Environment. Pathum Thani:. [in Thai]

Puaphonthep S., A. Kongthaweelert, D. Suchirarat and P. Phuanantanon. 2019 Musculoskeletal disorders in knapsack pesticide spraying contractors for those with no more than 10 years of work experience. **Journal of Health Education**. 42(1): 106. [in Thai]

Meteorological Department. 2020. Meteorological Knowledge. [Online]. Available https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=88 (july 2019). [in Thai]

การพัฒนาระบบโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กด้วยแสงเทียมสำหรับการปลูกพืชในเขตเมือง
Developing Micro-plant Factory with Artificial Light (m-PFAL) for Urban Agriculture

สิริวัฒน์ สาครวาสี* และพุทธคุณ พจนาภรณ์

Siriwat Sakhonwasee* and Puttakun Podjanapon

สาขาสหวิทยาการเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Agricultural Interdisciplinary, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: tongscpl@yahoo.com

Abstract

To create agricultural innovation for supporting urban food security, this research aims to develop Micro-Plant Factory with Artificial Light (m-PFAL) for Urban Agriculture. The system has a controlled environment that is suitable for plant growth. The principle is to control the factors necessary for plant growth which are light, carbon dioxide, nutrients, water, temperature and relative humidity in the air. After studying and developing various forms of m-PFAL system, the efficacy of the m-PFAL system on the growth of cos lettuce was evaluated. The experimental design was Completely Randomized Desigh with three treatments including treatment: 1) cos lettuce leaves grown under m-PFAL Type A , treatment; 2) cos lettuce leaves grown under m-PFAL Type B and treatment and 3) cos lettuce leaves grown under PFAL. Eachtreatment had three replications. The results revealed that cos lettuce grown in m-PFAL type (A) had the highest shoot fresh weight of 26.64 g, followed by those grown in PFAL and the m-PFAL type (B) which had shoot fresh weight of 24.34 and 16.43 g, respectively.

Keywords: micro-plant factory with artificial light, urban agriculture, cos lettuce

บทคัดย่อ

เพื่อสร้างนวัตกรรมทางการเกษตรสำหรับความมั่นคงทางอาหารสำหรับผู้คนที่อาศัยในเขตเมือง การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กด้วยแสงเทียม (Micro-Plant Factory with Artificial Light หรือ m-PFAL) สำหรับการปลูกพืชในเขตเมือง ระบบมีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยอาศัยหลักในการควบคุมปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ แสงสว่าง ธาตุอาหาร น้ำ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ หลังจากการศึกษาและพัฒนาระบบ m-PFAL ในรูปแบบต่างๆ ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ m-PFAL ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์คอส โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งการทดลองเป็น 3 ตำรับทดลอง ตำรับละ 3 ซ้ำ ดังนี้ ตำรับทดลองที่ 1) ปลูกผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type A ตำรับทดลองที่ 2) ปลูกผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type B และตำรับทดลองที่ 3) ปลูกผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ PFAL (ควบคุม) ผลการทดลองพบว่าผักกาดหอมพันธุ์คอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type A มีน้ำหนักสดส่วนต้นมากที่สุดเท่ากับ 26.64 กรัม รองลงมาคือ ผักกาดหอมพันธุ์คอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL น้ำหนักสดส่วนต้นเท่ากับ 24.34 กรัม และ m-PFAL Type B มีน้ำหนักสดส่วนต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 16.43 กรัม

คำสำคัญ: ระบบโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กด้วยแสงเทียม การปลูกพืชในเขตเมือง ผักกาดหอมพันธุ์คอส

คำนำ

ทุกวันนี้มีประชากรประมาณ 3.6 พันล้านคนทั่วโลกอาศัยอยู่ในเขตเมือง โดยภายในปี 2030 ประชากรในพื้นที่การเกษตรคาดว่าจะลดลงถึง 3 พันล้านคนเนื่องจากเกษตรกรมีอายุสูงขึ้น ในขณะที่ประชากรในเขตเมืองจะเพิ่มสูงขึ้นเกิน 5 พันล้านคน ดังนั้นรูปแบบห่วงโซ่อุปทานสินค้าอาหารและผลผลิตทางการเกษตรแบบดั้งเดิมที่มีการผลิตในแถบชนบทแล้วจึงขนส่งเข้ามาหาผู้บริโภคในเขตเมืองจะเกิดการเปลี่ยนแปลง (Despommier, 2010) การปลูกพืชในเขตเมือง (Urban agriculture) คือ การเพาะปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งการแปรรูป และการกระจายผลผลิต เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์และสมุนไพร ภายในบริเวณเขตเมืองและชานเมือง โดยเน้นหลักสำคัญคือการตอบสนองความต้องการทางด้านอาหารของผู้คนที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองเป็นหลัก (Mougeot, 2000) เนื่องด้วยประชากรที่หนาแน่นในเขตเมืองทำให้มีโอกาสน้อยที่จะปลูกพืชแบบกลางแจ้ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชอาหารในท้องถิ่นและทำให้ผู้คนได้บริโภคพืชผักอาหารที่สดและสะอาดในเขตเมือง จึงเกิดการทำเกษตรรูปแบบใหม่ที่มีลักษณะเป็นการทำเกษตรในร่ม (Indoor agricultural) โดยสามารถทำฟาร์มปลูกพืชในพื้นที่ที่จำกัดได้ ตัวอย่างเช่น การปลูกพืชในอาคารที่พักอาศัย และปลูกพืชในสำนักงาน (Sunakorn and Davivongs, 2009) ผู้คนที่อาศัยในเขตเมืองมีพื้นที่จำกัดดังนั้นจึงมีการสร้างนวัตกรรมช่วยปลูกพืชในอาคารเกิดขึ้น ระบบโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กด้วยแสงเทียม (Micro-Plant Factory with Artificial Light หรือ m-PFAL) คือระบบการปลูกพืชในโครงสร้างขนาดเล็กโดยใช้แสงเทียมและมีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยอาศัยหลักในการควบคุมปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ ธาตุอาหารพืช แสงสว่าง น้ำ

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดย m-PFAL ถูกพัฒนาต่อยอดมาจากโรงงานผลิตพืช (Plant Factory with Artificial Light หรือ PFAL) ที่มีขนาดไม่ต่ำกว่า 16 ตารางเมตร เพื่อนำมาใช้ในระดับครัวเรือน โดยปกติแล้ว m-PFAL จะมีขนาดเล็กลงมา ระบบจะมีปริมาตรอยู่ที่ 0.03-2 ลูกบาศก์เมตร คุณลักษณะสำคัญของ m-PFAL คือสามารถผลิตพืชผักอาหารที่สดสะอาดและปลอดภัย เพราะไม่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ปลูกพืชแบบไร้ดิน ใช้แสงเทียมจาก LED ให้พืช เน้นการออกแบบที่เพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับบริเวณที่ตั้ง ต้องใช้งาน และดูแลรักษาง่าย ปัจจัยสภาพแวดล้อมถูกควบคุมแบบอัตโนมัติหรือถูกควบคุมโดยมนุษย์บางส่วน (Takagaki *et al*., 2016) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กด้วยแสงเทียมสำหรับการปลูกพืชในเขตเมือง (Micro-Plant Factory with Artificial Light หรือ m-PFAL) เพื่อสร้างนวัตกรรมทางการเกษตรสำหรับความมั่นคงทางอาหารสำหรับผู้คนที่อาศัยในเขตเมือง

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบระบบ m-PFAL

m-PFAL ประกอบไปด้วยระบบติดตามและควบคุมสภาพแวดล้อมโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (ไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi) 1 ตัว มีโปรแกรมสำหรับรับข้อมูลสภาพแวดล้อมจากเซ็นเซอร์ อุณหภูมิ ความชื้น แล้วนำค่ามาควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ปรับสภาพแวดล้อม ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำความชื้น และหลอดไฟ LED และมีการบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมในฐานข้อมูลภายในหน่วยความจำของระบบ

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้มีการออกแบบ m-PFAL เป็น 2 ประเภท คือประเภท A และ B m-PFAL ทั้ง 2 ประเภทติดตั้ง LED ยี่ห้อ EVE รุ่น Ceiling Kit อุณหภูมิแสง 6000K : 3000K (1:1) ขนาด 18W เหมือนกัน ที่แตกต่างกันคือ m-PFAL Type A จะมีการแลกเปลี่ยนอากาศภายนอก ไม่มีเครื่องปรับอากาศ ส่วน m-PFAL Type B เป็นระบบปิด ไม่มีการแลกเปลี่ยนอากาศภายนอก ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ดังแสดงใน Table 1

Table 1 types of m-PFAL prototype to be developed

Type of m-PFAL	LED light	External air exchange	Air conditioner
A	Yes	Yes	-
B	Yes	-	Yes

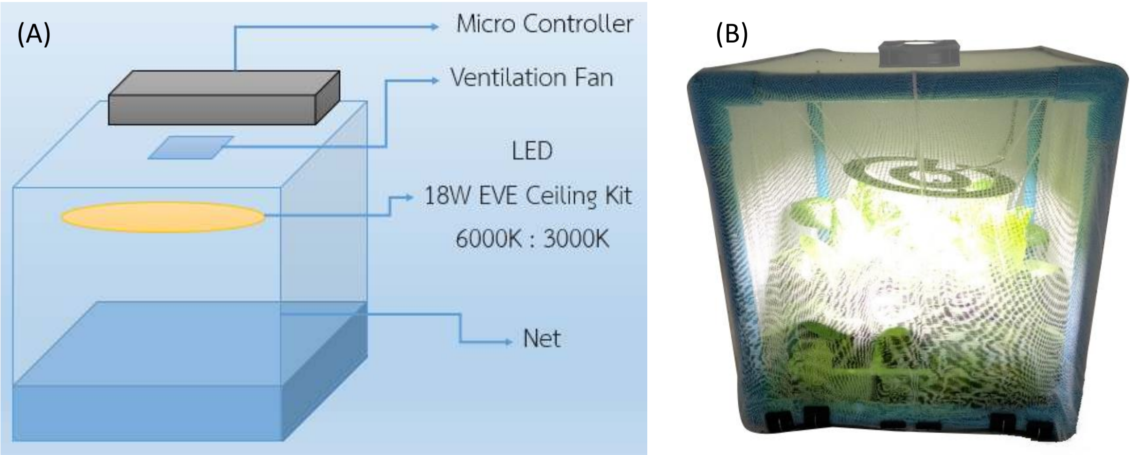


Figure 1 m-PFAL Type A design (A) and prototype (B)

แต่เพื่อการป้องกันแมลงศัตรูพืชและการแลกเปลี่ยนอากาศที่ดีของ m-PFAL Type A จึงมีการใช้ตาข่ายคลุมและมีพัดลมขนาดเล็กสำหรับดูดอากาศออกเพื่อระบบความร้อนจาก LED ติดตั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับควบคุมการปิดเปิด LED และพัดลมดูดอากาศ ดังแสดงใน Figure 1

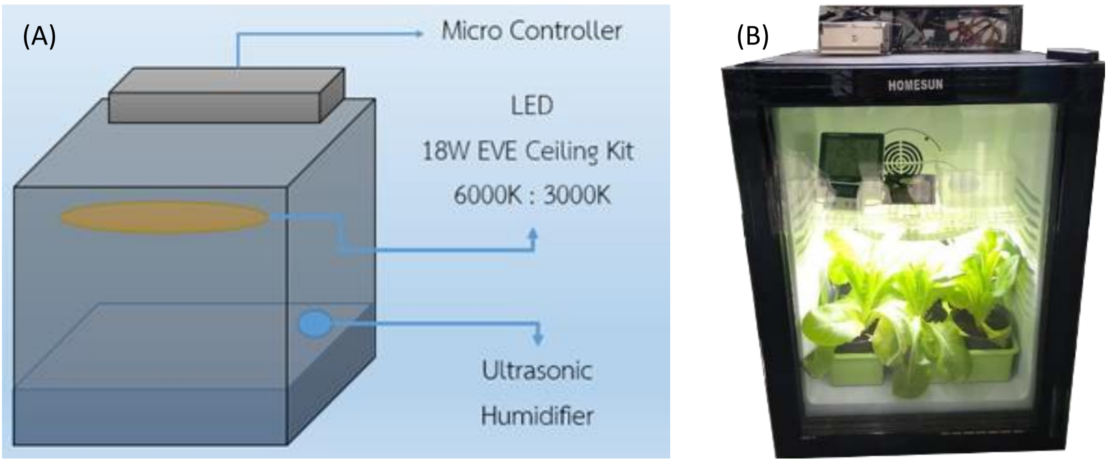


Figure 2 m-PFAL Type B design (A) and prototype (B)

เพื่อการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของ m-PFAL Type B จึงใช้ตู้เย็นขนาดเล็ก (MiniBar) ยี่ห้อ HomeSun รุ่น BCG-40CB ดัดแปลงเป็นโครงหลักและติดตั้งอุปกรณ์ Ultrasonic Humidifier สำหรับเพิ่มความชื้นและติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมอุปกรณ์ภายใน ดังแสดงใน Figure 2

การศึกษาผลของเจริญเติบโตผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type A, m-PFAL Type B และ PFAL

การศึกษาผลของเจริญเติบโตผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type A, m-PFAL Type B และ PFAL วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) แบ่งการทดลองเป็น 3 ตำรับทดลอง ตำรับละ 3 ซ้ำ

ตำรับทดลองที่ 1 ปลูกผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type A

ตำรับทดลองที่ 2 ปลูกผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type B

ตำรับทดลองที่ 3 ปลูกผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ PFAL (ควบคุม)

ในแต่ละตำรับทดลองใช้แสงเทียมจากหลอด LED แบบเดียวกันคือ LED ยี่ห้อ EVE รุ่น Ceiling Kit อุณหภูมิแสง 6000K : 3000K (1:1) ขนาด 18W ที่ความเข้มแสง 150 PPFD ปลูกตำรับละ 6 ต้น โดยหยอดเมล็ดผักกาดหอมคอสลงวัสดุปลูก ได้แก่ พีทมอส ขุยมะพร้าว ทราย ในอัตราส่วน 1:1:1 ในกระถางขนาน 4 นิ้ว ปลูกภายใต้ระบบปลูกของแต่ละตำรับ โดย m-PFAL ตั้งค่าสภาพแวดล้อมตาม Table 2 และ PFAL ตั้งค่าสภาพแวดล้อมตาม m-PFAL Type B แต่ละตำรับให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Modified Hoagland ที่มีค่าการนำไฟฟ้า 2 mS cm^{-1} ค่า pH 5.8-6.0 ในปริมาณเท่ากัน โดยมีการเก็บข้อมูลจำนวนใบ ความกว้างต้น ความสูงต้น เก็บข้อมูลน้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดราก ของผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 28 วัน

Table 2 Environment setting of *m-PFAL and PFAL*

Treatment	Lighting period	Temperature	Ventilation fan
m-PFAL Type A	16 hour (05:00-21:00)	-	24 hour
m-PFAL Type B	16 hour (05:00-21:00)	25±1 °C	-
PFAL	16 hour (05:00-21:00)	25±2 °C	-

ทำการพัฒนาระบบ m-PFAL และวัสดุปลูกชีวภาพ และทดลองผลการเจริญเติบโตของผักกาดหอมคอสที่ปลูกในวัสดุปลูกชีวภาพภายใต้ระบบ m-PFAL และ PFAL ณ ห้องปฏิบัติการ Plant Factory สาขาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองเปรียบเทียบแต่ละระบบได้แก่ m-PFAL Type A, m-PFAL Type B และ PFAL ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance: ANOVA) และวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบหาความแตกต่างโดยวิธี Turkey’s Honestly Significant Different (HSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการเจริญเติบโตผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type A, m-PFAL Type B และ PFAL พบว่ารูปแบบของระบบปลูกพืชแต่ละประเภทมีผลทำให้จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม และความสูงต้นของผักกาดหอมคอสที่มีอายุ 28 วันหลังจากเริ่มปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผักกาดหามคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ PFAL ที่อายุ 28 วันมีจำนวนใบมากที่สุด เท่ากับ 15.33 ใบ รองลงมาคือผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type B มีจำนวนใบเท่ากับ 13.83 ใบ ซึ่งใกล้เคียงกับผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type A ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type A กับ PFAL มีความกว้างใกล้เคียงกัน เท่ากับ 19.50 และ 19.67 ซม. ซึ่มมากกว่าความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type B ที่มีค่าเท่ากับ 15.5 ซม. แต่ความสูงทรงพุ่มของผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type B มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือผักกาดหอมคอสที่ปลูกใน m-PFAL Type A และน้อยที่สุดคือผักกาดหอมคอสที่ปลูกใน PFAL ดังค่าแสดงใน Figure 3

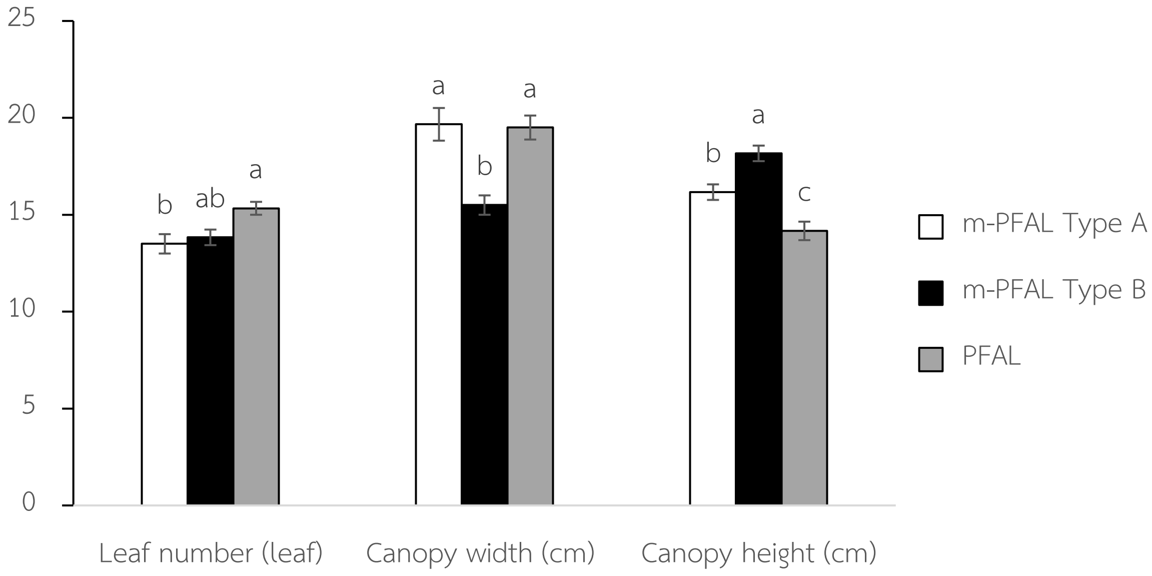


Figure 3 Leaf number Canopy width and height of Cos lettuce leaves grown under m-PFAL Type A, m-PFAL Type B and PFAL (Significant at P<0.05)

จาก Figure 4 แสดงให้เห็นถึงน้ำหนักสดส่วนต้น น้ำหนักสดส่วนราก น้ำหนักแห้งส่วนต้น และน้ำหนักแห้งส่วนรากของผักกาดหอมคอสที่ปลูกในแต่ละระบบมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ P<0.01 โดยผักกาดหอมคอสที่ปลูกใน m-PFAL Type A และ PFAL มีค่าน้ำหนักสดส่วนต้น น้ำหนักสดส่วนราก ใกล้เคียงกันเท่ากับ 26.64 24.34 9.59 และ 9.64 กรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับน้ำหนักแห้งส่วนต้นและน้ำหนักแห้งส่วนรากที่มีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 2.90

3.11 1.48 และ 1.48 กรัม ตามลำดับส่วนผักกาดหอมคอสที่ปลูกใน m-PFAL Type B มีน้ำหนักสดส่วนต้น น้ำหนักสดส่วนราก น้ำหนักแห้งส่วนต้น และน้ำหนักแห้งส่วนรากน้อยที่สุดเท่ากับ 16.43 3.24 1.05 และ 0.34 กรัม ตามลำดับ

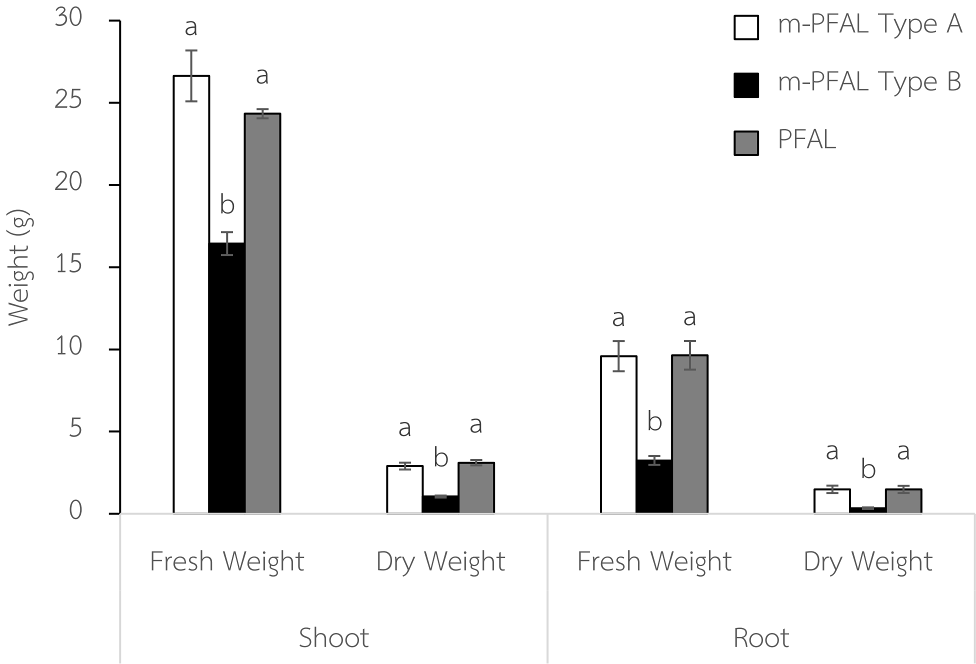


Figure 4 The biomass produced by Cos lettuce leaves grown under m-PFAL Type A, m-PFAL Type B and PFAL (Significant at P<0.01)

จากการการวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ แต่ละระบบ พบว่าสภาพแวดล้อมของ m-PFAL Type A มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 29.2 องศาเซลเซียส รองลงมาคืออุณหภูมิเฉลี่ยของ PFAL เท่ากับ 27.15 องศาเซลเซียส และ m-PFAL Type B มีอุณหภูมิเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 25.44 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมากที่สุดเท่ากับ 94.24 % รองลงมาคือความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของ m-PFAL Type A และ PFAL เท่ากับ 53.14 และ 53.14 % ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศของ m-PFAL Type A มีค่าน้อยกว่า m-PFAL Type B และ PFAL เท่ากับ 452.36 483.48 และ 485.06 ppm ตามลำดับ เมื่อนำค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมาคำนวนเป็นค่าแรงดึงระเหยน้ำ (Air Vapor Pressure Deficit, VPD) ในอากาศพบว่า PFAL มีค่า VPD สูงที่สุดเท่ากับ 2.22 kPa รองลงมาคือ m-PFAL Type A มีค่า VPD เท่ากับ 1.9 kPa และ m-PFAL Type B มีค่า VPD น้อยที่สุดเท่ากับ 0.19 kPa ดังค่าแสดงใน Table 3

Table 3 Leaf number canopy width and height of cos lettuce leaves grown under m-PFAL Type A, m-PFAL Type B and PFAL

Treatment	Temperature (℃)	Relative Humidity (%)	CO_2 (PPM)	VPD (kPa)
m-PFAL Type A	29.20a	53.14b	452.36b	1.90b
m-PFAL Type B	25.44c	94.24a	483.48a	0.19c
PFAL	27.15b	38.37c	485.06a	2.22a
Significan	**	**	**	**

** Means Turkey's honestly significant difference test at P<0.01

วิจารณ์ผลการวิจัย

การคายน้ำของพืชเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่ช่วยให้พืชสามารถได้รับธาตุอาหารจากดินหรือวัสดุปลูก แรงดึงจากการคายน้ำส่งผลให้แร่ธาตุถูกลำเลียงไปยังส่วนต่างๆของบนส่วนลำพืชได้มากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิต ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการคายน้ำของพืชอาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกปัจจัยทางสรีรของพืช เช่น ความหนาแน่นของคิวติเคิล ตำแหน่งของปากใบ เป็นต้น กลุ่มที่สองเป็นปัจจัยสภาพแวดล้อมบริเวณพืช เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ค่าแรงดึงระเหยน้ำในอากาศ ซึ่งสามรถคำนวนได้จากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Na Nakhon, 2013) จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type A และ PFAL ให้ผลผลิตที่สูงใกล้เคียงกันและมากกว่าผักกาดหอมคอสที่ปลูกภายใต้ระบบ m-PFAL Type B ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าสภาพแวดล้อมของระบบ m-PFAL Type A และ PFAL มีค่าแรงดึงระเหยน้ำที่สูงกว่าของระบบ m-PFAL Type B จึงทำให้ผักกาดหอมพันธุ์คอสมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า จากผลการทดลองระบบ m-PFAL Type B มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมากที่สุดและค่าแรงดึงระเหยน้ำต่ำที่สุด (0.19 kPa) เนื่องจากระบบ m-PFAL Type B มีการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ จึงออกแบบให้มีการแลกเปลี่ยนอากาศกับภายนอกน้อยที่สุดทำให้ความชื้นสัมพันธ์สะสมในอากาศมากขึ้น แต่ไม่สอดคล้องการทดลองของ Amitrano *et al*. (2021) ที่รายงานว่าผักกาดหอมคอสที่ปลูกในสภาพแวดล้อมที่มีแรงดึงระเหยน้ำต่ำ (0.69 kPa) ให้ผลผลิตสูงกว่าผักกาดหอมคอสที่ปลูกในสภาพแวดล้อมที่มีแรงดึงระเหยน้ำสูง (1.76 kPa)

สรุปผลการวิจัย

การปลูกผักกาดหอมคอสภายใต้ m-PFAL Type A ให้ผลผลิตสูงที่สุด เหมาะแก่การพัฒนาเป็นระบบปลูกพืชสำหรับผู้คนที่อาศัยในเขตเมือง เพื่อให้สามารถสร้างความมั่นคงทางอาหารได้อย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่าน คณาจารย์ที่ให้ความรู้และแนะนำแนวทางในการวิจัย บุคคลากร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบุคคลทุกท่านที่เกี่ยวข้องและให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้ให้สำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

Amitrano, C.; Y. Rouphael, S. De Pascale and V. De Micco. 2021. Modulating Vapor Pressure Deficit in the Plant Micro-Environment May Enhance the Bioactive Value of Lettuce. **Horticulturae** 2021(1):1-3.

Despommier, D. 2010. **The Vertical Farm: Feeding the World in the 21 Century**. Majora Carter: St. Martin's Press.

Mougeot, L.J.A. 2000. Urban Agriculture: Definition, Presence, Potentials and Risks. 1-42 p. *In* Dubbeling, M. (eds.). **Growing City, Growing Food: Urban Agriculture on the Policy Agenda.** German Foundation for International Development.

Na Nakhon, M. 2013. transpiration. pp. 19-25. In Kaveeta, L.(ed.). (ed.). **Plant Physiology**. Bangkok: Kasetsart University Press. [in Thai]

Sunakorn, P. and V. Davivongs 2009. **Urban Agricultural Manual**. Bangkok: Kasetsart University Press. 95 p. [in Thai]

Takagaki, M., H., Hara and T. Kozai, 2016**. Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient quality Food Production**. 91-94 p.

เครื่องล้างทำความสะอาดไข่เป็ด

Duck Eggs Washing Machine

สุห์ดี นิเซ็ง[1*] ภาณุมาศ สุยบางดำ[1] ทศพิธ วิสมิตนันท์[1] รัชชานนท์ ละมุล[2] และวรโชติ ยูฮันเงาะ[2]

Suhdee Niseng[1*], Panumas Suybangdum[1], Thossapit Wissamitanaun[1]

Ratchanon Lamon[2] and Worachot Yuhanngo[2]

[1]สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90180

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90180

[1]Department of Industrial, Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, Thailand 90180

[2]Agricultural Machinery Engineering Program, Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya Songkhla, Thailand 90180

*Corresponding author: suhdee.n@rmutsv.ac.th

Abstract

This research studied the design and development of a duck egg washing machine to shorten the washing time of duck eggs by designing a washing brush that works with water spray. Longitudinal rinsing brush set with conveyor to continuously feed duck eggs into brush unit. In the experiment, the brush speed was set to 5 levels: 150, 300, 450, 600 and 750 rpm, respectively. The results showed that the speed of the brush set at 600 rpm was suitable condition for washing 30 duck eggs with 1 minutes 24 second, which has a working rate that is about 3 times higher than manual washing.

Keywords: duck eggs, motor speed, washing brush

บทคัดย่อ

งานวิจัยเป็นการศึกษาเพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างไข่เป็ด เพื่อลดระยะเวลาในการล้างไข่เป็ด โดยออกแบบแปรงล้างที่ทำงานพร้อมกับการฉีดน้ำ ชุดแปรงล้างวางตามแนวยาวของเครื่อง โดยมีชุดลำเลียงเพื่อป้อนไข่เป็ดเข้าสู่ชุดแปรงล้างอย่างต่อเนื่อง การทดลองกำหนดความเร็วรอบของชุดแปรงล้าง 5 ระดับ คือ 150, 300, 450, 600 และ 750 รอบต่อนาที ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ความเร็วรอบของชุดแปรงล้าง 600 รอบต่อนาที เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด สามารถล้างไข่เป็ดจำนวน 30 ฟอง ใช้เวลา 1 นาที 24 วินาที ซึ่งมีอัตราการทำงานที่สูงกว่าการล้างด้วยแรงงานคนประมาณ 3 เท่า

คำสำคัญ: ไข่เป็ด ความเร็วมอเตอร์ แปรงล้าง

คำนำ

การเลี้ยงเป็ดเพื่อผลิตไข่เป็ดเป็นอีกหนึ่งอาชีพที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกร เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่เอื้ออำนวยต่อการเลี้ยงสัตว์ประเภทนี้มากจึงสามารถเลี้ยงทั่วทุกภูมิภาค ไข่เป็ดเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญซึ่งจัดอยู่ในหมวดของอาหารที่ให้โปรตีนเช่นเดียวกับกลุ่มของเนื้อสัตว์ และยังเป็นแหล่งของเกลือแร่ เช่น ฟอสฟอรัส ซีลีเนียม ไอโอดีน และวิตามินต่าง ๆ เช่น วิตามินบี 2 วิตามินบี 12 โฟเลต รวมถึงกรดไขมันไลโนเลอิกที่จำเป็นต่อร่างกาย (Saiwan *et al*., 2015) นอกจากนี้ยังนิยมนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลาย เช่น ขนมหวาน ไข่เค็ม การปรุงอาหารในครัวเรือน เป็นต้น

จากการสรุปข้อมูลและสถิติจำนวนเกษตรกรและเป็ด ของกลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกรมปศุสัตว์ ประจำเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2564 พบว่ามีจำนวนเกษตรผู้เลี้ยง 438,000 ราย คิดเป็นจำนวนเป็ด 33,089,000 ตัว โดยแบ่งเป็นเป็ดเนื้อจำนวนร้อยละ 49.14 และเป็ดไข่ร้อยละ 50.86 (Department of Livestock Development, 2021) จากปริมาณผู้เลี้ยงเป็ดไข่ทำให้มีไข่เป็ดออกสู่ตลาดในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก และจากข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่าไข่เป็ดสามารถขายได้เฉลี่ยทั้งประเทศร้อยฟองละ 354 บาท เฉลี่ยฟองละ 3.54 บาท (Office of Agricultural Economics, 2021) จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ปริมาณผู้เลี้ยงเป็ดไข่มีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยส่วนใหญ่ไข่เป็ดที่ขายตามท้องตลาดจะเป็นไข่เป็ดที่ขายสำหรับนำไปประกอบอาหาร และขายเพื่อนำไปแปรรูปเป็นอาหารต่าง ๆ ไข่เป็ดที่นำไปสำหรับประกอบอาหารหากล้างทำความสะอาดก่อนจะเป็นที่ต้องการของตลาด และสำหรับการนำไข่เป็ดไปทำไข่เค็มก็จำเป็นต้องล้างก่อนเช่นกัน การล้างไข่นอกจากช่วยชะล้างสิ่งสกปรกยังช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์อีกด้วย (Siriwan *et al*., 2020) ปัจจุบันเกษตรกรยังใช้แรงงานคนในการล้างทำความสะอาด ซึ่งใช้เวลานานและต้องใช้ความระมัดระวังเนื่องจากเป็นไข่ดิบเปลือกไข่อาจแตกได้ นักวิจัยได้ออกแบบเครื่องล้างไข่เค็ม ซึ่งพบว่าปัจจัยที่ดีที่สุดในการล้างไข่เค็มด้วยเครื่องต้นแบบ คือ ความเร็วรอบของแปรงล้างที่ 10 รอบต่อนาที ปริมาณน้ำที่ใช้เท่ากับ 300 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที และทิศการหมุนของแปรงขัดตัวที่สองหมุนในทิศทางเดียวกันแปรงขัดตัวที่หนึ่ง ซึ่งมีประสิทธิภาพการล้างดินสอพองเท่ากับ 100 % และมีประสิทธิภาพการล้างไข่เค็มเท่ากับ 96.67 % (Phuangsombut and Phuangsombut, 2019) ทั้งนี้เครื่องที่พัฒนานี้เหมาะสำหรับการล้างไข่เค็ม ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ล้างไข่ดิบซึ่งมีลักษณะทางกายภาพไม่เหมือนกันอาจทำให้เปลือกไข่แตกระหว่างการล้างได้ จึงมีความจำเป็นต้องออกแบบเครื่องที่เหมาะสำหรับการล้างไข่ดิบโดยเฉพาะ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดไข่เป็ด เพื่อลดระยะเวลาในการล้างเมื่อเทียบกับแรงงานคน โดยศึกษาผลของความเร็วรอบของแปรงล้างที่เหมาะสำหรับการล้างทำความสะอาดไข่เป็ด

อุปกรณ์และวิธีการ

ไข่เป็ด

ในงานวิจัยนี้จะใช้ไข่เป็ด จากฟาร์มของชาวบ้านที่เลี้ยงเป็ดเพื่อขายไข่ โดยเลือกไข่ที่ระดับความสกปรกใกล้เคียงกันจากการประเมินด้วยสายตา ซึ่งใช้ไข่เป็ดจากฟาร์มเดียวกันเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องมากที่สุด

เครื่องล้างทำความสะอาดไข่เป็ด

ลักษณะของเครื่องล้างทำความสะอาดไข่เป็ด ดัง Figure 1 ประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง (หมายเลข 1) สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ของเครื่อง สายพานลำเลียงไข่เป็ด วัสดุทำจากพีวีซี (PVC) (หมายเลข 2) ทำหน้าที่ลำเลียงไข่เป็ดเข้าสู่ชุดแปรงล้างระหว่างการล้างทำความสะอาด ชุดแปรงล้าง ขนแปรงทำจากไนล่อน (หมายเลข 3) ทำหน้าที่แปรงล้างทำความสะอาดไข่เป็ด มอเตอร์ไฟฟ้า ยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่น Super line ขนาด 3 เฟส 1/2 แรงม้า (หมายเลข 4) ส่งกำลังขับให้แปรงล้าง ซึ่งมีสายพาน (หมายเลข 6) ต่อเข้ากับพูลเล่ย์ของมอเตอร์ไฟฟ้าและพูลเล่ย์ของแปรงล้างเพื่อขับแปรงล้าง โดยมีเกียร์ทดรอบ ยี่ห้อ CHENTA รุ่น PA-9 1/60 (หมายเลข 5) เพื่อลดความเร็วรอบของสายพานลำเลียง และที่ครอบป้องกันการกระเด็นของน้ำ (หมายเลข 7) เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำกระเด็นถูกผู้ปฏิบัติงานระหว่างการล้าง ซึ่งเครื่องดังกล่าวจะต้องใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน คือ ผู้ที่ทำหน้าที่ป้อนไข่เข้าสู่เครื่องล้าง ที่ตำแหน่งหมายเลข 8 และผู้ที่ทำหน้าที่เก็บไข่ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วที่ตำแหน่งหมายเลข 9 เพื่อนำไข่เป็ดที่สะอาดแล้วออกจากสายพาน

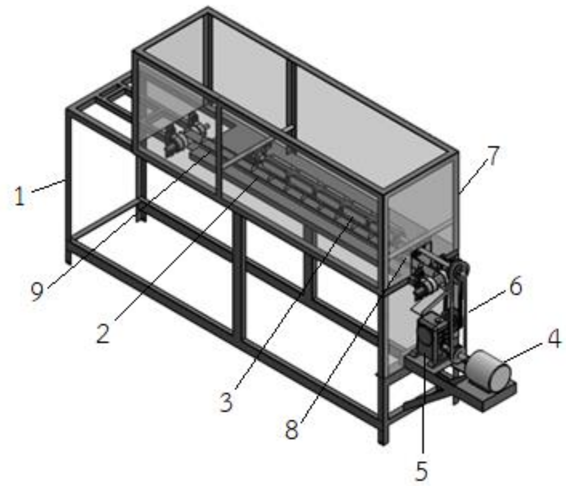


Figure 1 Equipment of duck eggs washing machine

วิธีการทดลอง

การทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่เป็ด เริ่มต้นด้วยการเลือกไข่เป็ดที่เก็บมาจากฟาร์มที่มีความสกปรกแล้วนำไข่เป็ดที่เตรียมไว้มาแช่น้ำที่ไว้ประมาณ 3 นาที เพื่อทำให้คราบสกปรกออกได้ง่ายขึ้น จากนั้นทดลองหาความเร็ว

รอบแปรงล้างต่ำสุดและสูงสุดของเครื่องล้างไข่เป็ดที่สามารถทำความสะอาดไข่เป็ดได้ เมื่อหาช่วงความเร็วรอบแปรงล้างต่ำสุดและสูงสุดในการล้างได้แล้ว จะทดสอบการล้างไข่จำนวน 30 ฟอง (1 แผง) ของแต่ละความเร็วรอบแปรงล้าง เพื่อหาความเร็วที่เหมาะสมและระยะเวลาในการล้างทำความสะอาดไข่เป็ด

ผลการวิจัย

การทดสอบหาความเร็วแปรงล้างเบื้องต้น

การทดสอบนี้ เป็นการทดสอบหาความเร็วแปรงล้างเบื้องต้น เพื่อดูว่าแต่ละระดับความเร็วว่าสามารถทำความสะอาดไข่เป็ดได้หรือไม่ ด้วยทดสอบล้างไข่เป็ดครั้งละ 1 ฟอง ทดสอบซ้ำกัน 3 ครั้ง ของแต่ละเงื่อนไข และปรับความเร็วของแปรงล้าง 5 ระดับ และจับเวลาในการล้างตั้งแต่วางไข่ลงบนสายพานจนถึงตำแหน่งที่นำออกจากสายพานลำเลียง มีผลการทดสอบ ดัง Table 1 ผลปรากฏว่าในแต่ละความเร็วแปรงล้างสามารถทำความสะอาดไข่เป็ดได้ทั้งหมด แต่ใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน

หลังจากผ่านการทดสอบแปรงล้างเสร็จแล้ว จึงนำไข่ที่ผ่านการล้างมาตรวจดูความสะอาดผลปรากฏว่าทุกเงื่อนไขการทดลอง สามารถล้างสิ่งปนเปื้อนออกจากไข่เป็ดได้สะอาดใกล้เคียงกัน และเปลือกไข่ไม่แตกร้าว ดัง Table 2

Table 1 Primary test of speed of brush washing

Speed of brush washing (rpm)	Average time (s)
150	103
300	49
450	30
600	24
750	19

Table 2 Physical appearance of duck eggs before and after washing

Speed of brush washing (rpm)	Before washing	After washing
150		
300		
450		
600		
750		

การทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมในการล้างไข่เป็ด

เมื่อทราบผลของความสามารถเบื้องต้นของแปรงล้างแล้ว จะทำการทดลองล้างไข่เป็ดจำนวน 30 ฟอง (1 แผง) เพื่อดูระยะเวลาในการล้างไข่เป็ดว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ดัง Table 3 พบว่า การเพิ่มความเร็วแปรงล้างจะช่วยลดระยะเวลาในการล้าง และความเร็วแปรงล้างที่เหมาะสม คือ ที่ระดับความเร็วแปรงล้าง 600 rpm ใช้เวลา 106 วินาที ในขณะที่ระดับความเร็วแปรงล้าง 750 rpm ใช้เวลาเพียง 84 วินาที แต่ไม่สามารถใช้เงื่อนไขนี้ได้เนื่องจากความเร็วสูงเกินทำให้เครื่องมีอาการสั่น หากใช้งานนาน ๆ อาจเกิดการชำรุดของอุปกรณ์ได้ง่าย และเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

Table 3 Testing for suitable condition of speed of brush washing

Speed of brush washing (rpm)	Average time (s)
150	520
300	225
450	144
600	106
750	84
Washing by hand	309

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดสอบหาความเร็วของแปรงล้างที่มีผลต่อการทำความสะอาดไข่เป็ด พบว่า ระดับความเร็วของแปรงล้าง 150, 300, 450, 600 และ 750 รอบต่อนาที ตามลำดับ สามารถทำความสะอาดไข่เป็ดได้ใกล้เคียง จึงสามารถสรุปได้ว่าผลของความเร็วของแปรงล้างไม่มีนัยสำคัญต่อการความสะอาดของไข่เป็ด แต่การทำความสะอาดด้วยความเร็วของแปรงล้างที่สูงกว่าจะได้ปริมาณการล้างไข่เป็ดที่มากกว่า และพบว่าที่ระดับความเร็วแปรงล้าง 600 rpm ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมใช้เวลาในการล้างทำงานสะอาดเร็วกว่าประมาณ 3 เท่า เมื่อกับการการล้างทำความสะอาดไข่ด้วยแรงงานคน สำหรับราคาของเครื่องล้างไข่เป็ดที่วางขายอยู่ตามท้องตลาดมีราคาอยู่ในช่วง 30,000–98,000 บาท สามารถล้างทำความสะอาดไข่ตั้งแต่ 2,100-3,000 ฟองต่อชั่วโมง โดยเครื่องล้างไข่เป็ดของงานวิจัยนี้มีต้นทุน 15,790 บาท สามารถล้างทำความสะอาดไข่เฉลี่ย 1,233 ฟองต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่าเครื่องล้างไข่เป็ดของงานวิจัยนี้มีราคาถูกกว่า มีแต่ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องวางขายอยู่ในท้องตลาดปัจจุบัน

สรุปผลการวิจัย

เครื่องล้างทำความสะอาดไข่เป็ด ได้ออกแบบและสร้างเพื่อแก้ปัญหาการล้างไข่เป็ดด้วยแรงงานคนที่ใช้เวลานาน จากการทดสอบล้างทำความสะอาดไข่เป็ด โดยใช้แปรงล้างแบบไนล่อน ที่มีการปรับความเร็วรอบในการล้างของแปรงล้างปรากฏว่าในแต่ละเงื่อนไขความเร็วรอบของแปรงล้างสามารถล้างทำความสะอาดไข่เป็ดได้เหมือนกัน และที่เงื่อนไขการทดลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองนี้ สามารถลดระยะเวลาในการล้างทำความสะอาดเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนเร็วกว่าประมาณ 3 เท่า โดยใช้ระดับความเร็วแปรงล้าง 600 rpm และมีราคาถูกกว่าท้องตลาด

กิตติกรรมประกาศ

ขอบขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่สำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Department of Livestock Development. 2021. **Resut of data and statistic of farmer-duck, January 2021**. [Online], Available https://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/monthly/2564/feb64/7---Duck.pdf (22 September 2021). [in Thai]

Office of Agricultural Economics. 2021. **Data of Agricultural Economics.** [Online]. Available https://www.oae.go.th (22 September 2021). [in Thai]

Phuangsombut, A. and K. Phuangsombut 2019. A study the suitable condition for salted eggs washingMachine with polishing Cyclinder Brushes. **Thai Society of Agricultural Engineering Journal** 25(1): 38-45. [in Thai]

Saiwan, T., P. Puwastien, A. Deeaum and K. Judprasong. 2015. Nutritive value of commonly consumed eggs and effects of cooking. **Sciences and Technology Journal** 23(4): 651-666. [in Thai]

Siriwan, A., C. Sujate, S. Arsooth and N. Sasitorn. 2020. Value added of dirty shell table eggs by automatic egg washing machine. **Agricultural Science and Management J** 3(1): 5-12. [in Thai]

เครื่องบดเศษไม้ไผ่เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล
Bamboo Waste Crush Machine for Biomass Fuel

ธนะวิทย์ ทองวิเชียร[1*] ประชิต พรหมสุวรรณ[2] และกฤษณพงศ์ สังขวาสี[1]

Tanawit Thongwichean[1*], Prachit Promsuwan[2] and Krisanapong Sangkhavasi[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90180

[2]สาขาวิชาช่างยนต์ สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90180

[1]Agricultural Machinery Engineering, Department of Industrial, Rattaphum College
Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, Thailand 90180

[2]Mechanical Power Technology, Department of Industrial, Rattaphum College
Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, Thailand 90180

*Corresponding author: tanawit.t@rmutsv.ac.th

Abstract

The objective of this research was to design and create a bamboo crush machine to produce biomass fuel. Sizes of sieve holes and suitable revolution per minute (RPM) were found to reduce bamboo sizes to be burned with the longest time in a kiln. Each 300 gram bamboo stick were crushed for three RPM at 1,087, 725, and 543 in the sieve holes sized in 3 and 6 millimeters. The research results showed that bamboo sticks were best crushed in the 3 millimeter sieve holes at 543 RPM since they were crushed at the shortest period of time than 1,087 and 725 RPM. In terms of burning in the kiln, the bamboo sticks crushed at 543 RPM took the longest period of time to be burned. In addition, the bamboo sticks were best crushed in the 6 millimeter sieve holes at 725 RPM, when compared to the bamboo sticks at 1,087 and 725 RPM, because these bamboo were burned at the longest period of time in the kiln. Therefore, it could be concluded that the bamboos crushed at 543 RPM in the 3 millimeter sieve holes and the bamboos crushed at 725 RPM in the 6 millimeter sieve holes had no significant difference in the crushing and burning periods of time.

Keywords: bamboos, crushing, kiln, biomass

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบและสร้างเครื่องบดเศษไม้ไผ่เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล โดยทำการหาขนาดของรูตะแกรงและความเร็วรอบที่เหมาะสมในการลดขนาดไม้ไผ่ที่สามารถเผาไหม้ในเตาเผาได้นานที่สุด โดยใช้เศษไม้ไผ่ 300 กรัม บดที่ 3 ความเร็วรอบ คือ 1,087 725 และ 543 รอบต่อนาที รูตะแกรงขนาด 3 และ 6 มิลลิเมตร จากการทดลองพบว่า การบดเศษไม้ไผ่ที่ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบ 543 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่ดีที่สุด เนื่องจากจะใช้ระยะเวลาในการบดที่น้อยกว่าความเร็วรอบ 1,087 และ725 รอบต่อนาที เมื่อนำไปทดสอบการเผาไหม้ในเตาเผาจะพบว่าการบดที่ความเร็วรอบ 543 รอบต่อนาที มีระยะเวลาการเผานานที่สุด ส่วนการบดเศษไม้ไผ่ที่ขนาดรูตะแกรง 6 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่ดีที่สุด เนื่องจากการบดที่ความเร็วรอบ 1,087 และ 543 รอบต่อนาที เมื่อนำไปทดสอบเผาในเตาเผาพบว่าที่ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที มีระยะเวลาการเผานานที่สุด ดังนั้น การบดที่ความเร็วรอบ 543 รอบต่อนาที ที่ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร และที่ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที ที่ขนาดรูตะแกรง 6 มิลลิเมตร จะใช้ระยะเวลาในการบด ระยะเวลาในการเผาไหม้ที่ไม่แตกต่างกันมาก

คำสำคัญ: ไม้ไผ่ การบด เตาเผา ชีวมวล

คำนำ

ไม้ไผ่ เป็นวัสดุที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้เพื่อความสะดวกสบายในชีวิต เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ที่เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้อย่างดี ถือเป็นพืชเมืองร้อน แต่ก็สามารถเจริญเติบโตได้ทุกทวีป ไม้ไผ่หลายสกุลพบมากที่สุดในเขตร้อนทางใต้และตะวันออกเฉียงใต้ของเอเชียจากอินเดีย ไทย จีน ญี่ปุ่น เกาหลี มีน้อยสกุลพบในเขตอบอุ่นของโลกบางส่วนของทวีปอเมริกาก็พบมาก สำหรับในประเทศไทยประชาชนนำไม้ไผ่มาใช้ในชีวิตประจำวันมาช้านานและนับวันจะใช้มากขึ้นทุกที่โดยเฉพาะงานหัตถกรรม งานจักสานซึ่งเป็นอาชีพรองของคนไทยมาช้านาน แม้กระทั่งทุกวันนี้ชาวบ้านตามชนบทยังนิยมทำงานจักสานกันอยู่ทั่วไปแต่ก็ยังไม่ทำให้งานจักสานไม้ไผ่ของไทยได้ทัดเทียมกับของต่างประเทศได้ ไม้ไผ่ประกอบด้วยเซลลูโลสซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีพื้นฐานคือ คาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ อีกทั้งหากนำไปบดหรือย่อยและลดความชื้นแล้วนำมาอัดแท่งจัดเก็บเข้าไซโลโดยรักษาความชื้นให้อยู่ระหว่าง 8-15% จะได้ค่าความร้อนที่สูงและเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องกำเนิดไอน้ำหรือใช้ในเตาเผาสำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ (Phungchik, 2015) นอกจากนี้ยังสามารถนำเศษไม้ไผ่ที่ผ่านผระบวนการย่อยหรือลดขนาดผสมกับเชื้อเพลิงธรรมชาติอย่างอื่น เช่น ใบอ้อย แล้วนำไปอัดเม็ดเพื่อทำเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่สามารถให้ค่าความร้อนที่สูงด้วยเช่นกัน (Chiramakara *el at*., 2018) ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการนำไม้ไผ่ไปใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยการใช้เป็นพลังงานชีวมวลนอกเหนือจากการใช้สอย เช่น ถ่านไม้ไผ่ (bamboo charcoal) เม็ดเชื้อเพลิง (pellet) ก๊าซชีวมวล (biogas) หรือน้ำมันชีวมวล (pyrolysis oil) เป็นต้น (Phungchik, 2014) การใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากของเหลือใช้ทางการเกษตรจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการบริหารจัด การของเสียทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุด (Kittipongvises *el at*., 2017) พลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติกำลังจะถูกนำมาทดแทนพลังงานจาก

ฟอสซิลที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเนื่องจากกำลังจะหมดไปในอนาคตอันใกล้และปัญหาอีกอย่างที่พบได้จากพลังงานฟอสซิลที่มีมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมากนำมาซึ่งปัญหาภาวะโลกร้อน เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ปิโตรเลียม และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น (Sirinam, 2016)

อย่างไรก็ตามการทำเครื่องจักรสานต่างๆ จากไม้ไผ่ได้มีเศษไม้ไผ่จำนวนมากที่เหลือจากการใช้งานจำนวนมาก ซึ่งชาวบ้านส่วนใหญ่จะนำเศษไม้ไผ่ที่เหลือใช้และไม่ใช้แล้ว ดังแสดงใน Figure 1 มาเผาทำลายทิ้ง จึงทำให้เกิดมลพิษทางอากาศในชุมชนและทำให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบดเศษไม้ไผ่เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล หาขนาดของรูตะแกรงและความเร็วรอบที่เหมาะสมในการลดขนาดเศษไม้ไผ่ที่สามารถเผาไหม้ในเตาเผาได้นานที่สุด

Figure 1 Bamboo Waste before Crush

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องบดไม้ไผ่เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล

จาก Figure 2 แสดงเครื่องบดไม้ไผ่เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล ประกอบด้วย โครงสร้างเครื่องบดไม้ไผ่เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล (1) มีขนาดกว้าง 50.80 เซนติเมตร ยาว 75.80 เซนติเมตร สูง 70 เซนติเมตร และฐานชุดลำเลียงมีขนาดสูง 24.10 เซนติเมตร กว้าง 19 เซนติเมตร ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ไฟฟ้า 1 เฟส 220 โวลต์ เป็นต้นกำลังในการทำงาน ชุดบดมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ชุดถังย่อยเศษไม้ไผ่ ประกอบด้วย (2) ถังย่อย (3) ฝาครอบถังย่อยด้านบน (4) ถาดลำเลียงไม้ไผ่บด และชุดลำเลียงเศษไม้ไผ่ ประกอบด้วย (5) ฝาครอบชุดลำเลียงไม้ไผ่ (6) ช่องป้อนเศษไม้ไผ่เข้าเครื่อง และ (7) สวิตช์ควบคุมการทำงานของตัวเครื่อง

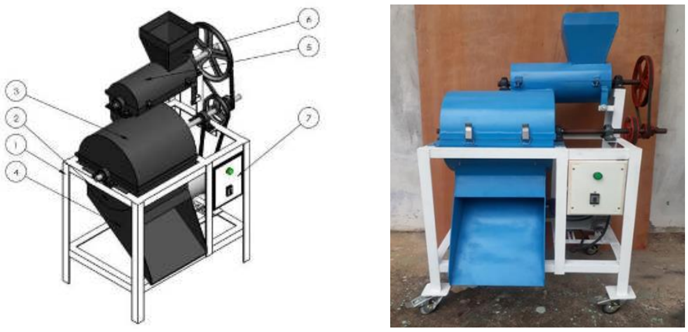


Figure 2 Bamboo Waste Crush Machine for Biomass Fuel

ชุดใบมีดบดไม้ไผ่

ชุดใบมีดบดไม้ไผ่ทำจากเหล็กแบนขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 14 เซนติเมตร จำนวน 18 ใบ โดยใบมีดจะสลับกันช่องเว้นช่อง ด้านปลายมีดจะทำการลับให้มีความคม ฐานของใบมีดยาว 36 เซนติเมตร แป้นของฐานใบมีด ยาว 17.5 x 17.5 เซนติเมตร จำนวน 10 ใบ ทำหน้าที่บดและสับเศษไม้ไผ่ให้ละเอียดดังแสดงใน Figure 3

Figure 3 bamboo blade set

สกรูลำเลียง

สกรูลำเลียงมีขนาดความยาวรวม 63 เซนติเมตร ใบของสกรูสูงและกว้าง 17 เซนติเมตร ความห่างของช่วงใบ 12.5 เซนติเมตร ซึ่งใบสกรูจะมีอยู่ 3 ใบ สกรูทั้ง 3 ใบจะมีความยาวรวมที่ 37 เซนติเมตร โดยจะทำหน้าที่ลำเลียงเศษไม้ไผ่ให้ลงถังบดจากดังแสดงใน Figure 4

Figure 4 Screw conveyor

หาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการบดเศษไม้ไผ่

เพื่อให้การบดเศษไม้ไผ่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจึงได้ทำการทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดใน การบดไม้ไผ่เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล โดยการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,087, 725 และ 543 รอบต่อนาทีตามลำดับ ผ่านตะแกรงขนาด 3 และ 6 มิลลิเมตร ตามลำดับ เพื่อให้ได้ไม้ไผ่ที่ผ่านเครื่องบดที่มีความละเอียดต่างกัน โดยการใช้ไม้ไผ่ที่มีน้ำหนักเท่ากันและจับเวลาในการบดแล้วนำไม้ไผ่ที่บดได้ในแต่ละครั้งไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าเฉลี่ยนในการย่อย แต่ละเงื่อนไข ซึ่งการบดในแต่ละความเร็วรอบจะทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำที่เงื่อนไขเดียวกัน

ทดสอบหาประสิทธิภาพในการบด

การหาประสิทธิภาพของเครื่องบดไม้ไผ่เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล คำนวณจากความสามารถในการบดไม้ไผ่ที่มีขนาดรูตะแกรงที่ต่างกัน 2 ขนาด โดยทำการบันทึกน้ำหนักก่อนทำการบดและหลังบดโดยการแยกไม้ไผ่ที่ผ่านการบดที่มีความยาวมากกว่า 5 เซนติเมตร แล้วทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์การบดไม้ไผ่จากสมการที่ (1) (Niseng,and Suybangdam, 2019)

$$\%C = \frac{M_B}{M_A} \times 100 \qquad (1)$$

โดย $\%C$ คือ เปอร์เซ็นต์การบดไม้ไผ่

M_A คือ น้ำหนักไม้ไผ่ก่อนการบด

M_B คือ น้ำหนักไม้ไผ่หลังการบดขนาดความยาวสั้นกว่า 5 เซนติเมตร

ทดสอบหาค่าความสามารถในการเผาไหม้ภายในเตาเผา

นำไม้ไผ่ที่ได้จากการบดมาในแต่ละความเร็วรอบมาทำการเผาไหม้หาระยะเวลาในการให้ความร้อนที่นานที่สุด โดยแต่ละครั้งจะใช้ไม้ไผ่จำนวน 500 กรัม บรรจุลงในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Thongwichean, and Sangkhavasi, 2015) โดยจะมีการเป่าลมจากด้านล่างเตาเผาเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในขณะเผาทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดีขึ้น แล้วทำการจุดไฟที่ด้านบน โดยป้อนลมจากด้านล่างของเตาเผาที่ความเร็วของลมเท่ากันทำการจับเวลาหาระยะเวลาในการเผาไหม้จนกว่าไม้ไผ่จะเผาไม้หมดทั้งเตาเผา

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การทดลองหาความเร็วรอบ และขนาดรูตะแกรงที่เหมาะสม ซึ่งจะใช้ความเร็วรอบทั้งหมด 3 ความเร็วรอบ ได้แก่ ความเร็วรอบที่ 1,087 รอบต่อนาที 725 รอบต่อนาที และ 543 รอบต่อนาที โดยใช้ตะแกรงคัดขนาดทั้งหมด 2 ขนาด คือ 3 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร โดยในการบดแต่ละครั้งใช้เศษไม้ไผ่จำนวน 300 กรัมแล้วทำการจับเวลาในการบด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลดังแสดงใน Table 1

Table 1 The results of the blade speed test and the sieve hole size suitable for grinding bamboos

Speed (RPM)	Sieve hole size (mm)	Grinding time (minute)	Shorter size 5 cm (gram)	Longer size 5 cm (gram)	%C
1,087	3	8.50	270	30	90.00
	6	6.50	252	48	84.00
725	3	8.00	287	13	95.67
	6	6	265	35	88.33
543	3	7	295	5	98.33
	6	5	280	20	93.33

จากการทดลองที่ความเร็วรอบ 1,087 รอบต่อนาที ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร เครื่องทำงานได้ไม่ต่อเนื่อง เศษไม้ไผ่ที่อยู่ในเครื่องไหลออกมาช้าเป็นผลมาจากขนาดรูตะแกรงมีขนาดเล็ก ทำให้ป้อนเศษไม้ไผ่ก้อนต่อไปไม่ได้ ลักษณะของเศษไม้ไผ่ที่ผ่านการบด เปอร์เซ็นต์การบดที่ได้ 90.00 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน Figure 5 แต่เมื่อเปลี่ยนขนาดรูตะแกรงเป็น 6 มิลลิเมตร พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เศษไม้ไผ่ที่อยู่ภายในเครื่องแต่ความยาวของไม้ไผ่ที่บดได้ยาวเกิน 5 มิลลิเมตรไหลออกมามาก อันเนื่องมาจากขนาดรูตะแกรงที่มีขนาดใหญ่ เปอร์เซ็นต์การบดที่ได้ 84.00 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน Figure 6 เมื่อปรับความเร็วรอบที่ 725 รอบต่อนาที ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร ผลที่ได้พบว่าเครื่องทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เศษไม้ไผ่ที่อยู่ในภายในเครื่องไหลออกมาได้ดี และสามารถป้อนเศษไม้ไผ่ได้อย่างต่อเนื่อง เปอร์เซ็นต์การบดที่ได้ 95.67 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน Figure 7 เมื่อเพิ่มขนาดรูตะแกรงเป็น 6 มิลลิเมตร ผลที่ได้พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เศษไม้ไผ่ที่อยู่ในภายในเครื่องไหลออกมาได้ดีและสามารถป้อนเศษไม้ไผ่ได้อย่างต่อเนื่อง แต่ไม้ไผ่ที่มีความยาวเกิน 5 เซนติเมตร มีจำนวนมาก เปอร์เซ็นต์การบดที่ได้ 88.33 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน Figure 8 เมื่อปรับความเร็วรอบที่ 543 รอบต่อนาที ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร เครื่องทำงานได้ไม่ต่อเนื่อง เศษไม้ไผ่ที่อยู่ในเครื่องไหลออกมาช้า ทำให้เศษไม้ไผ่กลายเป็นผง ซึ่งรูตะแกรงที่มีขนาดเล็กทำให้ป้อนเศษไม้ไผ่ได้ไม่ต่อเนื่อง เปอร์เซ็นต์การบดที่ได้ 98.33 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน Figure 9 เมื่อปรับขนาดของรูตะแกรงเป็น 6 มิลลิเมตร ผลที่ได้พบว่าเครื่องทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เศษไม้ไผ่ที่อยู่ภายในเครื่องถูกบดและไหลออกอย่างต่อเนื่อง ทำให้เศษไม้ไผ่ที่ยาวเกิน 5 เซนติเมตรที่กำหนดไหลออกมาน้อย เปอร์เซ็นต์การบดที่ได้ 93.33 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน Figure 10

Figure 5 Blade speed 1,087 RPM and sieve hole size 3 mm

Figure 6 Blade speed 1,087 RPM and sieve hole size 6 mm

Figure 7 Blade speed 725 RPM and sieve hole size 3 mm

Figure 8 Blade speed 725 RPM and sieve hole size 6 mm

Figure 9 Blade speed 543 RPM and sieve hole size 3 mm

Figure 10 Blade speed 543 RPM and sieve hole size 6 mm

เมื่อนำไม้ไผ่ที่ผ่านการบดมาทำการทดสอบระยะเวลาในการติดไฟภายในเตาเผาซึ่งสามารถบรรจุเศษไม้ไผ่ได้จำนวน 500 กรัมต่อการเผา 1 ครั้ง ดังแสดงใน Figure 11 ผลการทดลองพบว่าที่ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร ความเร็วรอบ 1,087 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการเผาที่ 25.22 นาที ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการเผา 25.38 นาที ความเร็วรอบ 543 รอบต่อนาที ใช้ระยะเวลาในการเผา 26.37 นาที ซึ่งมีระยะเวลาในการเผานานที่สุด ที่ขนาดรูตะแกรง 6 มิลลิเมตร ความเร็วรอบ 1,087 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการเผา 22.09 นาที ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการเผา 23.26 นาที และความเร็วรอบ 543 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการ 22.28 นาที ดังแสดงใน Table 2

Figure 11 Burning of bamboo in a kiln

Table 2 The burning time of bamboo in the kiln

Blade speed (RPM)	Sieve hole size (mm)	Burning time (minute)
1,087	3	25.22
	6	22.09
725	3	25.38
	6	23.26
543	3	26.37
	6	22.28

สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างเครื่องบดไม้ไผ่เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลและทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่อง พบว่าการนำเศษไม้ไผ่จากการทำเครื่องจักสานของชาวบ้านมาทำการบด ที่ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบ 543 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่ดีที่สุด เนื่องจากจะใช้ระยะเวลาในการบดที่น้อยกว่า ที่ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที และที่ความเร็วรอบ 543 รอบต่อนาที มีระยะเวลาการเผาภายในเตาเผานานที่สุด ส่วนการบดเศษไม้ไผ่ที่ขนาดรูตะแกรง 6 มิลลิเมตร พบว่า ที่ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่ดีที่สุด เนื่องจากที่ความเร็วรอบ 543 รอบต่อนาที ถึงแม้ว่าจะมีระยะเวลาในการบดที่เร็วกว่าที่ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที แต่ใช้ระยะเวลาในการเผาที่เร็วกว่า ที่ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที ดังนั้น ที่ความเร็วรอบ 543 รอบต่อนาที ที่ขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร และที่ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที ที่ขนาดรูตะแกรง 6 มิลลิเมตร จะใช้ระยะเวลาในการบด และระยะเวลาในการเผาจะไม่แตกต่างกันมาก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องต่าง ๆ สนับสนุนงานวิจัยเป็นอย่างดีตลอดมา และนักศึกษาสาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ได้แก่ นายทิวากร นิลเพ็ชร และนายสุรพงศ์ พูนเพิ่ม ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chiramakara, T., K. Saenkanung, P. Satriwong and K. Thammarat. 2018. The Production of Biomass Pellet from Bamboo Scraps with Sugarcane Leaves. pp. 1040-1047. *In* **Proceedings of the 14th Conference On Energy Network of Thailand (E-NETT).** Novotel Rayong: [in Thai]

Kittipongvises, S., D. Phihusut, P. Ratthanapan and C. Polprasert. 2017. Utilization of agricultural waste biomass materials for carbon storage and absorption of volatile organic compounds in the atmosphere. **Environmental Journal** 21(3): 61-67. [in Thai]

Niseng, S. and P. Suybangdam. 2019. Bagasse shredding machine for growing mushroom. **Kasetsart Engineering Journal** 32(107): 23-30. [in Thai]

Phungchik, T. 2014. Bamboo: energy plant in the future?. **Thai Science and Technology Journal** 22(1): 130-136. [in Thai]

_______. T. 2015. Wood pellets from bamboo: renewable energy enormous value?. **Thai Science and Technology Journal** 23(1): 35-42. [in Thai]

Sirinam, S. 2016. The future of energy. **Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal** 2(2): 68-79. [in Thai]

Thongwichean, T. and K. Sangkhavasi 2015. Oven Heat Energy from Rice Husk. pp. 89-94. *In* **Proceedings of The 8th National Conference on Technical Education.** Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. [in Thai]

Session 6

ภาคโปสเตอร์

การออกแบบวงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิตอล ชนิดซิกม่าเดลต้า สำหรับเซนเซอร์วัดสภาพแวดล้อม

A Design of Sigma Delta Capacitance to Digital Converter for Environmental Sensor

พัชรี กองภาค

Patcharee Kongpark

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Applied Physics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

Corresponding author: patcharee_kp@mju.ac.th

Abstract

This paper presents a Sigma Delta ($\Sigma\Delta$) capacitance to digital converter (CDC) for differential capacitive environmental sensor. The capacitance to digital converter (CDC) operates on the principal of capacitance changes in a capacitive sensor to digital value logic level "1" or "0". The proposed circuit consists of a capacitance to voltage converter (CVC), an integrator, a comparator, a flipflop and digital to analog converter (DAC) with feedback capacitor. The simulation results showed that the circuit can operate according to the designed principle with errors approximately equal to 0.1% for the nominal value of the sensor capacitances (C_0) of 100 pF, the maximum capacitance variation (ΔC_{FS}) of 10 pF, the input frequency (F_{in}) of 100 Hz, the clock frequency (F_{clk}) of 10 kHz.

Keywords: capacitive sensing, differential capacitive sensor, sigma-delta modulator, feedback capacitor

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิตอล ชนิดซิกม่าเดลต้า สำหรับเซนเซอร์วัดสภาพแวดล้อมชนิดเก็บประจุแบบดิฟเฟอเรนเชียล โดยวงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิตอลจะทำงานบนหลักการเปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุไปเป็นค่าดิจิตอลระดับลอจิก “1” และ “0” ซึ่งวงจรที่นำเสนอประกอบด้วยวงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า วงจรอินทิเกรเตอร์ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ วงจรฟลิปฟลอป และวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อกโดยป้อนกลับแบบเก็บประจุ ผลการจำลองการทำงานวงจรพบว่า วงจรสามารถทำงานได้ตามหลักการที่ออกแบบไว้ โดยมีค่าความผิดพลาดสูงสุดโดยประมาณเท่ากับ 0.1% ที่ค่าความจุไฟฟ้าปกติของเซนเซอร์ (C_0) 100 pF ค่าความจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงสูงสุด (ΔC_{FS}) 10 pF ความถี่อินพุต (F_{in}) 100 Hz ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (F_{clk}) 10 kHz

คำสำคัญ: การตรวจวัดค่าความจุไฟฟ้า เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุแบบดิฟเฟอเรนเชียล โมดูเลเตอร์ซิกม่าเดลต้า การป้อนกลับแบบเก็บประจุ

คำนำ

ในทุกวันนี้ เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ (Capacitive Sensors) ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการวัดปริมาณทางกายภาพและวัดสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้น ความดัน อุณหภูมิ การกระจัด แรง ความเร่ง ความเร็ว ฯลฯ (Abu_Al_Aish *et al.,* 2020; Brookhuis *et al.,* 2015; Petre *et al.,* 2020; Rao *et al.,* 2020; Royo *et al.,* 2016) การนำเซนเซอร์ชนิดนี้ไปใช้อย่างกว้างขวางนั้นมีสาเหตุหลักมาจากการพัฒนาเทคโนโลยีวงจรรวมและเทคโนโลยีระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาคหรือเมมส์ (Micro-Electro -Mechanical Systems: MEMS) ซึ่งช่วยลดต้นทุน ขนาดและกำลังไฟฟ้าที่ใช้

การวัดสัญญาณของเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของค่าความจุไฟฟ้าที่ได้รับเมื่อมีขั้วไฟฟ้าเคลื่อนที่อย่างน้อยหนึ่งตัวซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณที่ถูกวัด (Measurand) หลักการนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการวัดการกระจัดกระจายขนาดเล็ก เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุบางชนิดจะใช้ความผันแปรทางไฟฟ้าของอิเล็กทริกที่อยู่ระหว่างสองขั้วไฟฟ้า เช่น เซนเซอร์ความชื้นบางตัว และยังมีเซนเซอร์ความดันซึ่งโดยทั่วไปมีไว้สำหรับอุณหภูมิที่สูงมากและแรงกดดันสูงมาก เมมเบรนซิลิกอนมีบทบาทเป็นอิเล็กโทรดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Electrode) และจะเข้าใกล้อิเล็กโทรดแบบคงที่ (Fixed Electrode) ดังนั้นจึงสร้างการเปลี่ยนแปลงของความจุไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงของความจุไฟฟ้านี้สามารถเกิดขึ้นได้จากพารามิเตอร์หนึ่งในสามตัว ได้แก่ ความหนาของแผ่นสารไดอิเล็กตริกหรือระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตตัวนำ (d) พื้นที่ของแผ่นเพลตตัวนำ (A) และแรงต้านสนามไฟฟ้าหรือค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric Permittivity: ε) เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุจะแบ่งเป็น 2 ประเภท (Fraden, 2016; Pallàs-Areny and Webster, 2001) แสดงดัง Figure 1 ได้แก่ แบบเดี่ยว ซึ่งมีองค์ประกอบการตรวจจับอันเดียว หรือตัวเก็บประจุแบบแปรผันเดียว (C_1) และแบบดิฟเฟอเรนเชียล ซึ่งมีองค์ประกอบการตรวจจับสองอัน หรือตัวเก็บประจุแบบแปรผันสองตัว (C_1, C_2)

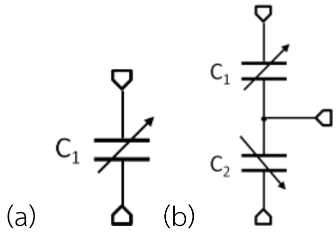


Figure 1 Equivalent circuits of capacitive sensor (a) simple (b) differential

ข้อดีของโครงสร้างแบบดิฟเฟอเรนเชียลคือ อิทธิพลภายนอกไม่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความจุไฟฟ้าทั้งสองด้าน และความเป็นไปได้ในการควบคุมเซนเซอร์หลายตัวด้วยวงจรอินเทอร์เฟซอันเดียวกัน (Islam, 2017) นอกจากนี้ โครงสร้างแบบดิฟเฟอเรนเชียลยังมีความไวและความแม่นยำที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับโครงสร้างแบบเดี่ยวหรือแบบทั่วไป (Shi *et al.,* 2007; Yu *et al.,* 2015) ด้วยเหตุนี้ โครงสร้างแบบดิฟเฟอเรนเชียลจึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดปริมาณทางกายภาพและวัดสภาพแวดล้อม

สำหรับโครงสร้างแบบดิฟเฟอเรนเชียลนั้น ตัวเก็บประจุทั้งสองตัว C_1 และ C_2 จะมีค่าการแปรผันของความจุไฟฟ้าเท่ากันและตรงกันข้ามซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณที่ถูกวัด (Measurand) โดยสามารถเขียนเป็น

$$C_1 = C_0 + \Delta C \qquad (1)$$

$$C_2 = C_0 - \Delta C \qquad (2)$$

เมื่อ C_0 คือ ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุที่มีตัวกลางคั่นเป็นสุญญากาศหรือค่าความจุไฟฟ้าปกติของเซนเซอร์ (nominal value of the sensor capacitances) และ ΔC คือ ค่าความจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง (Capacitance Variation) เมื่อแผ่นเพลตเคลื่อนที่หรือระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตตัวนำเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณที่ถูกวัด (Measurand)

ถ้าแผ่นเพลตอยู่ห่างกันมากขึ้นจะทำให้ค่าความจุไฟฟ้ามีค่าน้อยลง แต่ถ้าอยู่ห่างกันน้อยลงหรือใกล้กันมากขึ้นจะทำให้ค่าความจุไฟฟ้ามีค่ามาก ค่าของ C_1 และ C_2 จะเป็นดังสมการ (3) และ (4)

$$C_1 = \frac{C_0}{1-\frac{\Delta d}{D_0}} \qquad (3)$$

$$C_2 = \frac{C_0}{1+\frac{\Delta d}{D_0}} \qquad (4)$$

เมื่อ D_0 คือ ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตตัวนำขณะที่อิเล็กโทรดแบบคงที่อยู่กึ่งกลางระหว่างแผ่นเพลต และ Δd คือ ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตตัวนำที่เปลี่ยนแปลงไป

จากสมการที่ (4) และ (5) ค่าความจุไฟฟ้า C_0 สามารถเขียนได้ว่า

$$C_0 = C_1\left(1-\frac{\Delta d}{D_0}\right) = C_2\left(1+\frac{\Delta d}{D_0}\right) \qquad (5)$$

ถ้าพื้นที่ของแผ่นเพลตตัวนำมีค่าน้อยก็จะเก็บประจุได้น้อย ถ้าพื้นที่มีค่ามากจะทำให้ค่าความจุไฟฟ้ามีค่ามาก ค่าของ C_1 และ C_2 จะเป็นดังสมการ (6) และ (7)

$$C_1=C_0\left(1+\frac{\Delta a}{A_0}\right) \tag{6}$$

$$C_2=C_0\left(1-\frac{\Delta a}{A_0}\right) \tag{7}$$

เมื่อ A_0 คือ พื้นที่ของแผ่นเพลตตัวนำขณะที่อิเล็กโทรดแบบคงที่อยู่กึ่งกลางระหว่างแผ่นเพลต และ Δa คือ พื้นที่ของแผ่นเพลตตัวนำ

ในทั้งสองกรณีนี้ ความแปรผันสัมพัทธ์ของระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตตัวนำและพื้นที่ของแผ่นเพลตตัวนำสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\frac{\Delta d}{D_0}=\frac{\Delta a}{A_0}=\frac{C_1-C_2}{C_1+C_2}=\frac{\Delta C}{C_0} \tag{8}$$

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของความจุไฟฟ้านั้น จะมีขนาดค่อนข้างเล็ก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องออกแบบและพัฒนาวงจรอิเล็กทรอนิกส์อินเทอร์เฟซให้สามารถอ่านค่าความจุไฟฟ้าขนาดเล็ก และสามารถแปลงเป็นปริมาณทางไฟฟ้า เช่น กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า หรือเป็นสัญญาณดิจิตอลที่สามารถใช้งานต่อไปได้ (Alhoshany *et al.,* 2016; Arefin *et al.,* 2016; De Marcellis *et al.,* 2019; Ferri *et al.,* 2017; Kim *et al.,* 2018; Liu, 2016; Nabovati *et al.,* 2015; Polak *et al.,* 2018; Royo *et al.,* 2017; Sanyal and Sun, 2016; Sebastian *et al.,* 2021; Wei *et al.,* 2019) เพื่อให้ได้เอาต์พุตดิจิตอล จำเป็นต้องมีการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล (Analog-to-Digital Conversion: ADC) วิธีการแปลงที่พบบ่อยที่สุดคือ วงจรแปลงซิกม่าเดลต้า (Sigma-Delta Converter)

อุปกรณ์และวิธีการ

วงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิตอล

วงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิตอลที่นำเสนอนั้น ใช้วิธีการแปลงด้วยวงจรแปลงซิกม่าเดลต้า อันดับหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยวงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า วงจรขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้า วงจรอินทิเกรเตอร์ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ วงจรฟลิปฟลอป และวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะ ล็อกโดยป้อนกลับแบบเก็บประจุขนาด 1 บิต โครงสร้างของวงจรแปลงซิกม่าเดลต้า อันดับหนึ่ง แสดงดัง Figure 2

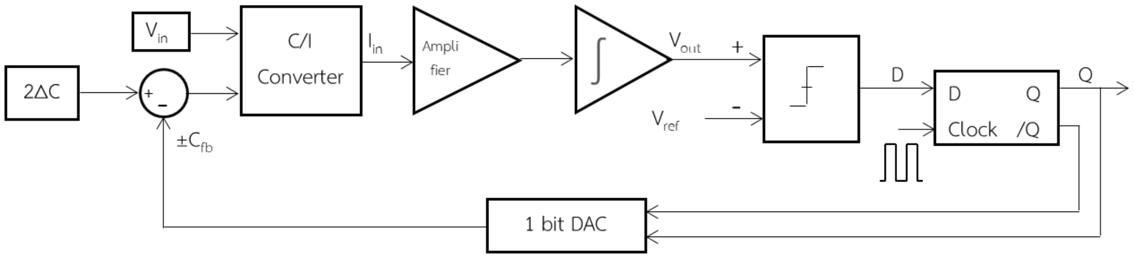


Figure 2 Principe of first order Sigma-Delta modulator feedback capacitor

จาก Figure 2 ความแปรผันของความจุไฟฟ้าแบบสมมาตร $C_1 - C_2 = 2\Delta C$ สามารถแปลงเป็นกระแสไฟฟ้า โดยใช้เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุโครงสร้างแบบดิฟเฟอเรนเชียล และแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับคลื่นรูปสามเหลี่ยมในเฟสตรงกันข้าม (V_{in} และ $\overline{V_{in}}$) นอกจากนี้กระแสไฟฟ้าถูกแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าด้วยตัวต้านทานอินพุตของวงจรขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้านี้ถูกขยายด้วยวงจรขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้า วงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าแสดงดัง Figure 3 ที่ส่วนเอาต์พุตถูกต่อพ่วงด้วยตัวเก็บประจุสำหรับสร้างเป็นวงจรอินทิเกรเตอร์

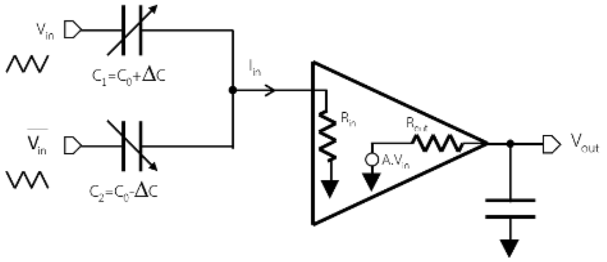


Figure 3 Schematic circuit of differential capacitance-to-voltage converter

Figure 4 แสดงวงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยวงจรแปลงซิกม่าเดลต้า อันดับหนึ่ง ป้อนกลับด้วยตัวเก็บประจุ C_{fb} ที่ต่อเข้ากับส่วนอินพุตของวงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะต่อขนานกับ C_1 หรือ C_2 ขึ้นอยู่กับค่าดิจิตอลระดับลอจิกเอาต์พุตของวงจรดีฟลิปฟลอปและเฟสของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับคลื่นรูปสามเหลี่ยมดังแสดงใน Figure 5 วงจรอินทิเกรเตอร์ถูกสร้างได้ด้วยตัวเก็บประจุโดยต่อพ่วงที่ส่วนเอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_{out} ถูกส่งต่อไปที่วงจรเปรียบเทียบสัญญาณขาบวก โดยขาลบเป็นแรงดันอ้างอิง V_{ref} ส่วนเอาต์พุต D ของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณจะเป็นค่าดิจิตอลระดับลอจิก “1” ถ้า $V_{out} \geq V_{ref}$ และจะเป็นค่าดิจิตอลระดับลอจิก “0” ถ้า $V_{out} < V_{ref}$ นอกจากนี้สัญญาณเอาต์พุต D จะถูกสุ่มตัวอย่างหรือแซมปลิ้งด้วยความถี่สัญญาณนาฬิกา (clock frequency: f_{clk}) โดยความถี่สัญญาณนาฬิกา f_{clk} จะต้องมีค่ามากกว่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับคลื่นรูปสามเหลี่ยมหรือความถี่อินพุต (F_{in}) และความถี่ตัดหรือความคัตออฟ (cut-off frequency: f_c) ของวงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าหลายเท่า สำหรับเอาต์พุต Q ของวงจรดีฟลิปฟลอปจะเป็นตัวควบคุมตัวเก็บประจุ C_{fb} ให้ต่อขนานกับ C_1 หรือ C_2 ขณะอยู่ในเฟสของ Φ_1 (ความชันของ V_{in} เป็นบวก ความชันของ $\overline{V_{in}}$ เป็นลบ และสวิตซ์ SW_1 และ SW_2 ทำงาน) ถ้า Q มีค่าดิจิตอลระดับลอจิก “1” ตัวเก็บประจุ C_{fb} ต่อขนานกับ C_1 และถ้า Q มีค่าดิจิตอลระดับลอจิก “0” ตัวเก็บประจุ C_{fb} ต่อขนานกับ C_2 ส่วนในขณะที่อยู่ในเฟสของ Φ_2 (ความชันของ V_{in} เป็นลบ ความชันของ $\overline{V_{in}}$ เป็นบวก และสวิตซ์ SW_3 และ SW_4 ทำงาน) ถ้า Q มีค่าดิจิตอลระดับลอจิก “1” ตัวเก็บประจุ C_{fb} ต่อขนานกับ C_2 และถ้า Q มีค่าดิจิตอลระดับลอจิก “0” ตัวเก็บประจุ C_{fb} ต่อขนานกับ C_1 สุดท้ายในแต่ละเฟสจะได้จำนวนค่าดิจิตอลระดับลอจิก “1” ที่สอดคล้องกับค่าความแปรผันของความจุไฟฟ้า ΔC

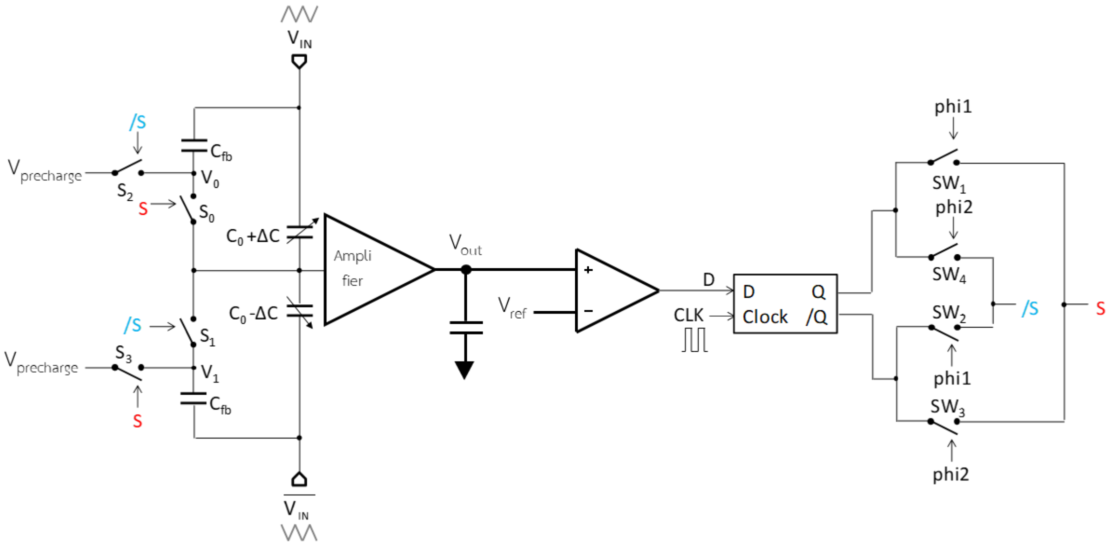


Figure 4 Implementation of the Sigma-Delta modulator feedback capacitor

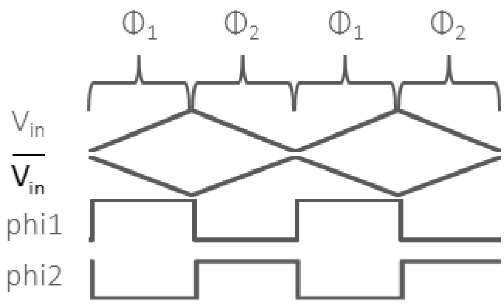


Figure 5 Input signals and signals control

การวิเคราะห์วงจร

วิเคราะห์วงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยโปรแกรม OrCAD Capture CIS Lite โดยคำนวณอัตราส่วนจำนวนค่าดิจิตอลระดับลอจิก “1” กับคาบทั้งหมด ที่สอดคล้องกับค่าความแปรผันของความจุไฟฟ้า ΔC ในแต่ละเฟส (Φ_1 และ Φ_2) โดยกำหนดความจุไฟฟ้าปกติของเซนเซอร์ (C_0) เท่ากับ 100 pF ค่าเต็มสเกล (Full scale: FS) เท่ากับ 10 % ค่าความจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงสูงสุด (ΔC_{FS}) เท่ากับ 10 pF ตัวเก็บประจุ C_{fb} มีค่า 20 pF แอมปลิจูดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับคลื่นรูปสามเหลี่ยมเท่ากับ 10 V ความถี่อินพุต (F_{in}) เท่ากับ 100 Hz ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (F_{clk}) เท่ากับ 10 kHz

ผลการวิจัย

Figure 6 และ Figure 7 แสดงวิเคราะห์วงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิตอล สำหรับค่าความจุไฟฟ้าปกติของเซนเซอร์ (C_0) เท่ากับ 100 pF ค่าเต็มสเกล (Full scale: FS) เท่ากับ 10 % หรือ 0.1 ค่าความจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงสูงสุด (ΔC_{FS}) เท่ากับ 10 pF ตัวเก็บประจุ C_{fb} มีค่า 20 pF แอมปลิจูดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับคลื่นรูปสามเหลี่ยมเท่ากับ 10 V ความถี่อินพุต (F_{in}) เท่ากับ 100 Hz ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (F_{clk}) เท่ากับ 10 kHz โดย Figure 6 แสดงอัตราส่วนจำนวนค่าดิจิตอลระดับลอจิก “1” กับคาบทั้งหมด ในหน่วย % ที่สอดคล้องกับค่าความแปรผันของความจุไฟฟ้า ΔC ในแต่ละเฟส (Φ_1 และ Φ_2) และ Figure 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตมอดูเลเตอร์และค่าความแปรผันของความจุไฟฟ้า ΔC เอาต์พุตมอดูเลเตอร์คือ ผลต่างระหว่างอัตราส่วนจำนวนค่าดิจิตอลระดับลอจิก “1” กับคาบทั้งหมดในเฟส Φ_1 และในเฟส Φ_2

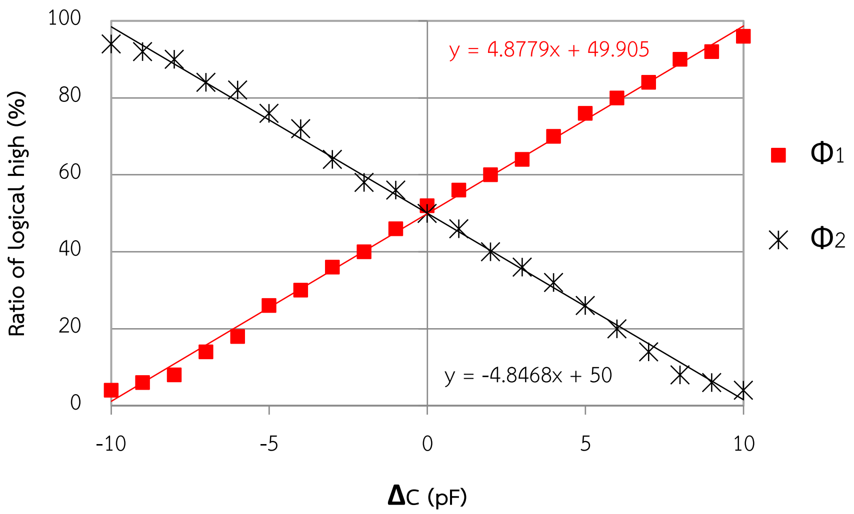


Figure 6 Ratio of logical high in the output for each phase, Φ1 and Φ2 as a function of variation of capacitor (ΔC)

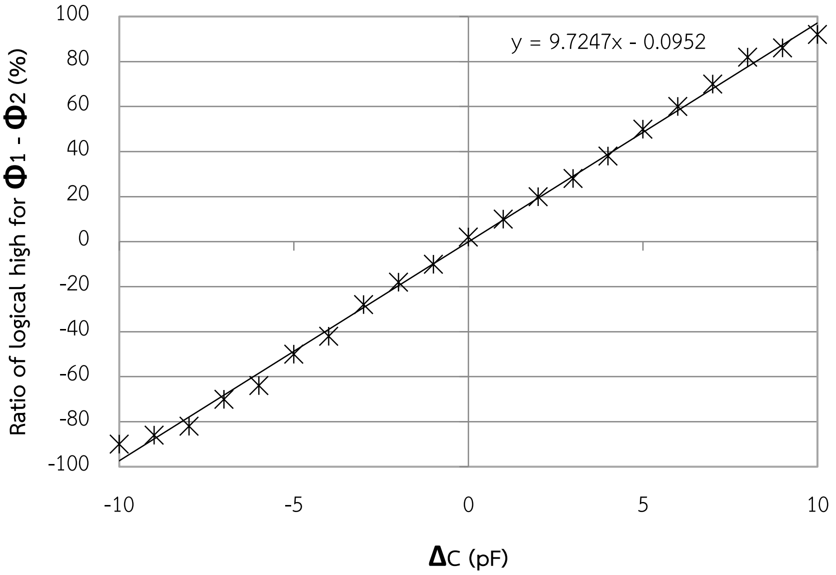


Figure 7 Modulator output as a function of variation of capacitor (ΔC)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จาก Figure 6 จะเห็นได้ว่าความชันของกราฟใกล้เคียงกับค่าทฤษฎี โดยค่าทฤษฎีสามารถคำนวณได้จากสมการ (9) ซึ่งในการทดลองนี้ค่าทฤษฎีคือ ±5

$$\text{Slope}_{\phi_1,\phi_2} = \pm\frac{C_0}{C_{fb}} \qquad (9)$$

สำหรับเกนหรือความชันของกราฟเอาต์พุตมอดูเลเตอร์ใน Figure 7 ที่ได้ พบว่าใกล้เคียงกับค่าทฤษฎี โดยค่าทฤษฎีสามารถคำนวณได้จากสมการ (10) ซึ่งในการทดลองนี้ค่าทฤษฎีคือ 10

$$\text{Gain} = \frac{2C_0}{C_{fb}} \qquad (10)$$

ค่าความผิดพลาดมีค่าสูงสุดโดยประมาณเท่ากับ 0.1% ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (11) และแสดงผลดัง Figure 8

$$\text{Error}(\%) = \frac{|\text{Simulated output} - \text{Theoretical output}|}{\text{Theoretical output}} \times 100 \qquad (11)$$

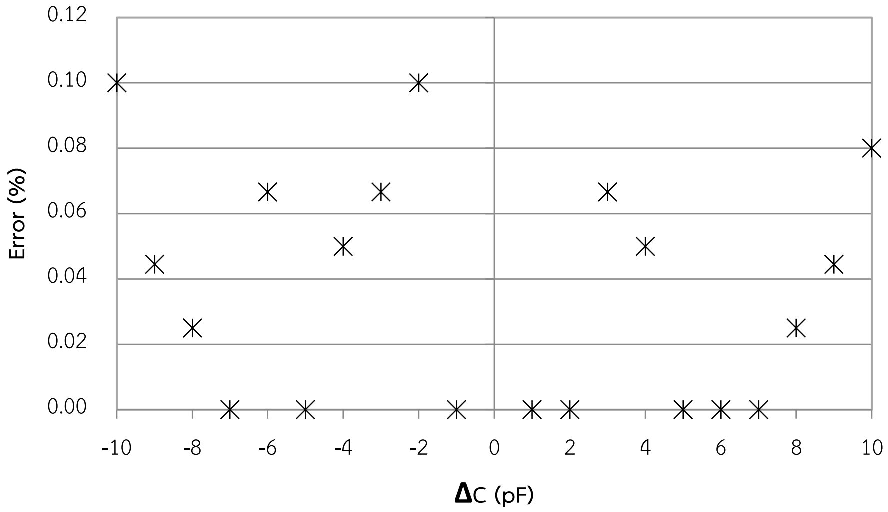


Figure 8 Error between theoretical output and simulated output

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้ได้นำเสนอวงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิตอล สำหรับเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุแบบดิฟเฟอเรนเชียล โดยใช้โครงสร้างของวงจรแปลงชนิดซิกม่าเดลต้า ซึ่งจะประกอบด้วย วงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า วงจรอินทิเกรเตอร์ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ วงจรฟลิปฟลอป และวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อกโดยป้อนกลับแบบเก็บประจุ ผลการจำลองการทำงานวงจรพบว่า วงจรสามารถทำงานได้ตามหลักการที่ออกแบบไว้ โดยมีค่าความผิดพลาดสูงสุดโดยประมาณเท่ากับ 0.1% ที่ค่าความจุไฟฟ้าปกติของเซนเซอร์ (C_0) 100 pF ค่าความจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงสูงสุด (ΔC_{FS}) 10 pF ความถี่อินพุต (F_{in}) 100 Hz ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (F_{clk}) 10 kHz ซึ่งค่าความผิดพลาดสามารถลดลงได้โดยการเพิ่มความถี่ของสัญญาณนาฬิกาให้สูงขึ้น และ/หรือเพิ่มจำนวนคาบของ V_{in} และ $\overline{V_{in}}$

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

Abu_Al_Aish, A., W.A. Salah, M.H.S Alrashdan and B. Abu Zneid. 2020. Design of differential Cylindrical capacitive displacement sensor. **Journal of Electrical and Electronics Engineering** 13,(1): 5-8.

Alhoshany, A., H. Omran, K.N. Salama. 2016. A 45.8 fJ/step, energy-efficient, differential SAR capacitance-to-digital converter for capacitive pressure sensing. **Sens. Actuators A Phys.** 245, 10–18.

Arefin, M.S., J.M. Redouté and M.R. Yuce. 2016. A low-power and wide-range MEMS capacitive sensors interface IC using pulse-width modulation for biomedical applications. **IEEE Sens. J** 16: 6745–6754.

Brookhuis, R., T. Lammerink and R. Wiegerink. 2015. Differential capacitive sensing circuit for a multi-electrode capacitive force sensor. **Sens. Actuators A Phys.** 234: 168-179.

De Marcellis, A., C. Reig and M.D. Cubells-Beltrán. 2019. A capacitance-to-time converter-based electronic interface for differential capacitive sensors. **Electronics** 2019, (8): 80.

Ferri, G., F. Parente and V. Stornelli. 2017. Current conveyor-based differential capacitance analog interface for displacement sensing application. **AUE Int. J. Electron.Commun** 81: 83-91.

Islam, T. 2017. Advanced Interfacing Techniques for the Capacitive Sensors. **Advanced Interfacing Techniques for Sensors** 1(2017): 73-109.

Kim, H., B. Lee, Y. Mun, J. Kim, K. Han, Y. Roh, D. Song, S. Huh and H. Ko. 2018. Reconfigurable sensor analog front-end using low-noise chopper-stabilized delta-sigma capacitance-to-digital converter. **Micromachines (Basel)** 9(7): 347.

Liu, B. 2016. **On-Chip Touch Sensor Readout Circuit Using Passive Sigma-Delta Modulator Capacitance-To-Digital Converter, Master Thesid**. The University of Akron. 26 p.

Nabovati, G., E. Ghafar-Zadeh, M. Mirzaei, G. Ayala-Charca and F. Awwad, M. Sawan. 2015. A new fully differential CMOS capacitance to digital converter for lab-on-chip applications. **IEEE Trans. Biomed. Circuits Syst**. 9: 353–361.

Pallàs-Areny, R. and J.G. Webster. 2001. **Sensors and Signal Conditioning.** 2nd ed. New York: Wiley. 608 p.

Petre, A-R., R. Craciunescu and O. Fratu. 2020. Design, Implementation and Simulation of a FringingField Capacitive Humidity Sensor. **Sensors**, 20, 5644.

Polak, L., R. Sotner, J. Petrzela, J. Jerabek. 2018. CMOS Current Feedback Operational Amplifier-Based Relaxation Generator for Capacity to Voltage Sensor Interface. **Sensors** 2018, 18(12), 4488.

Rao, K.S., W. Samyuktha, D.V. Vardhan et al. 2020. Design and sensitivity analysis of capacitive MEMS pressure sensor for blood pressure measurement. **Microsyst Technol** 26, 2371–2379.

Royo, G., C. Sanchez-Azqueta, C. Gimeno, C. Aldea and S. Celma. 2016. Programmable Low-Power Low-Noise Capacitance to Voltage Converter for MEMS Accelerometers. **Sensors**, 17, 67.

Royo, G., C. Sánchez-Azqueta, C. Gimeno, C. Aldea, S. Celma. 2017. Programmable low-power low-noise capacitance to voltage converter for MEMS accelerometers. **Sensors** 2017, 17, 67.

Sanyal, A. and Sun, N. 2016. A 55fJ/conv-step hybrid SAR-VCO $\Delta\Sigma$ capacitance-to-digital converter in 40nm CMOS. **In Proceedings of the European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC)**, Lausanne, Switzerland, 12–15 September 2016; pp. 385–388.

Sebastian, P., P. P. Narayanan and S. Vijayakumar. 2021. A Switched-Capacitor CVC and CFC for Capacitive Sensors Representable using π-Model. **2021 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC),** pp. 1-6.

Shi, S., B. Wang, and J. Zhu. 2007. Research of Key Technology for High Precision Capacitive Displacement Sensor [J]. **Instrument Technique and Sensor**, vol. 7.

Wei, R., W. Lin, X. Xiao, Q. Chen, and F. Li. 2019. A Large Measurable Range Capacitance-to-Digital Converter for Smart Humidity Sensors. **Micromachines,** 10.

Wei, R., W. Wanjin, X. Xiao, Q. Chen. 2019. A Low-Power Delta-Sigma Capacitance-to-Digital Converter for Capacitive Sensors. in **IEEE Access**, vol. 7, pp. 78281-78288.

Yu, H., L. Zhang, and M. Shen. 2015. Novel capacitive displacement sensor based on interlocking stator electrodes with sequential commutating excitation. **Sensors and Actuators A: Physical**, 94-101.

การจัดทำและเปรียบเทียบสมการปรับเทียบสำหรับเซนเซอร์วัดความชื้นดิน ในสภาพห้องทดลองในดินปลูกข้าวและลำไย

Establishment and Comparison of Laboratory Empirical Calibration Soil Moisture Model of Sensor in Rice and Longan Plantation

ศุภธิดา อ่ำทอง

Suphathida Aumtong

สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Soil Sciences, Faculty of Agricultural Production, MaeJo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: aumtongsuphathida@gmail.com

Abstract

This research aims to present a method for finding the calibration equation of the moisture sensor to prepare the calibration equation of all soil samples. The study of the number of soil samples from the rice planting area consisted of 16 samples (4 locations and 4 depths (0-10, 10-25, 25-70, 70-150 cm)) and the longan planting area had 10 soil samples (2 locations and 4 depths (0-10, 10-30, 30-40 and 40-50 cm)). Then a empirical calibration model was prepared by using 3 soil moisture methods, namely moisture measurement by weight, moisture by volume with the SM150 Soil Moisture Kit and measurement of soil moisture by a moisture sensor. Data were analyzed by the Sigma Plot program to analyze by comparing four types of empirical calibration model: Model1 Linear(f=y0 + a*x), Model 2=Exponential decay (f=a*)exp(-b*x) , Model 3 = Exponential decay (f=y0+a*exp (-b*x), and Model 4 = Hyperbolic decay (f=(a*b)/(b+x)).The collected data of soil moisture sensor conductivity, gravity soil moisture measurement by weight and by volume with the SM150 soil moisture kit is analytical. The squared correlation coefficient (r^2) and the correlation coefficient (r) represent the correlation of the data between the measured value and the predicted value. The statistical results were analyzed using One Way ANOVA, Root Mean Square Error (RMSE), and Ratio of Prediction to Deviation (RPD). Measuring soil moisture from sensors at the same time 128 equations for rice planting soils and 40 equations from longan planting soils were obtained, and the results showed that the appropriate empirical calibration model for the calibration of the sensor measurements was converted to soil moisture by volume and by weight. Model 3 Exponential decay, which is the most suitable model for paddy soil , Meanwhile, for longan soils, Model 1 and 3 were the most suitable for calibrating moisture by volume and weight, respectively.

Keywords: sensor, soil moisture, empirical calibration model, soil moisture by weight, soil moisture by volume

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อต้องการนำเสนอวิธีการหาสมการปรับเทียบของเซนเซอร์วัดความชื้นเพื่อจัดทำสมการปรับเทียบของตัวอย่างดินซึ่งการศึกษาจำนวนตัวอย่างดินจากพื้นที่ปลูกข้าวมี 16 ตัวอย่าง (4 ตำแหน่ง และ 4 ระดับความลึก (0-10, 10-25, 25-70, 70-150 cm)) และพื้นที่ปลูกลำไยมีจำนวนตัวอย่างดิน 10 ตัวอย่าง (2 ตำแหน่ง และ 4 ระดับความลึก (0-10, 10-30, 30-40 และ 40-50 cm)) จากนั้นได้การจัดทำสมการปรับเทียบโดยมีวิธีการความชื้นดิน 3 วิธีการคือ การวัดความชื้นโดยน้ำหนัก การวัดความชื้นโดยปริมาตรด้วย SM150 Soil Moisture Kit และการวัดความชื้นดินโดยวัดจากเซนเซอร์วัดความชื้น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม Sigma Plot เพื่อวิเคราะห์สมการสี่รูปแบบโดยเปรียบเทียบจากใช้สมการ 4 รูปแบบ ได้แก่ Model 1 Linear (f=y0+a*x), Model 2 = Exponential decay (f=a*exp(-b*x) ,Model 3 = Exponential decay (f=y0+a*exp (-b*x) และ Model 4 = Hyperbolic decay (f=(a*b)/(b+x)) ของค่าการนำไฟฟ้าของเซนเซอร์วัดความชื้นกับการวัดความชื้นโดยน้ำหนัก การวัดความชื้นโดยปริมาตรด้วย SM150 Soil Moisture Kit ใช้การวิเคราะห์ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (r^2) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของทิศทางของข้อมูลระหว่างค่าที่วัด (Measured) กับค่าที่ได้รับการปรับเทียบ (Predicted) จากนั้นนำ r, r^2 มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ One way ANOVA ค่ามาตรฐานความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error, RMSE) และ Ratio of Prediction to Deviation (RPD) พบว่าชนิดดินต่างกันเมื่อให้ความชื้นในระดับเท่ากันค่าที่วัดความชื้นจากเซนเซอร์ให้ผลความต่างกันเมื่อเวลาเดียวกัน และการจัดทำสมการปรับเทียบสำหรับดินปลูกข้าวได้ 128 สมการ และดินปลูกลำไยได้ 40 สมการ แต่รูปแบบสมการที่เหมาะสมสำหรับการปรับเทียบค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์เปลี่ยนมาเป็นความชื้นโดยปริมาตรและโดยน้ำหนักสำหรับดินปลูกข้าวได้แก่ Model 3 Exponential decay และสำหรับดินลำไย ได้แก่ Model 1 และ 3 ความเหมาะสมที่สุดในการปรับเทียบมาเป็นความชื้นโดยปริมาตรและน้ำหนัก ตามลำดับ

คำสำคัญ: เซนเซอร์ ความชื้นดิน สมการปรับเทียบ ความชื้นในดินโดยน้ำหนัก ความชื้นในดินโดยปริมาตร

คำนำ

ประเทศไทยกำลังให้ความสนใจและทุ่มเทในการพัฒนาเกษตรแม่นยำ (Precision Farming) ทั้งการทดสอบและพัฒนาโดยนำเทคโนโลยีสาขาต่างๆที่เกี่ยวข้องนำมาเพื่อการพัฒนาองค์ความรู้ด้านนี้กันอย่างกว้างขวาง (Aranyapongpaisan, 2021) เพื่อนำไปใช้ในพื้นที่จริงโดยเฉพาะพื้นที่เกษตรที่มีขนาดใหญ่ การใช้ระบบการตรวจสอบความชื้นดินเป็นเครื่องมืออีกประเภทหนึ่งที่นำมาปรับใช้ในระบบเกษตรแม่นยำ เพื่อตรวจสอบความชื้นดินในแปลงขนาดใหญ่ เช่นเซนเซอร์วัดความชื้นของดินที่พัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ โดยสามารถติดตามความชื้นดินของตำแหน่งที่เซนเซอร์ที่ฝังดินอยู่ รวมทั้งสามารถติดตั้งภายใต้ระบบเครือข่ายไร้สายได้ถึง 100 ตัวที่ติดตั้งไว้ในรัศมี 300 เมตร ค่าความชื้นของดินที่ได้จะถูกบันทึกไว้ในเครื่องเก็บข้อมูลที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต ทำให้ข้อมูลที่ได้สามารถติดตามได้ตรงกับเวลาที่เกิดขึ้นจริงและสามารถดูย้อนหลังได้ด้วยโดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Aumtong, 2020) ซึ่งเป็นวิธีการวัดความชื้นดินอาจจะมีราคาถูกและประหยัดเวลาภายใต้เงื่อนไขที่ผู้ใช้มีความเข้าใจการทำงาน

เซนเซอร์วัดความชื้นนี้อย่างดี โดยค่าความชื้นดินที่แสดงผลอย่างถูกต้องนั้นจำเป็นต้องเข้าใจเกี่ยวกับระบบการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นให้ถูกต้องเสียก่อน หรือตรวจสอบความชื้นเป็นเฉพาะพื้นที่ และจำเป็นต้องทราบสมบัติของดินในตำแหน่งที่เซนเซอร์ฝังไว้นั้นเป็นปัจจัยสำคัญเพราะมีผลต่อรูปแบบสมการปรับเทียบ เพื่อที่จะให้การใช้เซนเซอร์วัดความชื้นดินเกิดประโยชน์ต่อการใช้งานสูงสุด

การจัดทำสมการปรับเทียบของเซนเซอร์เป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อจะนำไปใช้ในปรับค่าที่วัดจากเซนเซอร์เปลี่ยนมาเป็นปริมาณความชื้นของดินตามหลักปฐพีฟิสิกส์เพื่อที่ง่ายต่อความเข้าใจและการประเมินปริมาณน้ำในดิน โดยเฉพาะปริมาณน้ำที่พืชใช้เป็นประโยชน์ได้ถูกต้อง (Seyfried and Murdock, 2004) ตลอดจนเพื่อให้ความมั่นใจว่าการวัดความชื้นของดินโดยเซนเซอร์เป็นค่าวัดได้ถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตามสมบัติของดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดิน เช่น เนื้อดิน หรือความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน รวมทั้งสภาพพื้นที่หรือตำแหน่งที่มีการติดตั้งเซนเซอร์ตำแหน่งเดียวกันแต่ความลึกของดินแตกต่างกัน ก็อาจจะมีสมบัติของดินแตกต่างกันด้วย ซึ่งอาจจะส่งผลการแสดงค่าความชื้นของเซนเซอร์ที่อ่านได้ โดยมีรายงานว่าสมการปรับเทียบที่เกิดจากแต่ละพื้นที่เมื่อนำไปปรับเทียบให้กับเซนเซอร์แล้วจะช่วยลดความผิดพลาดของเซนเซอร์ได้การใช้สมการปรับเทียบที่ได้จากแต่ละพื้นที่จะช่วยให้ค่าความชื้นที่อ่านมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น (Huang *et al*., 2004; Seyfried and Murdock, 2004) ดังนั้น วัตถุประสงค์ในการเสนองานวิจัยครั้งนี้เพื่อจัดทำสมการปรับเทียบที่เหมาะสมของตัวอย่างดินที่ต้องการติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้น และเพื่อนำไปใช้ในการปรับค่าความชื้นที่อ่านจากเซนเซอร์เป็นค่าปริมาณความชื้นทางปฐพีฟิสิกส์

อุปกรณ์และวิธีการ

หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้น:เซนเซอร์วัดความชื้นในดินของ NECTEC หรือศูนย์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติเป็นระบบ Time Domain Response (TDR) มีคุณสมบัติทางด้านเทคนิคของเครื่องได้แก่มีช่วงการวัดที่ 0-100% มีค่าความถูกต้อง: +/- 3% ความละเอียด 0.5% สามารถใช้งานในช่วงอุณหภูมิ 20-50 องศาเซลเซียสส่วนสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์นั้นจะเป็นแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0.5-4 วัตต์ การออกแบบภายนอกของเซนเซอร์วัดความชื้นทำจากเรซิน ส่วนขาของเซนเซอร์วัดความชื้นนั้นมี 2 ขา เรียกว่าแท่งอิเล็กโทรดมีความยาว 3 ซม. ทำจากสแตนเลสแท่งอิเล็กโทรดทำหน้าที่อ่านค่าการนำไฟฟ้าออกมาในหน่วย millivolts (mV) **การเก็บตัวอย่างดินบริเวณจุดติดตั้งสถานีวัดความชื้น :** เก็บตัวอย่างดินพื้นที่ปลูกลำไย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ บริเวณสถานีวัดความชื้น A และ E โดยใช้สว่านเจาะดิน ไว้บนแผ่นผ้าพลาสติกที่อยู่บริเวณปากหลุม การทำเช่นนี้จะช่วยป้องกันไม่ให้ตัวอย่างดินหล่นกลับลงไปในหลุมภายหลังที่สว่านเจาะดิน เก็บที่ระดับความลึกที่เลือก ได้แก่ 0-10, 10-30, 30-40 และ 40-50 cm. ส่วนพื้นที่ปลูกข้าวได้เก็บตัวอย่างดินในตำแหน่ง P01,P02,P03 และ P04 ที่ระดับความลึก 0-10, 10-25, 25-70, 70-150 cm. โดยตัวอย่างดินจะทำการผสมกันในแต่ละระดับความลึก ก่อนที่จะนำไปจัดทำสมการปรับเทียบ จากนั้นนำตัวอย่างดินที่เก็บได้มาตาก บด ร่อนผ่านตะแกรง 2 มม. **การจัดทำสมการปรับเทียบ:**ได้จัดทำในสภาพห้องปฏิบัติที่อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 30-32 C โดยนำตัวอย่างดินจำนวน 32 ตัวอย่างดินมาชั่งใส่ถังอะลูมิเนียมถังละ 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย 3 ซ้ำ จากนั้นเติมน้ำและทำให้ดินอยู่ในสภาพที่ดินอิ่ม (ดินแต่ละชนิดมีความสามารถในการอิ่มตัวด้วยน้ำไม่เท่ากัน ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้จึงไม่เท่ากัน)

จากนั้นทำการวัดความชื้นโดย 3 วิธีการ (1) การหาความชื้นดินเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (%)(oven dried method) (2) การหาความชื้นเปอร์เซอร์โดยปริมาตรโดยวัดจากเซ็นเซอร์วัดความชื้น SM150 Soil Moisture Kit (AT-Delta T Devices,UK) และ (3) การหาความชื้นดินโดยวัดจากเซนเซอร์วัดความชื้น ซึ่งการประเมินความชื้นในแต่ละวิธีของแต่ละตัวอย่างดินจะดำเนินการในเวลาใกล้เคียงกันเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการสูญเสียความชื้น ทำการเก็บข้อมูลความชื้นดินทั้ง 3 วิธีสัปดาห์ละครั้งจนกระทั่งตัวอย่างดินหมด **การวิเคราะห์ข้อมูล:**ทำการเปรียบเทียบความชื้นที่วัดได้จาก 3 วิธีการคือ การวัดความชื้นโดยน้ำหนัก การวัดความชื้นโดยปริมาตรด้วย SM150 Soil Moisture Kit และการวัดความชื้นดินโดยวัดจากเซนเซอร์วัดความชื้น โดยนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Sigma Plot version 12 โดยเลือกสมการ ได้แก่ 4 รูปแบบได้แก่ Model1 Linear(f=y0+a*x), Model 2=Exponential decay (f=a*exp(-b*x) ,Model 3 = Exponential decay (f=y0+a*exp (-b*x), และ Model 4 = Hyperbolic decay (f=(a*b)/(b+x)) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของเซนเซอร์วัดความชื้นกับการวัดความชื้นโดยน้ำหนักและการวัดความชื้นโดยปริมาตรด้วย SM150 Soil Moisture Kit ซึ่งปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักและโดยปริมาตรที่วัดจริง (Measured) ซึ่งจะได้สมการปรับเทียบ (Empirical calibration soil moisture model หรือ Predicted) จากนั้นนำข้อมูลความชื้นโดยน้ำหนักและโดยปริมาตรที่ได้จากสมการปรับเทียบไปวิเคราะห์ระหว่างความชื้นโดยน้ำหนักและโดยปริมาตรที่วัดจริง (Measured) กับความชื้นโดยน้ำหนักและโดยปริมาตรที่ได้จากสมการปรับเทียบโดยใช้การวิเคราะห์ **ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (r^2) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)** เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของทิศทางของข้อมูลระหว่างค่าที่วัด (Measured) กับค่าที่ได้รับการปรับเทียบ (Predicted) จากนั้นนำ r, r^2 มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ One way ANOVA นอกจากนี้ได้นำข้อมูลวัด(Measured) กับค่าที่ได้รับการปรับเทียบ (Predicted) ของแต่ละสมการไปหาค่ามาตรฐานความคลาดเคลื่อน (Root mean square error, RMSE) เพื่อหาสมการที่มีเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ในการปรับเทียบค่าความชื้นที่ได้วัดได้จากเซนเซอร์ไปสู่ค่าความชื้นโดยปริมาตรและค่าความชื้นโดยน้ำหนักต่อไป ซึ่งค่า RMSE ของสมการใดยิ่งมีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงสมการปรับเทียบจะมีความแม่นยำมากกว่าสมการที่มีค่า RMSE ที่มีค่าสูงกว่า และวิเคราะห์ค่า **Ratio of Prediction to Deviation (RPD)** ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) หารด้วยค่า RMSE ซึ่งเป็นค่าที่สามารถอธิบายถึงความถูกต้องของสมการปรับเทียบที่ได้ **การวิเคราะห์ดิน:** อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter, SOM) (Walkley and Black, 1947) การกระจายของอนุภาคดินโดยสารละลายแคลกอนแล้วนำไปประเมินเนื้อดิน

ผลการวิจัย

1.ปริมาณของอินทรียวัตถุในดิน (SOM) และชนิดของเนื้อดินของดินตัวอย่าง

ปริมาณ SOM ในดินชั้นบนมีแนวโน้มมากกว่าดินชั้นล่างและพบว่าที่ตำแหน่งเซนเซอร์ PR01,PRO2, PR03 และ PR04 มีค่าระหว่าง 0.45–1.70 % , (0.16–0.81) % และ 0.61–1.36 % และ 0.53–1.55 % ตามลำดับ สำหรับดินปลูกลำไยที่ตำแหน่ง A และ E ปริมาณ SOM ระหว่าง 0.51–1.45 % และ 0.32–0.59 % **ตามลำดับ (Table 1) สำหรับเนื้อดินของตัวอย่างดินพบว่า** เซนเซอร์ PR01 มีเนื้อดินที่ความลึก 0–75 ซม. เป็นดินร่วนเหนียว (Clay loam) ที่ความลึก 75

– 150 ซม. เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) เซนเซอร์ PR02 มีเนื้อดินที่ความลึก 0–75 ซม. เป็นดินร่วนทราย (Sandy loam) ที่ความลึก 75–150 ซม. เป็นดินทรายปนร่วน (Loamy sand) เซนเซอร์ PR03 มีเนื้อดินที่ความลึก 0–15 ซม. เป็นดินเหนียวปนทราย (Sandy clay) ที่ความลึก 15–25 ซม. เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ที่ความลึก 25-75 ซม. เป็นดินเหนียวปนทราย (Sandy clay) และที่ความลึก 75–150 ซม. เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) เซนเซอร์ PR04 มีเนื้อดินที่ความลึก 0–15 ซม. เป็นดินร่วนเหนียว (Clay loam) ที่ความลึก 15–25 ซม. เป็นดินเหนียว (Clay) ที่ความลึก 25-150 ซม. เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) และเซนเซอร์ดินปลูกลำไยทั้ง A และ E ที่ความลึก 0–150 ซม. เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย(Sandy Clay Loam) ทั้งหมด

Table 1 Soil chemical and physical properties of soil samples for establish empirical model

Sensor	Depth (cm)	SOM (%)	Particle distribution (%)			
			sand	Silt	clay	Soil texture
PR01	0-15	1.70	39.16	23.08	37.76	Clay Loam
	15-25	0.65	29.16	33.08	37.76	Clay Loam
	25-75	0.60	31.16	30.08	38.76	Clay Loam
	75-150	0.45	48.16	23.08	28.76	Sandy Clay Loam
PR02	0-15	0.81	73.16	13.08	13.76	Sandy Loam
	15-25	0.33	75.16	11.08	13.76	Sandy Loam
	25-75	0.20	77.16	11.08	11.76	Sandy Loam
	75-150	0.16	87.16	3.08	9.76	Loamy Sand
PR03	0-15	1.36	45.16	18.08	36.76	Sandy Clay
	15-25	0.94	51.16	17.08	31.76	Sandy Clay Loam
	25-75	0.76	71.16	11.08	17.76	Sandy Clay
	75-150	0.61	75.16	3.08	21.76	Sandy Clay Loam
PR04	0-15	1.55	35.16	27.08	37.76	Clay Loam
	15-25	1.41	37.16	21.08	41.76	Clay
	25-75	0.54	67.16	7.08	25.76	Sandy Clay Loam
	75-150	0.53	57.16	9.08	33.76	Sandy Clay Loam

Table 1 (Continued)

Sensor	Depth (cm)	SOM (%)	Particle distribution (%)			
			sand	Silt	clay	Soil texture
A	0-10	1.45	55.88	21.28	22.84	Sandy Clay Loam
	10-30	0.48	56.88	15.28	27.84	Sandy Clay Loam
	30-40	0.46	57.88	14.28	27.84	Sandy Clay Loam
	40-50	0.51	57.24	14.28	28.48	Sandy Clay Loam
E	0-10	0.59	58.24	14.28	27.48	Sandy Clay Loam
	10-30	0.51	57.24	14.28	28.48	Sandy Clay Loam
	30-40	0.54	61.24	11.28	27.48	Sandy Clay Loam
	40-50	0.32	60.24	11.28	28.48	Sandy Clay Loam

2. การจัดทำสมการปรับเทียบของดินปลูกลำไย :จากการวิเคราะห์จัดทำสมการปรับเทียบ (Empirical calibration model) ของเซนเซอร์วัดความชื้นของ NECTEC นี้ เพื่อหาสมการที่เหมาะสมโดยเปลี่ยนค่าการน้ำไฟฟ้าที่วัดได้โดยเซ็นเซอร์ไปเป็นปริมาณความชื้นทั้งโดยปริมาตรและโดยน้ำหนักโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ในแต่ละจุดพื้นที่ติดตั้งเซ็นเซอร์และทุกระดับความลึกของดิน พบว่า Model 3 (f=y0+a*exp(-b*x)) มีค่า RMSE ระหว่าง 2.57-6.20 % (เฉลี่ย 4.45%) โดยปริมาตร และ Model 1 (f=y0+a*x) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.06-6.17 % โดยปริมาตร ซึ่งต่ำกว่า Model 2 และ 4 แต่เมื่อพิจารณาค่า RPD พบว่า Model 3 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.76 ในขณะที่ Model 1 มีค่า RPD เพียง 2.88 สำหรับค่าสัมประสิทธ์ (r) พบว่า Model 3,1 มีใกล้เคียงกันและสูงกว่า Model 2 และ 4 ทั้งการปรับเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตรและน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบ ดัง (Table 1 และ 2 และ Figure 1 และ 2)

Table 2 Comparison of the Root mean square error (RMSE), standard deviation and RPD of 4 empirical calibration model for estimation of soil water content **by volume** from longan plantation with various soil depth

Soil	Depth	Model 1			Model 2			Model 3			Model 4		
	(cm)	RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD
A	0-10	6.14	11.71	1.91	6.16	11.71	1.9	5.99	11.71	1.95	8.12	11.71	1.44
A	10-30	6.17	11.68	1.89	6.62	11.68	1.77	6.20	11.68	1.88	10.63	11.68	1.1
A	30-40	4.91	10.8	2.2	5.56	10.45	1.88	4.88	10.79	2.21	9.07	3.51	0.39
A	40-50	5.64	10.77	1.91	7.16	10.77	1.5	5.71	10.77	1.88	7.9	10.77	1.36

Table 2 (Continued)

Soil	Depth	Model 1			Model 2			Model 3			Model 4		
	(cm)	RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD
E	0-10	2.54	11.87	4.68	3.29	11.87	3.61	2.57	11.87	4.61	6.14	11.87	1.93
E	10-30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
E	30-40	3.09	12.36	4.01	3.75	12.36	3.3	3.06	12.36	4.04	7.43	12.36	1.66
E	40-50	3.06	10.94	3.58	3.84	10.94	2.85	3.2	10.94	3.42	7.11	10.94	1.54
Mean		**4.44**	**11.46**	**2.88**	**5.12**	**11.41**	**3.36**	**4.45**	**11.46**	**8.76**	**8.06**	**10.44**	**1.35**

ND = not available data

Table 3 Comparison of the Root mean square error (RMSE), standard deviation and RPD of 4 empirical calibration model for estimation of soil water **content by weight** from longan plantation with various soil depth

Soil depth		Model 1			model 2			Model 3			Model 4		
(cm)		RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD
A	0-10	4.77	12.07	2.53	4.15	12.07	2.91	3.96	12.07	3.05	6.27	12.07	1.92
	10-30	3.39	9.46	2.79	3.65	9.46	2.59	2.63	9.46	3.6	6.85	9.46	1.38
	30-40	2.82	10.12	3.58	2.47	10.12	4.11	2.17	10.12	4.66	7.52	10.12	1.35
	40-50	4.7	9.95	2.12	6.34	9.95	1.57	4.71	9.95	2.11	7.46	9.95	1.33
E	0-10	1.72	11.29	6.56	2.42	11.29	4.66	1.65	11.29	6.83	6.08	11.29	1.86
	10-30	3.83	10.8	2.82	2.65	10.8	4.07	2.58	10.8	4.18	7.65	10.8	1.41
	30-40	2.09	9.81	4.69	2.52	9.81	3.9	1.85	9.81	5.3	7.24	9.81	1.35
	40-50	1.57	9.85	6.28	2.99	9.85	3.29	1.6	9.85	6.17	7.1	9.85	1.39
Mean		**3.11**	**10.42**	**3.92**	**3.40**	**10.42**	**3.39**	**2.64**	**10.42**	**4.49**	**7.02**	**10.42**	**1.50**

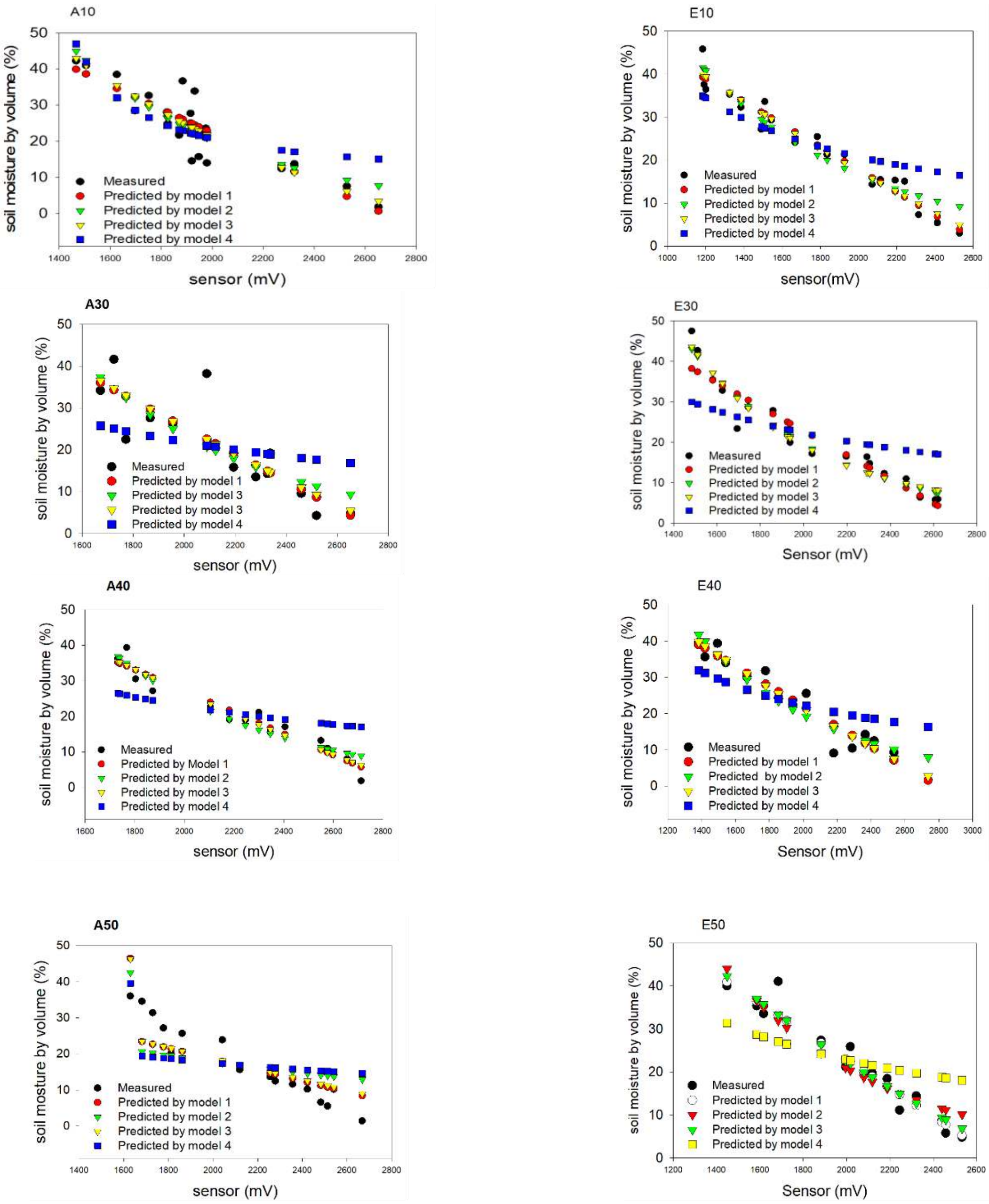


Figure 1 Empirical calibation model for estimate soil water content by (volume) from conveting of measured soil conductance by soil moisture sensor (NECTEC) where studied at longan plantation with various of soil depth

สำหรับดินปลูกลำไยในการศึกษาครั้งนี้พบว่าจากตารางที่ 2 และ 3 การปรับเทียบความชื้นโดยปริมาตร (by volume) พบว่า RMSE ค่าต่ำสุดคือ Model 1 และสำหรับการปรับเทียบความชื้นโดยน้ำหนัก (by weight) พบว่า RMSE ค่าต่ำสุดคือ Model 3 ดังนั้น Model 1 และ 3 ทั้งสองจึงความเหมาะสมที่สุดในการปรับเทียบมาเป็นความชื้นโดย

ปริมาตรและน้ำหนัก ตามลำดับ เพื่อให้ค่าความชื้นที่ประเมินออกมามีค่าถูกต้อง โดยจากพิจารณาข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่า RMSE ถึงแม้ค่า r จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ข้อมูลไม่ได้นำเสนอ) แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่า RMSE นั้น เห็นได้ว่า Model 3 สามารถนำมาใช้ในการปรับเทียบมาเป็นความชื้นจากการวัดความชื้นของดินด้วยเซนเซอร์ จะทำให้ได้ปริมาณความชื้นในดินโดยน้ำหนักและโดยปริมาตรได้เหมาะสมที่สุดในดินแต่ละชนิดและทุกระดับความลึกของดินปลูกลำไยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

2. การจัดทำสมการปรับเทียบของดินปลูกข้าว :เมื่อนำค่าปริมาณความชื้นทั้งโดยน้ำหนักและโดยปริมาตรที่ได้จาก Model ทั้ง 4 รูปแบบเพื่อหาความสัมพันธ์ปริมาณความชื้นทั้งโดยน้ำหนักและโดยปริมาตร เพื่อหาสมการที่เหมาะสมโดยเปลี่ยนค่าการน้ำไฟฟ้าที่วัดได้โดยเซ็นเซอร์ไปเป็นปริมาณความชื้นโดยปริมาตรและโดยน้ำหนักโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ในแต่ละจุดพื้นที่ติดตั้งเซ็นเซอร์และทุกระดับความลึกของดิน พบว่าถึงแม้ว่า Model 1, 2,3 และ 4 มีความแตกต่างกันที่สถิติ ซึ่ง Model 1 และ 3 ค่อนข้างมีความชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับ Model อื่นๆ สำหรับใช้การปรับเทียบให้เป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตรและน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ (Measured) (Table 3 and Figure 3) จึงต้องไปพิจารณาค่า RMSE และค่า RPD เพิ่มเติม แต่อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นรูปแบบสมการแบบใดก็มีโอกาสเกิดความผิดพลาดของข้อมูลได้ (Rowlandson et al.,2013)

Table 4 The mean values of r and r^2 and results of statically analysis from difference empirical calibration models

Model	R	R^2	R	R^2
	Soil moisture by volume		Soil moisture by weight	
Wet soils				
f=(a×b)÷(b+x)	0.8231 C	0.6786 C	0.9483 A	0.8993 A
f=a×exp(-b×x)	0.9744 A	0.9497 A	0.9479 A	0.8913 A
f=y0+a×exp(-b×x)	0.9773 A	0.9552 A	0.9427 B	0.8171 B
f=y0+a×x	0.9459 B	0.895 B	0.9026 C	0.5974 C
Dried soils				
f=(a×b)÷(b+x)	0.7324 B	0.5583 B	0.7263 B	0.5336 B
f=a×exp(-b×x)	0.9010 A	0.8184 A	0.9324 A	0.8743 A
f=y0+a×exp(-b×x)	0.9282 A	0.8647 A	0.9324 A	0.9209 A
f=y0+a×x	0.9259 A	0.8602 A	0.9492 A	0.9023 A

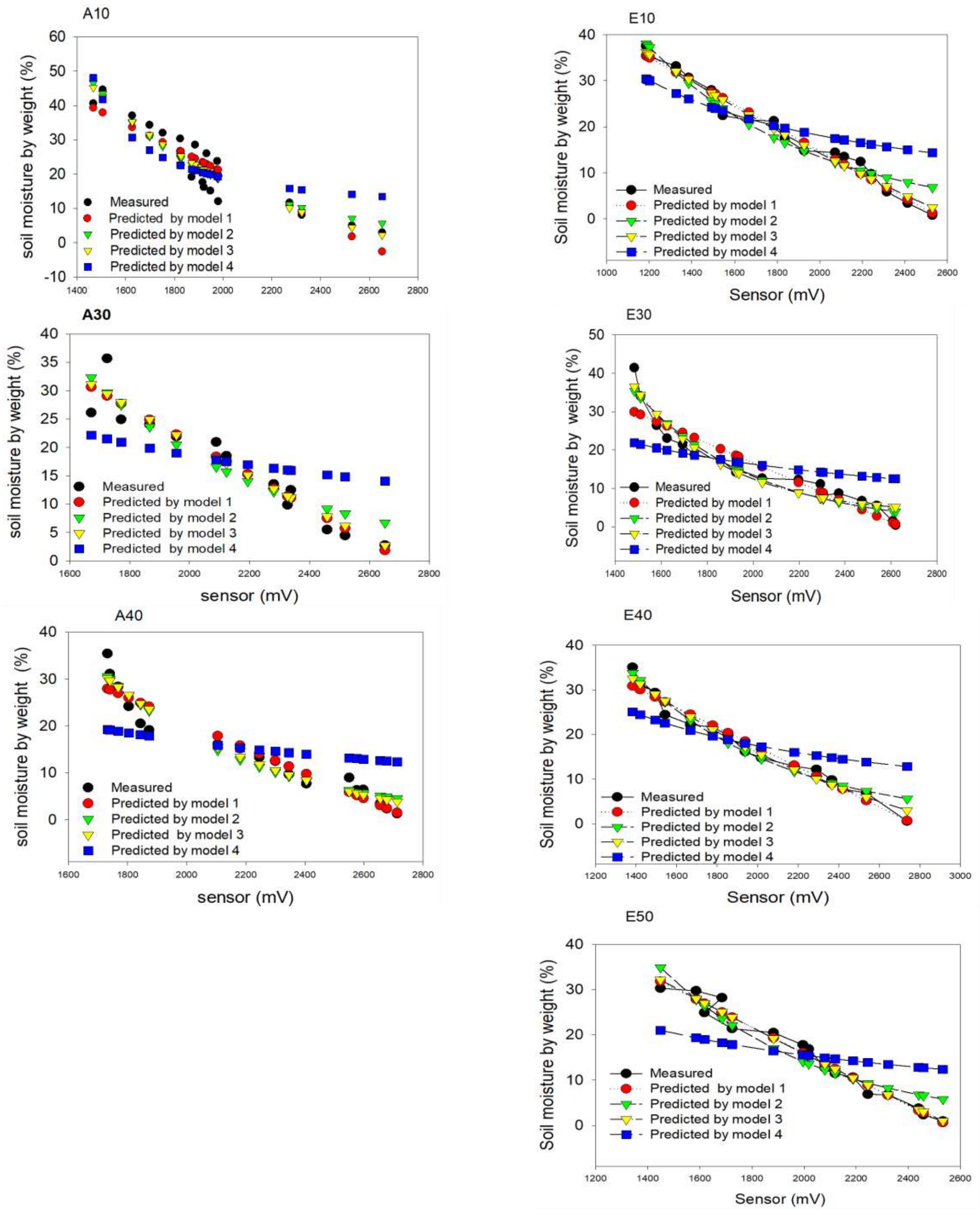


Figure 2 Empirical calibation model for estimate soil water content by (weight) from conveting of measured soil conductance by soil moisture sensor (NECTEC) where studied at longan plantation with various of soil depth

ผลการศึกษาพบว่า Model 3 มีค่า RMSE ต่ำที่สุด (ในทุกตัวอย่างดิน (ทุกพื้นที่แต่ละจุดและทุกระดับความลึกของดิน) ดังนั้น Model 3 มีความเหมาะสมที่สุดในการที่ใช้ปรับเทียบความชื้นที่ได้โดยวัดเซนเซอร์มาเป็นความชื้นโดยปริมาตรและน้ำหนักซึ่งจะให้มีค่าถูกต้องที่สุด (Table 4)

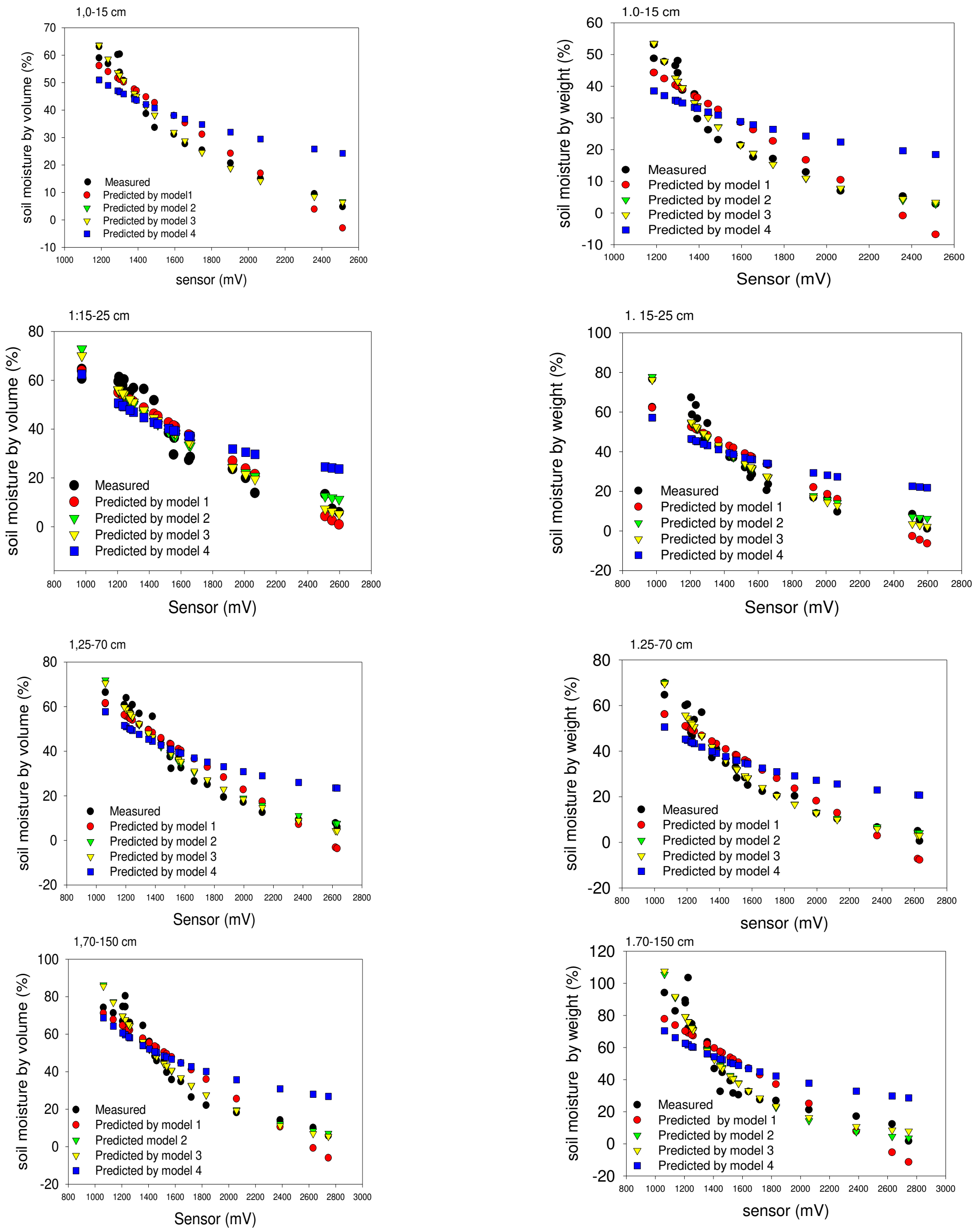


Figure 3 Empirical calibation model for estimate soil water content by (weight) from converting of measured soil conductance by soil moisture sensor (NECTEC) where studied at paddy field with various of soil depth.

Table 5 Comparison of the Root mean square error (RMSE), Standard deviation (SD) and RPD of 4 empirical calibration models for estimation of soil moisture by volume and by weigh of paddy soil samples

Soil	Soil moisture	soil depth	RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD	RMSE	SD	RPD
			Model1			Model2			Model 3			Model 4		
01	Volume	0-15	6.294	18.739	2.977	5.090	18.739	3.682	3.072	18.739	6.101	11.096	18.739	1.689
		15-25	6.899	19.349	2.805	6.607	19.349	2.929	5.920	19.349	3.269	11.040	19.349	1.753
		25-75	1.143	20.513	16.931	4.911	20.513	3.940	4.656	20.513	4.156	2.052	20.513	9.432
		75-150	9.909	23.207	1.953	5.983	23.207	3.234	5.945	23.207	3.255	4.882	23.207	3.963
	Weight	0-15	7.618	16.723	2.195	4.941	16.723	3.385	2.923	16.723	5.721	12.221	16.723	1.368
		15-25	8.570	21.765	2.540	5.846	21.765	3.723	5.588	21.765	3.895	12.493	21.765	1.742
		25-75	7.773	20.577	2.800	3.742	20.577	5.817	3.710	20.577	5.866	11.929	20.577	1.824
		75-150	15.360	29.306	1.417	9.006	29.306	2.417	8.855	29.306	2.458	18.739	29.306	1.161
02	Volume	0-15	8.942	21.765	2.434	5.846	21.765	3.723	5.588	21.765	3.895	12.256	21.765	1.776
		15-25	5.527	22.354	4.045	3.906	22.354	5.723	3.445	22.354	6.489	13.524	22.354	1.653
		25-75	M	13.111	M	3.328	13.111	3.940	1.672	13.111	7.841	3.363	13.111	3.898
		75-150	3.359	14.403	4.288	4.492	14.403	3.206	0.705	14.403	20.437	1.253	14.403	11.493
	Weight	0-15	5.185	14.975	2.888	5.881	14.975	2.546	4.621	14.975	3.240	9.845	14.975	1.521
		15-25	3.259	10.481	3.217	3.874	10.481	2.706	3.314	10.481	3.163	6.997	10.481	1.498
		25-75	1.981	9.200	4.644	2.497	9.200	3.685	1.999	9.200	4.603	5.887	9.200	1.563
		75-150	2.074	7.109	3.428	2.330	7.109	3.052	2.165	7.109	3.284	3.284	7.109	3.052
03	Volume	0-15	7.677	23.135	3.014	3.555	23.135	6.507	3.485	23.135	6.638	12.446	23.135	1.859
		15-25	8.250	22.279	2.701	6.129	22.279	3.635	6.129	22.279	3.635	11.691	22.279	1.906
		25-75	6.507	18.475	2.839	4.203	18.475	4.396	4.110	18.475	4.495	12.536	18.475	1.474
		75-150	4.570	17.567	3.844	3.845	17.567	4.569	3.822	17.567	4.596	10.250	17.567	1.714

Table 5 (Continued)

Soil	Soil moisture	soil depth	RMSE (Model1)	SD (Model1)	RPD (Model1)	RMSE (Model2)	SD (Model2)	RPD (Model2)	RMSE (Model 3)	SD (Model 3)	RPD (Model 3)	RMSE (Model 4)	SD (Model 4)	RPD (Model 4)
	Weight	0-15	8.837	21.020	2.379	5.358	21.020	3.923	5.015	21.020	4.191	12.150	21.020	1.730
		15-25	12.312	24.654	2.002	9.880	24.654	2.495	9.636	24.654	2.558	13.589	24.654	1.814
		25-75	7.187	9.922	1.381	25.878	9.922	0.383	7.233	9.922	1.372	7.815	9.922	1.270
		75-150	9.273	14.745	1.590	36.695	14.745	0.402	9.071	14.745	1.625	10.718	14.745	1.376
04	Volume	0-15	6.629	20.211	3.049	3.746	20.211	5.396	3.745	20.211	5.397	11.120	20.211	1.818
		15-25	8.029	22.864	2.848	3.385	22.864	6.755	3.256	22.864	7.021	11.917	22.864	1.919
		25-75	4.738	17.707	3.737	3.280	17.707	5.399	3.214	17.707	5.509	10.159	17.707	1.743
		75-150	6.181	21.886	3.541	3.320	21.886	6.591	3.321	21.886	6.590	8.630	21.886	2.536
	Weight	0-15	8.378	20.359	2.430	5.490	20.359	3.708	5.418	20.359	3.758	12.135	20.359	1.678
		15-25	10.221	25.711	2.516	6.484	25.711	3.965	6.484	25.711	3.965	14.917	25.711	1.724
		25-75	6.443	15.092	2.342	4.965	15.092	3.040	4.717	15.092	3.200	11.214	15.092	1.346
		75-150	6.434	16.880	2.623	3.056	16.880	5.523	2.889	16.880	5.842	10.028	16.880	1.683

จะเห็นได้ว่ารูปแบบสมการเปรียบเทียบขึ้นอยู่กับตัวอย่างดินและสมบัติของดินแต่ละระดับความลึก จากการพิจารณาค่า RMSE และค่า PRD จึงได้สมการต่างๆ จากการใช้ Model 3 เป็นสมการที่เหมาะสมสำหรับการปรับความชื้นของดินในหน่วย % ความชื้นโดยน้ำหนัก และ % ความชื้นโดยปริมาตรและจากข้อสังเกตพบว่าเนื้อดินละเอียดมีค่าความชัน (slope,(a))และค่าประสิทธิ์ (y0) สูงกว่าดินเนื้อหยาบ

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้การติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นที่ใช้ระดับความลึกที่แตกต่างกันของข้าวและลำไยนั้น เนื่องจากพื้นที่การปลูกพืชทั้งสองนี้อยู่ในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันประกอบกับลักษณะการกำเนิดดินที่แตกต่างกันด้วย พื้นที่ปลูกข้าวเป็นดินที่เกิดจากตะกอนดินและเป็นที่ลุ่มจึงทำให้ความลึกของดินมากกว่าดินปลูกลำไย ซึ่งในการศึกษาครั้งผู้วิจัยได้พื้นที่ปลูกข้าวลำไยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ซึ่งมีความหนาของดินที่ไม่ลึกมากมีเพียงประมาณ (50 cm) ดังนั้น สภาพพื้นที่ ความลึกของดิน และชนิดพืช อาจเป็นปัจจัยร่วมเพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาในการติดตั้งเซนเซอร์ด้วย นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้ได้การจัดทำสมการปรับเทียบสำหรับเซนเซอร์วัดความชื้นหน่วยงานต่างเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญและควรที่จัดทำในระดับแปลงย่อยด้วยเพราะสมการปรับเทียบทุกรูปแบบมีโอกาสผิดพลาดได้สูงต่ำแตกต่างกันไป

(Rowlandson *et al.,* 2013) สำหรับเซนเซอร์วัดความชื้นของดินที่มีการผลิตจากหน่วยงานก่อนที่จะให้ผู้ใช้งานนำไปใช้ รวมทั้งสมการปรับเทียบต่างๆ เหล่านี้จะมีรูปแบบแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสมบัติของดินในตำแหน่งที่เซนเซอร์ไปใช้งานอยู่เป็นสำคัญอีกด้วยๆ (Cosh *et al*., 2005) เช่น รูปแบบการปลูกพืช ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และการกระจายของกลุ่มอนุภาคดินหรือเนื้อดินของแต่ละตัวอย่างดินมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของตำแหน่งและความลึกของตัวอย่างดิน (Rowlandson *et al*., 2013) จะมีผลต่อการควบคุมการดูดยึดน้ำและปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของน้ำในดินของตัวอย่างดินนั้นๆ ดังนั้น การติดตั้งเซนเซอร์เพื่อที่วัดความชื้นในดินจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องพิจารณาประเด็นต่างๆ เหล่านี้เพื่อให้ค่าความชื้นของดินที่ได้มีความถูกต้องและมีความสะดวกในการนำตัวเลขที่อ่านจากเซนเซอร์นั้นมาใช้ประโยชน์ เพราะถ้าเซนเซอร์วัดความชื้นของดินไม่ได้แสดงผลในปริมาณความชื้นตามหลักมาตรฐานของปริมาณความชื้นในดินที่มีการนำเสนอตามหลักด้านปฐพีฟิสิกส์ก็อาจจะมีปัญหาสำหรับการใช้งานได้ นอกจากนี้ สำหรับผู้ใช้ที่ซื้อเซนเซอร์วัดความชื้นจากแหล่งต่าง ๆ จำเป็นต้องเข้าใจและทราบว่าเซนเซอร์ที่ซื้อมานั้นจำเป็นหรือได้ผ่านการปรับเทียบเป็นปริมาณความชื้นมาแล้วหรือไม่ เพื่อสามารถนำอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ในสำหรับการวางแผนการให้น้ำสำหรับพืชต่อไป จากการศึกษาครั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าสมบัติของดิน เช่น เนื้อดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ของตัวอย่างดินมีผลต่อรูปแบบสมการปรับเทียบ(ข้อมูลไม่ได้นำเสนอ) นอกจากนี้ ควรที่จะมีการศึกษาสภาพพื้นที่แปลงเกษตรที่แท้จริง เช่น สภาพพื้นที่เป็นพื้นที่ลุ่มหรือที่ดอน หรือความแปรปรวนของสมบัติของดินในพื้นที่นั้นเป็นปัจจัยหลักในการใช้สมการปรับเทียบจะสามารถแสดงค่าได้ถูกต้องและแม่นยำสูงหรือต่ำเมื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ (y0) และค่าความชัน (a) จะได้สมการปรับเทียบของตัวอย่างดินต่าง ๆ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาสภาพพื้นที่ของตัวอย่างดินที่นำมาศึกษา จึงนับว่าเป็นปัจจัยร่วมที่สำคัญที่ใช้ประเมินความชื้นของดินของเซนเซอร์ที่จะนำไปติดตั้งด้วย ดังนั้น อาจจะมีการประเมินในพื้นที่ที่จำกัดหรือเป็นการวัดในแบบที่เรียกว่า *In situ* ซึ่งการใช้ Wireless sensor network (WSN) สำหรับวัดความชื้นของดินที่ความลึกต่าง ๆ เพื่อการใช้สำหรับเกษตรแม่นยำหรือการจัดการน้ำแบบเฉพาะที่ site specific water management โดยปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นจะขึ้นสมบัติของดิน ณ ตำแหน่งนั้น เช่น ชนิดของเนื้อดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Jacobsen and Schjønning, 1993) เป็นต้น นอกจากนี้ กระบวนการจัดทำสมการปรับเทียบจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งโดยพิจารณาสมบัติของดินที่มีการติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้น ซึ่งเป็นไปตามใช้แนวคิดการจัดการผลผลิตแบบระบุพื้นที่ (Site Specific Crop Management) โดยเซนเซอร์วัดความชื้นเป็นการทำงานแบบ in situ หรือเฉพาะพื้นที่เล็ก ๆ เท่านั้น สำหรับการศึกษาที่ควรดำเนินการต่อไปเช่น การทดสอบสมการปรับเทียบที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ในระดับแปลงเกษตรและการจัดทำสมการปรับเทียบในแปลงเกษตรกรที่คาดว่าจะมีปัจจัยที่มีผลต่อสมการปรับเทียบเพิ่มขึ้น เช่น สภาพพื้นที่ การระบายน้ำ เป็นต้น ดังนั้นจึงสรุปว่า รูปแบบสมการปรับเทียบที่เหมาะสมที่ถูกพัฒนาขึ้นในสภาพห้องทดลองสำหรับการปรับเทียบค่าความชื้นที่วัดได้จากเซนเซอร์สำหรับดินปลูกข้าวเพื่อใช้ปรับมาเป็นความชื้นโดยปริมาตรและโดยน้ำหนักได้แก่สมการแบบ Model 3;Exponential decay (3 parameters) และสำหรับดินลำไยนั้น Model 1 และ 3 ทั้งสองจึงความเหมาะสมที่สุดในการปรับเทียบมาเป็นความชื้นโดยปริมาตรและน้ำหนัก ตามลำดับ จากรูปแบบสมการที่มีความเหมาะสมที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ โดยพิจารณาค่า RMSE ต่ำสุดในทุกตัวอย่างดินของดินปลูกข้าวและลำไยซึ่งสอดคล้องกับค่า RPD แสดงค่าสูงสุด จากการศึกษาครั้งนี้กล่าวได้ว่าการใช้เซนเซอร์ความชื้นของดินสามารถได้ข้อมูลความชื้นของดินตรงกับความเป็นจริงของพื้นที่นั้นมีศักยภาพในการนำไปใช้ร่วมกับระบบการให้น้ำของพืชได้ แต่

อย่างไรก็ตามควรมีการจัดทำสมการปรับเทียบในระดับแปลงเกษตรด้วย และในการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อประเมินความชื้นของดินควรจัดทำสมการปรับเทียบทุกครั้งเนื่องจากสมบัติของดินมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Aranyapongpaisan, D. 2021. **Precision agriculture integrated technology in digital agriculture.** [Online]. Available (12 September 20251). https://www.lib.ku.ac.th/2019/index.php/covid-19/1131-precisionagriculture

Aumtong, S. 2020. **Evaluation of soil moisture sensor for water management of crop plantations**. 67 p. *In* Final Report National Research Council of Thailand. Chiang Mai: Maejo University.

Cosh, M.H., T. Jackson, R. Bindish J.S. Famiglietti and D.Ryu. 2005. Calibration of an impedance probe for estimation of surface soil water content over large regions. **Journal of Hydrology** 311: 49-58

Jacobsen, O.H. and P. Schjønning. 1993. A laboratory calibration of time domain reflectometry for soil water measurement including effects of bulk density and texture. **Journal of Hydrology** 151: 147-157.

Huang, Q., O.O. Akinremi, R. Sri Rajan and P. Bullock. 2004. Laboratory and field evaluation of five soil water sensors. **Canadian Journal of Soil Science** 84; 431-438.

Rowlandson, T.L., A.A. Berg, P.R. Bullock, O.E. RoTimi, H. McNairn, G. Wiseman and M.H. Cosh. 2013. Evaluation of several calibration procedures for a portable soil moisture sensor. **Journal of Hydrology** 498: 335-344. pp.

Seyfried M.S, and M.D. Murdock. 2004. Measurement of soil water content with a 50-MHz soil Dielectric Sensor. **S Soil Science Society American Journal** 68: 394-403.

Walkley and Black (1947)   1947.   A critical examination of a rapid method for determination of organic carbon in soils effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. **Soil Science.** 63(4), 251-257.

Session 7

ภาคบรรยาย

การเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมในระดับ Advance Yield Trial ที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกหลังการทำนาในจังหวัดภาคเหนือตอนบน

Advance Yield Trial of Field Corn Hybrids for Growing after Rice Harvesting in the Upper Northern Provinces

บุญฤทธิ์ สินค้างาม* และวีรพงษ์ วรรณสมพร

Bunyarit Sinkamgam* and Weerapong Wanasomporn

สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

Agricultural Science, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, Thailand 56000

*Corresponding author: bunyarit.sin@gmail.com

Abstract

Hybrid corn breeding project for after rice harvesting area has carried out since LR season in 2015. The plant breeding has researched and developed in the areas of four provinces, viz., Phayao, Chiang Rai, Phrae and Nan. For inbred lines development, ninety-one S_6 lines were generated. They were directly crossed with six testers (consisted of Takfa1, Takfa2, Ki48, Ki60, UPMi1 and UPMi2). Resulted in, 439 testcross hybrids were generated. Screening yield trial, the effectively hybrids were sowed in 2017ER and selected. Then trials preliminary yield and advance yield trial were respectively performed in 2018D and 2019D each of four provinces. The fifty-one selected hybrids were planted in four locations in dry season 2019. They consisted of forty medium and eleven early maturity varieties along with thirteen check varieties in RCB and two replications. As a results at four provinces, Phayao, Chiang Rai, Phrae and Nan averaged yield equal to 1,372, 1,524, 1,277 and 1,047 kg/rai. The top five hybrids highest yield in Phayao were UPF29, UPF21, UPF27, UPF22 and UPF45 equal to 1,491, 1,366, 1,366, 1,328 and 1,312 kg/rai (thirteen checks averaged 1,231 kg/rai). Chiang Rai were UPF29, UPF17, UPF12, UPF18 and UPF19 (1,730, 1,489, 1,471, 1,466 and 1,462 kg/rai). Likewise, the checks were averaged 1,341 kg/rai. Phrae were UPF29, UPF27, UPF7, UPF51 and UPF33, viz., 1,469, 1,339, 1,237, 1,178 and 1,162 kg/rai (thirteen checks were 1,026 kg/rai). Finally, Nan were UPF29, UPF26, UPF3, UPF45 and UPF18 equal to 1,151, 1,070, 1,065, 980 and 971. Meanwhile, the checks were averaged 843 kg/rai.

Keywords: field corn, after rice, upper northern, hybrids, yield

บทคัดย่อ

การสร้างพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อปลูกในพื้นที่หลังทำนาในฤดูปลายฝนปี 2558 โดยวิธี Testcross สายพันธุ์แท้ 91 สายพันธุ์ ผสมกับ 6 สายพันธุ์ทดสอบ ได้แก่ ตากฟ้า1 ตากฟ้า3 Ki48 Ki60 UPMi1 และ UPMi2 ได้ 439 คู่ผสม ปลูกเปรียบเทียบระดับ Screening Yield Trial คัดเลือกคู่ผสมผลผลิตสูงและนำมาปลูกเปรียบเทียบระดับ Preliminary Yield Trial คัดเลือกได้ 51 คู่ผสมจึงนำมาปลูกเปรียบเทียบระดับ Advance Yield Trial รวม 4 locations ในฤดูแล้งปี 2562 จำนวน 51 คู่ผสม มีอายุปานกลาง 40 พันธุ์ และอายุสั้น 11 พันธุ์ ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ พบว่าจังหวัดพะเยา ผลผลิตเฉลี่ย 1,372 กก./ไร่ สูงที่สุด 5 อันดับแรก คือ UPF29, UPF21, UPF27, UPF22 และ UPF45 เท่ากับ 1,491, 1,366, 1,366, 1,328 และ 1,312 กก./ไร่ พันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ย 1,231 กก./ไร่ จังหวัดเชียงรายผลผลิตเฉลี่ย 1,524 กก./ไร่ สูงที่สุด 5 อันดับ คือ UPF29, UPF17, UPF12, UPF18 และ UPF19 เท่ากับ 1,730 1,489 1,471 1,466 และ 1,462 กก./ไร่ ตามลำดับ พันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ย 1,341 กก./ไร่ จังหวัดแพร่ผลผลิตเฉลี่ย 1,277 กก./ไร่ สูงที่สุด 5 อันดับแรก คือ UPF29, UPF27, UPF7, UPF51 และ UPF33 เท่ากับ 1,469 1,339 1,237 1,178 และ 1,162 กก./ไร่ ตามลำดับ พันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ย 1,026 กก./ไร่ และจังหวัดน่านผลผลิตเฉลี่ย 1,047 กก./ไร่ สูงที่สุด 5 อันดับแรก คือ UPF29, UPF26, UPF3, UPF45 และ UPF18 เท่ากับ 1,151, 1,070, 1,065, 980 และ 971 กก./ไร่ ตามลำดับ พันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ย 843 กก./ไร่

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หลังนา ภาคเหนือตอนบน ลูกผสม ผลผลิต

คำนำ

พื้นที่ทำการเกษตรของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำนาโดยในเขตอาศัยน้ำฝนมักเพาะปลูกข้าวเพียงปีละครั้ง จากนั้นพื้นที่ถูกทิ้งไว้ว่างเปล่าโดยปราศจากการใช้ประโยชน์ทั้งที่การปลูกพืชในช่วงหลังเกี่ยวข้าวเป็นช่วงเวลาที่เพียงพอสำหรับปลูกพืชชนิดอื่นได้ เพื่อเป็นการใช้พื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่ครอบครัว (Boonpradap *et al*., 1989) สำหรับพืชที่เหมาะสมในการปลูกในนาข้าว คือ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วพุ่ม ถั่วแดง ถั่วฝักยาว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดฝักสด และพืชผักอื่น ๆ (Lantican, 1982) กอปรกับได้มีนโยบายลดพื้นที่การทำนาปรังเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับการเกษตรกรรม จึงได้มีการแนะนำให้เกษตรกรหันมาปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยโดยเฉพาะพืชไร่ ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง และข้าวโพด ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Field Corn) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ในปี 2561/2562 มีพื้นที่การผลิต 6,929,904 ไร่ เป็นพื้นที่เก็บเกี่ยว 6,894,668 ไร่ ผลผลิตทั้งประเทศประมาณ 5,069,413 ตัน โดยภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดเท่ากับ 4,682,925 ไร่ คิดเป็น 68% ของพื้นที่ทั้งประเทศ และให้ผลผลิตเท่ากับ 3,421,996 ตัน คิดเป็น 68% ของผลผลิตทั้งประเทศ (Office of Agricultural Economics, 2018) การเพาะปลูกส่วนใหญ่ทำในต้นฤดูฝนทำให้ผลผลิตออกมามากในช่วงปลายฤดูฝนทำให้มีความชื้นมากได้เมล็ดที่มีคุณภาพไม่ดีและขายไม่ได้ราคา นอกจากนี้ยังพบว่ามีข้าวโพดจากประเทศเพื่อนบ้านที่มีราคาถูกกว่าเข้ามาขายแข่งขันอีกด้วยจึงทำให้ราคาตกต่ำเกษตรกรขาดทุน จึงมีการเสนอให้มีการปรับเปลี่ยนสัดส่วนพื้นที่การเพาะปลูกในต้นฤดูฝนให้น้อยลงและไป

เพิ่มการเพาะปลูกในช่วงกลางถึงปลายฝน และในช่วงฤดูแล้งให้มากขึ้น โดยพยายามผลักดันหรือเปลี่ยนพื้นที่นาข้าวสู่การเพาะปลูกพืชไร่ซึ่งคาดว่าจะสามารถเปลี่ยนผ่านจากพื้นที่นา 70 ล้านไร่ ที่มีอยู่ในปัจจุบันให้ลดลงไป 29 ล้านไร่ ซึ่งข้าวโพดก็เป็นหนึ่งในพืชที่จะทำการสนับสนุนให้เพาะปลูก (Thaipublica, 2015) ดังนั้น การปลูกข้าวโพดหลังการทำนาจึงเป็นหนทางหนึ่งที่นอกจากจะเพิ่มปริมาณผลผลิตแล้วยังสามารถเพิ่มคุณภาพของผลผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้อีกด้วย โดยพันธุ์ข้าวโพดนั้นปลูกอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศใช้พันธุ์ลูกผสม (F_1 hybrid) ที่ได้มาจากภาคเอกชนเป็นส่วนใหญ่มุ่งเน้น 1) ผลผลิตสูง 2) ต้านทานศัตรูพืช 3) ปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม 4) ตอบสนองต่อปัจจัยการผลิต และ 5) มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี เป็นต้น แต่เนื่องด้วยข้าวโพดเป็นพืชที่ตอบสนองต่อลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น การพัฒนาพันธุ์จำเป็นอย่างมากต้องใช้พันธุ์ที่สามารถปรับตัวได้เฉพาะเจาะจงกับพื้นที่มากที่สุด สำหรับข้าวโพดหลังการทำนาก็เช่นกัน จากปัญหาดังกล่าวนักวิจัยจากคณะเกษตรศาสตร์ และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา มีแนวคิดที่จะพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกหลังการทำนาในจังหวัดภาคเหนือตอนบนเขต 2: จังหวัดเชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน ซึ่งได้ดำเนินการมาเป็นระยะเวลา 3 ปี อย่างต่อเนื่องจนถึงการทดสอบลูกผสมในระดับ Advance Yield Trial เพื่อได้พันธุ์ที่มีลักษณะเฉพาะกับพื้นที่ปลูกหลังนา กล่าวคือ มีระบบรากที่แข็งแรง อายุค่อนข้างสั้น ต้านทานโรคเฉพาะถิ่นได้ดี และผลผลิตสูง เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

สายพันธุ์ข้าวโพด

ได้นำสายพันธุ์แท้จาก “โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์” ของมหาวิทยาลัยพะเยา” (University of Phayao Maize Improvement; UPMI) จำนวน 91 สายพันธุ์ ผสมกับสายพันธุ์ทดสอบ 6 สายพันธุ์ ได้แก่ ตากฟ้า1, ตากฟ้า3, Ki48, Ki60, UPMi1 และ UPMi2 ได้ลูกผสม 439 คู่ผสมนำมาปลูกเพื่อปลูกเปรียบเทียบผลผลิตในระดับ Screening, Preliminary และคัดเลือกมาเปรียบเทียบ Advance ตามลำดับ

การปลูกเปรียบเทียบผลผลิตและประเมินสายพันธุ์

1. ศึกษาลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ เช่น ผลผลิต ความต้านทานต่อศัตรูพืช คุณลักษณะพิเศษที่ดีเพื่อการเพาะปลูกในพื้นที่หลังการทำนา ได้แก่ อายุที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกเป็นพืชสลับหลังการทำนา ทนหนาว ในระยะแรกทนร้อนในระยะหลัง ระบบรากแข็งแรงลักษณะทรงต้นที่ดีและแข็งแรง ต้านทานต่อโรคทางใบได้ดีเนื่องจากระบบการซื้อขายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนเป็นการซื้อขายฝักสดจะไม่มีการนำมาลดความชื้นแต่อย่างใด ดังนั้น จะต้องพิจารณาสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะน้ำหนักฝักสดที่ดีด้วย
2. ปลูกทดสอบผลผลิตเพื่อประเมินลูกผสมร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ (Yield evaluation trial) ในระดับ Screening, Preliminary และ Advance เพื่อหาพันธุ์ลูกผสมที่มีศักยภาพดีที่สุดเพื่อการผลิตลูกผสมต่อไป

3. การบันทึกข้อมูล

1) ความสูง (cm)	2) ความแข็งแรงต้นกล้า (1-5)
3) ลักษณะต้น (1-5)	4) การติดเมล็ดเต็มถึงปลายฝัก (1-5)
5) ลักษณะการเกิดโรคทางใบ (1-5)	6) ระบบราก (1-5)
7) จำนวนหน่อต่อต้น (no.)	8) น้ำหนักเมล็ด (g)
9) วันออกดอกตัวผู้ 50% (day)	10) วันออกไหม 50% (day)
11) ความยาวฝัก (cm)	12) ความกว้างฝัก (cm)
13) จำนวนฝักต่อต้น (no.)	14) ลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ด (1 - 5)
15) น้ำหนักฝัก (kg)	16) ความชื้นของเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว (%)
17) เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ (%)	18) ผลผลิตต่อไร่ (kg/rai)

4. การปลูกและการดูแลรักษา

1) การปลูกเตรียมแปลงใช้ระยะปลูก 25x70 เซนติเมตร ขนาดแปลงย่อยยาว 5 เมตร จำนวน 2 แถว

2) การปฏิบัติดูแลรักษาใส่ปุ๋ยรองพื้น 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวโพดอายุ 3 สัปดาห์ ป้องกันและกำจัดวัชพืชโดยการฉีดพ่นสารเคมีควบคุมวัชพืชก่อนงอก

3) การเตรียมเมล็ดในการปลูกควรคลุกด้วยสารป้องกันกำจัดโรคราน้ำค้างมีชื่อสามัญ metalaxyl อัตราส่วน 7 กรัม ต่อเมล็ดข้าวโพด 1 กิโลกรัมก่อนปลูก

4) การปลูกควรปลูกเมล็ดโดยใช้เครื่องปลูกด้วยมือหยอดเมล็ด 2 เมล็ดต่อหลุม เมื่อข้าวโพดอายุ 2 สัปดาห์หลังงอกทำการถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น

5) การวิเคราะห์ความแปรปรวนการวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ข้อมูล (ANOVA) วางแผนการทดลองแบบ Simple Rectangular Lattice Design และ Randomized Complete Block Design ร่วมกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined analysis) โดยใช้ R-Program version R 2.11.0 (R development core team, 2010) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี LSD (Least significant different)

6) สถานที่ทำการทดลองประกอบด้วย 1) แปลงทดลองมหาวิทยาลัยพะเยา และ 2) แปลงเกษตรกรหลังการทำนา On farm testing จังหวัดพะเยา เชียงราย แพร่ และน่าน

7) ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 3 ปี ตั้งปีงบประมาณ 2559 ถึง 2562

ผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบผลผลิต Screening Yield Trial

ปี 2560 ฤดูต้นฝน (2017E) ทำการปลูกเปรียบเทียบผลผลิตระดับ Screening Yield Trial จำนวน 439 คู่ผสม พบว่า คู่ผสมให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 798 กก./ไร่ คู่ผสมสูงที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ No.283, 285, 165, 155 และ 124

เท่ากับ 1,580 1,530 1,455 1,450 และ 1,440 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ยเท่ากับ 999 กก./ไร่ โดยสูงที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ P4311, CP508 และ NK6253 เท่ากับ 1,145 1,057 และ 986 กก./ไร่ ตามลำดับ

2. การเปรียบเทียบผลผลิต Preliminary Yield Trial

ปี 2561 ฤดูแล้ง (2018D) ทำการปลูกเปรียบเทียบผลผลิตระดับ Preliminary Yield Trial จำนวน 233 คู่ผสมที่คัดเลือกได้จากฤดูกาล 2017E ในพื้นที่ 4 จังหวัด พบว่า คู่ผสมที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด 5 อันดับแรก คือ No.548, 534, 342, 366 และ 228 เท่ากับ 1,942 1,775 1,773 1,750 และ 1,719 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเท่ากับ 78.7, 74.2, 74.4, 80.8 และ 74.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ยเท่ากับ 1,211 กก./ไร่ ประกอบด้วย PAC559, NK6253, P4546, CP508 และ DK6818 เท่ากับ 1,438 1,241 1,216 1,200 และ 962 กก./ไร่ ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเฉลี่ยเท่ากับ 76.9 เปอร์เซ็นต์ ได้คัดเลือกไว้ 51 คู่ผสม หรือ 21.9%

3. การเปรียบเทียบผลผลิตในระดับ Advance Yield Trial

ปี 2562 ฤดูแล้ง (2019D) ปลูกทดสอบผลผลิตระดับ Advance Yield Trial ที่คัดเลือกจากฤดูกาล 2018D ในพื้นที่ 4 จังหวัด จำนวน 51 คู่ผสม ประกอบไปด้วยพันธุ์อายุปานกลาง (Medium variety) จำนวน 40 พันธุ์ และอายุสั้น (Early variety) จำนวน 11 พันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์การค้า 13 พันธุ์ พบว่า จังหวัดพะเยาคู่ผสมให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 1,372 กก./ไร่ สูงที่สุด 5 อันดับแรก คือ UPF29, UPF21, UPF27, UPF22 และ UPF45 เท่ากับ 1,491 1,366 1,366 1,328 และ 1,312 กก./ไร่ ตามลำดับ พันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ยเท่ากับ 1,231 กก./ไร่ จังหวัดเชียงรายให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 1,524 กก./ไร่ สูงที่สุด 5 อันดับแรก คือ UPF29, UPF17, UPF12, UPF18 และ UPF19 เท่ากับ 1,730 1,489 1,471 1,466 และ 1,462 กก./ไร่ ตามลำดับ พันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ยเท่ากับ 1,341 กก./ไร่ จังหวัดแพร่ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 1,277 กก./ไร่ สูงที่สุด 5 อันดับแรก คือ UPF29, UPF27, UPF7, UPF51 และ UPF33 เท่ากับ 1,469 1,339 1,237 1,178 และ 1,162 กก./ไร่ ตามลำดับ พันธุ์เปรียบเทียบ 1,026 กก./ไร่ และจังหวัดน่านให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 1,047 กก./ไร่ สูงที่สุด 5 อันดับแรก คือ UPF29, UPF26, UPF3, UPF45 และ UPF18 เท่ากับ 1,151 1,070 1,065 980 และ 971 กก./ไร่ ตามลำดับ พันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ยเท่ากับ 843 กก./ไร่ (Table 1, 2, 3 and 4) ได้คัดเลือกไว้ 8 คู่ผสม หรือ 15.6%

Table 1 Mean yield and agronomic characteristics of the best 5 hybrids; conducted at Phayao in 2019 dry season.

Hybrids no.	Origin	Grain yield at 15% moist. kg/rai	Shelling (%)	Moisture (%)	Days to 50% (day)		Height (cm.)		Foliar disease[1/] (1-5)	Plant Aspect[1/] (1-5)	Lodging[1/](1-5)		Husk cover[1/] (1-5)	Grain type	Maturity
					anthesis	silking	plant	ear			root	stalk			
UPF29	UP	1,491	82	24	69	70	207	131	1.8	2.2	2.3	2.5	2.0	SD	medium
UPF21	UP	1,366	78	23	69	70	209	129	2.5	2.5	2.0	2.5	2.5	F	medium
UPF27	UP	1,366	82	23	66	67	214	131	1.7	2.5	2.0	2.0	2.5	SD	medium
UPF22	UP	1,328	79	24	66	67	194	123	2.5	2.3	2.5	2.5	2.0	SD	early
UPF45	UP	1,312	77	23	69	70	205	128	2.2	2.3	2.2	1.7	2.5	F	medium
Average hybrids		**1,372**	**79**	**23**	**68**	**69**	**206**	**128**	**1.7**	**2.4**	**2.3**	**2.2**	**2.3**		
Average checks		**1,231**	**75**	**24**	**67**	**68**	**204**	**121**	**2.3**	**2.5**	**2.2**	**2.3**	**2.4**		
F-value		**	ns	**	**	**	**	**	ns	ns	*	ns	ns		
LSD 0.01		**271**	**13.2**	**3.7**	**4.2**	**4.2**	**33.8**	**26.4**	**0.1**	**0.6**	**0.6**	**0.9**	**0.8**		
CV%		**10.7**	**8.1**	**7.4**	**2.9**	**2.8**	**7.9**	**10.1**	**18.2**	**18.1**	**21.7**	**19.2**	**16.3**		

[1/]Rating 1-5; 1 = best, 5 = worst, **, * = Significant at the probability level 0.01 and 0.05, respectively, UP = University of Phayao, F = Flint, SD = Semident.

Table 2 Mean yield and agronomic characteristics of the best 5 hybrids; conducted at Chiang Rai in 2019 dry season.

Hybrids no.	Origin	Grain yield at 15% moist. kg/rai	Shelling (%)	Moisture (%)	Days to 50% (day)		Height (cm.)		Foliar disease[1/] (1-5)	Plant Aspect[1/] (1-5)	Lodging[1/](1-5)		Husk cover[1/] (1-5)	Grain type	Maturity
					anthesis	silking	plant	ear			root	stalk			
UPF29	UP	1,730	74	27	80	81	262	162	2.3	2.3	1.8	2.0	2.5	SD	medium
UPF17	UP	1,489	75	26	78	79	271	157	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	SD	medium
UPF12	UP	1,471	76	28	81	81	265	151	2.5	2.5	1.3	2.0	2.5	SD	medium
UPF18	UP	1,466	80	26	79	81	258	155	2.5	2.3	2.2	2.0	2.5	SD	early
UPF19	UP	1,462	74	25	75	76	277	155	23	2.3	2.0	1.8	2.5	SD	early
Average hybrids		**1,524**	**75**	**26**	**79**	**80**	**266**	**156**	**2.5**	**2.3**	**2.3**	**3.0**	**2.4**		
Average checks		**1,341**	**75**	**26**	**76**	**77**	**267**	**147**	**2.4**	**2.4**	**1.8**	**2.2**	**2.5**		
F-value		**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	*	ns		
LSD 0.01		**208**	**9.5**	**2.4**	**3.9**	**3.6**	**29.1**	**21.1**	**0.1**	**0.7**	**0.6**	**0.7**	**0.2**		
CV%		**7.5**	**5.8**	**4.3**	**2.4**	**2.1**	**5.2**	**6.6**	**21.7**	**15.3**	**9.6**	**12.8**	**4.3**		

[1/]Rating 1-5; 1 = best, 5 = worst, **, * = Significant at the probability level 0.01 and 0.05, respectively, UP = University of Phayao, SD = Semident.

Table 3 Mean yield and agronomic characteristics of the best 5 hybrids; conducted at Phrae in 2019 dry season.

Hybrids no.	Origin	Grain yield at 15% moist. kg/rai	Shelling (%)	Moisture (%)	Days to 50% (day)		Height (cm.)		Foliar disease[1/] (1-5)	Plant Aspect[1/] (1-5)	Lodging[1/](1-5)		Husk cover[1/] (1-5)	Grain type	Maturity
					anthesis	silking	plant	ear			root	stalk			
UPF29	UP	1,469	80	2	74	75	131	55	2.0	1.3	2.3	2.2	2.5	SD	medium
UPF27	UP	1,339	81	30	76	77	139	60	2.3	2.5	2.0	2.3	2.0	F	medium
UPF7	UP	1,237	77	31	75	76	145	69	2.5	2.3	2.0	2.5	2.5	F	medium
UPF51	UP	1,178	79	30	74	75	152	72	2.2	2.0	2.0	2.2	2.5	F	medium
UPF33	UP	1,162	78	29	73	74	154	74	2.3	2.3	1.8	2.0	2.5	SD	early
Average hybrids		**1,277**	**79**	**29**	**74**	**75**	**144**	**66**	**2.3**	**2.2**	**2.0**	**2.5**	**2.4**		
Average checks		**1,062**	**81**	**29**	**73**	**74**	**145**	**62**	**2.2**	**2.3**	**2.4**	**2.3**	**2.5**		
F-value		**	ns	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns		
LSD 0.01		**362**	**11**	**3**	**4.1**	**4.1**	**22.1**	**14.4**	**0.8**	**0.9**	**0.8**	**0.8**	**0.5**		
CV%		**17.3**	**6.5**	**5.4**	**2.6**	**2.5**	**7.3**	**10.6**	**13.6**	**19.5**	**16.3**	**17.8**	**9.8**		

[1/]Rating 1-5; 1 = best, 5 = worst, **, * = Significant at the probability level 0.01 and 0.05, respectively, UP = University of Phayao, F = Flint, SD = Semident.

Table 4 Mean yield and agronomic characteristics of the best 5 hybrids; conducted at Nan in 2019 dry season.

Hybrids no.	Origin	Grain yield at 15% moist. kg/rai	Shelling (%)	Moisture (%)	Days to 50% (day)		Height (cm.)		Foliar disease[1/] (1-5)	Plant Aspect[1/] (1-5)	Lodging[1/](1-5)		Husk cover[1/] (1-5)	Grain type	Maturity
					anthesis	silking	plant	ear			root	stalk			
UPF29	UP	1,151	82	22	77	78	203	101	2.3	2.3	2.1	2.5	2.0	SD	medium
UPF26	UP	1,070	82	21	73	74	180	82	2.3	2.3	2.0	2.5	2.0	SD	medium
UPF3	UP	1,065	79	24	76	77	196	102	1.8	2.3	2.3	2.0	2.2	F	medium
UPF45	UP	980	81	21	76	77	145	62	2.3	2.3	2.3	2.2	2.0	F	medium
UPF18	UP	971	84	23	74	75	197	100	2.2	2.5	1.8	2.2	2.0	SD	early
Average hybrids		**1,047**	**81.6**	**22**	**75**	**76**	**184**	**89**	**2.3**	**2.3**	**2.3**	**2.3**	**1.1**		
Average checks		**843**	**78.7**	**23**	**74**	**75**	**192**	**89**	**2.4**	**2.3**	**2.5**	**2.4**	**2.0**		
F-value		*	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	**		
LSD 0.01		**336**	**8.1**	**2.6**	**3.7**	**3.5**	**25.4**	**19.7**	**0.8**	**0.9**	**0.8**	**0.9**	**0.5**		
CV%		**19.4**	**4.9**	**5.2**	**2.3**	**2.1**	**6.4**	**10.4**	**15.7**	**16.8**	**16.5**	**18.6**	**9.7**		

[1/]Rating 1-5; 1 = best, 5 = worst, **, * = Significant at the probability level 0.01 and 0.05, respectively, UP = University of Phayao, F = Flint, SD = Semident.

วิจารณ์ผลการวิจัย

โครงการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกหลังการทำนาในจังหวัดภาคเหนือตอนบน เขต 2: จังหวัดเชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน ได้ดำเนินการตั้งแต่ฤดูปลายฝนปี 2558 โดยใช้เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดมาจาก “โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา” (University of Phayao Maize Improvement; UPMI) ภายใต้กรรมวิธีการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีมาตรฐานเริ่มจากการพัฒนาสาย พันธุ์แท้และมีความคงตัวทางพันธุกรรม (Homozygosity) จำนวน 91 สายพันธุ์ สามารถจัดกลุ่มตามอายุได้ 3 แบบ 1) อายุสั้น 2) อายุปานกลาง และ 3) อายุค่อนข้างยาว (Sriwattanapong, 2010) เพื่อที่ลูกผสมที่สร้างขึ้นนั้นสามารถแบ่งตามอายุการเก็บเกี่ยวได้โดยสายพันธุ์พ่อที่ใช้เป็นตัวทดสอบจำนวน 6 สายพันธุ์นั้น ประกอบด้วย 1) กรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ตากฟ้า1 และ ตากฟ้า3 2) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ Ki48 และ Ki60 และ 3) มหาวิทยาลัยพะเยา ได้แก่ UPMi1 และ UPMi2 ซึ่งสายพันธุ์ทดสอบที่มาจาก 3 แหล่งพันธุกรรมนั้นสามารถสร้างลูกผสมที่มีความดีเด่น (Heterosis) และสามารถสร้างสมรรถนะการรวมตัวที่ดีจึงจะให้ลูกผสมที่ดีตามมาด้วยสอดคล้องกับรายงานของ Jompuk (2012); Sampantalak (2003); Laosuwan (1984) ที่ว่าการหาคู่ลูกผสมในสมัยนี้กระทำได้สะดวกขึ้นเนื่องจากมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยวิเคราะห์ ส่วนมากมักนิยมแบ่งกลุ่มสายพันธุ์แท้ออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะ และวันออกดอกใกล้เคียงกันและควรอยู่ต่างกลุ่ม heterotic group กันด้วย จากนั้นจึงทำการผสมจริง ๆ เพื่อทดสอบความถูกต้องอีกครั้งหนึ่งก่อนตัดสินใจผลิตลูกผสมเป็นการค้าต่อไป ดังนั้น จากผลการทดลองครั้งนี้ทำให้ได้ทราบแนวโน้มของสายพันธุ์ที่มีศักยภาพที่ดี และมีแนวโน้มในการสร้างลูกผสมที่ดีต่อไปในอนาคต ขณะเดียวกันยังสามารถใช้แก้ปัญหาเรื่องของการจัด heterotic group ในการทดลองครั้งต่อไปได้เป็นอย่างดี ได้ลูกผสม Testcross จำนวน 439 คู่ผสม เริ่มปลูกเปรียบเทียบทดสอบผลผลิตในระดับ Screening Yield Trial ในฤดูต้นฝน ปี 2560 สามารถคัดเลือกคู่ผสมที่ดีได้ 223 คู่ผสมเพื่อปลูกเปรียบเทียบในระดับ Preliminary Yield Trial ในฤดูแล้ง ปี 2561 ผลการดำเนินการสามารถคัดเลือกคู่ผสมที่มีประสิทธิภาพได้จำนวน 51 คู่ผสม ดำเนินการสร้างคู่ผสมดังกล่าวในฤดูต้นฝน ปี 2561 เพื่อใช้ในการปลูกทดสอบผลผลิตในระดับ Advanced Yield Trial ซึ่งสามารถจัดแบ่งกลุ่มตามอายุการเก็บเกี่ยวได้ 2 อายุ คือ เป็นพันธุ์ที่มีอายุสั้น และพันธุ์ที่มีอายุปานกลาง โดยจะมีคู่ผสมที่มีอายุสั้นจำนวน 11 คู่ผสม และพันธุ์อายุปานกลางจำนวน 40 คู่ผสม ดำเนินการปลูกทดสอบผลผลิตในระดับ Advance Yield Trial ในฤดูแล้ง ปี 2562 พื้นที่ 4 จังหวัด รวม 4 locations ซึ่งจากการประเมินคู่ผสมที่มีศักยภาพมีแนวโน้มที่สอดคล้องกันในพื้นที่ 4 จังหวัด ซึ่งสามารถแสดงลักษณะเสถียรภาพ (Stability) ของพันธุ์เป็นไปในทิศทางที่ดี และมีการปรับตัวเข้ากับพื้นที่ได้ดี เช่น ผลผลิตสูง ความต้านทานโรคดี และลักษณะทางการเกษตรดี เป็นต้น ซึ่งทำให้สามารถคัดเลือกคู่ผสมที่มีศักยภาพ (Promising hybrids) เพื่อการดำเนินการในระดับ On - farm Yield Trial ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

โครงการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกหลังการทำนาในจังหวัดภาคเหนือตอนบน เขต 2: จังหวัดเชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน ได้ดำเนินการตั้งแต่ฤดูปลายฝนปี 2558 สามารถคัดเลือกคู่ผสมปลูกเปรียบเทียบในระดับ Advance Yield Trial ในฤดูแล้ง 2562 จำนวน 51 คู่ผสม ประกอบไปด้วยพันธุ์อายุปานกลาง 40 พันธุ์ และอายุสั้น 11 พันธุ์เปรียบเทียบ 13 พันธุ์ พบว่า จังหวัดพะเยาคู่ผสมให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 1,372 กก./ไร่ (พันธุ์เปรียบเทียบ 1,231 กก./ไร่) จังหวัดเชียงรายให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 1,524 กก./ไร่ (พันธุ์เปรียบเทียบ 1,341 กก./ไร่) จังหวัดแพร่ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 1,277 กก./ไร่ (พันธุ์เปรียบเทียบ 1,026 กก./ไร่) และจังหวัดน่านให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 1,047 กก./ไร่ (พันธุ์เปรียบเทียบ 843 กก./ไร่) ทั้ง 4 จังหวัดคู่ผสม ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการทดสอบผลผลิตในระดับจังหวัดที่พิจารณาจากเสถียรภาพของพันธุ์แล้วนั้นสามารถคัดเลือกคู่ผสมที่มีประสิทธิภาพจำนวน 8 คู่ผสม ซึ่งทำให้สามารถคัดเลือกคู่ผสมที่มีศักยภาพ (Promising hybrids) เพื่อการดำเนินการในระดับ On - farm Yield Trial ต่อไปและผลักดันต่อให้เป็นพันธุ์ส่งเสริมหรือพันธุ์การค้าต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้มิอาจจะสำเร็จลงได้เลยถ้าปราศจากการสนับสนุนจากหลายฝ่ายประกอบด้วย สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนงบประมาณประจำปี พ.ศ. 2558 ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ กรมวิชาการเกษตร และคณะเกษตรศาสตร์ และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา หน่วยงานต้นสังกัด นิสิตปริญญาตรี โท ในโครงการ University of Phayao Maize Improvement; UMPI

เอกสารอ้างอิง

Boonpradap, S., M. Tewa, C. Montree and P. Nak. 1989. Crops testing before and after Rice Harvesting: IRRI lines. p. 89-108 *In* **Proceeding of 1st Rice Conference 26-27 January 1989**. Phitsanuloke: Phitsanuloke Rice Research Center. [in Thai]

Jompuk, C. 2012. Laws and Plant Breeding. p. 36-54 *In* **Training Documentation: Principle of Plant Breeding 23 August 2012**. Nakhon Pathom: Kasersart University, Kamphang Sean Campus. [in Thai]

Lantican, R.M. 1982. Desirable characteristics of upland crops for planting before and after wetland rice. p. 61-68 *In* **Report of Workshop on Cropping System Research in Asia**, International Rice Research Institute, Philipplines.

Laosuwan, P. 1984. **Principle of Plant Breeding**. Songkla: Thaina Press. 320 p. [in Thai]

Office of Agricultural Economics. 2018. **Situation of important agricultural products and trends in 2018**. [Online] Available http://www.oae.go.th/ewtadmin/ewt/oae_web/download/journal/trends2561.pdf (27 July 2019). [in Thai]

R Development Core Team. 2010. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN3-900051-07-0**. [Online]. Available http://www.R-project.org/ (2013 June 21).

Sampantalak, K. 2003. **Plant Breeding: Fundamental Methodology and Concept**. Bangkok: Kasetsart University Press. 237 p. [in Thai]

Sriwattanapong, S. 2010. **Principle of Plant Breeding**. Bangkok: Kasetsart University Press. 259 p. [in Thai]

Thaipublica. 2015. **Round table discussion: The solution of corn smog raised in the GAP system to control the planting area**. [Online] Available http://thaipublica.org/2015/04/maize-crop-cycle-5/ (8 September 2015). [in Thai]

การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่นในไร่เกษตรกรที่เหมาะสมกับพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบนเชียงราย พะเยา แพร่ และลำปาง

On-farm Trials of Promising Maize Hybrids Suited to the Upper Northern Provinces: Chiang Rai, Phayao, Phrea and Lampang

ธนพล ช่วยพิมาย จิรายุทธ โกสิงห์ และบุญฤทธิ์ สินค้างาม*

Thanaphon Chuaiphimai, Jirayut Kosing and Bunyarit Sinkangam*

สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

Agricultural Science, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, Thailand 56000

*Corresponding author: bunyarit.sin@gmail.com

Abstract

On-farm trials for promising field corn hybrids in dry season 2020. Those hybrids were established from University of Phayao maize improvement project. The twenty suitable testing areas were conducted in Chiang Rai, Phayao, Phrae and Nan comparing with commercial varieties. The analysis technique employed was a Randomized Complete Block Design with 17 varieties and 2 replications. The results obtained showed the 5 highest yielding varieties: UPFC205, UPFC269, UPFC155, UPFC242 and UPFC319. The averaging yield was 1,541, 1,514, 1,506, 1,483 and 1,439kg/rai, as compared with the average yield from comparative varieties: PAC339, CP639, DK9979C, PAC789 และ NS5. Comparable yield levels were as follows: 1,590, 1,589, 1,554, 1,532 และ 1,396 kg/rai, respectively. Shelling percentage, the best five varieties was UPFC319, UPFC205, UPFC242, UPFC269 and UPFC227 (82, 81, 78, 77 and 76%). Meanwhile, the comparative varieties were DK9979C, PAC789, NK6253, PAC339 and P4546 (83, 82, 82, 81 and 80%). Then, one to two varieties will select being to elite hybrids for UPFC269, UPFC242 trial for demonstrating field and plant varieties protection registration.

Keyword: field corn hybrid, on-farm trial, upper northern

บทคัดย่อ

การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่นระดับแปลงเกษตรกรในฤดูแล้ง ปี 2563 จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยาร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบในพื้นที่จังหวัดเชียงราย พะเยา แพร่ และลำปาง จังหวัดละ 6 แหล่งปลูก รวม 24 แหล่งปลูก วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 2 ซ้ำ 17 พันธุ์ เพื่อทดสอบพันธุ์ที่ให้ผลผลิต และมีลักษณะทางการเกษตรที่ดีเหมาะสมกับจังหวัดภาคเหนือตอนบน พบว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด 5 อันดับแรก คือ UPFC205, UPFC269, UPFC155, UPFC242 และ UPFC319 มีค่าเท่ากับ 1,541, 1,514, 1,506, 1,483 และ 1,439 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ พันธุ์ PAC339 CP639 DK9979C PAC789 และ NS5 มีค่าเท่ากับ 1,590, 1,589, 1,554, 1,532 และ 1,396 กก./ไร่ตามลำดับ ขณะที่เปอร์เซ็นต์การกะเทาะที่ดีที่สุด 5 อันดับแรก คือ UPFC319, UPFC205, UPFC242, UPFC269 และ UPFC227 มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเท่ากับ 82, 81, 78, 77 และ 77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของพันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ DK9979C, PAC789, NK6253, PAC339 และ P4546 มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเท่ากับ 83, 82, 81, 80 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยคัดเลือกพันธุ์ที่มีศักยภาพทางการเกษตรให้เหลือ1-2 พันธุ์ คือ UPFC269 และUPFC242 เพื่อทำการปลูกแปลงสาธิต และปลูกทดสอบเพื่อขอการขึ้นทะเบียนคุ้มครองพันธุ์พืชต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม การทดสอบพันธุ์ในไร่เกษตรกร ภาคเหนือตอนบน

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารสัตว์มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ต้องการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกคิดเป็นมูลค่ารวมประมาณ 8 หมื่นล้านบาทต่อปี ขณะที่การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยยังผลิตได้ไม่เพียงพอกับความต้องการ กล่าวคือ ผลิตได้เพียงปีละ 4-5 ล้านตันต่อปี ในขณะที่ความต้องการใช้อยู่ที่ 6-8 ล้านตันต่อปี และมีแนวโน้มขยายตัวตามปริมาณการเลี้ยงสัตว์ที่เพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้ประเทศไทยต้องนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากประเทศ พม่า ลาว กัมพูชา เป็นต้น เพื่อทดแทนส่วนที่ไม่พอใช้ และให้เพียงพอต่อการผลิตอาหารสัตว์ (Office of Agricultural Economics, 2019)

ในการพยายามแก้ปัญหาโดยการพยายามเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกให้มากขึ้นตามนโยบายของรัฐบาลนั้นเป็นไปค่อนข้างจำกัด ดังนั้น แนวทางหนึ่งที่สำคัญและเป็นไปได้มากที่สุด คือ การเพิ่มปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ให้มากขึ้นกว่าเดิม โดยการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดให้ตอบสนองต่อพื้นที่และให้ผลผลิตที่สูงขึ้นกว่าพันธุ์เดิม ในปัจจุบันวิทยาการด้านปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมีความก้าวหน้ามากขึ้นและเกษตรกรต้องการใช้พันธุ์ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ลูกผสมมากขึ้น ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดจึงมีแนวทางการปรับปรุงพันธุ์มุ่งเน้นไปเพื่อผลิตพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมโดยอาศัยลักษณะพิเศษของสายพันธุ์ผสมข้ามต้นที่มีความแตกต่างทางด้านพันธุกรรมมาผสมกันลูกผสมที่ได้นี้มักจะมีลักษณะดีเด่นเหนือกว่าพ่อแม่ (heterosis หรือ hybrid vigor) เช่น ผลผลิต ขนาดฝัก และการปรับตัว เป็นต้น โดยการที่สายพันธุ์พ่อและแม่ที่มีความแตกต่างกันทาง

พันธุกรรมมากโอกาสในการเกิดลักษณะดีเด่นที่แสดงออกมาก็มากยิ่งขึ้น (Krudloyma and Prasitwattanasawee, 2013)

จากแนวทางข้างต้นมหาวิทยาลัยพะเยาได้ดำเนินการวิจัยภายใต้โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด มหาวิทยาลัยพะเยา (University of Phayao Maize Improvement; UPMI) โดยโครงการดังกล่าวได้ดำเนินมาเป็นระยะเวลา 4 ปี ทั้งการคัดเลือกในแปลงทดลองและแปลงเกษตรกรมุ่งเน้นในพื้นที่ 4 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย พะเยา แพร่ และลำปาง จนสามารถคัดเลือกได้พันธุ์ลูกผสมดีเด่น (Promising hybrids) จำนวน 7 พันธุ์ ดำเนินการปลูกทดสอบในระดับแปลงเกษตรกรร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบในพื้นที่ 4 จังหวัด และคัดเลือกให้เหลือ 1-2 พันธุ์ ต่อไปโดยคาดว่าพันธุ์ดังกล่าวจะเป็นพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ และมีเสถียรภาพของผลผลิตสูงเหมาะกับการเพาะปลูกในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน และใช้เป็นพันธุ์ส่งเสริมให้แก่เกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สร้างพันธุ์ลูกผสมด้วยวิธี Top crossing และประเมินสายพันธุ์แท้ ปลายฤดูฝนปี 2563 โดยทำการปลูกสายพันธุ์แท้ที่พัฒนาจากโครงการ UPMI มหาวิทยาลัยพะเยาจำนวน 6 สายพันธุ์ และสายพันธุ์ทดสอบ (Tester) ประกอบด้วย 1) สายพันธุ์แท้จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 2 สายพันธุ์ และสายพันธุ์แท้ของกรมวิชาการเกษตร จำนวน 1 สายพันธุ์ รวมทั้งสิ้น 9 สายพันธุ์ ได้ลูกผสม 7 คู่ผสมที่เป็นคู่ผสมดีเด่น (Promising hybrids) ที่ผ่านการคัดเลือกมาจากฤดูกาลก่อนหน้า

2. การปลูกทดสอบผลผลิตลูกผสมในระดับแปลงเกษตรกร (On-farm Yield Trial) ในฤดูฝนปี 2564 จำนวน 7 คู่ผสมใน 4 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย พะเยา แพร่ และลำปาง จังหวัดละ 6 แปลงปลูกรวมทั้งสิ้น 24 แปลงปลูก ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ (พันธุ์การค้า) จำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ CP639 DK9979C NK6253 NS5 P4546 PAC339 PAC789 S7328 SW4452 และ SW5720 คัดเลือกและประเมินลักษณะทางการเกษตรรวมถึงองค์ประกอบผลผลิตของพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 2 ซ้ำ ร่วมกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined analysis) โดยใช้ R-Program version R 2.11.0 (R development core team, 2010) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี LSD (Least significant different)

3. การบันทึกข้อมูล (CIMMYT, 1985)

- ความสูงต้น (Plant height: เซนติเมตร) โดยสุ่มวัดความสูงของต้นที่อยู่บริเวณกลางแถว จำนวน 10 ต้น ซึ่งจะทำการวัดก่อนการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ โดยวัดจากพื้นดินถึงข้อใบธง

- ความสูงฝัก (Ear height: เซนติเมตร) โดยสุ่มวัดความสูงฝักของต้นที่อยู่บริเวณกลางแถว จำนวน 10 ต้น ซึ่งจะทำการวัดก่อนการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ โดยความสูงฝักวัดจากพื้นดินถึงข้อฝักบน

- การล้มของราก (Root lodging) โดยเก็บข้อมูลการล้มของรากก่อนเก็บเกี่ยว โดยประเมินในแต่ละแปลงย่อยว่ามีต้นเอียงบริเวณราก 30 องศา ขึ้นไป โดยให้คะแนน 1-5 คะแนน 1 หมายถึง ไม่มีต้นเอียง และ 5 หมายถึง ต้นทั้งหมดในแปลงย่อยเอียง 30 องศา หรือมากกว่า

- จำนวนฝัก (Number of total ears) นับจำนวนฝักที่เก็บเกี่ยวมาจากแต่ละแปลงย่อย

- น้ำหนักผลผลิต (Field weight 10 ear) ชั่งน้ำหนัก 10 ฝักที่ดีที่สุดแต่ละแปลงย่อย หน่วยเป็นกิโลกรัม

- น้ำหนักเมล็ด (Grain weight 10 Ear) ชั่งน้ำหนักเมล็ด 10 ฝักที่ดีที่สุดแต่ละแปลงย่อย หน่วยเป็นกิโลกรัม

- ความชื้น (Grain moisture) เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ (Grain shelling) โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ด 10 ฝัก}}{\text{น้ำหนัก 10 ฝัก}} \times 100$$

- ผลผลิตเมล็ด (Grain yield) กิโลกรัมต่อไร่ ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ คำนวณผลผลิตจากสูตร

$$\text{กิโลกรัมต่อไร่ ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์} = \frac{\text{15 X กิโลกรัมต่อไร่}}{\text{ความชื้นที่วัดได้}}$$

ผลการวิจัย

การประเมินสายพันธุ์แท้

จากการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้จำนวน 9 สายพันธุ์ ในปลายฤดูฝน 2563 ได้ทำการบันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ พบว่า ทุกสายพันธุ์มีคะแนนความแข็งแรงของต้นกล้า (1-5) เฉลี่ยเท่ากับ 1.81 ในขณะที่วันสลัดละอองเกสรและวันออกไหมอยู่ในช่วง 53–66 วัน ในส่วนของความสูงต้น และตำแหน่งฝักของทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 160 เซนติเมตร และ 77 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ที่ทำการประเมินลักษณะในครั้งนี้แบ่งได้ 4 ลักษณะ คือ เมล็ดหัวแข็ง (Flint) เมล็ดหัวบุบ (Dent) กึ่งหัวแข็ง (Semi-flint) และ กึ่งหัวบุบ (Semi-dent)

การปลูกทดสอบผลผลิตลูกผสมในระดับแปลงเกษตร

จากการปลูกทดสอบผลผลิตของลูกผสมที่สร้างจากฤดูกาลก่อนหน้าจำนวน 7 คู่ผสม ปลูกในไร่เกษตรกร 4 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย พะเยา แพร่ และลำปาง ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ CP639 DK9979C NK6253 NS5 P4546 PAC339 PAC789 S7328 SW4452 และ SW5720 พบว่า พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด 5 อันดับแรกในจังหวัดเชียงราย ได้แก่ UPFC242 UPFC155 UPFC269 UPFC319 และ UPFC227 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,608 1,534 1,520 1,520 และ 1,481 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ CP639 PAC789 DK9979C PAC339 และ SW5720 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,731 1,625 1,603 1,592 และ 1,572 กก./ไร่ ตามลำดับ (Table 1) ในส่วนของจังหวัดพะเยา พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ UPFC205 UPFC269 UPFC319 UPFC242 และ UPFC227 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,487 1,438 1,404

1,281 และ 1,121 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ PAC339 PAC789 CP639 DK9979C และ NK6253 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,515 1,485 1,465 1,292 และ 1,204 กก./ไร่ ตามลำดับ (Table 2) สำหรับจังหวัดแพร่ พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ UPFC155 UPFC205 UPFC269 UPFC242 และ UPFC227 มีค่าเท่ากับ 1,733 1,612 1,475 1,447 และ 1,413 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ PAC339 CP639 DK9979C PAC789 และ S7328 มีค่าเท่ากับ 1,622 1,534 1,501 1,388 และ 1,353 กก./ไร่ ตามลำดับ (Table 3) และจังหวัดลำปาง พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ UPFC155 UPFC205 UPFC269 UPFC242 และ UPFC227 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,697 1,629 1,621 1,597 และ 1,534 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ DK9979C NS5 PAC789 PAC339 และ CP639 มีค่าเท่ากับ 1,820 1,661 1,631 1,630 และ 1,625 กก./ไร่ ตามลำดับ (Table 4) และในส่วนของค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 4 จังหวัด พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ UPFC205 UPFC269 UPFC155 UPFC242 และ UPFC319 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,541 1,514 1,506 1,483 และ 1,439 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ PAC339 CP639 DK9979C PAC789 และ NS5 มีค่าเท่ากับ 1,590 1,589 1,554 1,532 และ 1,396 กก./ไร่ ตามลำดับ (Table 5)

Table 1 Combined data on yield and agronomic characters of field corn hybrids from 6 locations; trial conducted at Chiang Rai in rainy season 2021.

Hybrids	Height (cm)		Root lodging (1 - 5)	Rotten ear (%)	Plant Asp. (1 - 5)	Ear Asp. (1 - 5)	Shelling (%)	Grain moisture (%)	Grain yield At 15% moist kg/rai
	plant	ear							
UPFC155	229	124	1	24.7	2.3	3	70	28.5	1,534
UPFC205	262	157	1	28	1	1	80	29	1,437
UPFC227	246	131	1.5	24.6	2	2	78	28.9	1,481
UPFC242	274	162	1	19.5	2	1	79	28.9	1,608
UPFC269	263	145	1	20.8	2.5	1.5	77	29	1,520
UPFC319	251	124	1	12.2	1	2	82	27.3	1,520
UPFC342	248	143	1	17.3	1	1.5	79	26.1	1,247
Average hybrids	252	140	1.1	21.0	1.7	1.7	78	28.2	1,478
CP639	276	145	1	27.6	1	1	78	28.7	1,731
DK9979C	268	134	1	27.3	2	1	82	29	1,603
NK6253	270	155	1	12.3	1	2	78	28.8	1,208
NS5	251	149	1	26.7	2	2	80	28.6	1,542
P4546	278	153	1	21.4	2	3	79	29	1,230
PAC339	251	143	1	18.8	1	1	80	28.9	1,592
PAC789	234	131	1	14.4	1	1	85	28.8	1,625
S7328	260	159	1	28.6	1	1.5	78	28.8	1,419
SW4452	247	165	1	23.5	2	1.5	76	29	1,434
SW5720	275	149	1	20.2	1.3	1.5	80	28.8	1,572

Table 1 (Continued)

Hybrids	Height (cm)		Root lodging (1 - 5)	Rotten ear (%)	Plant Asp. (1 - 5)	Ear Asp. (1 - 5)	Shelling (%)	Grain moisture (%)	Grain yield At 15% moist kg/rai
	plant	ear							
Average checks	261	148	1	22.0	1.4	1.5	80	28.8	1,495
LSD 0.01	**29.0**	**22.4**	**0.5**	**11.9**	**0.4**	**0.3**	**7.5**	**2.1**	**193.4**
F-value	**	**	ns	**	*	*	*	ns	**
CV%	**3.9**	**6.2**	**16.2**	**15.5**	**8.2**	**9.4**	**3.3**	**2.5**	**11.7**

Rating 1-5; 5 = poorest, 1 = best, ns = non significant, **,* = significant at the probability level 0.01 and 0.05, respectively.

Table 2 Combined data on yield and agronomic characters of field corn hybrids from 6 locations; trial conducted at Phayao in rainy season 2021.

Hybrids	Height (cm)		Root lodging (1 - 5)	Rotten ear (%)	Plant Asp. (1 - 5)	Ear Asp. (1 - 5)	Shelling (%)	Grain moisture (%)	Grain yield at 15% moist kg/rai
	plant	ear							
UPFC155	188	91	1	23.7	1.5	1.5	58	30.2	1,061
UPFC205	202	101	1	10.1	2.25	2	77	28.5	1,487
UPFC227	196	100	1	21.3	2.75	2.5	76	29.9	1,121
UPFC242	209	106	1	13.6	2	2	73	30.1	1,281
UPFC269	202	94	1	13.5	2.25	1.2	75	26.7	1,438
UPFC319	211	97	1	5.8	1.5	1.5	84	26.9	1,404
UPFC342	203	110	1	7.7	1	1	63	27.1	1,036
Average hybrids	201	99	1	13.6	1.9	1.7	72	28.5	1,261
CP639	227	114	1	21.8	1	1	81	29.6	1,465
DK9979C	229	106	2	13.8	1.5	1.5	82	28.5	1,292
NK6253	193	88	1	25.0	1.5	1.5	79	29.9	1,204
NS5	184	90	2	42.8	1	1	80	25.6	1,149
P4546	229	101	1	18.6	2	2	78	30.1	1,145
PAC339	193	87	1	16.1	1	1	80	30.1	1,515
PAC789	215	94	1	16.4	2	2	84	29.7	1,485
S7328	217	114	1	10.7	1.5	1.5	71	29.6	1,190
SW4452	218	135	1	18.2	2	2.5	80	30.1	1,171
SW5720	202	97	1	15.1	1.5	1.5	73	29.9	1,073
Average checks	210	102	1.2	19.8	1.5	1.6	78	29.3	1,269
LSD 0.01	**29.7**	**22.4**	**1.1**	**20.6**	**0.4**	**0.8**	**7.0**	**1.8**	**177.2**
F-value	**	*	ns	**	*	*	*	**	**
CV%	**4.9**	**11.0**	**13.5**	**16.1**	**9.1**	**16.5**	**7.7**	**2.1**	**14.8**

Rating 1-5; 5 = poorest, 1 = best, ns = non significant, **,* = significant at the probability level 0.01 and 0.05, respectively.

Table 3 Combined data on yield and agronomic characters of field corn hybrids from 6 locations; trial conducted at Phrae in rainy season 2021.

Hybrids	Height (cm)		Root lodging (1 - 5)	Rotten ear (%)	Plant Asp. (1 - 5)	Ear Asp. (1 - 5)	Shelling (%)	Grain moisture (%)	Grain yield at 15% moist kg/rai
	plant	ear							
UPFC155	194	95	1	20.4	1.5	1.3	72	27.7	1,733
UPFC205	189	104	1	5.7	1.5	1	86	27.8	1,612
UPFC227	227	107	1	17.3	1.5	1.5	78	27.8	1,413
UPFC242	220	117	1	11.1	2.5	2.1	82	27.7	1,447
UPFC269	186	90	1	16.8	2	2	76	25.6	1,475
UPFC319	211	102	1	7.6	2	2	81	27.5	1,341
UPFC342	209	124	1	3.2	1.5	1.5	82	27.5	1,164
Average hybrids	205	105	1	11.7	1.7	1.6	79	27.4	1,455
CP639	240	118	1	21.8	2.2	2	72	27.7	1,534
DK9979C	251	112	1	8.0	2	2	84	27.7	1,501
NK6253	215	113	1	11.8	1	1	84	27.7	1,158
NS5	217	117	1	12.7	1.2	1	76	26.7	1,231
P4546	225	122	1	4.8	2	2	81	27.7	1,271
PAC339	186	97	1	10.5	1.2	1.2	79	27.6	1,622
PAC789	211	103	1	10.6	1.5	1.5	71	27.7	1,388
S7328	241	140	1	10.7	2	2	77	27.8	1,353
SW4452	207	124	1	10.6	2	2	72	27.8	1,266
SW5720	228	121	1	11.4	2	2	68	27.8	1,266
Average checks	222	116	1	11.3	1.7	1.6	76	27.6	1,359
LSD 0.01	**31.0**	**33.0**	**0.5**	**11.4**	**0.4**	**0.4**	**21.6**	**2.5**	**180.8**
F-value	*	*	ns	**	*	*	**	**	**
CV%	**4.9**	**10.1**	**16.7**	**17.8**	**8.9**	**9.1**	**9.5**	**3.1**	**11.8**

Rating 1-5; 5 = poorest, 1 = best, ns = non significant, **,* = significant at the probability level 0.01 and 0.05, respectively.

Table 4 Combined data on yield and agronomic characters of field corn hybrids from 6 locations; trial conducted at Lampang in rainy season 2021.

Hybrids	Height (cm)		Root lodging (1 - 5)	Rotten ear (%)	Plant Asp. (1 - 5)	Ear Asp. (1 - 5)	Shelling (%)	Grain moisture (%)	Grain yield at 15% moist kg/rai
	plant	ear							
UPFC155	216	102	1	22.8	2	1.5	69	29.0	1,697
UPFC205	226	120	1	17.6	2	1.5	82	27.5	1,629
UPFC227	260	140	1	18.9	2	1.5	76	27.5	1,534
UPFC242	263	140	1	20.5	1	1	77	28.1	1,597
UPFC269	258	142	1	11.2	1	1	80	26.4	1,621
UPFC319	228	100	1	17.0	1	1	83	26.4	1,490
UPFC342	249	134	1	15.0	1	1	74	26.6	1,308
Average hybrids	242	125	1	17.2	1.4	1.2	77	27.4	1,553
CP639	270	143	1	18.1	1	1	78	28.8	1,625
DK9979C	280	192	1	28.2	2	2	83	26.6	1,820
NK6253	256	154	1	11.7	1	1	84	27.1	1,431
NS5	230	133	1.5	13.5	2	2	77	26.5	1,661
P4546	263	136	1	18.3	2	2	81	29.0	1,382
PAC339	229	131	1	21.4	2	2	82	29.2	1,630
PAC789	245	132	1	13.2	2	2	88	28.7	1,631
S7328	243	146	1	17.6	1	1	79	29.0	1,297
SW4452	264	159	1	13.0	2	2	76	29.2	1,359
SW5720	269	147	1	18.4	2	2	77	29.0	1,476
Average checks	254	147	1.0	17.3	1.7	1.7	81	28.3	1,532
LSD 0.01	**37.2**	**60.5**	**0.5**	**14.5**	**0.5**	**1**	**12.9**	**1.9**	**140.1**
F-value	**	ns	ns	**	*	*	**	**	**
CV%	**5.1**	**15.1**	**16.2**	**26.5**	**12.8**	**21**	**5.6**	**2.4**	**15.4**

Rating 1-5; 5 = poorest, 1 = best, ns = non significant, **,* = significant at the probability level 0.01 and 0.05, respectively.

Table 5 Combined data on yield and agronomic characters of field corn hybrids all 4 provinces; trial conducted in rainy season 2021.

Hybrids	Height (cm)		Root lodging (1 - 5)	Rotten ear (%)	Plant Asp. (1 - 5)	Ear Asp. (1 - 5)	Shelling (%)	Grain moisture (%)	Grain yield at 15% moist kg/rai
	plant	ear							
UPFC155	207	103	1.0	13.4	2	2	67	28.8	1,506
UPFC205	220	120	1.0	15.3	2	1	81	28.2	1,541
UPFC227	232	120	1.1	12.0	2	2	77	28.5	1,387
UPFC242	241	131	1.0	16.4	2	2	78	28.7	1,483
UPFC269	227	117	1.0	11.1	2	1	77	26.9	1,514
UPFC319	225	106	1.0	10.7	1	2	82	27.0	1,439
UPFC342	227	127	1.0	10.8	1	1	74	26.8	1,189
Average hybrids	226	117	1.0	12.6	1.7	1.6	76	27.8	1,437
CP639	253	130	1.0	22.3	1	1	77	28.7	1,589
DK9979C	257	136	1.3	19.3	2	2	83	27.9	1,554
NK6253	233	127	1.0	15.2	1	1	81	28.4	1,250
NS5	220	122	1.3	23.9	2	2	78	26.8	1,396
P4546	248	128	1.0	15.8	2	2	80	28.9	1,257
PAC339	215	114	1.0	16.7	1	1	80	29.0	1,590
PAC789	226	115	1.0	13.7	2	2	82	28.7	1,532
S7328	240	139	1.0	16.9	1	2	76	28.8	1,315
SW4452	234	146	1.0	16.3	2	2	76	29.0	1,308
SW5720	243	128	1.0	16.3	2	2	74	28.9	1,347
Average checks	236	129	1.0	17.6	1.6	2	79	28.4	1,414
LSD 0.01	**21.5**	**21.9**	**0.3**	**10.3**	**0.9**	**1**	**7.5**	**1.4**	**199.8**
F-value	**	**	ns	**	ns	ns	**	**	**
CV%	**4.9**	**9.3**	**16.9**	**13.0**	**13.9**	**13.6**	**5.1**	**2.7**	**7.4**

Rating 1-5; 5 = poorest, 1 = best, ns = non significant, **, * = significant at the probability level 0.01 and 0.05, respectively.

สรุปผลการวิจัย

จากการปลูกทดสอบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้จำนวน 9 สายพันธุ์ ภายใต้โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา (UPMI) เพื่อเก็บลักษณะ และสร้างลูกผสม พบว่า สายพันธุ์แท้ทั้ง 9 สายพันธุ์ มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสมกับการสร้างลูกผสมที่ดีทั้ง 7 คู่ผสม โดยปลูกทดสอบผลผลิตในระดับ On-farm Yield Trial ในปี 2564 เปรียบเทียบกับพันธุ์การค้าพื้นที่ 4 จังหวัด พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ UPFC205 UPFC269 UPFC155 UPFC242 และ UPFC319 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,541 1,514 1,506 1,483 และ 1,439 กก./ไร่ ตามลำดับ

โดยจะดำเนินการคัดเลือกพันธุ์ที่มีศักยภาพที่ดีจำนวน 1-2 พันธุ์ เพื่อทำการปลูกแปลงสาธิต และปลูกทดสอบเพื่อจดทะเบียนคุ้มครองพันธุ์พืชต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา (UPMI) กรมวิชาการเกษตร ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ และบริษัทเมล็ดพันธุ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์ สถานที่ รวมทั้งเกษตรกรที่ให้แปลงในการทดสอบผลผลิตในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

CIMMYT. 1985. **Managing Trials and Reporting Data for CIMMYT's International Maize Testing Program.** Mexico, D.F.

Office of Agricultural Economics. 2019. **Situation of important agricultural products and trends in 2019**. Available http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/maize%20province%20dit %2062.pdf (27 August 2021). [in Thai]

Krudloyma, P. and S. Prasitwattanasawee. 2013. **Field Corn Breeding.** Available http: http://www.arda.or.th/kasetinfo/north/plant/fcorn_breeding1.html (27 August 2021). [in Thai]

R Development Core Team. 2010. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN3-900051-07-0**. [Online]. Available http://www.R-project.org/ (2013 June 21).

การพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเชิงการค้า
Development of Commercial Hybrid Maize Varieties

ปริญญา ไชยวังเทพ รัชพล วงศ์กระจ่าง อภินันท์ เร่งเร็ว และบุญฤทธิ์ สินค้างาม*

Parinya Chaiwangthep, Ratchapon Wongkrajang, Apinun Rengrew and Bunyarit Sinkangam*

สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

Agricultural Science, Faculty Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, Thailand, 56000

*Corresponding author: bunyarit.sin@gmail.com

Abstract

The development of commercial maize hybrids by the University of Phayao was carried out in dry season of 2019. Namely, all of inbred lines were cooperated with three public sectors. Then, many hybrids were crossed separated each group by factorial crossing method. There were: 1) Department of Agriculture and Kasetsart University (Group I); 2) Kasetsart University and University of Phayao (Group II) and 3) University of Phayao and Department of Agriculture (Group III). The hybrids were 1,268 received of each group; 440, 470 and 358, respectively. Then, the screening yield trial was performed in late rainy season 2020. The results showed that 282 hybrids are selected. Season two, the preliminary yield trial was evaluated in dry season 2020, Nei452009 x Kei1630 was the highest yield 1,799 kg/rai in Group I. Meanwhile, comparative varieties were averaged 1,556 kg/rai. Group II, the highest hybrid yield was Kei 1614 x UPFC029 equal to 1,664 kg/rai and check average was equal to 1,415 kg/rai. And, group III was UPFC045 x Nei492024 (1,704 kg/rai) and check was 1,570 kg/rai. Next procedural, the good adaptive and agronomic characteristics of hybrids were considered. Then, twenty hybrids and the highest yielding crosses were UP269, Kei 1421 x UPFC029, UPFC028xNei532005 equal to 1,871 kg/rai, 1,667 kg/rai, 1,959 kg/rai in each group for planting to test and evaluate the yield at the farmer's plot level selected. Finally, there are strongly performed in on-farming yield trial next season.

Keywords: field corn, hybrids, upper northern

บทคัดย่อ

การพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเชิงการค้าโดยมหาวิทยาลัยพะเยา ดำเนินการในฤดูแล้งปี 2562 โดยใช้สายพันธุ์แท้ร่วมกันระหว่าง 3 หน่วยงาน ได้แก่ กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยพะเยา ดำเนินการปลูกสร้างคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์แท้จากกรมวิชาการเกษตรกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กลุ่ม 1) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กับมหาวิทยาลัยพะเยา (กลุ่ม 2) และมหาวิทยาลัยพะเยากับกรมวิชาการเกษตร (กลุ่ม 3) ด้วยวิธี Factorial crossing ได้จำนวน 440, 470 และ 358 คู่ผสมตามลำดับ ปลูกทดสอบผลผลิตระดับ Screening yield trial ในฤดูปลายฝนปี 2563 จำนวน 1,268 คู่ผสม บันทึกข้อมูลผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรสามารถคัดเลือกคู่ผสมที่มีศักยภาพที่ดีได้ จำนวน 282 คู่ผสม ดำเนินการปลูกทดสอบในระดับ Preliminary yield trial ในฤดูแล้งปี 2020D พบว่า กลุ่ม 1 คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ Nei452009 x Kei1630 เท่ากับ 1,799 กก./ไร่ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ยเท่ากับ 1,556 กก./ไร่ กลุ่ม 2 คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ Kei 1614 x UPFC029 เท่ากับ 1,664 กก./ไร่ และพันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ยเท่ากับ 1,415 กก./ไร่ และ กลุ่ม 3 คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ UPFC045 x Nei492024 เท่ากับ 1,704 กก./ไร่ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบเฉลี่ยเท่ากับ 1,570 กก./ไร่ ทำการคัดเลือกคู่ผสมที่ให้ผลผลิตและมีลักษณะทางการเกษตรที่ดี โดยการคัดเลือกจำนวน 20 คู่ผสม และคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ UP269, Kei 1421 x UPFC029, UPFC028xNei532005 เท่ากับ 1,871, 1,667, และ 1,959 กก./ไร่ ตามลำดับ ในแต่ละกลุ่มเพื่อปลูกทดสอบประเมินผลผลิตในระดับแปลงเกษตรกรต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ลูกผสม ภาคเหนือตอนบน

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยเนื้อที่ ผลผลิต ผลผลิตตอไร ราคาและมูลคาของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้ในชวง 10 ปที่ผ่านมา (ป 2551-2560) (Office of Agricultural Economics, 2019) รายงานวาประเทศไทยมีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อยู่ในลำดับที่ 21 ของโลก โดยในปเพาะปลูก 2560/61 ประเทศไทยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 6.55 ล้านไร เพิ่มขึ้นจาก 6.44 ล้านไร ในปเพาะปลูก 2559/60 ร้อยละ 1.67 และมีผลผลิต 4.82 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 4.39 ล้านตัน ในปเพาะปลูก2559/60 ร้อยละ 9.82 นอกจากนี้ยังมีผลผลิตเฉลี่ยตอไร 736 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจาก 681 กิโลกรัม ในปเพาะปลูก 2559/60 ร้อยละ 8.08 เนื่องจากมีโครงการสงเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตวฤดูแล้งหลังนาปเพาะปลูก 2560/61 และมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอตอการเจริญเติบโตของข้าวโพดทั้งในรุน 1 (ฤดูฝน) และรุน 2 (ฤดูแลง) ในด้านการตลาด ป 2556/57 - 2560/61 ประเทศไทยมีแนวโน้มความตองการใชข้าวโพดเลี้ยงสัตวเพิ่มขึ้นจาก 6.40 ล้านตัน ในป 2556/57 เป็น 8.10 ล้านตัน ในป 2560/61 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.95 ตอป เนื่องจากความตองการใชเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตวมีมากขึ้นตามการขยายตัวของการเลี้ยงปศุสัตวอย่างต่อเนื่อง และในป 2561/62 ความตองการใชข้าวโพดเลี้ยงสัตวมีปริมาณ 8.25 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 8.10 ล้านตัน ในป 2560/61 ร้อยละ 1.85 (Office of Agricultural Economics, 2018)

จากการที่บทบาทหลักในการผลิตและจำหน่ายเมล็ดพันธุข้าวโพดเลี้ยงสัตวของประเทศไทยอยูในภาคเอกชนและสวนใหญ่เป็นบรรษัทข้ามชาติซึ่งมีเจ้าของเป็นต่างชาตินั้นทำให้ประเทศไทยควรมีการเสริมความเข้มแข็งในด้านการวิจัยและพัฒนาพันธุข้าวโพดเลี้ยงสัตวในสวนของภาครัฐและเอกชนของไทยเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เกิดความมั่นคงในการเป็นแหล่งผลิตเมล็ดพันธุข้าวโพดเลี้ยงสัตวที่สำคัญในอนาคตอย่างยั่งยืนแนวทางหนึ่งที่เป็นไปได้ คือ การกระตุน และเพิ่มการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาพันธุข้าวโพดเลี้ยงสัตวในสวนของภาครัฐรวมถึงสถาบันการศึกษาเพื่อให้สามารถพัฒนาพันธุข้าวโพดเลี้ยงสัตวลูกผสมและสายพันธุแท้สำหรับการผลิตในภาคเอกชนของไทยโดยเฉพาะธุรกิจขนาดเล็กและขนาดยอม (Small and Medium Enterprise, SME) ให้เกิดเป็นทางเลือกในการใช้พันธุของเกษตรกรหน่วยงานภาครัฐและสถาบันการศึกษาที่มีบทบาทสำคัญในการวิจัยและพัฒนาพันธุข้าวโพดเลี้ยงสัตว ได้แก กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งทั้ง 3 หน่วยงานดังกล่าวมีการพัฒนาสายพันธุแท้ข้าวโพดเลี้ยงสัตวที่ดีเด่นและมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นพันธุลูกผสม โดยศูนย์วิจัยพืชไรนครสวรรค์ กรมวิชาการเกษตร และศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแหง ชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้มีการสงเสริมพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตวดีเดนแกเกษตรกรมาตั้งแต่อดีตจนถึงปจจุบันทั้งพันธุผสมเปิดและพันธุลูกผสม อย่างไรก็ตามพันธุลูกผสมที่สงเสริมแกเกษตรกรยังมีจำนวนน้อยและไม่สามารถจะแขงขันกับพันธุลูกผสมของบริษัทเอกชน ได้ด้วยเหตุนี้โครงการวิจัยนี้จึงเป็นโครงการความร่วมมือระหว่างกรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยพะเยาในการนำสายพันธุ์แท้ดีเดนที่พัฒนาได้จากต่างหน่วยงานและต่างสภาพแวดลอมมาผสมระหว่างกันเพื่อทดสอบพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตวลูกผสมเชิงการคาสำหรับให้เกษตรกรได้เลือกใช้เพาะปลูกได้อย่างเหมาะสมตามสภาพพื้นที่ การจัดการ และฤดูกาลปลูกตามภาคต่าง ๆ ของภาคเหนือตอนบนเขต 2 จังหวัดเชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน โดยทำการปลูกทดสอบพันธุลูกผสมที่พัฒนาขึ้นทั้งในฤดูฝนและฤดูแลงในหลายสถานที่ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตวที่สำคัญของประเทศไทย และทำให้สามารถปลูกทดสอบพันธุได้กว้างขวางในหลายสภาพแวดลอมมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สร้างคู่ผสมจากสายพันธุ์แท้ (Hybrid Seed Formation) ในฤดูแล้ง ปี 2019 (Dry season, D) โดยใช้เมล็ดพันธุ์จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยาและกรมวิชาการเกษตรนครสวรรค์ (กลุ่ม 3) โดยใช้วิธีการผสมพันธุ์แบบ Factorial crossing ปลูกสายพันธุ์แท้ทั้ง 2 แหล่งเชื้อพันธุกรรม ๆ ละ จำนวน 20 สายพันธุ์ และ 22 สายพันธุ์ ซึ่งจะได้พันธุ์ลูกผสมประมาณ 400 คู่ผสม และได้นำพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างกรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กลุ่ม 1) และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และมหาวิทยาลัยพะเยา (กลุ่ม 2) มาร่วมปลูกทดสอบผลผลิตในฤดูกาลถัดไป

2. การปลูกทดสอบลูกผสมระดับ (Screening Yield Trial) ในต้นฤดูฝน ปี 2020 (Early season, ER) ที่ได้จากฤดูกาลที่ 1 ปีที่ 1 จำนวน 440 (กลุ่ม 1, DOA X KU), 470 (กลุ่ม 2, KU X UP) และ 358 (กลุ่ม 3, UP X DOA) รวม 1,268 คู่ผสมโดยการปลูกทดสอบจำนวน 1 แห่ง/จังหวัด ใช้แผนการทดลอง 10 x 11 Simple Rectangular Lattice ขนาดแปลงยาว 3.0 เมตร ระยะระหว่างต้น 25 เซนติเมตร โดยการปลูกจำนวน 2 แถว/พันธุ์จำนวน 2 ซ้ำ ร่วมกับพันธุ์

เปรียบเทียบ จำนวน 12 พันธุ์ โดยใช้ R-Program version R 2.11.0 (R development core team, 2010) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี LSD (Least significant different)

3. ปลูกทดสอบลูกผสมระดับ (Preliminary Yield Trial) ในปลายฤดูฝน ปี 2020 (Late rainy season, LR) ที่คัดเลือกจากฤดูกาลที่ 2 จำนวน 94 (กลุ่ม 1), 94 (กลุ่ม 2) และ 94 (กลุ่ม 3) รวม 282 คู่ผสม โดยการปลูกทดสอบจำนวน 1 แห่ง/จังหวัด ใช้แผนการทดลอง 10 x 11 Simple Rectangular Lattice ขนาดแปลงยาว 5 เมตร ระยะระหว่างต้น 25 เซนติเมตร โดยการปลูกจำนวน 2 แถว/พันธุ์ จำนวน 2 ซ้ำ ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 10 พันธุ์

4. การบันทึกข้อมูล (CIMMYT, 1985)

- ความสูงต้น (Plant height: เซนติเมตร) โดยสุ่มวัดความสูงของต้นที่อยู่บริเวณกลางแถว จำนวน 10 ต้น ซึ่งจะทำการวัด 2 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว โดยวัดจากพื้นดินถึงข้อใบธง

- ความสูงฝัก (Ear height: เซนติเมตร) โดยสุ่มวัดความสูงฝักของต้นที่อยู่บริเวณกลางแถว จำนวน 10 ต้น จะทำการวัด 2 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว โดยความสูงฝักวัดจากพื้นดินถึงข้อฝักบน

- การล้มของราก (Root lodging) โดยเก็บข้อมูลการล้มของรากก่อนเก็บเกี่ยว โดยจะประเมินในแต่ละแปลงย่อยว่ามีต้นเอียงบริเวณราก 30 องศา ขึ้นไป โดยให้คะแนน 1-5 คะแนน 1 หมายถึง ไม่มีต้นเอียง และ 5 หมายถึง ต้นทั้งหมดในแปลงย่อยเอียง 30 องศา หรือมากกว่า

- น้ำหนักผลผลิตทั้งหมด (Field weight 10 Ear) โดยชั่งน้ำหนัก 10 ฝักที่ดีที่สุดในแต่ละแปลงย่อย หน่วยเป็นกิโลกรัม และใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

- น้ำหนักเมล็ด (Grain weight 10 Ear) โดยชั่งน้ำหนักเมล็ด 10 ฝักที่ดีที่สุดแต่ละแปลงย่อย หน่วยเป็นกิโลกรัมและใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

- ความชื้น (Grain moisture) เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ (Grain shelling) โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ด 10 ฝัก}}{\text{น้ำหนัก 10 ฝัก}} \times 100$$

- ผลผลิตเมล็ด (Grain yield) กิโลกรัมต่อไร่ ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ คำนวณผลผลิตเมล็ดของแต่ละแปลงย่อยจากสูตร

$$\text{กิโลกรัมต่อไร่ ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์} = \frac{\text{15 X กิโลกรัมต่อไร่}}{\text{ความชื้นที่วัดได้}}$$

ผลการวิจัย

ประเมินศักยภาพคู่ผสมในระดับ Screening Yield Trial ที่ผสมระหว่างสายพันธุ์แท้จาก 3 หน่วยงาน ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU) มหาวิทยาลัยพะเยา (UP) และกรมวิชาการเกษตร (DOA) ได้ลูกผสมประกอบด้วยกลุ่มที่ 1: DOA x KU กลุ่มที่ 2: KU x UP และ กลุ่มที่ 3: UP x DOA จำนวน 1,268 คู่ผสม ได้ Screening ออก พบว่า ข้าวโพดลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงสามารถคัดเลือกได้ 94 คู่ผสมต่อ 1 กลุ่ม และปลูกทดสอบในระดับ Preliminary Yield Trial โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่า การสร้างลูกผสมที่ดีนั้นสายพันธุ์ควรต่าง heterotic group กันเพื่อความสามารถในการสร้างลูกผสมที่มีความดีเด่น (Heterosis) และสามารถสร้างสมรรถนะการรวมตัวที่ดีจึงจะให้ลูกผสมที่ดีตามมาด้วยสอดคล้องกับรายงานของ Jompuk (2012); Sampantalak (2003); Laosuwan (1984) ที่ว่าการหาคู่ลูกผสมส่วนมากมักนิยมแบ่งกลุ่มสายพันธุ์แท้ออกเป็นกลุ่มๆ โดยคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะ และวันออกดอกใกล้เคียงกันและควรอยู่ต่างกลุ่ม heterotic group กันด้วย จากนั้นจึงทำการผสมจริง ๆ เพื่อทดสอบความถูกต้องอีกครั้งหนึ่งก่อนตัดสินใจผลลูกผสมเป็นการค้าต่อไป ดังนั้น จากผลการทดลองครั้งนี้ทำให้ได้ทราบแนวโน้มของสายพันธุ์ที่มีศักยภาพที่ดี และมีแนวโน้มในการสร้างลูกผสมที่ดีต่อไปในอนาคต ขณะเดียวกันยังสามารถใช้แก้ปัญหาเรื่องของการจัด heterotic group ในการทดลองครั้งต่อไปได้เป็นอย่างดี

ผลการปลูกทดสอบลูกผสมระดับ Preliminary Yield Trial

จากนั้นดำเนินคัดเลือกคู่ผสมที่มีศักยภาพหน่วยงานละ 94 คู่ผสม รวม 282 คู่ผสมปลูกทดสอบในระดับ Preliminary Yield Trial ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 16 พันธุ์ ประกอบด้วย พันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร 3 พันธุ์ (นครสวรรค์ 3 นครสวรรค์ 4 และนครสวรรค์ 5) พันธุ์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 5 พันธุ์ (Suwan4452 SW5720 SW5821 SW5819 และ SW 5731) และพันธุ์การค้าเอกชน 8 พันธุ์ (S6253 S7328 DK9979C PAC339 PAC789 P4546 LG38778 และ CP639)

จากการปลูกทดสอบผลผลิตสามารถคัดเลือกคู่ผสมได้ 20 คู่ผสมกลุ่มที่ 1: DOA x KU พบว่า ให้ผลผลิตเฉลี่ยของคู่ผสมเท่ากับ 1,223 กก./ไร่ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบจากกรมวิชาการเกษตรเท่ากับ 1,138 กก./ไร่ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เท่ากับ 1,297 กก./ไร่ และพันธุ์การค้าเอกชนเท่ากับ 1,254 กก./ไร่ เมื่อพิจารณาพันธุ์ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิต และมีลักษณะทางการเกษตรดีจำนวน 20 คู่ผสม พบว่า ให้ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,405-1,871 กก./ไร่ ขณะที่วันออกดอกตัวผู้และตัวเมียอยู่ในช่วง 69-78 วัน และ 76-81 วัน ตามลำดับ สำหรับคะแนนลักษณะต้นและฝักนั้นอยู่ในช่วง 3.3-5 และ 3.3-4.3 คะแนน ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์กะเทาะอยู่ในช่วง 76-91 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 17.8-24.7 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) (Figure 1A) ในส่วนของการปลูกทดสอบผลผลิตของลูกผสมกลุ่มที่ 2: KU x UP พบว่า ให้ผลผลิตเฉลี่ยของคู่ผสมเท่ากับ 1,265 กก./ไร่ พันธุ์จากกรมวิชาการเกษตรเท่ากับ 1,208 กก./ไร่ พันธุ์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เท่ากับ 1,338 กก./ไร่ และพันธุ์การค้าเอกชนเท่ากับ 1,205 กก./ไร่ เมื่อพิจารณาพันธุ์ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิต และมีลักษณะทางการเกษตรดีจำนวน 20 คู่ผสม พบว่า ให้ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,450-1,667 กก./ไร่ ขณะที่วันออกดอกตัวผู้และตัวเมียอยู่ในช่วง 73-78 และ 73-82 วัน ตามลำดับ สำหรับ

คะแนนลักษณะต้นและฝักนั้นอยู่ในช่วง 3-5 และ 3.3-4.3 คะเนน เปอร์เซ็นต์กะเทาะอยู่ในช่วง 76-92 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 19.5-25.4 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) (Figure 1B) และการปลูกทดสอบผลผลิตของลูกผสมกลุ่มที่ 3: UP x DOA พบว่า ให้ผลผลิตเฉลี่ยของคู่ผสมเท่ากับ 1,313 กก./ไร่ พันธุ์จากกรมวิชาการเกษตรเท่ากับ 1,586 กก./ไร่ พันธุ์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เท่ากับ 1,546 กก./ไร่ และพันธุ์การค้าเอกชนเท่ากับ 1,321 กก./ไร่ เมื่อพิจารณาพันธุ์ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิต และมีลักษณะทางการเกษตรดีจำนวน 20 คู่ผสม พบว่า ให้ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,562-1,959 กก./ไร่ ขณะที่วันออกดอกตัวผู้และตัวเมียอยู่ในช่วง 76-79 และ 76-80 วัน สำหรับคะแนนลักษณะต้นและฝักนั้นอยู่ในช่วง 3.3-4.5 และ 3.5-5 คะแนน เปอร์เซ็นต์กะเทาะอยู่ในช่วง 67-96 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 10.5-22 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) (Figure 1C) จากนั้นจะทำการคัดเลือกคู่ผสมที่ดีที่สุดจำนวน 20-25 คู่ผสมต่อกลุ่มรวมแล้วคาดว่าประมาณ 60-75 คู่ผสมเพื่อดำเนินการปลูกในระดับ Advance Yield Trial ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนต่อไป

วิจารณ์ผลการวิจัย

การพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเชิงการค้าโดยมหาวิทยาลัยพะเยา ได้ดำเนินการตั้งแต่ฤดูแล้งปี 2562 โดยใช้เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดมาจาก “โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา” (University of Phayao Maize Improvement; UPMI) ซึ่งได้ดำเนินการมาตั้งแต่ปี 2555 รวมเป็นระยะ 5 ปี ภายใต้กรรมวิธีการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีมาตรฐาน (Conventional plant breeding) ซึ่งได้ดำเนินการในแปลงทดสอบของมหาวิทยาลัยพะเยา เริ่มจากการปลูกสร้างคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์แท้มหาวิทยาลัยพะเยา (UP) กับกรมวิชาการเกษตร (DOA) 20 UP Inbreds x 20 DOA Inbreds ได้จำนวน 358 คู่ผสม จากนั้นทำการคัดเลือกคู่ผสมที่มีศักยภาพจาก Group III (UP x DOA) เพื่อดำเนินการปลูกทดสอบในระดับ Preliminary yield trial ในฤดูแล้งปี 2020D จำนวน 94 คู่ผสมและคัดเลือกได้ 20 คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูง คือ UP269, Kei 1421 x UPFC029, UPFC028xNei532005 เท่ากับ 1,871 กก./ไร่, 1,667 กก./ไร่, 1,959 กก./ไร่ เช่นเดียวกับงานของ Boonrit ant Teerawat (2514) ได้ปลูกผสมพันธุ์และสร้างลูกผสมเบื้องต้นโดยวิธีผสมตรงและผสมสลับในฤดูแล้งปี พ.ศ. 2555 ได้คู่ผสมจำนวน 124 คู่ผสม ปลูกทดสอบผลผลิตเบื้องต้นในฤดูปลายฝนปี พ.ศ. 2556 พบว่า ทั้ง 124 คู่ผสม ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ลูกผสมที่เกิดจากคู่ผสม UPFC3 x UPFC6, UPFC8 x UPFC11, UPFC8 x UPFC7, UPFC8 x UPFC9 และ UPFC9 x UPFC6 เท่ากับ 1,408, 1,224, 1,204, 1,187 และ 1,179 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์มาตรฐานให้ผลผลิตเพียง 701 กก./ไร่ นอกจากนี้ลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญอื่น ๆ มีแนวโน้มที่ดีเด่นเช่นกัน

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมโดยการบูรณาการของภาครัฐโดยมหาวิทยาลัยพะเยาดำเนินการตั้งแต่ฤดูแล้งปี 2562 โดยใช้สายพันธุ์แท้เพื่อปลูกสร้างคู่ผสมระหว่าง 3 หน่วยงาน 1) กลุ่มที่ 1 (DOA x KU) จำนวน 440 คู่ผสม 2) กลุ่มที่ 2 (KU x UP) จำนวน 470 คู่ผสม และ 3) กลุ่มที่ 3 (UP x DOA) จำนวน 358 คู่ผสม คัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีศักยภาพสูงปลูกทดสอบในระดับ Preliminary yield trial จำนวน 94 คู่ผสมต่อกลุ่มร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ ได้คัดเลือก 20 คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูง กลุ่มที่ 1 (DOA x KU) ให้ผลผลิตเฉลี่ยของคู่ผสมเท่ากับ 1,223 กก./ไร่ เมื่อพิจารณาพันธุ์ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตดีจำนวน 20 คู่ผสม พบว่า ให้ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,405-1,871 กก./ไร่ กลุ่มที่ 2 พบว่าให้ผลผลิตเฉลี่ยของคู่ผสมเท่ากับ 1,265 กก./ไร่ เมื่อพิจารณาพันธุ์ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตดีจำนวน 20 คู่ผสม พบว่า ให้ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,450-1,667 กก./ไร่ และคัดเลือกพันธุ์ที่ดีเพื่อทดสอบในฤดูกาลถัดไป และกลุ่มที่ 3 ให้ผลผลิตเฉลี่ยของคู่ผสมเท่ากับ 1,313 กก./ไร่ เมื่อพิจารณาพันธุ์ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตดีจำนวน 20 คู่ผสม พบว่า ให้ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,562-1,959 กก./ไร่ จากนั้นจะทำการคัดเลือกคู่ผสมที่ดีที่สุดจำนวน 20-25 คู่ผสมต่อกลุ่มรวมแล้วคาดว่าประมาณ 60-75 คู่ผสม พบว่า คู่ผสมแต่ละกลุ่มที่ให้ผลผลิตสูง คือ กลุ่มที่ 1 UP269, กลุ่มที่ 2 Kei 1421 x UPFC029, กลุ่มที่ 3 UPFC028xNei532005 เท่ากับ 1,871 กก./ไร่, 1,667 กก./ไร่, 1,959 กก./ไร่ เพื่อดำเนินการปลูกในระดับ Advance Yield Trial ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา (UPMI) ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบริษัทเมล็ดพันธุ์ที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านเพื่อให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จและเดินหน้าต่อไปอย่างมั่นคง

เอกสารอ้างอิง

Boonrit Khongngam and Teerawat Daothong. 2014. Preliminary Test on Hybrid Corn Yields in PhayaoProvince. **Journal of Agricultural Research and Promotion.** Pages 1-6. [in Thai]

CIMMYT. 1985. **Managing Trials and Reporting Data for CIMMYT's International Maize Testing Program.** Mexico, D.F.

Jompuk, C. 2012. Laws and Plant Breeding. 36-54 p. *In* **Training Documentation: Principle of Plant Breeding. 23 August 2012.** Nakhon Pathom: Kasersart University, Kamphang Sean Campus. [in Thai]

Laosuwan, P. 1984. **Principle of Plant Breeding.** Songkla: Thaina Press. 320 p. [in Thai]

Office of Agricultural Economics. 2018. **Situation of important agricultural products and trends in 2018.** Available http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/maize%20province%20dit %2062.pdf (27 August 2021). [in Thai]

Office of Agricultural Economics. 2019. **Situation of important agricultural products and trends in 2019.** Available http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/maize%20province%20dit %2062.pdf (27 August 2021). [in Thai]

R Development Core Team. 2010. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN3-900051-07-0.** [Online]. Available http://www.R-project.org/ (2013 June 21).

Sampantalak, K. 2003. **Plant Breeding: Fundamental Methodology and Concept.** Bangkok: Kasetsart University Press. 237 p. [in Thai]

Table 1 20 Selected hybrids from Group I trial (DOA inbreds x KU inbreds) at Phayao, in 2021D

Trial DOA No.	Pedigree	Ent.	Day to (days)		Height (cm.)		Lodging[1/]		Plant Asp.[1/]	Ear Asp.[1/]	Open Hk.[1/]	Tip Fil[1/]	% Rot.	Shell (%)	Moist (%)	Mean Yield (kg/rai)	Relative to check (%)			
			Tass.	Silk	Plant	Ear	Root	Stalk									Trial mean	DOA	KU	COM.
1	UP269	92	77	78	240	142	1.0	1.0	3.8	4.3	3.8	3.8	48.6	80	17.8	1,871	65	61	69	67
2	UPFC039 x Nei 532005	44	77	78	220	118	3.5	1.0	4.0	3.5	4.5	4.0	39.9	80	20.5	1,647	74	69	79	76
3	UPFC042 x Nei 9202	49	76	76	222	122	1.5	1.0	3.3	3.3	3.5	3.8	28.6	91	20.6	1,585	77	72	82	79
4	UPFC007 x Nei 512013	12	76	76	220	133	1.3	1.3	3.8	3.8	3.8	4.0	54.3	81	18.5	1,518	81	75	85	83
5	UPFC045 x Nei 582016	59	77	81	253	125	2.0	1.3	4.5	3.5	3.5	4.3	32.6	87	24.7	1,513	81	75	86	83
6	UPFC060 x Nei 452006	76	77	77	225	136	1.0	1.0	3.3	4.0	5.0	4.3	48.4	87	23.4	1,511	81	75	86	83
7	UPFC034 x Nei 452008	32	76	77	218	120	1.0	1.0	3.3	3.8	4.0	4.3	78.6	84	19.1	1,507	81	76	86	83
8	UPFC040 x Nei 582016	48	77	78	220	125	1.8	1.0	3.3	3.5	3.5	3.5	33.9	90	19.9	1,493	82	76	87	84
9	DK9979C	105	76	77	210	125	2.3	1.0	4.3	4.3	3.8	3.5	41.9	84	21.1	1,492	82	76	87	84
10	UPFC045 x Nei 492024	53	78	80	226	143	1.5	1.0	4.5	3.8	3.5	3.8	56.2	80	21.2	1,474	83	77	88	85
11	UPFC050 x Nei 542010	69	76	77	235	138	1.5	1.0	4.5	4.3	4.5	4.5	39.1	76	20.8	1,464	84	78	89	86
12	UPFC045 x Nei 532005	57	78	78	225	130	1.0	1.0	3.3	4.0	4.3	4.0	54.6	79	20.9	1,457	84	78	89	86
13	UP342	94	77	79	210	119	3.0	1.0	3.5	4.0	3.8	3.8	56.9	83	20.0	1,448	84	79	90	87
14	UPFC048 x Nei 452015	62	77	78	224	115	4.0	1.0	4.5	4.0	4.0	4.5	41.5	89	21.4	1,437	85	79	90	87
15	UPFC050 x Nei 532003	67	77	77	227	131	2.8	1.0	4.3	3.5	4.5	4.0	61.1	80	22.9	1,430	85	80	91	88
16	UPFC039 x Nei 502002	40	76	76	213	133	3.5	1.0	5.0	4.5	4.0	4.0	56.3	83	19.7	1,417	86	80	92	88
17	UPFC034 x Nei 532005	37	78	80	223	120	1.5	1.0	3.3	4.3	4.0	4.0	73.3	83	19.9	1,407	87	81	92	89
18	SW 5819	101	69	79	222	129	1.0	1.0	3.3	3.8	3.5	3.8	26.4	88	21.2	1,407	87	81	92	89
19	S6253	103	79	79	230	130	1.5	1.0	4.0	4.3	4.0	4.0	52.9	80	21.4	1,407	87	81	92	89
20	UPFC055 x Nei 582016	74	76	78	215	133	2.0	1.0	4.0	3.8	3.8	4.5	36.4	84	23.4	1,405	87	81	92	89
Trial mean		_	77	79	220	129	2.1	1.1	4.1	4.2	4.2	4.2	54.9	80.7	22.0	1,223	100	93	106	103
DOA check mean (3 hybrids)		_	78	80	210	126	2.2	1.0	3.8	4	4.3	4.4	52.7	79	22.4	1,139	107	100	114	110
KU check mean (5 hybrids)		_	75	78	209	116	1.3	1.1	3.8	3.8	4	3.9	35.9	85.1	22.6	1,297	94	88	100	97
Commercial check mean (8 hybrids)		_	77	78	224	129	1.0	1.0	4	4.3	4.1	4.1	51.3	81.4	22.9	1,254	98	91	103	100
CV (%)		–	2.3	3	8.8	16	12.9	15.9	17.2	15.2	14.2	13.3	16.9	10.3	11.9	18.5	-	-	-	-
LSD (0.05)		–	*	*	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	*	**	-	-	-	-

[1/]Rating 1-5; 5 = poorest, 1 = best, ns = non significant, *, ** = significant at the probability level 0.05 and 0.01, respectively. DOA = Department of agriculture, KU = Kasetsart University, UP = University of Phayao.

Table 2 20 Selected hybrids from Group II trial (KU inbreds x UP inbreds) at Phayao, in 2021D

Trial KU No.	Pedigree	Ent.	Day to (days)		Height (cm)		Lodging[1/]		Plant Asp.[1/]	Ear Asp.[1/]	Open Hk.[1/]	Tip Fil[1/]	% Rot.	Shell (%)	Moist (%)	Mean Yield (kg/rai)	Relative to check (%)			
			Tass.	Silk	Plant	Ear	Root	Stalk									Trial mean	DOA	KU	COM.
1	Kei 1421 x UPFC029	34	76	77	204	97	1.0	1.0	3.0	3.5	3.8	3.8	25.0	92	19.5	1,667	76	72	80	72
2	Kei 1421 x UPFC019	31	76	76	236	120	1.0	1.0	3.0	3.8	4.0	3.8	44.8	83	19.6	1,634	77	74	82	74
3	Kei 1713 x UPFC061	87	78	78	235	125	3.5	1.0	4.0	3.8	4.0	4.0	50.9	85	23.0	1,606	79	75	83	75
4	Kei 1606 x UPFC061	65	78	79	233	125	1.8	1.0	4.0	4.3	4.0	4.5	72.0	84	20.1	1,594	79	76	84	76
5	Ki 57 x UPFC01	21	76	76	226	129	1.5	1.0	3.3	3.5	3.8	3.8	37.8	82	21.4	1,573	80	77	85	77
6	Kei 1608 x UPFC061	70	78	78	206	116	1.0	1.0	4.0	3.5	3.8	3.8	34.5	89	20.8	1,572	80	77	85	77
7	PAC339	106	76	77	170	107	1.0	1.0	3.3	3.8	3.8	3.8	45.4	92	24.7	1,553	81	78	86	78
8	Ki 48 x UPFC005	94	78	78	222	134	4.5	1.0	5.0	4.3	4.5	4.5	57.0	82	21.7	1,552	81	78	86	78
9	Ki 57 x UPFC019	18	73	73	228	125	3.0	1.0	4.0	3.5	3.8	3.8	22.5	87	20.5	1,535	82	79	87	79
10	Kei 1614 x UPFC067	81	76	76	221	136	1.5	1.0	4.0	3.5	3.8	3.8	30.1	89	22.0	1,530	83	79	87	79
11	Kei 1611 x UPFC029	73	76	78	189	104	1.0	1.0	4.0	3.8	3.8	4.0	47.9	83	20.0	1,524	83	79	88	79
12	Kei 1519 x UPFC061	48	78	82	220	110	3.3	1.0	4.5	3.8	3.8	4.0	56.2	86	23.5	1,501	84	80	89	80
13	Ki 48 x UPFC061	91	77	78	232	139	2.0	1.0	4.0	3.5	4.0	4.0	58.9	85	25.4	1,497	84	81	89	80
14	Kei 1713 x UPFC01	88	78	79	195	119	1.0	1.0	3.8	3.8	4.0	3.8	50.0	87	22.0	1,492	85	81	90	81
15	Kei 1614 x UPFC02	82	76	76	235	135	1.0	1.0	3.5	3.3	3.5	3.5	37.0	87	22.1	1,492	85	81	90	81
16	Kei 1531 x UPFC019	53	76	78	213	116	1.0	1.0	3.5	3.3	3.8	3.8	21.2	87	21.1	1,490	85	81	90	81
17	Kei 1314 x UPFC067	30	77	77	245	146	1.0	1.0	3.3	3.5	4.0	3.5	48.9	76	20.8	1,469	86	82	91	82
18	Kei 1531 x UPFC005	52	76	76	218	128	1.0	1.0	3.3	3.8	3.5	3.8	33.3	76	21.4	1,461	87	83	92	82
19	P4546	108	77	77	214	118	1.0	1.0	3.8	3.5	4.0	3.5	34.8	78	22.8	1,461	87	83	92	83
20	Kei 1421 x UPFC061	35	78	78	239	122	1.3	1.0	3.3	4.0	4.0	4.0	60.5	85	21.6	1,450	87	83	92	83
Trial mean		_	77	78	218	125	1.7	1.0	3.9	3.9	4.0	4.0	48.8	79.9	22.3	1,265	100	96	106	95
DOA check mean (3 hybrids)		_	78	77	215	135	2.7	1.0	3.9	4	3.8	3.8	37.3	81.4	23.4	1,208	105	100	111	100
KU check mean (5 hybrids)		_	79	80	216	127	1.5	1.0	3.8	3.7	3.9	3.9	46.2	76.3	23	1,338	95	90	100	90
Commercial check mean (8 hybrids)		_	77	78	215	123	1.9	1.0	4	4	4	3.8	52.2	75.9	22.9	1,205	105	100	111	100
CV (%)		_	2.2	2.8	8.1	12.6	16.1	10.6	15.6	12.7	11.2	16.3	17.1	10.8	10.5	17.7	-	-	-	-
LSD (0.05)		_	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	-	-	-	-

[1/]Rating 1-5; 5 = poorest, 1 = best, ns = non significant, *, ** = significant at the probability level 0.05 and 0.01, respectively. DOA = Department of agriculture, KU = Kasetsart University, UP = University of Phayao.

Table 3 Top 20 hybrid from Group III trial (UP inbreds x DOA inbreds) at Phayao, in 2021D

Trial UP No.	Pedigree	Ent.	Day to (days)		Height (cm)		Lodging		Plant Asp.[1/]	Ear Asp.[1/]	Open Hk.[1/]	Tip Fil[1/]	% Rot.	Shell (%)	Moist (%)	Mean Yield (kg/rai)	Relative to check (%)			
			Tass.	Silk	Plant	Ear	Root	Stalk									Trial mean	DOA	KU	COM
1	UPFC028xNei532005	28	79	80	207	121	1.0	1.0	4.5	4.5	4.5	5.0	80.0	82	18.8	1,959	67	81	79	67
2	SW 5821	101	78	79	208	124	1.5	1.0	3.8	4.0	4.0	4.0	54.5	93	20.6	1,941	68	82	80	68
3	UP282	93	77	77	206	101	1.0	1.0	3.8	3.5	3.8	3.5	39.8	90	20.2	1,815	72	87	85	73
4	PAC339	106	76	76	189	99	1.0	1.0	3.5	4.0	3.8	3.8	35.7	88	21.9	1,798	73	88	86	73
5	UP227	90	78	79	213	125	1.0	1.0	3.5	3.8	4.0	3.8	54.9	89	21.5	1,786	74	89	87	74
6	SW 5821	100	77	78	202	116	1.0	1.0	3.5	3.5	4.0	3.8	36.2	84	20.2	1,781	74	89	87	74
7	UPFC005xNei532005	4	78	79	189	110	1.5	1.0	3.8	3.8	4.5	4.0	73.1	85	18.5	1,772	74	90	87	75
8	UPFC045xNei532005	57	77	77	208	108	1.0	1.0	3.3	3.8	3.8	3.8	44.4	80	10.5	1,733	76	92	89	76
9	UPFC055xNei452004	71	79	80	186	100	1.0	1.3	3.8	5.0	5.0	5.0	70.2	74	16.1	1,675	78	95	92	79
10	UPFC045xNei452004	51	77	78	208	110	2.0	1.0	3.5	3.5	4.0	4.0	41.4	67	20.2	1,628	81	97	95	81
11	NS5	97	77	77	162	87	1.0	1.0	4.0	3.5	3.8	3.8	26.5	81	20.8	1,626	81	98	95	81
12	UPFC034xNei452004	31	76	76	206	95	1.0	1.0	3.5	3.5	3.8	4.5	45.4	75	18.9	1,615	81	98	96	82
13	UPFC050xNei532003	67	76	76	195	98	1.0	1.0	3.3	3.5	4.5	4.0	50.9	87	19.0	1,606	82	99	96	82
14	UPFC034xNei452008	32	77	77	188	113	1.0	1.0	3.8	3.3	3.5	3.5	5.9	86	19.0	1,603	82	99	96	82
15	UP242	91	79	81	185	118	1.0	1.0	3.8	4.0	4.0	4.0	51.5	82	21.4	1,575	83	101	98	84
16	UPFC028xNei542010	29	77	78	172	90	1.5	1.0	3.3	3.5	3.8	3.8	58.3	96	21.9	1,572	84	101	98	84
17	NS4	96	77	77	181	117	1.0	1.0	3.5	3.5	3.5	3.5	24.3	84	20.9	1,571	84	101	98	84
18	UP269	92	77	77	186	82	1.0	1.0	3.5	3.5	4.3	4.5	47.5	85	20.5	1,569	84	101	99	84
19	UP205	89	77	78	174	103	1.3	1.0	3.3	3.8	4.5	3.8	42.4	84	22.0	1,565	84	101	99	84
20	NS3	95	78	78	195	123	1.0	1.0	3.5	3.8	3.5	3.5	45.4	89	19.6	1,562	84	102	99	85
Trial mean		_	78	79	191	108	1.3	1.0	3.9	4.2	4.3	4.3	58.9	79.0	20.0	1,313	100	121	118	101
DOA check mean (3 hybrids)		_	77	77	179	109	1.4	1.0	3.7	3.6	3.6	3.6	32.1	84.3	20.4	1,586	83	100	97	83
KU check mean (5 hybrids)		_	78	79	199	113	1.2	1.0	3.7	3.7	4.1	4.0	45.0	81.2	22.0	1,546	85	103	100	85
Commercial check mean (8 hybrids)		_	78	78	191	107	1.2	1.0	3.8	4.0	4.1	4.1	55.0	80.0	22.8	1,321	99	120	117	100
CV (%)		_	2.3	2.6	11.9	18.2	17.3	12.7	13.9	13.5	13.5	13.5	18.1	13.4	13.8	17.1	-	-	-	-
LSD (0.05)		_	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	*	ns	ns	**	**	**	**	-	-	-	-

[1/]Rating 1-5; 5 = poorest, 1 = best, ns = non significant, *, ** = significant at the probability level 0.05 and 0.01, respectively. DOA = Department of agriculture, KU = Kasetsart University, UP = University of Phayao.

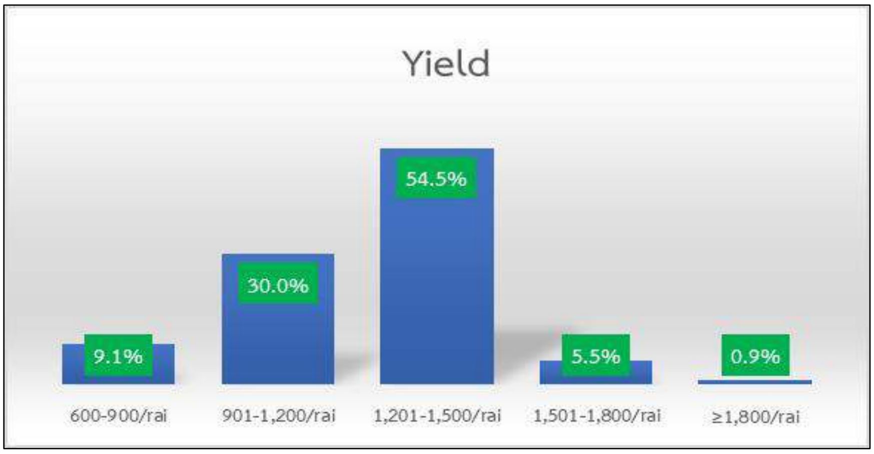


Figure 1A Mean grain yield (kg/rai) of hybrids from Group I trial (DOA x KU) in 2021D

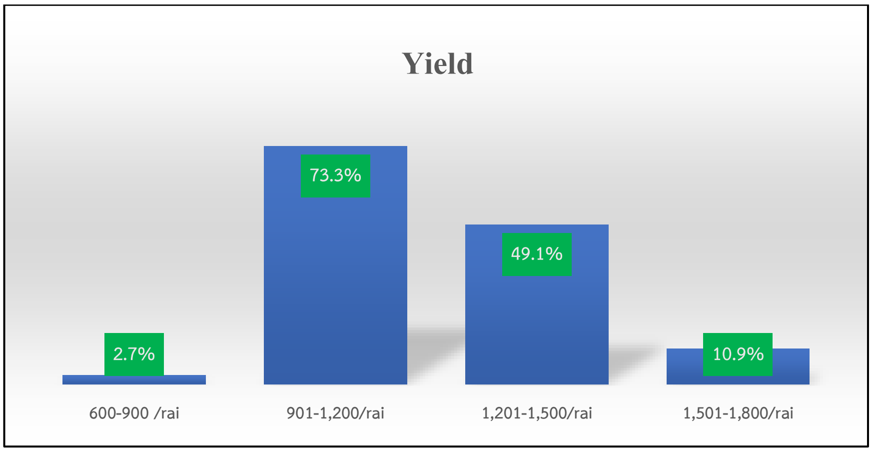


Figure 1B Mean grain yield (kg/rai) of hybrids from Group II trial (KU x UP) in 2021D

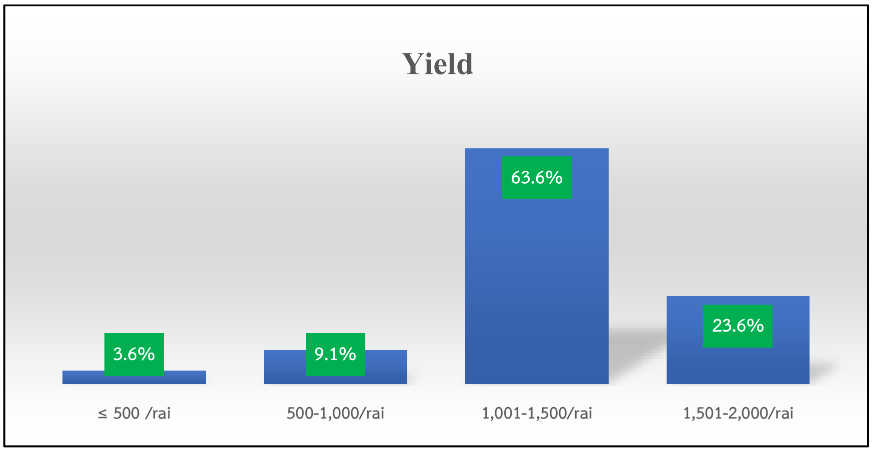


Figure 1C Mean grain yield (kg/rai) of hybrids from Group III trial (UP x DOA) in 2021D

การเปรียบเทียบเบื้องต้นข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมใหม่ในพื้นที่จังหวัดพะเยา
Preliminary Yield Trial Of New Waxy Corn Hybrids in Phayao

อุเทน ยมทุ่งก้อง สุริยศักดิ์ อุ่นตาล และบุญฤทธิ์ สินค้างาม*

Authen Yomthungkong, Suriyasak Auntan and Bunyarit Sinkamgam*

สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

Agricultural Science, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, Thailand 56000

*Corresponding author: maize.of.authen@gmail.com

Abstract

The objective of this study was to preliminary yield trail waxy corn hybrids with good adaption in Phayao. One hundred seven hybrids were planted between May to July 2021. Meanwhile, the comparative varieties were Sweet Violet, Sweet White25, Neaw Sam Sri and Sweet Purple. Yield trial evaluation, the results showed that the highest green weight varieties, viz., UPWX12, UPWX6, Sweet Violet and UPWX47 (1,886, 1,886, 1,868 and 1,743 kg/rai). Moreover, the highest white weight was Sweet Violet UPWX59 UPWX21 and UPWX68 equal to 1,403, 1,286, 1,229 and 1,228 kg/rai. Meanwhile, 50% of tasseling and silking dates ware ranged from 45 to 50 days. The most prominent variety, UPWX3 was a good eating qualities nearly checks (3.45 point). Also, it gave green and white weight equal to 1,599 and 1,171 kg/rai. Furthermore, the four of comparative checks gone green weight equal to 1,868, 1,554, 1,388 and 1,576 kg/rai. While, white weight was 1,403, 1,137, 1,114 and 1,097, respectively. Likewise, the eating qualities were 3.4, 3.6, 2.45 and 3.5.

Keywords: waxy corn, single cross hybrid, yield

บทคัดย่อ

ปลูกเปรียบเทียบเบื้องต้นผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมจำนวน 107 คู่ผสม วางแผนการทดลองแบบ RCBD, 2 ซ้ำ ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม 2564 เพื่อคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดพะเยา ร่วมกับพันธุ์การค้า 4 พันธุ์ ได้แก่ สวีทไวโอเล็ท, สวีทไวท์25, เหนียว 3 สี และสวีทเพิลเพิ้ล พบว่า พันธุ์ที่ให้ผลผลิตทั้งเปลือกสูงที่สุด ได้แก่ UPWX12, UPWX6 สวีทไวโอเล็ท และ UPWX47 เท่ากับ 1,886 1,886 1,868 และ 1,743 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่ให้ผลผลิตปอกเปลือกสูงสุด ได้แก่ สวีทไวโอเล็ท UPWX59, UPWX21 และ UPWX68 เท่ากับ 1,403, 1,286, 1,229 และ 1,228 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่มีวันออกดอกตัวผู้และวันออกไหม 50% เฉลี่ย 45–50 วัน พันธุ์ที่ให้คะแนนคุณภาพการรับประทานใกล้เคียงกับพันธุ์การค้า คือ UPWX3 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.45 คะแนน ให้ผลผลิตทั้งเปลือก 1,599 กิโลกรัมต่อไร่ และมีผลผลิตปอกเปลือก 1,171 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่พันธุ์การค้าทั้ง 4 พันธุ์ ให้ผลผลิตทั้งเปลือกที่ 1,868, 1,554, 1,388 และ 1,576 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตปอกเปลือก 1,403, 1,137, 1,114 และ 1,097 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนคะแนนคุณภาพในการรับประทานเท่ากับ 3.4, 3.6, 2.45 และ 3.5 คะแนน ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวโพดข้าวเหนียว ลูกผสมเดี่ยว ผลผลิต

คำนำ

ในปัจจุบันการบริโภคข้าวโพดข้าวเหนียว (Waxy corn หรือ glutinous corn) มีแนวโน้มที่จะได้รับความนิยมรับประทานเพิ่มมากขึ้นในหลายประเทศเขตทวีปเอเชีย เนื่องจากมีรสชาติที่ดี (Good taste) มีคุณค่าทางสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ เช่น วิตามิน อี สูง (High vitamin) พบสารในกลุ่มแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และยังพบสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ปริมาณที่สูง มีรสสัมผัสที่อร่อย (Tenderness) มีความเหนียว (Stickiness) นุ่มน่ารับประทาน อันเนื่องมาจากสัดส่วนในเมล็ดมีแป้งอะมิโลเพ็กตินต่ออะไมโลส (Amylopectin per amylose) ประมาณ 90:10 (Boonyarit Sinkhangam *et al*., 2014) ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวประมาณ 100,000 ไร่ มีความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ปีละประมาณ 150 ตัน โดยส่วนใหญ่ซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมจากภาคเอกชน ซึ่งมีราคาค่อนข้างแพงทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูงขึ้น โดยที่พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคอีสาน (38%) ภาคตะวันตก (23%) และภาคเหนือ (20%) ส่วนที่เหลือจะกระจายอยู่ในภาคต่างๆ ทำรายได้ให้แก่เกษตรกร 9,000-10,000 บาทต่อไร่ต่อปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,000 ล้านบาทต่อปี (Kittipop Wayuparb *et al*., 2015) การปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการปลูกเพื่อการบริโภคฝักสดภายในประเทศเท่านั้น กระนั้นก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคในประเทศที่มีกำลังการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างมาก และมีแนวโน้มไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ข้อจำกัดที่สำคัญในการผลิตข้าวโพดข้าวเหนียว คือ การขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ที่ดีเนื่องจากเป็นพืชที่มีความอ่อนแอ ปรับตัวได้ดีเฉพาะถิ่น ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์ที่ผ่านมามีกระบวนการค่อนข้างยุ่งยากและงบประมาณสูง

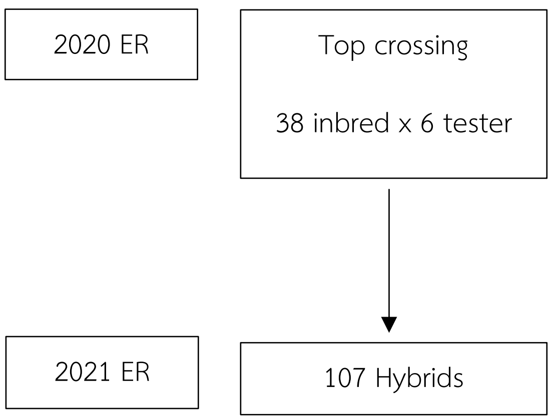
เพื่อให้ได้พันธุ์ลูกผสม (F_1 hybrid) ที่เฉพาะเจาะจงกับพื้นที่พร้อมกับผลผลิตสูง (High productivity) คุณภาพดี (Good quality) และสม่ำเสมอ (Uniformity) มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี (Good agronomic characters) ซึ่งเป็นเรื่องที่ยาก การได้พันธุ์ลูกผสมที่ดีมีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Tolerance on several conditions) สามารถปรับตัวได้เฉพาะเจาะจงต่อพื้นที่ จำเป็นต้องมีการพัฒนาเชื้อพันธุกรรมที่ให้หลากหลายเพื่อจะทำให้มีโอกาสที่นักปรับปรุงพันธุ์สามารถสร้างพันธุ์ลูกผสมใหม่ที่มีความสามารถในการปรับตัวเฉพาะพื้นที่ได้ดีมากยิ่งขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยพะเยาจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมโดยมุ่งเน้นพันธุ์ที่สามารถปรับตัวได้ดีในเขตจังหวัดพะเยา เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวให้เหมาะสมต่อพื้นที่เขตภาคเหนือตอนบนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทำงานที่ผ่านมาได้ดำเนินงานภายใต้ “โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา (University of Phayao Maize Improvement; UPMI)” มาเป็นระยะเวลาหนึ่งจนได้สายพันธุ์แท้ (Inbred) และสร้างพันธุ์ลูกผสมเบื้องต้น (Preliminary F_1 hybrid) เพื่อปลูกทดสอบผลผลิตในระดับสถานี

Picture 1 Development and crossing of waxy corn hybrids.



Screening yield trail

107 Hybrids + 4 Commercial hybrids

1. Sweet violet (Ch1)
2. Sweet white 25 (Ch2)
3. Samsri (Ch3)
4. Sweet purple (Ch4)

1. ปลูกสร้างพันธุ์ลูกผสมด้วยวิธี Top crossing และประเมินสายพันธุ์แท้ ในต้นฤดูฝน ปี 2563 (ER 2020) โดยทำการปลูกสายพันธุ์แท้ที่พัฒนาจากโครงการ UPMI จำนวน 38 สายพันธุ์ ประกอบด้วย UPMIWX1 UPMIWX4 UPMIWX6 UPMIWX10 UPMIWX12 UPMIWX13 UPMIWX15 UPMIWX17 UPMIWX18 UPMIWX27 UPMIWX31 UPMIWX34 UPMIWX37 UPMIWX38 UPMIWX40 UPMIWX44 UPMIWX46 UPMIWX47 UPMIWX48 UPMIWX51 UPMIWX53 UPMIWX57 UPMIWX58 UPMIWX65 UPMIWX74 UPMIWX79 UPMIWX80 UPMIWX83 UPMIWX85 UPMIWX92 UPMIWX95 UPMIWX97 UPMIWX100 UPMIWX101 UPMIWX104 UPMIWX107 UPMIWX108 UPMIWX115 และสายพันธุ์ทดสอบ (tester) 6 สายพันธุ์ สร้างลูกผสมได้ทั้งหมด 107 คู่ผสม

2. การปลูกทดสอบผลผลิตลูกผสมสำหรับการคัดเลือกในเบื้องต้น (Preliminary Yield Trial) ในต้นฤดูฝน (ER 2021) ปี 2564 จำนวน 107 คู่ผสม ทำการปลูกทดสอบในแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยพะเยา โดยใช้พันธุ์การค้า 4 พันธุ์ในการทดสอบ ได้แก่ สวีทไวโอเล็ท (Check1) สวีทไวท์25 (Check2) เหนียว 3 สี (Check3) และสวีทเพิลเพิ้ล (Check4) คัดเลือกและประเมินลักษณะทางการเกษตร รวมถึงองค์ประกอบผลผลิตของพันธุ์ที่ทำการปลูกทดสอบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 2 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อย 2 แถว ยาว 2 เมตร ระยะห่างระหว่างแถว 70 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร

3. การบันทึกข้อมูล

- ความสูงต้น (Plant height: เซนติเมตร) ความสูงต้น วัดความสูงจากระดับผิวดินถึงรอยต่อกาบใบกับแผ่นใบ (Leaf collar) ของใบธง เฉลี่ยจาก 5-10 ต้น มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

- ความสูงฝัก (Ear height: เซนติเมตร) โดยสุ่มวัดความสูงฝักของต้นที่อยู่บริเวณกลางแถว จำนวน 5-10 ต้น ซึ่งจะทำการวัดหลังข้าวโพดออกดอก 2-3 สัปดาห์ หรือก่อนเก็บเกี่ยว โดยความสูงฝักวัดจากพื้นดินถึงข้อฝักบน

- ประเมินโรคทางใบ ได้แก่ โรคไวรัสใบด่างอ้อย (Sugarcane Mosaic Virus; SCMV) ให้คะแนนโดยการนับจำนวนต้นจากแปลงย่อยทั้งหมด โรคราสนิม (Southern Rust; SR) โรคใบไหม้แผลใหญ่ (Northern Corn Leaf Blight; NCLB) และโรคราน้ำค้าง (Downy Mildew; DM) โดยให้คะแนน 1-5, 5 = เป็นโรคมากตั้งแต่โคนต้นถึงใบธง 1 = เป็นโรคน้อยเฉพาะใบล่าง

- วันออกดอก (50% tasseling) นับตั้งแต่วันปลูกถึงวันที่อับละอองเกสรแตกเป็นจำนวน 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด

- จำนวนวันออกไหม (50% silking) นับตั้งแต่วันที่ปลูกถึงวันที่ไหมโผล่พ้นเปลือกหุ้มฝัก เป็นจำนวน 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด

- จำนวนวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (Day to harvest) จำนวนวันตั้งแต่ปลูกถึงวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต โดยให้มีระยะเก็บเกี่ยวหลังออกไหม 50% ของพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้เป็นพันธุ์แรกเป็นมาตรฐาน เช่น พันธุ์ A สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เป็นพันธุ์แรกของการทดลองมีระยะเก็บเกี่ยวหลังออกไหม 50% เท่ากับ 19 วัน ให้ใช้ระยะเก็บเกี่ยวนี้กับทุกพันธุ์นับจากวันออกไหม 50%

- ขนาดเส้นผ้าศูนย์กลางฝัก (Ear diameter; D) วัดจากบริเวณกลางฝักของฝักที่ปอกเปลือกแล้ว มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

- ความยาวฝัก (Ear length; L1) วัดจากโคนฝักถึงปลายฝักที่ปอกเปลือกแล้ว มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

- ความยาวของส่วนที่ไม่ติดเมล็ด (Tip length; L2) วัดจากส่วนที่ติดเมล็ดปลายฝักถึงส่วนที่ไม่ติดเมล็ดปลายฝักมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

- ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก (Green weight) ชั่งน้ำหนักฝักที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และผลผลิตฝักสดหลังปลอกเปลือก (White weight) ชั่งน้ำหนักฝักที่ปอกเปลือกแล้วที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดและมีส่วนติดเมล็ดเกิน 10 เซนติเมตร ขึ้นไป มีหน่วยเป็นกิโลกรัม โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{ผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่} = \frac{\text{น้ำหนักฝักต่อแปลงย่อย X 1,600}}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว} = 0.72 \times 2 \times 2}$$

- เปอร์เซ็นต์การตัดฝาน (% Cutting) ชั่งน้ำหนักหลังปอกที่สุ่มมา 5 ฝัก เฉือนเอาเนื้อเมล็ดออกจากฝักแล้วชั่งเฉพาะเนื้อที่เฉือน แล้วคำนวณ % เนื้อโดยน้ำหนัก

- คุณภาพการรับประทาน (Test score) สุ่มข้าวโพดมา 5 ฝักต่อเบอร์ นึ่งให้สุกแล้วชิมโดยใช้กรรมการ 5 คน ให้คะแนน 1-5 (1 = ไม่อร่อย/ไม่ชอบ 5 = อร่อยมาก/ชอบมาก)

ผลการวิจัย

จากการประเมินผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของข้าวโพดข้าวเหนียว จำนวน 107 สายพันธุ์ ที่ปลูกในต้นฤดูฝน ปี 2564 พบว่า มีวันออกดอกตัวผู้ 50% อยู่ในช่วง 46–50 วัน วันออกไหมอยู่ในช่วง 45–50 วัน วันเก็บเกี่ยวผลผลิตอยู่ในช่วง 65–70 วัน โดยพันธุ์ที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเร็วที่สุด ได้แก่ พันธุ์ UPWX16 สายพันธุ์ที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ช้าที่สุด ได้แก่ พันธุ์ UPWX 100 ในส่วนของความสูงต้น และตำแหน่งฝัก ของทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 205 เซนติเมตร และ 102 เซนติเมตร ตามลำดับ ทุกสายพันธุ์มีความต้านทานต่อโรคค่อนข้างดี โดยได้รับคะแนนดังนี้ โรคไวรัสใบด่างอ้อย (SCMV) คะแนนเฉลี่ย 1.1 คะแนน โรคราสนิม (SR) คะแนนเฉลี่ย 1.1 คะแนน โรคใบไหม้แผลใหญ่ (NCLB) คะแนนเฉลี่ย 1.5 คะแนน และโรคราน้ำค้าง (DM) คะแนนเฉลี่ย 1.8 คะแนน นอกจากนี้ยังพบว่า ทุกสายพันธุ์ไม่มีการหักล้มของลำต้น

จากการปลูกเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสม จำนวน 107 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ที่มีผลผลิตทั้งเปลือกสูงสุด 10 อันดับแรก ได้แก่ UPWX12, UPWX6, Sweet violet, UPWX47, UPWX4, UPWX21, UPWX59, UPWX34, UPWX46 และ UPWX73 มีน้ำหนักผลผลิตต่อไร่ที่ 1,885, 1,885, 1,868, 1,743, 1,728, 1,685,

1,685, 1,657, 1,657 และ 1,657 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีผลผลิตหลังปอกเปลือกสูงสุด 10 อันดับแรก ได้แก่ Sweet violet, UPWX59, UPWX21, UPWX68, UPWX101, UPWX12, UPWX100, UPWX47, UPWX48 และ UPWX6 มีน้ำหนักผลผลิตต่อไร่ที่ 1,403, 1,285, 1,228, 1,228, 1,214, 1,214, 1,200, 1,200, 1,200 และ 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่สายพันธุ์เปรียบเทียบ Sweet violet, Sweet white 25, Samsri และ Sweet purple มีผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกที่ 1,868, 1,554, 1,388 และ 1,577 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ มีผลผลิตหลังปอกเปลือกที่ 1,403, 1,137, 1,114 และ 1,097 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ทั้งหมดมีความยาวฝักเฉลี่ย 17 เซนติเมตร ความกว้างฝักเฉลี่ย 4 เซนติเมตร ทางด้านคุณภาพในการรับประทานสายพันธุ์ที่ได้รับคะแนนสูงที่สุด 10 อันดับแรก ได้แก่ Sweet white 25, Sweet purple, UPWX16, UPWX39, UPWX49, UPWX80, UPWX3, UPWX100, UPWX66 และ UPWX77 มีคะแนนที่ 3.8, 3.8, 3.7, 3.5, 3.5, 3.4, 3.4, 3.4, 3.3 และ 3.2 คะแนน ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์เปรียบเทียบ Sweet violet และ Samsri มีคะแนนที่ 2.7 และ 2.6 คะแนน ตามลำดับ

Table 1 Green weight data on yield and agronomic characters of waxy corn hybrids preliminary yield trial in rainy season 2021.

Hybrids	Green weight (Kg/rai)	Height		Day to tassel	Day to silk	Day to harvest	Ear			(%) Cutting	Test score
		plant	ear				D	L1	L2		
UPWX12	1886	201.25	107.5	47	47	67	4.49	19.75	17.6	60.86	2.6
UPWX6	1886	216.25	112.5	46	46	66	4.42	20.05	19.1	51.08	2.3
UPWX47	1743	213.75	103.75	49	49	69	4.58	20.3	18.2	64.12	1.7
UPWX4	1728	201.25	92.5	45	46	66	4.32	17.8	17.6	42.22	2.3
UPWX21	1685	200	101.25	47	47	67	4.65	17.9	16.85	60.98	1.75
UPWX59	1685	201.25	97.5	48	48	68	4.4	20.45	18	61.53	2.2
UPWX34	1657	228.75	112.5	49	49	69	4.04	17.65	16.65	52.77	2.25
UPWX46	1657	201.25	102.5	49	48	68	4.27	18.1	16.9	59.09	2
UPWX73	1656	228.75	112.5	49	49	69	4.41	18.55	17.9	50	1.3
UPWX15	1629	232.5	108.75	48	48	69	4.11	20.85	19.75	55	1.85
UPWX68	1628	231.25	123.75	49	49	69	4.18	20.15	19.6	60.98	1.75
UPWX3	1599	215	105	48	47	67	4.41	18.95	17.25	47.72	3.45
UPWX41	1586	228.75	103.75	48	48	68	4.29	17.25	16.45	31.28	2.1
UPWX71	1571	213.75	110	48	48	68	4.24	19.55	18.15	60.98	1.95
UPWX93	1543	232.5	125	51	51	71	3.92	15.8	14.9	48.88	1.9
UPWX101	1542	188.75	96.25	49	49	69	4.61	18.15	17.75	60.98	3.25
UPWX31	1514	192.5	96.25	50	47	67	4.32	15.95	14.7	45	1.75
UPWX91	1514	188.75	98.75	48	48	68	4.17	16.2	15.4	56.25	1.25
UPWX48	1513	205	95	48	48	68	4.29	18.6	17.05	59.1	2.7
UPWX63	1513	212.5	107.5	50	50	70	4.18	17.7	16.45	60.6	2
Average hybrids	1636.77	211.68	105.62	48.1	48.3	68.15	4.31	18.48	17.31	54.47	2.12
S. violet	1868	112.5	112.75	49	49	69	4.37	20.25	18.75	57.08	3.4
S. white25	1554	104.37	100.55	49	49	69	4.4	18.4	17.35	58.44	3.6
Samsri	1388	117.12	95.55	48	48	68	4.37	17.55	16.25	64.68	2.45
S. purple	1576	103.12	111	52	52	72	4.62	16.2	16.1	48.05	3.5
Average checks	1596.5	218.56	104.96	49.5	49.5	69.5	4.44	18.1	17.11	57.06	3.23
LSD 0.01	538.63	37.25	28.56	2.61	3.16	3.16	0.51	2.43	2.78	33.84	1.68
F-value	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	15.39	6.90	10.59	3.34	2.46	1.75	4.79	5.37	6.57	22.77	27.63

Rating 1-5; 5 = poorest, 1 = best, Ns = Non significant ** = significant at the probability level 0.01.

Table 2 White weight data on yield and agronomic characters of waxy corn hybrids preliminary yield trial in rainy season 2021.

Hybrids	Green weight (Kg/rai)	Height		Day to tassel	Day to silk	Day to harvest	Ear			Cutting (%)	Test score
		plant	ear				D	L1	L2		
UPWX59	1286	201.25	97.5	48	48	68	4.4	20.45	18	61.53	2.2
UPWX21	1229	200	101.25	47	47	67	4.65	17.9	16.85	60.98	1.75
UPWX68	1228	231.25	123.75	49	49	69	4.18	20.15	19.6	60.98	1.75
UPWX12	1214	201.25	107.5	47	47	67	4.49	19.75	17.6	60.86	2.6
UPWX101	1213	188.75	96.25	49	49	69	4.61	18.15	17.75	60.98	3.25
UPWX100	1200	188.75	92.5	50	50	70	4.44	17.6	16.3	34.84	3.45
UPWX47	1200	213.75	103.75	49	48.5	68.5	4.58	20.3	18.2	64.1	1.7
UPWX48	1199	205	95	48	48	68	4.29	18.6	17.05	59.09	2.7
UPWX6	1199	216.25	112.5	46	46	66	4.42	20.05	19.1	51.08	2.3
UPWX73	1199	228.75	112.5	49	48.5	68.5	4.41	18.55	17.9	50	1.3
UPWX3	1171	215	105	48	47	67	4.41	18.95	17.25	47.72	3.45
UPWX15	1143	232.5	108.75	48	48	68	4.11	20.85	19.75	55	1.85
UPWX106	1142	185	92.5	48	48	68	4.18	16.55	16.55	50	2.5
UPWX35	1142	192.5	120	49	49.5	69.5	4.42	17.1	15.65	54.54	2
UPWX107	1114	183.75	92.5	49	49	69	4.77	16.4	14.35	98.21	2.5
UPWX98	1114	182.5	95	49	48	68	4.28	16.45	15.15	40	2.45
UPWX46	1113	201.25	102.5	49	47.5	67.5	4.27	18.1	16.9	59.09	2
UPWX19	1085	211.25	106.25	47	48	68	4.2	20.7	18.1	76.36	1.95
UPWX20	1085	220	96.25	50	49.5	69.5	4.18	20.05	16.6	50.5	2.5
UPWX45	1085	220	103.75	49	49	69	4.13	20.15	17.85	75	2.4
Average hybrids	1168.05	205.93	103.25	48	48.22	68.22	4.37	18.84	17.32	58.54	2.33
S. violet	1403	112.5	112.75	49	49	69	4.37	20.25	18.75	57.08	3.4
S. white25	1137	104.37	100.55	49	49	69	4.4	18.4	17.35	58.44	3.6
Samsri	1114	117.12	95.55	48	48	68	4.37	17.55	16.25	64.68	2.45
S. purple	1097	103.12	111	52	52	72	4.62	16.2	16.1	48.05	3.5
Average checks	1187.25	218.56	104.96	49.5	49.5	69.5	4.44	18.1	17.11	57.06	3.23
LSD 0.01	538.63	37.25	28.56	2.61	3.16	3.16	0.51	2.43	2.78	33.84	1.68
F-value	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	15.39	6.90	10.59	3.34	2.46	1.75	4.79	5.37	6.57	22.77	27.63

Rating 1-5; 5 = poorest, 1 = best, Ns = Non significant ** = significant at the probability level 0.01.

สรุปผลการวิจัย

จากการปลูกทดสอบผลผลิตและประเมินลักษณะทางการเกษตรที่ดีของข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมภายใต้โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา (UPMI) ทั้งหมด 107 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีผลผลิตทั้งเปลือกสูงสุด ได้แก่ UPWX 12 มีผลผลิตที่ 1,886 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลผลิตหลังปอกเปลือกที่ 1,214 กิโลกรัมต่อไร่ วันออกดอกออกไหมเฉลี่ย 47 วัน มีเปอร์เซ็นต์การตัดฝานที่ 60.86 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนการรับประทานที่ 2.6 คะแนน ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ มีผลผลิตทั้งเปลือกเฉลี่ยที่ 1,388–1,868 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตหลังปอกเปลือกที่ 1,097-1,403 กิโลกรัมต่อไร่ วันออกดอกออกไหม 49-52 วัน มีเปอร์เซ็นต์การตัดฝานที่ 48.05-64.68 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนการรับประทานอยู่ระหว่าง 2.45–3.6 คะแนน โดยการทดสอบผลผลิตและการประเมินลักษณะทางการเกษตรพบว่า พันธุ์ UPWX 12 ที่พัฒนาขึ้นมาโดยโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา (UPMI) มีความสามารถในการให้ผลผลิตทั้งก่อนและหลังปอกเปลือก รวมทั้งมีลักษณะทางการเกษตรใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ ในขณะที่คุณภาพการรับประทานได้รับคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับที่เหนือกว่าสายพันธุ์เปรียบเทียบบางพันธุ์ ทั้งนี้สามารถนำสายพันธุ์ดังกล่าวพัฒนาเป็นพ่อแม่ที่มีศักยภาพในอนาคต เพื่อเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการจับคู่ผสมในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกในจังหวัดพะเยาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา (UPMI) กรมวิชาการเกษตร ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ และทีมงานโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา (UPMI) ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุอุปกรณ์ สถานที่ รวมทั้งมหาวิทยาลัยพะเยาที่ให้พื้นที่แปลงในการทดสอบผลผลิตในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Boonyarit Sinkhangam, Phawinee Chanwijit and Surasak Wattanaphansorn. 2014. The combining ability for lines selection on highly productive capability of waxy corn in Phayao. **Thai Science and Technology Journal (TSTJ).** Vol.26 No.4 (July - August 2018): 649-656. [in Thai]

Kittipop Wayuparb, Jiraluck Phoomthaisong, Chao Naut Pruitthithep, Sak Pengphol, Nongluck Panlai, Chalong Kerdsri, Chalam Maswanna, Wantana Tangpremsri, Wilaiwan Phromka and Wanchai Thanomsub. 2015. **Hybrid glutinous corn, Chainat 84-1.** [Online]. Available https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=52 (6 September 2021). [in Thai]

Session 7

ภาคโปสเตอร์

การทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว มีกลิ่นหอม สีแดง มีคุณค่าทางโภชนาการสูง

Yield Trials of Sang Yod Phatthalung Rice Lines with Photoperiod Insensitive Semi-dwarf, Non-glutinous/Glutinous, Aromatic, Red Grain and High Nutritional Value Properties

วราภรณ์ แสงทอง[1*] ศิรินภา อ้ายเสาร์[1] อนุชิดา วงศ์ชื่น[1] และศรัณย์ จีนะเจริญ[2]

Varaporn Sangtong[1*], Sirinapa Aiysao[1], Anuchida Wongchuen[1] and Saran Cheenacharoen[2]

[1]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

[1]Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50300

*Corresponding author: varapornsangtong@yahoo.com

Abstract

At present, consumers have been increasing health conscious that prompts the market for health to grow more healthy rice. As the Sang Yod Phattalung rice breed is a high quality food, the research team had decided to improve this variety to become photoperiodic insensitive, semi-dwarf, non-glutinous/glutinous, aromatic, and red in color by molecular backcrossing. The aim of this research, therefore, was to compare the grain yield of Sang Yod Phatthalung planted at the organic farm in Maejo University (Chiang Mai) from the 2019 growing season. In this study, the Randomized Complete Block Design (RCBD) was used with 3 replicates and 13 experimental factors consisting of 10 lines of Sang Yod Phatthalung rice (photoperiodic insensitive, semi-dwarf, glutinous/non-glutinous, aromatic, red color) and compared them with 3 breeds (Sang Yod Phatthalung, Tubtim Chumphae and RD-Maejo 2). Results of the study showed that grain yield of 4 lines of Sang Yod Phatthalung (photoperiodic insensitive, semi-dwarf, non-glutinous/glutinous, aromatic, red in color) (647, 601, 628 and 583 kg/rai) were higher than Sang Yod Phatthalung (396 kg/rai) and grain yield of 7 lines (473, 647, 601, 476, 628, 583 and 507 kg/rai) were higher than that of Tubtim Chumphae (357 kg/rai). In addition, age to flowering of the 10 lines (90-11 days) were shorter than Sang Yod Phatthalung (127 days) and age to flowering of 6 lines were shorter than that of Tubtim Chumphae (111 days). Apart from these, plant heights of the 10 lines (82-88 cm), were shorter than that of Sang Yod Phatthalung (152 cm) but not different from that of Tubtim Chumphae (85 cm). These resulting lines were then selected to be planted in farmers' fields in the future.

Keywords: Sang Yod phatthalung, photoperiod insensitivity, semi-dwarf, aromatic rice, red rice

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ผู้บริโภคใส่ใจสุขภาพมากขึ้นส่งผลให้ตลาดข้าวเพื่อสุขภาพมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น พันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุงเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางอาหารสูง คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ให้ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง ด้วยวิธีผสมกลับและใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปลูกเปรียบเทียบผลผลิตของสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุงที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ โดยทำการปลูกทดสอบในฤดูนาปี 2562 ในแปลงนาทดลองอินทรีย์ ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) มี 3 ซ้ำ 13 สิ่งทดลอง ประกอบด้วยสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 10 สายพันธุ์ และพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 3 พันธุ์ คือ สังข์หยดพัทลุง ทับทิมชุมแพ และ กข-แม่โจ้ 2 ผลการทดลอง พบว่า ผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 4 สายพันธุ์ (647, 601, 628 และ 583 กิโลกรัมต่อไร่) สูงกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง (396 กิโลกรัมต่อไร่) และผลผลิตของข้าว 7 สายพันธุ์ (473, 647, 601, 476, 628, 583 และ 507 กิโลกรัมต่อไร่) สูงกว่าของพันธุ์ทับทิมชุมแพ (357 กิโลกรัมต่อไร่) อายุวันออกดอกของข้าวทั้ง 10 สายพันธุ์ (90-117 วัน) สั้นกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง (127 วัน) และอายุวันออกดอกของข้าว 6 สายพันธุ์ สั้นกว่าของพันธุ์ทับทิมชุมแพ (111 วัน) นอกจากนี้ความสูงต้นของข้าวทั้ง 10 สายพันธุ์ (82-88 เซนติเมตร) เตี้ยกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง (152 เซนติเมตร) และความสูงต้นของข้าวทั้ง 10 สายพันธุ์ ไม่แตกต่างจากของพันธุ์ทับทิมชุมแพ (85 เซนติเมตร) สายพันธุ์ข้าวเหล่านี้จะถูกคัดเลือกไปปลูกทดสอบในแปลงเกษตรกรต่อไป

คำสำคัญ: สังข์หยดพัทลุง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ข้าวหอม ข้าวสีแดง

คำนำ

จากสภาวะอาหารที่ไม่ปลอดภัย ส่งผลต่อพฤติกรรมด้านการบริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป คนส่วนใหญ่หันมาสนใจสุขภาพมากขึ้น เช่น การเลือกรับประทานอาหารที่มีแป้งและน้ำตาลน้อย รวมถึงกลุ่มผู้สูงอายุที่เน้นอาหารที่ให้คุณค่าในแง่ที่ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ (Kasikorn Research Center, 2018) ส่งผลให้ตลาดข้าวเพื่อสุขภาพเติบโตมากขึ้น โดยพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุงเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของจังหวัดพัทลุงที่ได้รับการรับรองให้เป็นสินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographic Indication: GI) (Saisaard *et al.,* 2021) เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางอาหารสูง คือ มีวิตามิน แคลเซียม โปรตีน ธาตุเหล็ก และฟอสฟอรัสสูงมีประโยชน์ในการบำรุงโลหิต ช่วยบำรุงร่างกายให้แข็งแรง และป้องกันโรคความจำเสื่อม รวมทั้งยังมีสารแอนตี้ออกซิแดนซ์ (Antioxidant) พวก Oryzanol และ Gamma Amino Butyric Acid (GABA) ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเป็นมะเร็ง นอกจากนี้ข้าวสังข์หยดพัทลุงยังเหมาะกับผู้ป่วยโรคเบาหวาน เพราะมีค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic index : GI) ต่ำ (Saisaard *et al.,* 2021)

จากประโยชน์ด้านคุณค่าทางโภชนาการของข้าวสังข์หยดพัทลุง ทำให้คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของพันธุ์ข้าวนี้ แต่เนื่องจากข้าวสังข์หยดพัทลุงเป็นข้าวไวต่อช่วงแสงจึงปลูกได้เฉพาะฤดูนาปีเท่านั้น และเป็นข้าวต้นสูง หักล้ม

ง่ายทำให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำข้าวสังข์หยดพัทลุงมาปรับปรุงพันธุ์ให้ไม่ไวต่อช่วงแสงสามารถปลูกได้ทุกฤดู ต้นเตี้ยเพื่อป้องกันการหักล้ม สายพันธุ์ที่ได้มีทั้ง ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหมือนพันธุ์สังข์หยดเดิมซึ่งจะมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปลูกเปรียบเทียบผลผลิต และศึกษาลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญของสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 10 สายพันธุ์ ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ในฤดูนาปี 2562 ในแปลงนาอินทรีย์เพื่อศึกษาศักยภาพของสายพันธุ์ข้าวที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์เมื่อปลูกในระบบอินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

สายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุงซึ่งมีลักษณะไวต่อช่วงแสง ต้นสูง เป็นข้าวเจ้า ที่ไม่มีกลิ่นหอม มีสีแดง เป็นพันธุ์รับ (recurrent parent) และมีสายพันธุ์ กข6 ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีขาว เป็นพันธุ์ให้ (donor parent) ที่มียีนด้อย *hd1 hd2 hd4* และ *hd5* ควบคุมให้ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงและมีอายุวันออกดอกที่เหมาะสม (Yano *et al*., 2000; Zhang *et al*., 2016; Prasanta *et al.*, 2017) ยีนด้อย *sd1* ที่ควบคุมลักษณะให้ข้าวต้นเตี้ย (Spielmeyer *et al*., 2002) ยีนด้อย *wx* ควบคุมให้ข้าวเป็นข้าวเหนียว (Wanchana *et al*., 2003; Ayres *et al*., 1997) และยีนด้อย *fgr* ที่ควบคุมให้ข้าวมีกลิ่นหอม (Chen *et al*., 2006; Jin *et al*., 2003) ใช้วิธีปรับปรุงพันธุ์แบบผสมกลับ และใช้เครื่องหมายโมเลกุล *hd1 hd2 hd4 hd5 sd1 wx* และ *fgr* ช่วยในการคัดเลือก โดยมีขั้นตอน ดังนี้ ฤดูที่ 1 นาปรัง 2554 ผลิตเมล็ด F_1 โดยผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง กับสายพันธุ์ กข6 ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ฤดูที่ 2 นาปี 2554 – ฤดูที่ 6 นาปี 2556 ผลิตเมล็ด BC_1F_1 – BC_5F_1 ด้วยวิธีผสมกลับ และใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก ฤดูที่ 7 นาปรัง 2557 – ฤดูที่ 11 นาปรัง 2559 ผลิตเมล็ด BC_5F_2 – BC_5F_6 โดยใช้วิธีปรับปรุงพันธุ์แบบจดประวัติ (Pedigree Method) และใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก ฤดูที่ 12 นาปี 2559 ศึกษาพันธุ์ 2 แถว (2-row Observations) ผลิตเมล็ด BC_5F_7 ฤดูที่ 13 นาปรัง 2560 ศึกษาพันธุ์ 4 แถว (4-row Observations) ฤดูที่ 14 นาปี 2561 – ฤดูที่ 15 นาปรัง 2562 ปลูกทดสอบผลผลิตภายในสถานีจำนวน 2 ฤดู ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี การสีของเมล็ด และคุณค่าทางโภชนาการ

จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบผลผลิตในสถานีในฤดูที่ 14 – 15 ใช้คัดเลือกสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 10 สายพันธุ์ มาปลูกเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานีอีกครั้ง ในฤดูนาปี 2562 ที่แปลงนาอินทรีย์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งได้รับมาตรฐาน USDA และ IFOAM โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) มีจำนวน 3 ซ้ำ 13 สิ่งทดลอง คือ สายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 8 สายพันธุ์ ได้แก่ Non-glutinous rice line-3010 - 3017 และสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ Glutinous rice line-3018 - 3019 และพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์สังข์หยดพัทลุงซึ่งเป็นข้าวไวต่อช่วงแสง ต้นสูง เป็นข้าวเจ้า ที่ไม่มีกลิ่นหอม มีสีแดง (Division of Rice Research and Development, 2017) ทับทิมชุมแพซึ่งเป็นข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็น ข้าวเจ้า ที่ไม่มีกลิ่นหอม มีสีแดง (Agricultural Land Reform Office of Khon Kaen, 2016) และ กข-แม่โจ้ 2 ซึ่งเป็นข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีขาว (Phumpuang, 2017) โดยปลูกสายพันธุ์ละ 4 แถว แต่ละแถวยาว 5 เมตร เพาะกล้า ในวันที่ 29 สิงหาคม 2562 และปักดำในวันที่ 29 กันยายน 2562 ระยะปลูก 25 x 25 เซนติเมตร จำนวน 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยมูลค้างคาว 400 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 4 ครั้ง ๆ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่เมื่อหลังปักดำ 7 วัน 14 วัน 30 วัน และ 45 วัน เก็บข้อมูลผลผลิตจากพื้นที่เก็บเกี่ยวต่อแปลงย่อย (0.50 x 4.50 เมตร) และองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญ ในการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ถ้าลักษณะใดพบค่า F-test มีความแตกต่างทางสถิติ จึงนำค่าเฉลี่ยของลักษณะนั้น ๆ ของแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์มาเปรียบเทียบกัน โดยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT)

ผลการวิจัย

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ผลผลิตต่อไร่ อายุวันออกดอก ความสูงต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์ติดเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และจำนวนรวงต่อกอมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 10 สายพันธุ์อยู่ระหว่าง 309-647 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT พบว่า ผลผลิตต่อไร่ของสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/เหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 4 สายพันธุ์ คือ entries 2 3 7 และ 9 ซึ่งเท่ากับ 647 601 628 และ 583 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สูงกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ซึ่งเท่ากับ 396 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตของข้าว 7 สายพันธุ์ คือ entries 1 2 3 5 7 9 และ 10 ซึ่งเท่ากับ 473 647 601 476 628 583 และ 507 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สูงกว่าของพันธุ์ทับทิมชุมแพ ซึ่งเท่ากับ 357 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1)

อายุวันออกดอกของสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 10 สายพันธุ์ อยู่ระหว่าง 90-117 วัน สั้นกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ซึ่งเท่ากับ 127 วัน และอายุวันออกดอกของข้าว จำนวน 6 สายพันธุ์ คือ entries 1 2 3 4 5 และ 7 ซึ่งมีอายุวันออกดอกเท่ากับ 92 91 90 92 93 และ 93 วัน ตามลำดับ สั้นกว่าของพันธุ์ทับทิมชุมแพ ซึ่งเท่ากับ 111 วัน (Table 1)

จำนวนรวงต่อกอของสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 10 สายพันธุ์ อยู่ระหว่าง 12-14 รวง และจำนวนรวงต่อกอของข้าว 4 สายพันธุ์ คือ entries 2 5 6 และ 8 มีจำนวนรวงต่อกอเท่ากับ 14 รวง มากกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ซึ่งเท่ากับ 11 รวง และจำนวนรวงต่อกอของข้าวจำนวน 8 สายพันธุ์ คือ entries 1 2 3 4 5 6 7 และ 8 ซึ่งเท่ากับ 13 14 14 13 14 14 13 และ 14 รวง ตามลำดับ มากกว่าของพันธุ์ทับทิมชุมแพ ซึ่งเท่ากับ 10 รวง (Table 1)

Table 1 Grain yield and grain yield components of photoperiod insensitive, semi-dwarf, aromatic, and red color characters of Sang Yod Phatthalung rice lines; 8 non-glutinous and 2 glutinous rice lines and 3 check rice varieties; Sang Yod Phatthalung, Tubtim Chumphae and RD-Maejo 2 in 2019 rainy season at field experiments of Maejo University, Chiang Mai, Thailand.

Entry	Pedigree	Yield $^{2/}$ (kg/rai)	Age to flowering $^{2/}$ (days)	No. of panicles/ hill $^{2/}$ (panicles)	Plant height $^{2/}$ (cm)	No. of Seeds/ panicle $^{2/}$ (seeds)	Fertility $^{2/}$ (%)	1,000 seed weight $^{2/}$ (g)
1	Non-glutinous rice line-3010	473^{cd}	92^{d}	13^{ab}	82^{b}	146^{e}	92^{a}	19^{bc}
2	Non-glutinous rice line-3011	647^{a}	91^{d}	14^{a}	82^{b}	172^{cde}	87^{a}	19^{bc}
3	Non-glutinous rice line-3012	601^{ab}	90^{d}	14^{ab}	83^{b}	168^{de}	87^{a}	19^{bc}
4	Non-glutinous rice line-3013	456^{cde}	92^{d}	13^{ab}	88^{b}	176^{cde}	92^{a}	17^{d}
5	Non-glutinous rice line-3014	476^{cd}	93^{d}	14^{a}	88^{b}	161^{de}	92^{a}	16^{d}
6	Non-glutinous rice line-3015	382^{def}	116^{bc}	14^{a}	82^{b}	229^{b}	59^{b}	18^{c}
7	Non-glutinous rice line-3016	628^{a}	93^{d}	13^{ab}	84^{b}	140^{e}	91^{a}	20^{b}
8	Non-glutinous rice line-3017	309^{fg}	117^{b}	14^{a}	82^{b}	219^{bc}	57^{b}	18^{c}
9	Glutinous rice line-3018	583^{ab}	108^{c}	12^{abc}	86^{b}	200^{bcd}	81^{a}	18^{c}
10	Glutinous rice line-3019	507^{bc}	109^{c}	12^{abc}	82^{b}	187^{bcde}	89^{a}	18^{c}
11	Sang Yod Phatthalung	396^{cdef}	127^{a}	11^{bc}	152^{a}	303^{a}	66^{b}	16^{d}
12	Tubtim Chumphae	357^{ef}	111^{bc}	10^{c}	85^{b}	201^{bcd}	63^{b}	25^{a}
13	RD-Maejo 2	229^{g}	118^{b}	14^{a}	87^{b}	160^{de}	42^{c}	25^{a}
	Grand mean	465	104.41	13	89	189	77	19
	F-test $^{/1}$	**	**	*	**	**	**	**
	CV%	12.98	4.09	11.54	5.25	13.82	11.59	3.76

Note [1] * significant difference at 0.05 level and ** significant difference at 0.01 level

[2] In a column, means by the same letter were not significantly different at by DMRT

ความสูงต้นของสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดงจำนวน 10 สายพันธุ์ อยู่ระหว่าง 82-88 เซนติเมตร น้อยกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ซึ่งเท่ากับ 152 เซนติเมตร และไม่แตกต่างจากของพันธุ์ทับทิมชุมแพ ซึ่งเท่ากับ 85 เซนติเมตร (Table 1)

จำนวนเมล็ดต่อรวงของสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียวที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 10 สายพันธุ์ อยู่ระหว่าง 140-229 เมล็ด น้อยกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ซึ่งเท่ากับ 303 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าว จำนวน 8 สายพันธุ์ คือ entries 2 3 4 5 6 8 9 และ 10 ซึ่งเท่ากับ 172 168 176 161 229 219 200 และ 187 เมล็ด ตามลำดับ ไม่แตกต่างจากของพันธุ์ทับทิมชุมแพ ซึ่งเท่ากับ 201 เมล็ด (Table 1)

เปอร์เซ็นต์ติดเมล็ดของสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 10 สายพันธุ์ อยู่ระหว่าง 57-92 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ติดเมล็ดของข้าว 8 สายพันธุ์ คือ entries 1 2 3 4 5 7 9 และ 10 ซึ่งเท่ากับ 92 87 87 92 92 91 81 และ 89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มากกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ซึ่งเท่ากับ 66 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่าของพันธุ์ทับทิมชุมแพ ซึ่งเท่ากับ 63 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 10 สายพันธุ์ อยู่ระหว่าง 16-20 กรัม และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าว 8 สายพันธุ์ คือ entries 1 2 3 6 7 8 9 และ 10 ซึ่งเท่ากับ 19 19 19 18 20 18 18 และ 18 กรัม ตามลำดับ มากกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ซึ่งเท่ากับ 16 กรัม และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของทั้ง 10 สายพันธุ์น้อยกว่าของพันธุ์ทับทิมชุมแพ ซึ่งเท่ากับ 25 กรัม (Table 1)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการปลูกทดสอบผลผลิตในฤดูนาปี 2562 ที่แปลงนาอินทรีย์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้รับมาตรฐาน USDA และ IFOAM พบว่าผลผลิตของสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 4 สายพันธุ์ (647 601 628 และ 583 กก./ไร่) สูงกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง (396 กก./ไร่) และผลผลิตของข้าวจำนวน 7 สายพันธุ์ (473 647 601 476 628 583 และ 507 กก./ไร่) สูงกว่าของพันธุ์ทับทิมชุมแพ (357 กก./ไร่) อายุวันออกดอกของข้าวทั้ง 10 สายพันธุ์ (90-117 วัน) สั้นกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง (127 วัน) และอายุวันออกดอกของข้าว จำนวน 6 สายพันธุ์ น้อยกว่าของพันธุ์ทับทิมชุมแพ (111 วัน) นอกจากนี้ความสูงต้นของข้าวทั้ง 10 สายพันธุ์ (82-88 ซม.) น้อยกว่าของพันธุ์สังข์หยดพัทลุง (152 ซม.) และไม่แตกต่างจากพันธุ์ทับทิมชุมแพ (85 ซม.) (Table 1) จากข้อมูลข้างต้นพบว่าสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์บางสายพันธุ์เมื่อปลูกในระบบอินทรีย์มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง มีอายุวันออกดอกสั้น และต้นเตี้ย จากรายงานพบว่าพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุงมีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 330 กก./ไร่ เป็นข้าวไวต่อช่วงแสงปลูกได้ปีละครั้ง อายุเก็บเกี่ยวประมาณวันที่ 10 กุมภาพันธ์ (ปักดำกลางเดือนกันยายน) ส่งผลให้ผลผลิตต่อปีมีจำนวนจำกัด นอกจากนี้พันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุงยังเป็นข้าวต้นสูง (Division of Rice Research and Development, 2017) จึงง่ายต่อการหักล้มก่อนเก็บเกี่ยวจึงทำให้ผลผลิตลดลง

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น มีการหลีกเลี่ยงจากสภาวะอาหารที่ไม่ปลอดภัย ส่งผลให้ตลาดข้าวเพื่อสุขภาพเติบโตมากขึ้น คาดว่ามีสัดส่วน 7-10% จากตลาดข้าวถุง โดยรวมมูลค่า 20,000 ล้านบาท และเป็นตลาด

ที่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง (Prachachat, 2016) ซึ่งประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวรวมทั้งประเทศประมาณ 58,999,656 ไร่ เป็นพื้นที่ปลูกข้าวตลาดเฉพาะได้แก่ ข้าว กข43 ข้าวอินทรีย์ และข้าวสี รวม 663,707 ไร่ (Rice Department, 2019) พื้นที่ปลูกข้าวสี ส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ของประเทศไทย จะเห็นได้ว่า สายพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง เป็นอีกตัวเลือกหนึ่งของเกษตรกรที่สามารถนำไปเพาะปลูกในนาอินทรีย์ได้ เพื่อเพิ่มปริมาณของข้าวตลาดเฉพาะหรือตลาดข้าวเพื่อสุขภาพได้ในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

ในฤดูนาปี 2562 ได้ปลูกเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานีที่แปลงนาอินทรีย์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ พบว่า สายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง จำนวน 10 สายพันธุ์ มีผลผลิตอยู่ระหว่าง 309-647 กก./ไร่ อายุวันออกดอกอยู่ระหว่าง 90-117 วัน จำนวนรวงต่อกออยู่ระหว่าง 12-14 รวง ความสูงต้นอยู่ระหว่าง 82-88 ซม. จำนวนเมล็ดต่อรวงอยู่ระหว่าง 140-229 เมล็ด เปอร์เซ็นต์ติดเมล็ดอยู่ระหว่าง 57-92 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 1,000 เมล็ดอยู่ระหว่าง 16-20 กรัม ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ คือ พันธุ์สังข์หยดพัทลุง และทับทิมชุมแพ มีผลผลิตเท่ากับ 396 และ 357 กก./ไร่ ตามลำดับ อายุวันออกดอกเท่ากับ 127 และ 111 วัน ตามลำดับ จำนวนรวงต่อกอเท่ากับ 11 และ 10 รวง ตามลำดับ ความสูงต้นเท่ากับ 152 และ 85 ซม. ตามลำดับ จำนวนเมล็ดต่อรวงเท่ากับ 303 และ 201 เมล็ด ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ติดเมล็ดเท่ากับ 66 และ 63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเท่ากับ 16 และ 25 กรัม ตามลำดับ (Table 1) พบสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย เป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ที่มีกลิ่นหอม มีสีแดง ที่มีศักยภาพที่จะนำไปปลูกทดสอบผลผลิตในแปลงเกษตรกรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง การทดสอบผลผลิต การคุ้มครองพันธุ์ และการผลิตเมล็ดพันธุ์ ของสายพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว หอม สีแดง ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ภายใต้ชุดโครงการการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการสำหรับคนรักสุขภาพและผู้สูงอายุโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล และปลูกคัดเลือกในระบบอินทรีย์ ได้ดำเนินการมาได้ด้วยดี โดยได้รับทุนอุดหนุนการทำวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ทุนวิจัยแก่คณะผู้วิจัยในการทำการวิจัยในปีงบประมาณ 2563 และกรมการข้าวที่มอบเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อนำมาใช้ในโครงการวิจัย จนโครงการวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

Agricultural Land Reform Office Khon Kaen. 2016. **Tubtim Chumphae Rice.** [Online]. Available http://demo.alro.go.th/th/khonkaen/news-activity/article-category-47-18 =78916. (29 September 2021). [in Thai]

Ayres, N.M., A.M. McClung, P.D. Larkin, H.F.J. Bligh, C.A. Jones, and W.D. Park. 1997. Microsatellites and a single-nucleotide polymorphism differentiate apparent amylose classes in an extended pedigree of US rice germ plasm. **Theor Appl Genet** 94(6): 773-781.

Chen, S., J. Wu, Y. Yang, W. Shi and M. Xu. 2006. The *fgr* gene responsible for rice fragrance was restricted within 69 kb. **Plant Science** 171(4): 505-514.

Division of Rice Research and Development. 2017. **Rice Knowledge Bank**. [Online]. Available http://www.brrd.in.th/rkb/contents/view/category:17/title :index.php-file=content.php&id=93.htm. (18 August 2017). [in Thai]

Jin, Q.S., D. Waters, G.M. Cordeiro, R.J. Henry and R.F. Reinke. 2003. A single nucleotide polymorphism (SNP) marker linked to the fragrance gene in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Sci** 165: 359-364.

Kasikorn Research Center. 2018. **Thai rice with innovation increase value to elevate SMEs**. [Online] Available https://kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEKnowledge/article/ KSMEAnalysis /Documents/Thai-Rice_Innovation_FullPage.pdf (7 December 2020). [in Thai]

Phumpuang, T. 2017. **New rice varieties RD-Maejo 2**. [Online]. Available https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_22624. (29 September 2021). [in Thai]

Prachachat. 2016. **"Jia Meng" added line to make fragrant rice milk focus on healthy food Organize fairs - increase sales by 15%**. [Online]. Available http://www.prachachat. net/news_detail.php?newsid=1429692878 (10 May 2016). [in Thai]

Prasanta, K.S., B.D. Teresa, T. Ronald, C. Chenglin, K. Ratna, O. John and K.S. Pradeep. 2017. Genetic interaction involving photoperiod-responsive *Hd1* promotes early fowering under long-day conditions in rice. **Scientific Reports** 8: 2081.

Rice Department. 2019. **Target areas to promote rice planting under the Comprehensive Rice Production and Marketing Plan Year 2019/2020 Round 1**. [Online]. Available http://www.ricethailand.go.th/web/images/ict_rd/e-bidding-mid/point_62-63rount1.pdf. (27 August 2019). [in Thai]

Saisaard, P., C. Jatuporn and M. Toyama. 2021. Factors Affecting Sangyod Rice Production of Farmers in Mueang District, Phattalung Province. **Journal of Multidisciplinary in Humanities and Social Sciences** 4(1): 25-37.

Spielmeyer, W., M.H. Ellis and P.M. Chandler. 2002. Semidwarf (*sd-1*), ''green revolution'' rice, contains a defective gibberellin 20-oxidase gene. **Proc Natl Acad Sci** 99: 9043-9048.

Wanchana, S., T. Toojinda, S. Tragoonrung and A. Vanavichit. 2003. Duplicated coding sequence in the waxy allele of tropical glutinous rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Sci** 165: 1193-1199.

Yano, M., Y. Katayose, M. Ashikari, U. Yamanouchi, L. Monna, T. Fuse, T. Baba, K. Yamamoto, Y. Umehara, Y. Ngamura and T. Sasaki. 2000. *Hd1*, a major photoperiod sensitivity quantitative trait locus in rice, is closely related to the Arabidopsis flowering time gene CONSTANS. **Plant Cell** 12: 2473–2484.

Zhang, Z.H., L.Y. Cao, J.Y. Chen, Y.X. Zhang, J.Y. Zhuang and S.H. Cheng. 2016. Effects of *Hd2* in the presence of the photoperiod-insensitive functional allele of *Hd1* in rice. **Biology Open** 5: 1719-1726.

การคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรคไหม้ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก

Selection of Photoperiod Insensitive, Semi Dwarf, Aromatic Non-glutinous Blast Disease Resistant and High Nutritional Hom Mali Dang Rice Lines using Molecular Marker Assisted Breeding

อนุชิดา วงศ์ชื่น[1*] วราภรณ์ แสงทอง[1] ศิรินภา อ้ายเสาร์[1] ศรีกาญจนา คล้ายเรือง[1] และศรัณย์ จีนะเจริญ[2]

Anuchida Wongchuen[1*], Varaporn Sangtong[1], Sirinapa Aiysaow[1], Srikanjana Klayraung[1] and Saran Cheenacharoen[2]

[1]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

[1]Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50300

*Corresponding author: aw.anuchida@gmail.com

Abstract

Nowadays, the trend of rice with high nutritional value or with special properties has continuously increased. Thus, those rice varieties should be studied and selected; to cultivateand increase the productivity for exportation by marketing strategies employing in terms of special properties and packaging to supplement public relations. Therefore, this research aims to select photoperiod insensitive, semi-dwarf, aromatic non-glutinous, blast disease resistant and high nutritional Hom Mali Dang rice lines using molecular marker-assisted breeding. The selected lines were studied through the advance trial planted 4 rows of 35 lines of Hom Mali Dang with photoperiod insensitive, semi-dwarf, aromatic non-glutinous, blast disease resistant and high nutritional properties. And the 16 plots with the highest yield potential were selected. It was found that the between yield was 748-1,082 kg per rai with the flowering date average of 75% in 89-131 days. And 186 plants from One hundred eighty-six lines with good agricultural characteristics were selected. As a result, the16 lines of photoperiod insensitive, semi-dwarf, aromatic non-glutinous, blast disease resistant and high nutritional Hom Mali Dang with the highest yield potential were selected. Then, seeds were selected by molecular markers; *qBL1, qBL11, fgr, wx, Wx, SSIIa, Indel-Rc, OsB1*. It was found that all genotypes of the 16 lines were homozygous at *qBL1, qBL11, fgr, Waxy, SSIIa, Rc, OsB1* genes. Thus, *qBL1* and *qBL11* genes control rice to be resistant to blast disease. The *fgr* gene controls the fragrant rice while *waxy* genes control non-glutinous/glutinous rice on which all 16 lines were all non-glutinous. *SSIIa* gene controls rice to have a low starch gelatinization temperature. The *Rc* and *OsB1* genes control the rice to be red and black, respectively. These studies of the genotypes were able to select rice that has properties of fragrant rice, low starch gelatinization temperature, red and black colors of rice with high nutritional value. Therefore, they can be planted and further tested on an Intra-station trial.

Keywords: selection, Hom Mali Dang, photoperiod insensitive, semi-dwarf, aromatic non-glutinous, blast disease resistance, high nutritional values, molecular marker-assisted breeding

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันกระแสของความนิยมข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงหรือข้าวที่มีคุณลักษณะพิเศษมีเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงควรมีการศึกษาพันธุ์ข้าวลักษณะดังกล่าว เลือกมาเพาะปลูกเพิ่มผลผลิตเพื่อการส่งออกโดยนำกลยุทธ์ในด้านการตลาดและคุณลักษณะพิเศษตลอดจนบรรจุภัณฑ์มาประกอบการประชาสัมพันธ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรคไหม้ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก โดยสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ผ่านการศึกษาพันธุ์ 4 แถว จำนวน 35 สายพันธุ์ สายพันธุ์ที่มีศักยภาพให้ผลผลิตจำนวน 16 เบอร์ ผลผลิตอยู่ระหว่าง 748-1,082 กิโลกรัมต่อไร่ อายุวันออกดอก 75% อยู่ระหว่าง 89-131 วัน แล้วคัดเลือกต้นที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี ได้ทั้งหมด 186 ต้น จากนั้นเลือกสายพันธุ์ข้าวหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ข้าวเจ้า ต้านทานต่อโรคไหม้ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ที่มีศักยภาพให้ผลผลิตได้จำนวน 16 สายพันธุ์ จึงนำเมล็ดมาตรวจด้วยเครื่องหมายโมเลกุล *qBL1, qBL11, fgr, wx, Wx, SSIIa, Indel-Rc, OsB1* marker พบว่าทั้ง 16 สายพันธุ์ มีจีโนไทป์เป็น homozygous ของตำแหน่งยีน *qBL1, qBL11, fgr, Waxy, SSIIa, Rc, OsB1* ทั้งหมด โดยมียีน *qBL1* และ *qBL11* ที่ควบคุมให้ข้าวมีความต้านทานต่อโรคไหม้ ยีน *fgr* ควบคุมให้ข้าวหอม ยีน *Waxy* ควบคุมความเป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ซึ่งทั้ง 16 สายพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าทั้งหมดยีน *SSIIa* ควบคุมให้ข้าวมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ยีน *Rc* ความคุมให้ข้าวเป็นสีแดง และ ยีน *OsB1* ควบคุมให้ข้าวเป็นสีดำซึ่งการศึกษาการตรวจจีโนไทป์ดังกล่าวทำให้สามารถคัดเลือกข้าวที่มีคุณลักษณะเป็นข้าวเจ้าหอม มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ เป็นข้าวสีแดง และสีดำ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ดังนั้นสามารถนำไปปลูกทดสอบผลผลิตภายในสถานีต่อไป

คำสำคัญ: การคัดเลือก หอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ข้าวเจ้าหอม ต้านทานต่อโรคไหม้คุณค่าทางโภชนาการสูง เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก

คำนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักที่สำคัญของคนไทย ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม ขนบธรรมเนียมประเพณี และวัฒนธรรมอันดีงามมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะอาชีพชาวนา เป็นอาชีพที่มีจำนวนมากถึง 3.7 ล้านครัวเรือน เป็นกลุ่มคนที่ยากจนที่สุดของการทำการเกษตร และกระจายอยู่ทั่วทั้งประเทศ จึงมีบทบาทต่อภาวะทางการเมือง การปกครองและความมั่นคงของประเทศ รัฐบาลทุกรัฐบาลให้ความสนใจในปัญหาเรื่องข้าวของชาวนามากที่สุด เพราะถือว่าเป็นปัญหาของคนส่วนใหญ่ในประเทศ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, มปป)

ประเทศไทยมีพื้นที่การเพาะปลูกข้าวทั้งหมด 56.65 ล้านไร่ ภาคเหนือ 12.62 ล้านไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 36.60 ล้านไร่ ภาคกลาง 6.59 ล้านไร่ และภาคใต้ 3.33 แสนไร่ (Rice Department, 2017) โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวเจ้า 42.15 ล้านไร่ ข้าวเหนียว 14.87 ล้านไร่ และข้าวอื่นๆ (ข้าวสีและข้าวอินทรีย์) 0.06 ล้านไร่ (Rice Department, 2016a)

ในปี 2558-2562 ทางกรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร มีนโยบายทิศทางการผลิตข้าวไทยในด้านปริมาณการผลิตข้าว และประสิทธิภาพการผลิตข้าว โดยมุ่งเน้นผลผลิตต่อไร่ และต้นทุนการผลิต ที่ต่ำลงในด้านคุณภาพข้าว เนื่องจากข้าวไทยเป็นข้าวคุณภาพ เมล็ดยาว หอมนุ่ม อร่อย รสชาติดี อีกทั้งยังมีคุณประโยชน์มากมาย เป็นแหล่งสะสมพลังงานและความอบอุ่น มีสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญต่อร่างกาย ทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ ช่วยลดความเสี่ยงจากโรคภัยไข้เจ็บที่เกิดจากการบริโภคได้เป็นอย่างดียิ่ง ข้าวในประเทศไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรม มีข้าวพันธุ์พื้นเมืองในหลายพื้นที่ที่สามารถตอบโจทย์ต่อความต้องการอาหารปลอดภัยและมีโภชนาการสูงเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะข้าวอินทรีย์ และข้าวสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) นอกจากนี้ยังมีความต้องการผลิตภัณฑ์จากข้าวที่ใช้เป็นอาหารเสริม และยา และนโยบายด้านการพัฒนาเกษตรกร มุ่งเน้นให้เกษตรกร จัดตั้งสหกรณ์การเกษตร วิสาหกิจชุมชน และศูนย์ข้าวชุมชน เพื่อดำเนินโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวตลาดเฉพาะ โดยดำเนินการในพื้นที่ที่เหมาะสม และส่งเสริมให้ชาวนาผลิตข้าว 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวอินทรีย์ ข้าวโภชนาการสูง และข้าว GI ซึ่งถือเป็นข้าวตลาดเฉพาะที่มีมูลค่าสูงกว่าข้าวทั่วไป (Chimpali, 2015)

โดยในปัจจุบันกระแสของความนิยมข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงหรือข้าวที่มีคุณลักษณะพิเศษมีเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภคที่มีกำลังซื้อสูงในยุโรปและสหรัฐอเมริกา การผลักดันให้มีการส่งออกข้าวประเภทดังกล่าวในเชิงพาณิชย์ได้จะช่วยสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรเป็นอย่างมาก จึงควรมีการศึกษาเลือกพันธุ์ข้าวลักษณะดังกล่าว เพื่อนำมาเพาะปลูกและเพิ่มผลผลิตเพื่อการส่งออกได้ (Nakasai, n.d)

จากสภาวะอาหารที่ไม่ปลอดภัย และพฤติกรรมด้านการบริโภคของคนทั่วโลกในปัจจุบัน ทำให้คนส่วนใหญ่หันมาสนใจสุขภาพมากขึ้น ส่งผลให้ตลาดข้าวเพื่อสุขภาพเติบโตมากขึ้น คาดว่า มีสัดส่วน 7-10% จากตลาดข้าวถุง โดยรวมมูลค่า 20,000 ล้านบาท และเป็นตลาดที่มีการเติบโตต่อเนื่อง และมีศักยภาพเติบโตได้อีกมาก (Prachachat, n.d)

คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของข้าวหอมเพื่อสุขภาพ จึงได้ปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้เป็นข้าวที่ต้านทานโรคไหม้ในข้าว ซึ่งจะช่วยเกษตรกรทางด้านสุขภาพอนามัยที่ไม่ต้องพึ่งพาสารเคมีในการฉีดป้องกันในแปลงนาข้าว อีกทั้งเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่วนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวให้ข้าวเพื่อสุขภาพมีผลผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น ในโครงการนี้จะได้สายพันธุ์ ข้าวหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ข้าวเจ้าหอม ต้านทานต่อโรคไหม้ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงที่

ผ่านการปลูกศึกษาพันธุ์ ในแปลงนาแบบอินทรีย์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งผ่านการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (IFOAM) ในอนาคตเมื่อปรับปรุงพันธุ์จนกระทั่งเป็นพันธุ์คุ้มครองพันธุ์ใหม่ได้ จะสร้างประโยชน์อย่างสูงสุดที่จะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มเป็นทางเลือกในการส่งออกข้าวสีเพื่อสุขภาพ และสร้างรายได้เข้ามาในประเทศอย่างมหาศาล

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

สายพันธุ์ข้าวหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ข้าวเจ้าหอม ต้านทานต่อโรคแมลงที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จำนวน 35 สายพันธุ์

เครื่องหมายโมเลกุล *qBL1* และ *qBL11* marker (Jairin *et al.*, 2017), *fgr* marker (Bradbury *et al*., 2005), *wx* marker (Wanchana *et al*., 2003), *Wx* marker (Ayres *et al.,* 1997), *SSIIa* marker (Bao et al., 2006),*Indel-Rc* marker (Lim and Ha, 2013) และ *OsB1* marker (Gramene, 2005)

วิธีการ

การปลูกศึกษาพันธุ์ (4-row observations)

ในฤดูนาปรัง 2563 ปลูกศึกษาพันธุ์ 4 แถว ของสายพันธุ์ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรคไหม้ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ในแปลงนาทดลองแบบอินทรีย์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทั้งหมด 35 สายพันธุ์ มีพันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ พันธุ์ เจ้าหอมนิล ไรซ์เบอร์รี่ ทับทิมชุมแพ และเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1เอ โดยตกกล้า วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2563 และปักดำ 24 มีนาคม 2563 ปลูกสายพันธุ์ละ 4 แถว แต่ละแถวยาว 5 เมตร ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร จำนวน 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนเตรียมแปลงปลูกอัตราปุ๋ยมูลไก่จำนวน 1 ตันต่อไร่ ใส่ปุ๋ยมูลค้างคาว 100 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปักดำ 7 วัน และระยะข้าวเริ่มกำเนิดช่อดอก (45 วันหลังปักดำ) มีการป้องกันกำจัดวัชพืชตามความจำเป็น ทำการบันทึกข้อมูลวันออกดอก 75 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะที่ดีให้ผลผลิตสูง ไปทดสอบผลผลิตภายในสถานีต่อไป

การตรวจสอบจีโนไทป์ในสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ด้วยเครื่องหมายโมเลกุล

นำเมล็ดของสายพันธุ์ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรคไหม้ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ที่ผ่านการศึกษาพันธุ์ 4 แถว จำนวน 16 สายพันธุ์ ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิต ทำการสกัดดีเอ็นเอโดยดัดแปลงจากชุดสกัดของบริษัท Fermentas เพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction, (PCR) ด้วยเครื่องหมายโมเลกุล *qBL1, qBL11, fgr, wx, Wx, SSIIa, Indel-Rc, OsB1* marker และวิเคราะห์ลักษณะทางจีโนไทป์ (แถบดีเอ็น) ด้วยเทคนิค Gel electrophoresis ส่องภายใต้แสงยูวี

ผลการวิจัย

การปลูกศึกษาพันธุ์ (4-row observations)

ปลูกศึกษาพันธุ์ 4 แถว ของสายพันธุ์ ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรคไหม้ คุณค่าทางโภชนาการสูง จำนวน 35 สายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ที่มีศักยภาพให้ผลผลิตจำนวน 16 เบอร์ มีผลผลิตอยู่ระหว่าง 748-1,082 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์ เจ้าหอมนิล ไรซ์เบอร์รี่ ทับทิมชุมแพ และเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ มีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 741, 804, ไม่ออกดอก และ 961 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ มีอายุวันออกดอก 75% อยู่ระหว่าง 89-131 วัน ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์เจ้าหอมนิล ไรซ์เบอร์รี่ทับทิมชุมแพ และเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1เอ มีอายุวันออกดอก 75% เท่ากับ 87, 138, ไม่ออกดอก และ 108 วันตามลำดับ แล้วคัดเลือกต้นที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีได้ทั้งหมด 186 ต้น จากนั้นเลือกสายพันธุ์ ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรคไหม้ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จำนวน 16 สายพันธุ์ ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิต เพื่อนำไปทดสอบผลผลิตภายในสถานีต่อไป (Table1)

Table 1 Shows the yield and age to flowering of the 16 lines of photoperiod insensitive, semi dwarf, aromatic non-glutinous, blast disease resistant and high nutritional Hom Mali Dang with the highest yield potential rice lines during dry season 2020 at organic field plot system Maejo University.

pedigree	Yield (kg/rai)	Age to flowering (days)
The 16 lines of photoperiod insensitive, semi dwarf, aromatic non-glutinous, blast disease resistant and high nutritional Hom Mali Dang with the highest yield potential rice lines (minimum value)	748	89
The 16 lines of photoperiod insensitive, semi dwarf, aromatic non-glutinous, blast disease resistant and high nutritional Hom Mali Dang with the highest yield potential rice lines (maximum value)	1,082	131
Jao Hom Nin	741	87
Rice Berry	804	138
Tubtim Chumphae	Not flowering	Not flowering
Jao kham Hom Maejo 1A	961	108

Figure 1 The 16 lines of photoperiod insensitive, semi dwarf, aromatic non-glutinous, blast disease resistant and high nutritional Hom Mali Dang with the highest yield potential rice lines at flowering stage during dry season 2020 at organic field plot system Maejo University.

Figure 2 Seed of photoperiod insensitive, semi dwarf, aromatic non-glutinous, blast disease resistant and high nutritional Hom Mali Dang with the highest yield potential rice lines

การตรวจสอบจีโนไทป์ในสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ด้วยเครื่องหมายโมเลกุล

ผลการตรวจจีโนไทป์ของสายพันธุ์ ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรคไหม้ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ด้วยเครื่องหมายโมเลกุล *qBL1* และ *qBL11* marker (Jairin *et al.,* 2017)*, fgr* marker (Bradbury *et al*., 2005)*, wx* marker (Wanchana *et al*., 2003)*, Wx* marker (Ayres *et al.,* 1997)*, SSIIa* marker (Bao *et al.*, 2006)*, Indel-Rc* marker (Lim and Ha, 2013) และ *OsB1* marker (Gramene, 2005) พบว่า การตรวจด้วยเครื่องหมายโมเลกุล *qBl1* marker และ *qBl11* marker ทั้ง 16 สายพันธุ์ มีจีโนไทป์เป็น homozygous ของยีนเด่น *qBl11* ที่ควบคุมให้ข้าวต้านทานต่อโรคไหม้, ตรวจด้วย *fgr* marker marker ทั้ง 16 สายพันธุ์ มีจีโนไทป์เป็น homozygous ของยีนด้อย *fgr* ที่ควบคุมให้ข้าวหอม, ตรวจด้วย *wx* marker ทั้ง 16 สายพันธุ์ มีจีโนไทป์เป็น

homozygous ของยีนด้อย *wx* ที่ควบคุมให้ข้าวเป็นข้าวเหนียว, ตรวจด้วย *Wx* marker ทั้ง 16 สายพันธุ์ มีจีโนไทป์เป็น homozygous ของยีน Waxy ที่มีอัลลีล Wx^b ที่ควบคุมให้เป็นข้าวอะไมโลสต่ำ, ตรวจด้วย *SSIIa* marker ทั้ง 16 สายพันธุ์ มีจีโนไทป์ของยีน *SSIIa* เป็นจีโนไทป์ TT มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (ใช้ระยะเวลาในการหุงสุกเร็ว), ตรวจด้วย *Indel-Rc* marker ทั้ง 16 สายพันธุ์ มีจีโนไทป์เป็น homozygous ของยีนเด่น *Rc* ควบคุมให้ข้าวเป็นข้าวสีแดง และตรวจด้วย *OsB1* marker มี 11 สายพันธุ์ ที่มีจีโนไทป์เป็น homozygous ของยีน *OsB1* ที่ควบคุมให้ข้าวเป็นสีดำ และอีก 5 สายพันธุ์ มีจีโนไทป์เหมือนข้าวหอมมะลิแดง ซึ่งเป็นข้าวสีแดง

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการปลูกศึกษาพันธุ์ 4 แถว ของสายพันธุ์ ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรคไหม้ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ในฤดูนาปรัง 2563 พบว่า ผลผลิตต่อไร่ อยู่ระหว่าง 748-1,082 กิโลกรัมต่อไร่ และมีอายุวันออกดอก 75% อยู่ระหว่าง 89-116 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ มีผลผลิตต่อไร่ เท่ากับ 804 กิโลกรัมต่อไร่ และมีอายุวันออกดอก 75% เท่ากับ 138 วัน ซึ่งในการทดลองนี้จะคัดเลือกสายพันธุ์ ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรค ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีศักยภาพให้ผลผลิตสูงที่สุด ไม่น้อยกว่า 500 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเทียบกับผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยของข้าวสีแดง ที่เป็นพันธุ์ที่ได้รับการรับรองจากกรมการข้าว เช่น ข้าวหอมแดง สังข์หยดพัทลุง และข้าวหอมกุหลาบแดง ที่มีผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 643, 330 และ 750 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ มีผลผลิตต่อไร่โดยเฉลี่ยเท่ากับ 574 กิโลกรัมต่อไร่ (Rice Department. 2016b) และพันธุ์ ไรซ์เบอร์รี่ ที่เป็นข้าวสีดำที่ได้รับความนิยม ซึ่งมีผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย เท่ากับ 500 กิโลกรัมต่อไร่ (Rice Science Center, 2020) และคัดเลือกสายพันธุ์ ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรค ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ให้มีอายุวันออกดอก 75% ในฤดูนาปรัง และนาปีใกล้เคียงกันไม่เกิน 110 วัน โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ ไรซ์เบอร์รี่ ที่มีอายุเก็บเกี่ยว 130 วัน (อายุวันออกดอกประมาณ 100 วัน) (Rice Science Center, 2020) และผลการตรวจด้วยเครื่องหมายโมเลกุล *qBL1, qBL11, fgr, wx, Wx, SSIIa, Indel-Rc, OsB1* marker พบว่าทั้ง 16 สายพันธุ์ มีจีโนไทป์เป็น homozygous ของตำแหน่งยีน *qBL1, qBL11, fgr, Waxy, SSIIa, Rc, OsB1* ทั้งหมด โดยมียีน *qBL1 และ qBL11* ที่ควบคุมให้ข้าวมีความต้านทานต่อโรคไหม้ ยีน *fgr* ควบคุมให้ข้าวหอม ยีน *Waxy* ควบคุมความเป็นข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว ซึ่งทั้ง 16 สายพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าทั้งหมด ยีน *SSIIa* ควบคุมให้ข้าวมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ยีน *Rc* ควบคุมให้ข้าวเป็นสีแดง และ ยีน *OsB1* ควบคุมให้ข้าวเป็นสีดำ

สรุปผลการวิจัย

ปลูกศึกษาพันธุ์ 4 แถว ของสายพันธุ์ ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรคไหม้ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จำนวน 35 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ที่มีศักยภาพให้ผลผลิตจำนวน 16 เบอร์ มีผลผลิตอยู่ระหว่าง 748-1,082 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์ เจ้าหอมนิล ไรซ์เบอร์รี่ ทับทิมชุมแพและเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1เอ มีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 741, 804, ไม่ออกดอก และ 961 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ มีอายุวันออกดอก 75% อยู่

ระหว่าง 89-116 วัน ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์เจ้าหอมนิล ไรซ์เบอร์รี่ ทับทิมชุมแพ และเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1เอ มีอายุวันออกดอก 75% เท่ากับ 87, 138, ไม่ออกดอก และ 108 วันตามลำดับ จากนั้นคัดเลือกต้นที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีได้ทั้งหมด 186 ต้น แล้วเลือกสายพันธุ์ข้าวเจ้าหอมมะลิแดง ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย ต้านทานต่อโรคไหม้ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จำนวน 16 สายพันธุ์ ที่มีศักยภาพให้ผลผลิต ตรวจเมล็ดด้วยเครื่องหมายโมเลกุล *qBL1, qBL11, fgr, wx, Wx, SSIIa, Indel-Rc, OsB1* marker พบว่า ทั้ง 16 สายพันธุ์ มียีนต้านทานต่อโรคไหม้ มียีนหอม มียีนข้าวเจ้า มียีนที่ควบคุมให้ข้าวมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ มียีนควบคุมให้ข้าวเป็นสีแดง และมียีนควบคุมให้ข้าวเป็นสีดำ ทำให้สายพันธุ์ที่คัดเลือกได้มีทั้งข้าวแดง ข้าวแดง-ดำ และข้าวดำ โดยสายพันธุ์เหล่านี้สามารถนำไปปลูกทดสอบผลผลิตภายในสถานีต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Ayres, N.M., A.M. McClung, P.D. Larkin, H.F.J. Bligh, C.A. Jones and W.D. Park. 1997. Microsatellites and a single-nucleotide polymorphism differentiate apparentamylose classes in an extended pedigree of US rice germ plasm. **Theoretical and Applied Genetics** 94(6-7): 773-781.

Bao, J. S., H. Corke and M. Sun. 2006. Nucleotide diversity in starch synthase IIa and validation of single nucleotide polymorphisms in relation to starch gelatinization temperature and other physicochemical properties in rice (Oryza sativa L.). **Theoretical and Applied Genetics** 113(7): 1171-1183.

Bradbury, L.M.T., R.J. Henry, Q. Jin, R.F. Reinke and D.L.E. Waters. 2005. The gene for fragrance in rice. **Plant Biotechnology** 3: 363–370.

Chimpali, C. 2015. **Thailand's Rice Industry 2015-2016: Direction and Potential of Thai Rice Production.** [Online]. Available www.dft.go.th/LinkClick.aspx?fileticket=p6iLTgSSD_4%3D &tabid=401 (4 April 2016). [in Thai]

Gramene. 2005. **Microsatellite Markers, Supplementary Table 18: Information on all Class I SSRs.** [Online]. Available: https://archive.gramene.org/markers/microsat/ (8 Apil 2021).

Jairin, J., U. Kotchasatit, S.Saleeto, S. Jearakongman, K. Srivilai, V. Chamarerk, J. Kothcharerk, P. Pattawatang, S. Korinsak, C. Wongsaprom, and T. Toojinda. 2017. Application of Marker-Assisted Breeding to Improve Biotic Stress Resistance for Rainfed Lowland Rice in Northeastern Thailand. **SABRAO Journal of Breeding and Genetics** 49(2): 168-178.

King Mongkut's University of Technology Thonburi. n.d. **Executive Summary Research strategies on rice issues (2012-2016**). [Online]. Available http://www.kmutt.ac.th/rippc/ nrct59/38s14.pdf (2 April 2016). [in Thai]

Lim S.-H. and S.-H. Ha. 2013. Marker development for the identification of rice seed color. **Plant Biotechnology Reports** 7(3): 391.

Nakasai, P. n.d. **Special Lecture on "New Dimension of Thai Rice Research"**. [Online]. Available http://www.brrd.in.th/main/index.php?option=com_content&view=article&id=820:2013-01-10-06-47-46&catid= 81:2012-11-08-02-57-23&Itemid=65 (2 April 2016).

Prachachat. n.d. **"Jia Meng" added line to make fragrant rice milk focus on healthy food Organize fairs - increase sales by 15%**. [Online]. Available http://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1429692878 (10 May 2016). [in Thai]

Rice Department. 2016a. **Report of the situation of rice cultivation in 2016/17, round 1, assessment of the situation for the 9th time as of September 15, 2016.** [Online]. Available:http://www.ricethailand. go.th/web/home/images/ brps/text2559/15092559/15092559.pdf (16 August 2017). [in Thai]

Rice Department. 2016b. **Rice knowledge bank: yield per rai.** [Online]. Available http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-rice_yield_per_rai.htm. (10 January 2021) [in Thai]

Rice Department. 2017. **Report on rice cultivation situation Integrated Rice Production and Marketing Plan, round 1 Year 2017/18 Situation Assessment 2nd time as of May 31, 2017**. [Online]. Available http://www.ricethailand.go.th/web/images/pdf/situationrice/2-300560.pdf (16 August 2017). [in Thai]

Rice Science Center. 2020. **Riceberry.** [Online]. Available http://dna.kps. ku.ac.th/index.php/news-articles-rice-rsc-rgdu-knowledge/rice-breeding-lab/riceberry-variety (25 August 2020).

Wanchana, S., T. Toojinda, S. Tragoonrung and A. Vanavichit. 2003. Duplicated coding sequence in the waxy allele of tropical glutinous rice (Oryza sativa L.). **Plant Science** 165: 1193–1199.

การพัฒนาเครื่องหมายสนิปส์ที่จำเพาะต่อยีน *zeaxanthin epoxidase* จากผลการวิเคราะห์ทรานสคริบโตมในข้าวไทย

Development of SNPs Marker for *zeaxanthin epoxidase* Gene from Transcriptome Analysis in Thai Rice

กนกวรรณ จันทร์เพ็ญ[1] วราภรณ์ แสงทอง[1] ช่อทิพา สกูลสิงหาโรจน์[1] ศิริรัตน์ ไพศาลสุทธิชล[2] และแสงทอง พงษ์เจริญกิต[1*]

Kanokwan Janphen[1], Varaporn Sangtong[1], Chotipa Sakulsingharoj[1], Sirirat Phaisansuthichol[2] and Saengtong Pongjaroenkit[1*]

[1]สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Program in Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Program in Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: saengton@mju.ac.th

Abstract

The Next-generation sequencing (NGS) has been used to develop SNP markers for rice breeding program due to its high accuracy and precision. The purposes of this study were to develop SNP marker specific to *zeaxanthin epoxidase* (*ZEP*) gene and optimize conditions for tetra primer amplification refractory mutation system polymerase chain reaction (tetra primer ARMS-PCR). Analysis of transcriptome sequences from 4 varieties of rice, including Pathum Thani 1, RD-Maejo 2, Kum Yai and Kum Noi revealed one SNP at position 1,527 bp of *ZEP* coding region. Pathum Thani 1, RD-Maejo 2 and Kam Yai showed the SNP of C allele while Kam Noi had T allele. Then ZEP-Ex11-CT-SNP marker for this SNP were designed and conditions for tetra primer ARMS-PCR were optimized. The optimal condition was 55 °C for annealing temperature and the ratio of outer: inner primers was 0.5:1. The SNPs of *ZEP* gene were analyzed in 12 Thai rice cultivars which have black, red, and white pericarp color. The result showed that this SNP^{1,527} was not related to color of pericarp because it was synonymous variant that did not change amino acid. However, this process will be used as guideline for development of other SNP markers.

Keywords: SNP markers, transcriptome analysis, *zeaxanthin epoxidase* gene, tetra primer amplification refractory mutation system polymerase chain reaction (tetra primer ARMS-PCR), Thai rice

บทคัดย่อ

เทคโนโลยี Next-Generation Sequencing (NGS) นิยมนำมาใช้พัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอสนิปส์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าว เนื่องจากมีความถูกต้องและแม่นยำสูง ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอสนิปส์ที่จำเพาะต่อยีน *zeaxanthin epoxidase* (*ZEP*) และค้นหาสภาวะที่เหมาะสมของเทคนิค tetra primer amplification refractory mutation system polymerase chain reaction (tetra primer ARMS-PCR) จากผลการวิเคราะห์ลำดับเบสด้วยเทคนิคทรานสคริปโตมของข้าวจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ ปทุมธานี 1, กข-แม่โจ้ 2, ก่ำน้อย และก่ำใหญ่ พบลำดับเบสแตกต่างชนิด Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) ตำแหน่ง 1,527 ที่บริเวณรหัสของยีน ในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 กข-แม่โจ้ 2 และก่ำใหญ่ เป็นอัลลีล C ส่วนพันธุ์ก่ำน้อยเป็นอัลลีล T จึงนำมาออกแบบได้เครื่องหมาย ZEP-Ex11-CT-SNP และค้นหาสภาวะที่เหมาะสมของเทคนิค tetra primer ARMS-PCR คือ อุณหภูมิแอนเนลลิง 55 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างไพรเมอร์ Outer : Inner เท่ากับ 0.5 : 1 ผลของการตรวจสอบชนิด SNP ของยีน *ZEP* ในข้าวไทยที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว ดำ และแดง จำนวน 12 พันธุ์ ด้วยเครื่องหมายที่ออกแบบได้ พบว่า $SNP^{1,527}$ นี้ไม่สัมพันธ์กับลักษณะสีของเยื่อหุ้มเมล็ดอาจเนื่องจากไม่ทำให้เปลี่ยนชนิดกรดอะมิโน (synonymous variant) อย่างไรก็ตามขั้นตอนการพัฒนาเครื่องหมายนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องหมายสนิปส์อื่นต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องหมายสนิปส์ การวิเคราะห์ทรานสคริปโตม ยีน *zeaxanthin epoxidase* เทคนิค Tetra primer amplification refractory mutation system polymerase chain reaction (tetra primer ARMS-PCR) ข้าวไทย

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa*. L) เป็นพืชอาหารหลักที่สำคัญ เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นทำการปรับพื้นที่เพาะปลูกข้าวบางส่วนเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย ส่งผลให้แหล่งผลิตข้าวลดลงสวนทางกับความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้มีงานวิจัยจำนวนมากในการพัฒนาผลผลิตข้าวทั้งทางด้านโภชนาการและการต้านทานโรคและแมลง โดยการนำเทคโนโลยีทางด้าน next-generation sequencing (NGS) มาใช้ร่วมกับการปรับปรุงพันธุ์แบบดั้งเดิม ด้วยการระบุตำแหน่งยีน เปรียบเทียบลำดับเบสของยีนในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ แล้วพัฒนาเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดจำเพาะกับยีน (gene specific markers) จากนั้นนำเครื่องหมายดังกล่าวมาเป็นเครื่องมือช่วยในการคัดเลือก ซึ่งการประยุกต์ใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอเพื่อใช้ในการคัดเลือกลักษณะที่ต้องการ (Zhou *et al.*, 2018) ในข้าวมีการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ (Marker Assisted Selection: MAS) เป็นจำนวนมาก (Akhtar *et al.*, 2010) ทำให้มีการพัฒนาเครื่องหมายที่ใช้แยกลำดับเบสแตกต่าง 1 เบส (single nucleotide polymorphisms; SNPs) หรือเครื่องหมายแยกบริเวณที่เกิดการเพิ่มหรือขาดหายไปของลำดับเบส (InDel) (Kim *et al.*, 2016) โดยเครื่องหมายชนิด SNP เป็นเครื่องหมายที่มีความจำเพาะสูงที่สุด

เทคนิค Tetra primer amplification refractory mutation system-polymerase chain reaction (tetra primer ARMS-PCR) สามารถตรวจสอบชนิดของ SNPs หรือจำแนกแอลลีลของยีนด้วยอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส ซึ่งเป็นวิธีที่รวดเร็วและมีค่าใช้จ่ายน้อยเมื่อเทียบกับวิธีอื่นที่ใช้ตรวจสอบสนิปส์ (Medrano and de Oliveira, 2014; Pongjaroenkit *et al.*, 2017) โดยจะใช้ชุดไพรเมอร์จำนวน 4 สาย ได้แก่ ไพรเมอร์ Outer forward และ ไพรเมอร์ Outer reverse เป็นคู่ไพรเมอร์ที่จำเพาะกับยีนที่ต้องการออกแบบ กับไพรเมอร์ Inner forward และไพรเมอร์ Inner reverse เป็นไพรเมอร์ที่จำเพาะกับลำดับเบสของ SNP หรืออัลลีลที่ต่างกัน (allele-specific primers)

ปัจจุบันประชากรให้ความสำคัญของสุขภาพ การออกกำลังกาย และการเลือกรับประทานอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น ซึ่งจากการศึกษาในข้าวพบว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำมีสารไฟโทอีน (phytoene) ไลโคปีน (lycopene) ลูทีน (lutein) บีตาแคโรทีน (β-carotene) ซีแซนทีน (zeaxanthine) ที่เป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์สูงกว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงและไม่พบในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว (Chettry *et al.*, 2019) โดยสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่ได้รับความสนใจอย่างมาก คือ ลูทีนและซีแซนทีน ที่ช่วยบำรุงสายตาและป้องกันโรคต้อกระจกตา (Roberts *et al.*, 2009) สารซีแซนทีนเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ zeaxanthin epoxidase (ZEP) ในวิถีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ที่เปลี่ยนสารเบต้าเคโรทีนเป็นสารซีแซนทีน (Bai *et al.*, 2016) นอกจากเอนไซม์ ZEP จะทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์สารซีแซนซีนแล้วยังเกี่ยวข้องกับการทนต่อสภาวะหนาวเย็น (chilling-tolerant) ของข้าวอีกด้วย (Kim *et al.*, 2017)

งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอสนิปส์ของลำดับเบสของยีน *ZEP* ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค transcriptome sequencing แล้วค้นหาสภาวะที่เหมาะสมในการตรวจสอบสนิปส์ด้วยเทคนิค tetra primer ARMS - PCR เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบชนิดอัลลีลของยีน *ZEP* ในข้าวไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ข้าว การสกัดอาร์เอ็นเอทั้งหมดและจีโนมิกดีเอ็นเอ

พันธุ์ข้าวในงานวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการสกัดอาร์เอ็นเอทั้งหมด (total RNA) เพื่อส่งไปอ่านลำดับเบสของยีนที่แสดงออกทั้งหมดด้วยเทคนิค RNA-seq (transcriptome sequencing) บริษัท NovogeneAIT, Singapore วิธีอ่านแบบ *De novo* sequencing จำนวน 4 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1, กข-แม่โจ้ 2, ก่ำน้อย และก่ำใหญ่ โดยสกัดอาร์เอ็นเอทั้งหมด ด้วยวิธี TRIzol reagent (Invitrogen, USA) ละลายด้วยสารละลาย 10 mM Tris-HCl, pH 7.0 เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส รอส่งตัวอย่างไปอ่านลำดับเบสและวิเคราะห์ความแตกต่างของลำดับเบสของยีนที่แสดงออกในข้าวทั้ง 4 พันธุ์

พันธุ์ข้าวที่ใช้ทดสอบเครื่องหมายที่ออกแบบ ได้แก่ ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว 5 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1, ขาวดอกมะลิ 105, กข6, กข-แม่โจ้ 2 และลูกแดงปัตตานี ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ 4 พันธุ์ คือ ก่ำน้อย, ก่ำใหญ่, หอมมะลิดำ และเจ้าหอมนิล ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง 3 พันธุ์ คือ หอมมะลิแดง, ทับทิมชุมแพ และสังข์หยดพัทลุง นอกจากนี้ยังใช้ข้าวลูกผสมรุ่นที่ 1 ของคู่ผสมระหว่างข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 กับก่ำน้อย โดยสกัดจีโนมิกดีเอ็นเอ (genomic DNA) ด้วยวิธี

mCTAB (Li *et al.*, 2013) ละลายด้วยสารละลาย 10 mM Tris-HCl, pH 8.0 เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดสอบ

การค้นหาตำแหน่ง SNPs และลำดับเบสขนาบข้าง

คัดเลือกลำดับเบสสายอาร์เอ็นเอที่แสดงออก Transcripts (Clusters) จากการอ่านและวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Transcriptome sequencing โดยจะเลือก Cluster ที่มีลำดับเบสเป็นรหัสของเอนไซม์ zeaxanthin epoxidase (*Os04g0448900*) ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบลำดับเบสกับฐานข้อมูล NCBI (National Center for Biotechnology Information, 2021) แล้วค้นหาลำดับเบสที่แตกต่างในรูปแบบ SNP ที่ได้จากการเปรียบเทียบลำดับเบสของยีน *ZEP* จากข้าวทั้ง 4 พันธุ์ ตามด้วยค้นหาตำแหน่งของการเกิด SNP ที่ได้ในข้าวพันธุ์ Nipponbare

จากนั้นนำตำแหน่งของ SNP ที่ได้ ไปค้นหาลำดับเบสขนาบ SNP ทั้งสองข้าง (Flanking sequences) จากลำดับเบสในจีโนมของข้าว (*Oryza sativa Japonica* Group: IRGSP-1.0) ที่รายงานในฐานข้อมูล Gramene (Gramene, 2021) ซึ่งจะได้ลำดับเบสขนาบข้างตำแหน่ง SNP ด้านละ 400 เบส รวมเป็นลำดับเบสยาว 801 เบส ซึ่งจะนำไปใช้ในการออกแบบไพรเมอร์

การออกแบบไพรเมอร์

ไพรเมอร์ของ tetra primer ARMS-PCR เป็นชุดไพรเมอร์ที่สามารถระบุลำดับเบสของ SNP แต่ละเบส (allele-specific primer) ที่จะมีไพรเมอร์จำนวน 4 สาย ได้แก่ ไพรเมอร์ Outer forward และ ไพรเมอร์ Outer reverse กับ ไพรเมอร์ Inner forward และไพรเมอร์ Inner reverse ซึ่งชุดไพรเมอร์จะออกแบบด้วยโปรแกรม PRIMER1: primer design for tetra-primer ARMS-PCR (Collins and Ke, 2012)

นำลำดับเบสยาว 801 เบส ที่ได้จากการหาลำดับเบสขนาบข้างตำแหน่ง SNP โดยกำหนดให้ SNP ที่ต้องการออกแบบไพรเมอร์จำเพาะอยู่ที่ตำแหน่ง 401 เลือกอัลลีลที่ต้องการออกแบบไพรเมอร์ เช่น Inner forward primer (อัลลีล C) และ Inner reverse primer (อัลลีล T) เป็นต้น สำหรับบริเวณ SNP ที่พบในตำแหน่งอื่นจะให้แสดงลำดับเบสเดียวในระบบ IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry (Johnson, 2010) เช่น หากเป็น SNP ลำดับเบส A/G จะแสดงเป็น R จากนั้นเลือกความยาวของขนาดชิ้นดีเอ็นเอที่ต้องการเพิ่มจำนวนและข้อกำหนดอื่น ตามหลักการของ (Medrano and de Oliveira, 2014)

การค้นหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มจำนวน

การเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอด้วยเทคนิค tetra primer ARMS-PCR จากชุดไพรเมอร์ จำนวน 4 สาย ในแต่ละตัวอย่างจะมีการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอได้ 2 แถบดีเอ็นเอ ได้แก่ แถบดีเอ็นเอ 1 แถบจากไพรเมอร์ Outer forward กับ Outer reverse จะเป็นแถบขนาดใหญ่ที่สุดและพบในทุกตัวอย่าง ส่วนอีกหนึ่งแถบดีเอ็นเอจะเป็นแถบที่ขนาดต่างกัน ซึ่งมีความจำเพาะกับแต่ละ SNP หรือ allele ที่จะเกิดจากการเพิ่มจำนวนจากไพรเมอร์ Inner forward กับ Outer reverse หรือ Outer forward กับ Inner reverse

การค้นหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมายที่ได้จากการออกแบบ ส่วนประกอบของปฏิกิริยา PCR ใช้ตัวอย่างของดีเอ็นเอความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อปฏิกิริยา, 1X MyTaq™ HS Red Mix (BioLine, UK) และไพรเมอร์ 4 สาย ซึ่งชุดน้ำยา MyTaq™ HS Red Mix สามารถเพิ่มจำนวนได้ผลผลิตมาก แม้จะมีปริมาณดีเอ็นเอแม่พิมพ์น้อย และบัฟเฟอร์ที่ออกแบบให้ปริมาณ $MgCl_2$ หรือ ตัวยับยั้ง หรือปริมาณ dNTP ไม่มีผลต่อการงานของเอนไซม์ ทำให้การค้นหาสภาวะจึงเริ่มจากทดสอบหาอุณหภูมิแอนเนลลิง (annealing temperature; Ta) (Medrano and de Oliveira, 2014) และปริมาณของไพรเมอร์ที่เหมาะสม ซึ่งจะเป็นอัตราส่วนระหว่างไพรเมอร์ Outer ต่อ Inner เท่ากับ 1 : 0.5 (0.5 μM : 0.25 μM) หรือ 0.5 : 1 (0.25 μM : 0.5 μM) ตามลำดับ (Alyethodi *et al.*, 2018; Mesrian Tanha *et al.*, 2015)

ส่วนสภาวะที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอคือ 94 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ก่อนจึงจะเริ่มเข้าสู่ขั้นตอนของการเพิ่มจำนวน จำนวน 45 รอบ ของ 94 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที, 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที และ 72 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นสิ้นสุดปฏิกิริยาที่ 72 องศาเซลเซียส 5 นาที ซึ่งการทดสอบนี้ใช้พันธุ์ข้าวจำนวน 3 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1, ก่ำน้อย และข้าวลูกผสมรุ่นที่ 1 (ปทุมธานี 1 x ก่ำน้อย) ตรวจสอบผลผลิต PCR ด้วย 3 เปอร์เซ็นต์อะกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส ใน 0.5xTBE Buffer กระแสไฟฟ้า 120 โวลล์ นาน 45 นาที ย้อมแถบดีเอ็นเอภายในเจลด้วยสีย้อม RedSafe™ Nucleic Acid Staining Solution (iNtRON, Korea) แล้วถ่ายภาพเจลภายใต้รังสี UV

การตรวจสอบ SNPs ของยีน *ZEP* ในข้าวไทยด้วยเทคนิค tetra primer ARMS-PCR

เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอ นำเครื่องหมายที่ออกแบบได้มาเพิ่มจำนวนตัวอย่างดีเอ็นเอของข้าวที่มีสีของเยื่อหุ้มเมล็ดต่างกันจำนวน 12 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1, ขาวดอกมะลิ 105, กข6, กข-แม่โจ้ 2, ลูกแดงปัตตานี, ก่ำน้อย, ก่ำใหญ่, หอมมะลิดำ, เจ้าหอมนิล, หอมมะลิแดง, ทับทิมชุมแพ และสังข์หยดพัทลุง เพื่อตรวจสอบชนิดของ SNPs ของยีน *ZEP* ในข้าวไทยแต่ละพันธุ์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การค้นหาตำแหน่ง SNPs ของยีน *ZEP* จากผลการวิเคราะห์ทรานสคริบโตม

จากผลการอ่านลำดับเบสด้วยเทคนิค transcriptome sequencing ของข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1, กข-แม่โจ้2, ก่ำน้อย และก่ำใหญ่ ทำการเลือก cluster ที่มีการเปลี่ยนแปลงลำดับเบสของยีน *ZEP* พบ SNP จำนวน 2 ตำแหน่ง ที่ลำดับเบส 480 (C เป็น A) และ 685 (C เป็น T) ของ cluster-12362.26565 (ความยาว 1,558 คู่เบส) และ พบ 1 ตำแหน่ง ที่ลำดับเบส 1,063 (C เป็น T) ของ cluster-12362.17530 (ความยาว 2,872 คู่เบส) ซึ่ง SNPs ทั้ง 3 ตำแหน่ง มีลำดับเบสแตกต่างในข้าวพันธุ์ก่ำน้อย เมื่อนำข้อมูล SNP ทั้ง 3 ตำแหน่งมาวิเคราะห์เป็น Haplotype พบ 2 แบบ คือ SNP haplotype 1 (SH1) ที่พบในข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1, กข-แม่โจ้2 และก่ำใหญ่ และ SH2 ที่พบในข้าวพันธุ์ก่ำน้อย (Table 1) จึงสามารถใช้ SH2 แยกข้าวพันธุ์ก่ำน้อยออกจากข้าวอีก 3 พันธุ์ได้

Table 1 Haplotypes of the *ZEP* gene in 4 rice varieties based on 3 SNPs with on massing data genotyped using transcriptome analysis

Variety \ SNPs	Cluster-12362.26565		Cluster-12362.17530	SNP Haplotype
	SNP^{480}	SNP^{685}	SNP^{1,063}	
Pathum Thani 1	C	C	C	SH1
RD-Maejo 2	C	C	C	SH1
Kum Yai	C	C	C	SH1
Kum Noi	A	T	T	SH2

ผลการค้นหาลำดับเบสของยีน *ZEP* (*Os04g0448900*) ในฐานข้อมูล RAP-DB (The Rice Annotation Project Database, 2017) พบตั้งอยู่บนโครโมโซมที่ 4 บริเวณตำแหน่ง 22,369,763 ถึง 22,376,615 (+ strand) ความยาวของยีนเท่ากับ 6,853 คู่เบส โครงสร้างของยีน *ZEP* ประกอบด้วยบริเวณ 5'- untranslated region (5'UTR) จำนวน 1 บริเวณ, เอกซอน (exon) จำนวน 16 เอกซอน, อินทรอน (intron) จำนวน 15 อินทรอน และบริเวณ 3'- untranslated region (3'UTR) จำนวน 1 บริเวณ (Figure 1A) โดยที่บริเวณรหัส (CDS) ยาว 1,980 คู่เบส เป็นรหัสของโปรตีนยาว 659 กรดอะมิโน เมื่อนำตำแหน่งของการเกิด SNP ที่ได้จากการนำ cluster ทั้ง 2 ไปเปรียบเทียบในฐานข้อมูล NCBI (National Center for Biotechnology Information, 2021) พบว่า SNP ของ cluster-12362.26565 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งซึ่งไม่ถูกแปลรหัสเป็นโปรตีน ส่วน SNP ที่ตำแหน่ง 1,063 ของ cluster-12362.17530 เกิดที่ตำแหน่งของลำดับเบสที่แปลรหัสเป็นโปรตีนของเอนไซม์ zeaxanthin epoxidase โดยลำดับเบสในฐานข้อมูลเป็นอัลลีล C เหมือนกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1, กข-แม่โจ้ 2 และก่ำใหญ่ ส่วนอัลลีล T พบในข้าวพันธุ์ก่ำน้อย

เมื่อนำบริเวณ SNP (C หรือ T; C/T) ตำแหน่ง 1,063 บน cluster-12362.17530 เปรียบเทียบกับลำดับเบสของจีโนมในฐานข้อมูล Gramene พบว่าอยู่ในเอกซอนที่ 11 เป็นลำดับเบสที่ 1,527 บนบริเวณรหัสของยีน ดังแสดงใน Figure 1a ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลำดับเบสจาก AA<u>C</u> เป็น AA<u>T</u> เป็นรหัสของกรดอะมิโนที่ 509 คือ แอสพาราจีน (asparagine; Asn) เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ synonymous variant จึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนกรดอะมิโน

การออกแบบไพรเมอร์สำหรับเทคนิค tetra-primer ARMS-PCR

การค้นหาตำแหน่ง SNP ในฐานข้อมูล Gramene (Gramene, 2021) เพื่อหาลำดับเบสขนาบข้าง พบว่า บริเวณดังกล่าว คือ บริเวณเอกซอน 9 ถึงเอกซอน 13 มีขนาดเท่ากับ 801 เบส ซึ่งภายในบริเวณดังกล่าวพบ SNPs 7 ตำแหน่ง และ InDel 1 ตำแหน่ง โดยบริเวณที่ต้องการจะออกแบบไพรเมอร์คือ ตำแหน่งที่ 401 (Y; C/T) ซึ่งเมื่อตรวจสอบบริเวณลำดับเบสข้างเคียงพบลำดับเบส SNP ที่ตำแหน่ง 404 ที่จะส่งผลให้ไม่สามารถออกแบบไพรเมอร์ได้ เมื่อตรวจสอบลำดับเบสตำแหน่งดังกล่าวในข้าวพันธุ์ที่ส่งไปอ่านลำดับเบส พบว่าในข้าวทั้ง 4 พันธุ์ที่ส่งไปอ่านลำดับเบสให้เบสเดียวกันคือ C จึงได้ทำการเปลี่ยน SNP ที่ตำแหน่ง 404 ดังกล่าวให้เป็นเบส C เพื่อให้สามารถออกแบบไพรเมอร์ที่บริเวณ 401 ได้

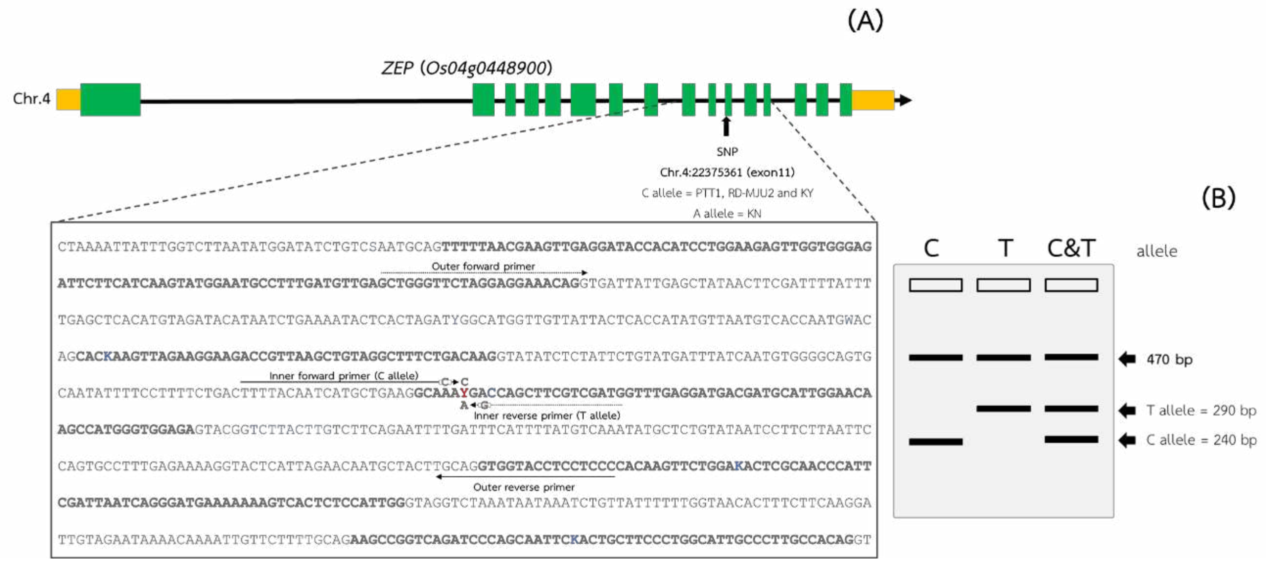


Figure 1 Primers design and validation of SNP allele. (A) The structure of *zeaxanthin epoxidase* gene on chromosome 4 of Nipponbare. Green and yellow boxes were untranslated regions and exons, respectively. The 801 bp region (nucleotides in box) was used for primer design. (B) The products of Tetra primer ARMS-PCR analyzed by gel electrophoresis showed amplicons in different size. The two allele-specific amplicons were detected

การออกแบบชุดไพรเมอร์/เครื่องหมาย ZEP-Ex11-CT-SNP ประกอบด้วยไพรเมอร์ 4 สาย คือ Outer forward (ZEP-Outer-F), Outer reverse (ZEP-Outer-R), Inner forward (ZEP-Inner-C-F) และ Inner reverse (ZEP-Inner-T-R) โดยจะมีหลักการออกแบบไพรเมอร์ Inner forward และ Inner reverse ให้เบสตำแหน่งที่ 3 ด้าน 3' เป็นเบสไม่คู่สมและต่างกลุ่มกัน เพื่อให้มีประสิทธภาพในการเลือกจับของไพรเมอร์ในแต่ละอัลลีล (Figure 1A) กำหนดให้ขนาดของชิ้นดีเอ็นเอที่ได้จำนวน 3 ขนาดต่างกัน โดยในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1, กข-แม่โจ้ 2 และก่ำใหญ่ ที่มีอัลลีล C จะได้แถบดีเอ็นเอ 2 แถบ ขนาด 470 และ 240 คู่เบส ส่วนข้าวพันธุ์ก่ำน้อยที่มีอัลลีล T จะได้แถบดีเอ็นเอ 2 แถบ ขนาด 470 และ 290 คู่เบส และถ้าหากเป็นข้าวที่เกิดจากการผสมระหว่างข้าวที่มีอัลลีลต่างกันจะมีแถบดีเอ็นเอขนาด 470, 240 และ 290 คู่เบส (Table 2 and Figure 1B)

การค้นหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับเทคนิค tetra-primer ARMS-PCR

การทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มจำนวนชิ้นดีเอ็นเอเพื่อแยกแถบอัลลีลที่ต่างกันของชุดไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อ SNP ตำแหน่ง Chr4:22,375,361 (C/T) ที่ออกแบบได้ ในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่มีอัลลีล C, ข้าวพันธุ์ก่ำน้อยที่มีอัลลีล T และข้าวลูกผสมรุ่นที่ 1 ระหว่างปทุมธานี 1 x ก่ำน้อย ซึ่งจะมีทั้งอัลลีล C และ T จากการทดสอบอัตราส่วนระหว่างไพรเมอร์ Outer : Inner เท่ากับ 1 : 0.5 และอุณหภูมิแอนนิลลิง เป็น 50 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที ปรากฏแถบของดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มจำนวนจากไพรเมอร์ Outer (ZEP-Outer-F และ ZEP-Outer-R) ขนาด 470 คู่เบส ใน

ทุกตัวอย่าง และแถบดีเอ็นเอจากไพรเมอร์จำเพาะอัลลีล C (ZEP-Inner-C-F และ ZEP-Outer-R) ขนาด 240 คู่เบส ตามที่คาดหวัง แต่พบแถบดีเอ็นเอขนาด 150 คู่เบส ในทุกตัวอย่างซึ่งไม่ใช่แถบที่คาดหวัง (Figure 2A) จึงเพิ่มอุณหภูมิแอนนิลลิงเป็น 55 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถกำจัดแถบดีเอ็นเอขนาด 150 คู่เบส แต่ยังไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอที่จำเพาะต่ออัลลีล T (Figure 2B) จึงทดสอบปรับอัตราส่วนระหว่างไพรเมอร์ Outer : Inner เท่ากับ 0.5 : 1 พบว่าแถบดีเอ็นเอจากไพรเมอร์ Outer ขนาดประมาณ 470 คู่เบส ในทุกตัวอย่าง อัลลีล C ขนาด 240 คู่เบส ในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และอัลลีล T ที่ได้จากไพรเมอร์ ZEP-Outer-F และ ZEP-Inner-T-R ขนาด 290 คู่เบส ในข้าวพันธุ์ก่ำน้อย และในข้าวลูกผสมรุ่นที่ 1 (ปทุมธานี 1 x ก่ำน้อย) พบทั้งขนาด 240 และ 290 คู่เบส (Figure 2C) ซึ่งเป็นไปตามที่ออกแบบ (Figure 1B)

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอด้วยชุดไพรเมอร์ที่ออกแบบคือ อุณหภูมิแอนนิลลิง 55 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างไพรเมอร์ Outer : Inner เท่ากับ 0.5 : 1 ซึ่งจะใช้ทดสอบกับตัวอย่างข้าวไทยที่มีสีของเยื่อหุ้มเมล็ดต่างกันในขั้นตอนต่อไป

Table 2 List of primers used in this study

Primer Names	Sequences (5' to 3')	Primer length (bp)	Tm (°C)	SNPs	Product Size (~bp)
ZEP-Outer-F	GCTGGGTTCTAGGAGGAAACAGG	23	64		470
ZEP-Outer-R	GGGAGGAGGTACCACCTGCA	20	64		
ZEP-Inner-C-F	TTTTACAATCATGCTGAAGGCACA<u>C</u>	25	64	C	240
ZEP-Inner-T-R	CATCGACGAAGCTGGGC<u>A</u>	18	64	T	290

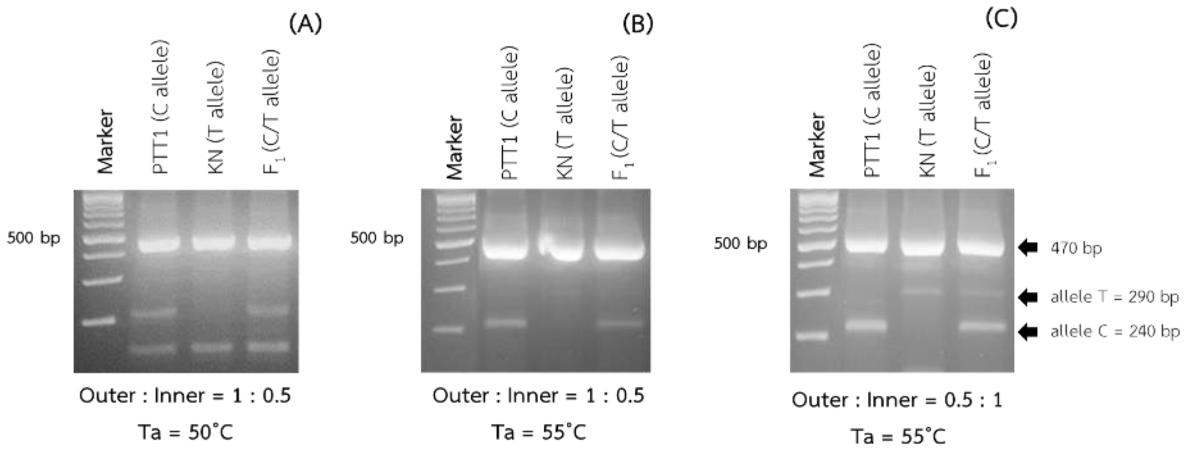


Figure 2 Optimization of Tetra primer ARMS-PCR for annealing temperature (Ta) and Outer: Inner primer ratio. (A) Outer: Inner = 1: 0.5 and Ta = 50°C (B) Outer: Inner = 1: 0.5 and Ta = 55°C and (C) Outer: Inner = 0.5: 1 and Ta = 55°C. Markers were GeneRuler 100 bp Plus DNA . Ladder (Thermo Fisher Scientific). PTT1, KN and F1 were Pathum Thani 1, Kum Noi and F_1, respectively.

การใช้อุณหภูมิแอนนิลลิงต่ำทำให้ไพรเมอร์สามารถเข้าคู่สมกับบริเวณที่ไม่ต้องการ จึงเกิดการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอที่ไม่ต้องการ (non-specific band) ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิแอนนิลลิงจึงทำให้กำจัดแถบดีเอ็นเอที่ไม่ต้องการได้ (Medrano and de Oliveira, 2014) ส่วนอัตราส่วนระหว่างไพรเมอร์ Outer : Inner นิยมใช้เป็น 1 : 0.5 เนื่องจากไพรเมอร์ Outer จะต้องใช้เป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มจำนวนแถบดีเอ็นเอทั้ง 3 แถบ (Ehnert *et al.*, 2019; Medrano and de Oliveira, 2014) แต่ในการทดสอบนี้พบว่าจะต้องใช้อัตราส่วน Outer : Inner เป็น 0.5 : 1 จึงจะสามารถเพิ่มจำนวนอัลลีล T ได้ อาจเป็นเพราะไพรเมอร์ ZEP-Inner-T-R คู่สมกับดีเอ็นเอแม่พิมพ์ได้ไม่ดีเท่ากับไพรเมอร์อีก 3 สาย ทำให้ไม่พบการเพิ่มจำนวน แต่เมื่อเพิ่มปริมาณไพรเมอร์ Inner และลดปริมาณไพรเมอร์ Outer จึงสามารถแย่งจับกับดีเอ็นเอแม่พิมพ์แล้วเกิดการเพิ่มจำนวนได้ (Alyethodi *et al.*, 2018)

การตรวจสอบ SNP ของยีน *ZEP* ในข้าวไทยที่มีสีของเยื่อหุ้มเมล็ดต่างกัน

จากผลการวิจัยนี้แตกต่างจากรายงานที่ พบว่า ปริมาณลูทีนมีความสัมพันธ์กับสีของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (Chettry and Chrungoo, 2020; Chettry *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2010; Kongkachuichai and Charoensir, 2010) และจากการศึกษาในข้าวพบข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำมีสารซีแซนทีนสูงกว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงและไม่พบในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว (Chettry *et al.*, 2019) จึงอาจจะอนุมานได้ว่าปริมาณของสารซีแซนทีนจะสัมพันธ์กับสีของเยื่อหุ้มเมล็ด ดังนั้นจึงนำข้าวไทยที่มีสีของเยื่อหุ้มเมล็ดต่างกัน ทั้งหมด 12 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว 5 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1, ขาวดอกมะลิ 105, กข6, กข-แม่โจ้ 2 และลูกแดงปัตตานี ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ 4 พันธุ์ คือ ก่ำน้อย, ก่ำใหญ่, หอมมะลิดำ และเจ้าหอมนิล ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง 3 พันธุ์ คือ หอมมะลิแดง, ทับทิมชุมแพ และสังข์หยดพัทลุง มาทดสอบด้วยเครื่องหมาย ZEP-Ex11-CT-SNP และสภาวะที่เหมาะสมที่ได้ก่อนหน้านี้ พบว่าข้าวทั้ง 12 พันธุ์ ให้แถบดีเอ็นเอขนาด 470 คู่เบส ที่เกิดจากการเพิ่มจำนวนของไพรเมอร์ Outer forward กับ Outer reverse พันธุ์ข้าวที่ให้แถบดีเอ็นเอจำเพาะต่ออัลลีล C ที่ขนาด 240 คู่เบส จำนวน 8 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1, ขาวดอกมะลิ 105, กข6, กข-แม่โจ้ 2, ก่ำใหญ่, หอมมะลิดำ, เจ้าหอมนิล และหอมมะลิแดง และพันธุ์ข้าวที่ให้แถบดีเอ็นเอจำเพาะต่ออัลลีล T ที่ขนาด 290 คู่เบส จำนวน 4 พันธุ์ คือ ลูกแดงปัตตานี, ก่ำน้อย, ทับทิมชุมแพ และสังข์หยดพัทลุง ดังแสดงใน Figure 3

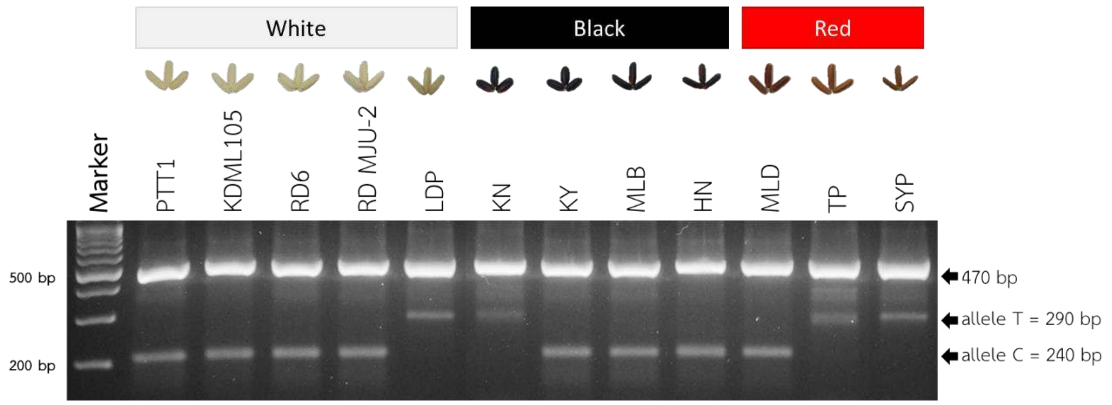


Figure 3 Agarose gel electrophoresis for ZEP tetra primer ARMS-PCR products of five white pericarp cultivars, four black pericarp cultivars and three red pericarp cultivars. Marker was GeneRuler 100 bp Plus DNA Ladder (Thermo Fisher Scientific). PTT1, KDML105, RD6, RD MJU-2, LDP, KN, KY, MLB, HN, MLD, TP and SYP were Pathum Thani 1, Khao Dawk Mali 105, RD6, RD-Maejo 2, Look Daeng Pattani, Kum Noi, Kum Yai, Black Hom Mali, Hom Nin, Red Hom Mali, Tubtim Chumphae and Sangyod Maung Phatthalung, respectively.

ผลการตรวจสอบ SNP ของยีน ZEP ด้วยเทคนิค tetra primer ARMS-PCR ที่ออกแบบจากผล Transcriptome sequencing พบว่า SNP ตำแหน่งที่ออกแบบไม่สัมพันธ์กับลักษณะสีของเยื่อหุ้มเมล็ด เนื่องจากพบทั้งอัลลีล T และ C ในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว ดำ และแดง (Figure 3) ในขณะเดียวกันไม่พบข้าวไทยพันธุ์ใดเป็นเฮเทอโรไซกัส คือ มีทั้งอัลลีล C และ T ซึ่งอาจจะเป็นเพราะ SNP ตำแหน่งนี้ไม่มีผลกระทบกับลำดับกรดอะมิโน ทำให้ลำดับกรดอะมิโนของเอนไซม์ ZEP ของข้าวไทยไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นเครื่องหมาย ZEP-Ex11-CT-SNP ที่ออกแบบนี้ไม่สัมพันธ์กับลักษณะสีของเยื่อหุ้มเมล็ด และอาจจะไม่สัมพันธ์กับปริมาณสารซีแซนทีน จึงจะต้องค้นหาบริเวณ SNPs เพิ่มเติมเพื่อนำมาพัฒนาเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่สัมพันธ์กับปริมาณสารซีแซนทีนต่อไป อย่างไรก็ตามขั้นตอนการพัฒนาเครื่องหมายนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางการออกแบบเครื่องหมายสนิปส์ของยีนอื่น ๆ ในวิถีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ เช่น ยีน *OsPSY* (phytoene synthase) *OsLYCE* (lycopene ε-cyclase) และ *OsLYCB* (lycopene β-cyclase) ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ผลการอ่านลำดับเบสที่แสดงออกทั้งหมดด้วยเทคนิค Transcriptome sequencing ของข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1, กข-แม่โจ้ 2, ก่ำน้อย และก่ำใหญ่ พบลำดับเบสของยีน *ZEP* มี SNP ตำแหน่ง 1,527 บนบริเวณรหัส พบเป็นอัลลีล C ในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1, กข-แม่โจ้ 2 และก่ำใหญ่ ส่วนอัลลีล T พบในข้าวพันธุ์ก่ำน้อย โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ synonymous variant ที่ไม่มีการเปลี่ยนกรดอะมิโนของเอนไซม์ zeaxanthin epoxidase

การออกแบบเครื่องหมาย ZEP-Ex11-CT-SNP ประกอบด้วยไพรเมอร์ 4 สาย ในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1, กข-แม่โจ้ 2 และก่ำใหญ่ ที่มีอัลลีล C จะได้แถบดีเอ็นเอ 2 แถบ ขนาด 470 และ 240 คู่เบส ส่วนข้าวพันธุ์ก่ำน้อยที่มีอัลลีล T จะได้แถบดีเอ็นเอ 2 แถบ ขนาด 470 และ 290 คู่เบส และถ้าหากเป็นข้าวที่เกิดจากการผสมระหว่างข้าวที่มีอัลลีลต่างกัน จะทำให้ลูกผสมที่ได้มีแถบขนาด 470, 240 และ 290 คู่เบส นอกจากนี้พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอสำหรับเทคนิค tetra primer ARMS-PCR คือ อุณหภูมิแอนนิลลิง 55 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างไพรเมอร์ Outer : Inner เท่ากับ 0.5 : 1

ผลของตรวจสอบชนิดของ SNP ของยีน *ZEP* ด้วยเครื่องหมาย ZEP-Ex11-CT-SNP ของข้าวไทย 12 พันธุ์ พบว่าพันธุ์ข้าวที่ให้แถบดีเอ็นเอจำเพาะอัลลีล C ที่ขนาด 240 คู่เบส จำนวน 8 พันธุ์ และพันธ์ข้าวที่ให้แถบดีเอ็นเอจำเพาะอัลลีล T ที่ขนาด 290 คู่เบส จำนวน 4 พันธุ์ พบว่า SNP ตำแหน่งที่ออกแบบไม่สัมพันธ์กับลักษณะสีของเยื่อหุ้มเมล็ด เนื่องจากทั้งอัลลีล T และ C พบทั้งในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว ดำ และแดง ดังนั้นเครื่องหมาย ZEP-Ex11-CT-SNP ที่ออกแบบนี้อาจจะไม่สัมพันธ์กับปริมาณสารซีแซนทีน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ผ่านมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2563 และขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Akhtar, S., M. Bhat, S. A. Wani, K. Bhat, S. Chalkoo, M. Mir, and S. A. Wani. 2010. Marker assisted selection in rice. **Journal of Phytology** 2 (10).

Alyethodi, R. R., U. Singh, S. Kumar, R. Alex, R. Deb, G. S. Sengar, T. Raja, and B. Prakash. 2018. T-ARMS PCR genotyping of SNP rs445709131 using thermostable strand displacement polymerase. **BMC research notes** 11 (1): 1-5.

Bai, C., T. Capell, J. Berman, V. Medina, G. Sandmann, P. Christou, and C. Zhu. 2016. Bottlenecks in carotenoid biosynthesis and accumulation in rice endosperm are influenced by the precursor–product balance. **Plant Biotechnology Journal** 14 (1): 195-205.

Chettry, U., and N. K. Chrungoo. 2020. A multifocal approach towards understanding the complexities of carotenoid biosynthesis and accumulation in rice grains. **Briefings in functional genomics** 19 (4): 324-335.

Chettry, U., N. K. Chrungoo, and K. Kulkarni. 2019. Comparative transcriptomics approach in elucidation of carotenoid biosynthesis regulation in grains of rice (*Oryza sativa* L.). **Scientific reports** 9 (1): 1-12.

Collins, A., and X. Ke. 2012. **Primer1: primer design web service for tetra-primer ARMS-PCR**. [Online]. Available http://primer1.soton.ac.uk/primer1.html (21 September 2021).

Ehnert, S., C. Linnemann, B. Braun, J. Botsch, K. Leibiger, P. Hemmann, and A. K. Nussler. 2019. One-step ARMS-PCR for the detection of SNPs—using the example of the *PADI4* gene. **Methods and protocols** 2 (3): 63.

Gramene. 2021. **Genomme Browser: *Oryza sativa* Japonica Group (IRGSP-1.0)**. [Online]. Available https://ensembl.gramene.org/Oryza_sativa/Info/Index (21 September 2021).

Johnson, A. D. 2010. An extended IUPAC nomenclature code for polymorphic nucleic acids. **Bioinformatics** 26 (10): 1386-1389.

Kim, H.-S., M. H. Hoang, Y. A. Jeon, G. Wu, and C.-H. Lee. 2017. Differential down-regulation of zeaxanthin epoxidation in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars with different chilling sensitivities. **Journal of Plant Biology** 60 (4): 413-422.

Kim, J. K., S. Y. Lee, S. M. Chu, S. H. Lim, S.-C. Suh, Y.-T. Lee, H. S. Cho, and S.-H. Ha. 2010. Variation and correlation analysis of flavonoids and carotenoids in Korean pigmented rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Journal of agricultural and food chemistry** 58 (24): 12804-12809.

Kim, S.-R., J. Ramos, M. Ashikari, P. S. Virk, E. A. Torres, E. Nissila, S. L. Hechanova, R. Mauleon, and K. K. Jena. 2016. Development and validation of allele-specific SNP/indel markers for eight yield-enhancing genes using whole-genome sequencing strategy to increase yield potential of rice, *Oryza sativa* L. **Rice** 9 (1): 1-17.

Kongkachuichai, R., and R. Charoensir. 2010. Nutritional values of land-race rice in the land reform area of Ampur Kudchum, Yasothon Province. **Journal of Nutrition Association of Thailand** 45 (2): 15-32.

Li, J., S. Wang, J. Yu, L. Wang, and S. Zhou. 2013. A modified CTAB protocol for plant DNA extraction. **Chinese Bulletin of Botany** 48 (1): 72.

Medrano, R. F. V., and C. A. de Oliveira. 2014. Guidelines for the tetra-primer ARMS–PCR technique development. **Molecular biotechnology** 56 (7): 599-608.

Mesrian Tanha, H., M. Mojtabavi Naeini, S. Rahgozar, S. M. M. Rasa, and S. Vallian. 2015. Modified tetra-primer ARMS PCR as a single-nucleotide polymorphism genotyping tool. **Genetic testing and molecular biomarkers** 19 (3): 156-161.

National Center for Biotechnology Information (NCBI). 2021. **Basic Local Alignment Search Tool**. [Online]. Available https://www.ncbi.nlm.nih.gov/ (21 September 2021).

Pongjaroenkit, S., J. Kanokwan, S. Chotipa, and S. Varaporn. 2017. Development of allele-specific SNP markers for *PPR10* gene at Rf4 locus of Fertility Restorer Gene for Identification of Maintainer and Restorer lines. **Genomics and Genetics** 10 (1&2): 38-45.

Roberts, R. L., J. Green, and B. Lewis. 2009. Lutein and zeaxanthin in eye and skin health. **Clinics in Dermatology** 27 (2): 195-201.

The Rice Annotation Project Database (RAP-BD). 2017. **Tools: Keyword Search**. [Online]. Available https://rapdb.dna.affrc.go.jp/ (21 September 2021).

Zhou, X., X. Bai, and Y. Xing. 2018. A Rice Genetic Improvement Boom by Next-generation Sequencing. **Current issues in molecular biology** 27 (1): 109-126.

การคัดเลือกเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* ที่ควบคุมการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวดำ

Selection of SSR Markers Linked to *OsB1* and *OsB2* Genes Controlling Anthocyanin Biosynthesis in Pericarp of Black Rice

ธัญพรรธน์ ทอง ทุเรียน ทาเจริญ แสงทอง พงษ์เจริญกิต วราภรณ์ แสงทอง และช่อทิพา สกูลสิงหาโรจน์*

Thanyapat Thong, Turean Thacharoen, Saengtong Pongjaroenkit, Varaporn Sangtong and Chotipa Sakulsingharoj*

สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: chotipa.cs@gmail.com

Abstract

Black rice has high anthocyanin content in pericarp. The use of SSR markers to select rice pericarp color could assist rice breeding for more accurate and rapid selection. The objective of this research was to study and select SSR markers linked to regulatory genes, *OsB1* and *OsB2,* in anthocyanin biosynthesis of rice pericarp. The result of searching the genes in the GenBank database showed that *OsB1* gene was located at position 27,948,854 to 27,956,850 base pairs, adjacent to *OsB2* gene located at position 27,916,190 to 27,916,850 base pairs on the chromosome 4 of Nipponbare rice. A total of 22 SSR markers flanking both sides the *OsB1* and *OsB2* genes were selected from Supplementary Table 18 in the Gramene database. The SSR markers were evaluated in rice varieties by PCR technique. It was found that 10 markers had polymorphic DNA band patterns which could distinguish between white and black rice pericarp. Therefore, the SSR markers will be used to examine hybrid rice from crosses between white and black pericarp rice varieties and to assist in selection of black pericarp rice at seedling stage in backcrossing to improve rice with high nutritional value.

Keywords: SSR markers, *OsB1* gene, *OsB2* gene, anthocyanin, rice pericarp

บทคัดย่อ

ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำมีปริมาณแอนโทไซยานินสูง การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอในการคัดเลือกสีเยื่อหุ้มเมล็ดจะช่วยให้การปรับปรุงพันธุ์ข้าวมีความแม่นยำและรวดเร็ว ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและคัดเลือกเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีนควบคุมการสังเคราะห์แอนโทไซยานินบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว คือ ยีน *OsB1* และ *OsB2* จากการสืบค้นตำแหน่งของยีนในฐานข้อมูล GenBank พบว่า ยีน *OsB1* อยู่ตำแหน่งที่ 27,948,854 ถึง 27,956,850 คู่เบส ติดกับยีน *OsB2* ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 27,916,190 ถึง 27,916,850 คู่เบส บนโครโมโซมที่ 4 จากนั้นคัดเลือกเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* จากฐานข้อมูล Gramene ได้ 22 เครื่องหมาย ที่ขนาบทั้ง 2 ด้าน ของยีน ตรวจสอบเครื่องหมายดีเอ็นเอในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ พบ 10 เครื่องหมาย ที่ให้แถบดีเอ็นเอแบบโพลีมอร์ฟิคซึ่งสามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและดำ โดยเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ได้จะนำไปใช้ตรวจสอบลูกผสมระหว่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและดำ และนำไปช่วยคัดเลือกข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำในระยะต้นกล้าในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยวิธีผสมกลับเพื่อให้ได้ข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง

คำสำคัญ: เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ยีน *OsB1* ยีน *OsB2* แอนโทไซยานิน เยื่อหุ้มเมล็ดข้าว

คำนำ

ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำเกิดจากการสังเคราะห์สารแอนโทไซยานินที่ถูกควบคุมด้วยยีนควบคุมสำคัญ คือ *OsB1* และ *OsB2* ที่มีรหัสสร้างโปรตีนทรานสคริปชันแฟคเตอร์ชนิด bHLH (Sakamoto *et al.,* 2001) แอนโทไซยานินเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และต้านมะเร็ง ด้วยเหตุนี้ ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำจึงมีประโยชน์และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Sivamaruthi *et al.,* 2018; Kongkachuichai and Charoensiri, 2010) ข้าวพื้นเมืองของไทยมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (Kongkachuichai and Charoensiri, 2010) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นรายงานว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำสูงกว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว (Sakulsingharoj *et al.,* 2020; Sompong *et al.,* 2011; Sutharut and Sudarat, 2012; Yang *et al.,* 2019)

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยในการคัดเลือกช่วยย่นระยะเวลา มีความถูกต้อง และแม่นยำ เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าว เนื่องจากเครื่องหมายชนิดนี้ ตรวจพบโพลีมอร์ฟิซึมค่อนข้างสูง แสดงแถบดีเอ็นเอแบบข่มร่วมกัน (co-dominant) จึงสามารถจำแนกข้าวที่เป็นเฮเทอโรไซกัสและโฮโมไซกัสออกจากกัน และทำซ้ำได้ (Peyachoknagul, 2009) ดังนั้น เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR จึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้ในการจำแนกพันธุ์ข้าวและศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม

การศึกษาความหลากหลายของข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล แดง และม่วง พบว่า เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR สามารถจำแนกพันธุ์ข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำเครื่องหมายเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลในการอนุรักษ์พันธุ์ข้าว และการปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดมีสีในประเทศเวียดนามได้ (Hue *et al.,* 2018) การศึกษาก่อนหน้านี้รายงานว่า เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR สามารถใช้ในการจำแนกข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ แดง และ

ขาว ได้ (Sari *et al.,* 2021) นอกจากนี้มีการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ช่วยในการตรวจสอบข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและดำ ในประชากร F_2 และประชากรผสมกลับ (Backcross; BC) ได้ (Kristamtini *et al.,* 2018; Maeda *et al.,* 2014)

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาและคัดเลือกเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* ที่ควบคุมการเกิดสีดำบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว เพื่อนำเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่แยกความแตกต่างระหว่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและดำ ไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยในการคัดเลือก (marker-assisted selection; MAS) ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาพันธุ์ข้าว จำนวนทั้งหมด 6 พันธุ์ แบ่งออกเป็น ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว ได้แก่ พันธุ์ Nipponbare (Nip) เป็นข้าวเจ้าชนิดจาปอนิกา ใช้เป็นชุดควบคุม พันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1) เป็นข้าวเจ้าชนิดอินดิกา และพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 (RD-MAEJO2) เป็นข้าวเหนียวชนิดอินดิกา ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ ได้แก่ พันธุ์พื้นเมืองก่ำใหญ่ (KY) และก่ำน้อย (KNO) เป็นข้าวเหนียวชนิดอินดิกา และพันธุ์มะลิดำ (MLDUM) เป็นข้าวเจ้าชนิดอินดิกา

ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวได้รับความอนุเคราะห์จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ และข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ ได้รับความอนุเคราะห์จากข้าวพื้นเมืองในเขตปฏิรูปที่ดิน สำนักงานปฏิรูปที่ดิน อำเภอกุดชุม จังหวัดยโสธร

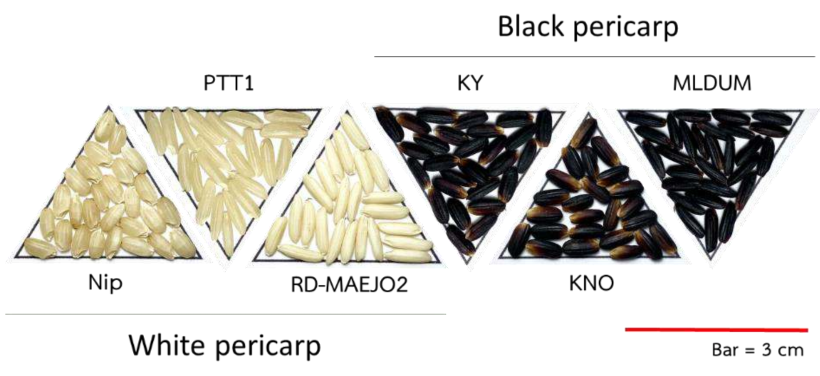


Figure 1 Pericarp color for rice in this study. White pericarp rice were Nipponbare (Nip), Pathum Thani 1 (PTT1) and RD-MAEJO2. Black pericarp rice were Kham Yai (KY), Kham Noi (KNO) and Mali Dum (MLDUM).

2. การสืบค้นตำแหน่งของยีน *OsB1* และ *OsB2*

จากการศึกษาที่มีรายงานก่อนหน้านี้ พบว่า ยีน *OsB1* และ *OsB2* ตั้งอยู่บนโครโมโซมที่ 4 ของข้าว (Sakamoto *et al.,* 2001) ทำการค้นหาตำแหน่งของยีน *OsB1* และ *OsB2* จากฐานข้อมูล GenBank (https://www.ncbi.nlm.nih.gov) ของข้าวพันธุ์ Nipponbare จากนั้นดาวน์โหลดเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ทั้งหมดในตาราง Supplementary Table 18 จากฐานข้อมูลพันธุกรรมข้าว Gramene (http://www.gramene.org/markers/microsat) แล้วทำการแทรกตำแหน่งยีน *OsB1* และ *OsB2* ในตารางดังกล่าว

3. การคัดเลือกเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2*

ทำการคัดเลือกเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ในตาราง Supplementary Table 18 ที่อยู่ขนาบทั้ง 2 ด้านของยีน *OsB1* และ *OsB2* ด้านละ 11 เครื่องหมาย โดยคัดเลือกจากตำแหน่งของเครื่องหมายที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งยีน ที่มีขนาดผลผลิตพีซีอาร์ ประมาณ 100 ถึง 300 คู่เบส เพื่อใช้ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและดำ

4. การทดสอบเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* ด้วยเทคนิคพีซีอาร์

นำใบอ่อนของข้าวอายุประมาณ 2 สัปดาห์ ได้แก่ ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวพันธุ์ Nipponbare ปทุมธานี 1 และ กข-แม่โจ้ 2 ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำพันธุ์ก่ำใหญ่ ก่ำน้อย และ มะลิดำ มาสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธี mCTAB ดัดแปลง (Hwang and Kim, 2000) และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* จำนวน 22 เครื่องหมาย ที่ทำการคัดเลือกมาจากตาราง Supplementary Table 18 ในข้อ 3. ปฏิกิริยาพีซีอาร์ 20 ไมโครลิตร ประกอบด้วย จีโนมิกดีเอ็นเอประมาณ 50 นาโนกรัม ความเข้มข้นของไพรเมอร์ 0.5 ไมโครโมลาร์ และ 1x My Taq HS Red Mix (Bioline, USA) สภาวะในการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ คือ initial denaturation อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 95 องศาเซลเซียส 3 นาที ทำปฏิกิริยาทั้งหมด จำนวน 35 รอบ ดังนี้ denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 1 นาที annealing ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 1 นาที และ extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 1 นาที และ final extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 5 นาที จากนั้นนำผลผลิตพีซีอาร์มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็กโทรฟอริซิส ความเข้มข้นเจล 4 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลาย 0.5x TBE buffer (Tris-borate-EDTA) ภายใต้กระแสไฟฟ้า 120 โวลต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ผลการวิจัย

1. การสืบค้นตำแหน่งของยีน *OsB1* และ *OsB2*

การสืบค้นตำแหน่งของยีนจากฐานข้อมูล GenBank พบว่า ยีน *OsB1* (EU095986.1) (Wang and Shu, 2007) ตั้งอยู่ตำแหน่งที่ 27,948,854 ถึง 27,956,850 คู่เบส และยีน *OsB2* (MK636610.1) (Zheng *et al.,* 2019) ตั้งอยู่ตำแหน่งที่ 27,916,190 ถึง 27,916,850 คู่เบส บนโครโมโซมที่ 4 ของข้าวพันธุ์ Nipponbare ซึ่งยีน *OsB1* และ *OsB2* มีตำแหน่งอยู่ติดกัน (linked) บนโครโมโซม จากนั้นค้นหาตำแหน่งของยีน *OsB1* และ *OsB2* ในตาราง Supplementary

Table 18 ที่ดาวน์โหลดมาจากฐานข้อมูลพันธุกรรมข้าว Gramene แล้วทำการแทรกตำแหน่งยีน *OsB1* และ *OsB2* ลงไปในตาราง (Figure 2)

Number	McCouch Locus_ID	Motif	NR	Forward Primer	Reverse Primer	Expected Marker Length	SSR start	SSR end	Distance from genes
1	RM17261	AG	23	TCGTTGGTCCAAGCTCACACG	GGCCGGCAAAGGTATCTGTCG	173	26272526	26272571	1643619
2	RM17312	AGGG	5	GAGTTGAAGCACGAAGCATTGTCG	CTCGCCATTGCCCTCACAACC	152	27476243	27476262	439928
3	RM17313	CCG	8	CGATGATCATGCCGTTCTTTGG	AACCCGCAAAGTTCACAACACG	188	27477997	27478020	438170
4	RM17314	AG	14	CAATCTGGAGGCACTGTCACG	AGTGACAAGATGAAGCCAACAGC	149	27516234	27516261	399929
5	RM17315	CCG	8	AGTCCAAAGATGGCAACACAAGC	ACCGGAAGAGGAGGTTGTAGTCC	193	27541237	27541260	374930
6	RM17317	AGAT	7	CACACCAACTTCTCGCGGTAAACG	CACAGCGAACGTGGTGTCTTCG	157	27623896	27623923	292267
7	RM17320	AT	22	CTTGGGTACGTCATCCGTGTATGG	AAATACCCGTGTGTTGCAAGTGG	315	27691640	27691683	224507
8	RM17321	AG	11	AAAGACAACCGTGAGGCTAGTGG	CGATGATGTACATGGGCACTCC	228	27697771	27697792	218398
9	RM17322	AG	20	TCTGCTAGCCTGCACACAGAAGG	GCACAGGAGACCAAAGAATCAGG	95	27782214	27782253	133937
10	RM17323	AG	10	TTGGGCTACGGACGCTCTCTCG	AGCCCGAATCTCAAAGCGTCAGC	188	27796450	27796469	119721
11	RM17324	AGC	7	TGATCACACTTATCCACGTCAAGC	GAGTGGCATTTCTCTGCTCTGC	129	27839532	27839552	76638
OsB2 Chr.4 Region 27916190..27916850 *OsB1* Chr.4 Region 27948854..27956850									
1	RM17327	AG	12	GTACAAGCAAACGCTTCCCAAGG	ACGACATGTGCCGGTAGATCAGG	194	27988340	27988363	31490
2	RM17329	AT	27	CGCTGCCATCATCTACAACAGG	CAACAAATGCTACCTCACCATGC	390	28020850	28020903	64000
3	RM17330	AT	16	GGCGGTTCTTATATTAGCCTCATGC	CCTCACAAAGATGCCACGAAGC	297	28124933	28124964	168083
4	RM17332	ATCC	7	CGGTACATCACGGTATCAAATCG	TAAATGCTGGAGCGATGCTAACC	166	28128458	28128485	171608
5	RM17335	AGG	7	GCGACAGGAAGCAGTGGAAAGC	TCTCTTCTCTGCCGCGAATCC	300	28158436	28158456	201586
6	RM17337	AAG	14	CCCTCCCGTAGACCTTGTACCC	CCACAGCTAACCAATCCTTCTCC	299	28248941	28248982	292091
7	RM17340	ACC	7	TTACCTTCTTGGAGGCCTTCTCC	GGATTCTTTGGTTGGTGTTCTTCG	97	28278310	28278330	321460
8	RM17342	CCG	7	GTCTCCTGCAGTGGCCTCAACC	AAGTCGCGCGTTAGCCTGTCG	252	28284300	28284320	327450
9	RM17344	AG	13	CCGAGAATAACTCCGGGATAAGC	ATGGTCCCGTCTCTGTCTCTCC	118	28373770	28373795	416920
10	RM17346	AGG	7	CAGCTGCAAACACAACATTCAGC	TGATCCCTCTACTCGACCTCTGC	292	28387108	28387128	430258
11	RM17347	ACAG	5	GATCGCGTCAGAGGTACTTAGCC	CCTTGTTCGTTTCCAATTCTAGGC	205	28393001	28393020	436151

Figure 2 Twenty-two SSR markers linked to *OsB1* and *OsB2* genes in Supplementary Table 18. NR was number of repeats. Expected marker length, Position of SSR marker (start and end) and Distance from genes were represent in base pair (bp).

2. การคัดเลือกเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2*

การคัดเลือกเครื่องหมายดีเอ็นเอจากฐานข้อมูลพันธุกรรมข้าว Gramene สามารถคัดเลือกเครื่องหมายที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* ได้ทั้งหมด จำนวน 22 เครื่องหมายที่อยู่ขนาบทั้ง 2 ด้านของยีน แบ่งออกเป็นด้านละ 11 เครื่องหมาย คือ RM17324 ถึง RM17261 มีระยะห่างจากตำแหน่งยีน เท่ากับ 76,638 ถึง 1,643,619 คู่เบส (76-1,643 กิโลเบส) และ RM17327 ถึง RM17347 มีระยะห่างจากตำแหน่งยีน เท่ากับ 31,490 ถึง 436,151 คู่เบส (31-436 กิโลเบส) (Figure 3)

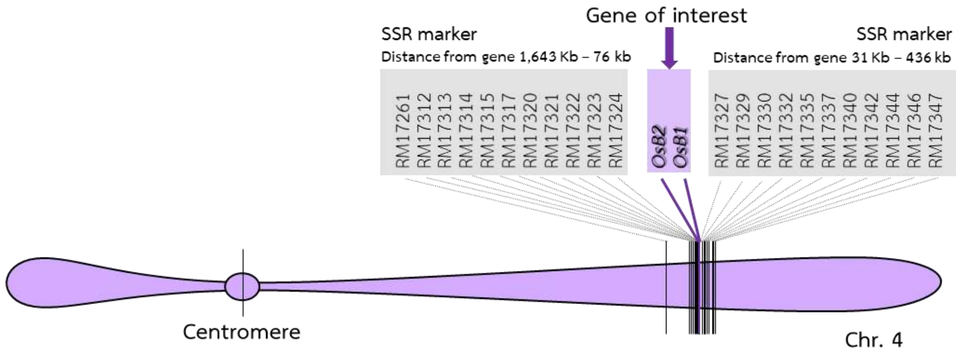


Figure 3 Map of chromosome 4 of japonica rice cv. Nipponbare showing 22 SSR markers linked to *OsB1* and *OsB2* genes. RM17261-RM17324 were SSR markers left flanked to the genes. RM17327-RM 17347 were SSR markers right flanked to the genes.

3. การทดสอบเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* ด้วยเทคนิคพีซีอาร์

การทดสอบเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* จำนวน 22 เครื่องหมาย ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว และข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ ทั้งหมดจำนวน 6 พันธุ์ พบว่า เครื่องหมายดีเอ็นเอจำนวน 12 เครื่องหมาย ให้แถบดีเอ็นเอแบบโมโนมอร์ฟิค (monomorphic band pattern) (Figure 4A) ซึ่งไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและดำได้ คือ RM17261, RM17312, RM17313, RM17320, RM17323, RM17324, RM17327, RM17335, RM17340, RM17342, RM17346 และ RM17347 และพบเครื่องหมายดีเอ็นเอ จำนวน 10 เครื่องหมาย ให้แถบดีเอ็นเอแบบโพลีมอร์ฟิค (polymorphic band pattern) ซึ่งสามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและดำได้ คือ RM17314, RM17315, RM17317, RM17321, RM17322, RM17329, RM17330, RM17332, RM17337 และ RM17344 โดยพบว่า ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวชนิดอินดิกา พันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข-แม่โจ้ 2 มีขนาดแถบดีเอ็นเอเท่ากันในทุกเครื่องหมายที่ทำการทดสอบ

นอกจากนี้ พบเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ให้แถบดีเอ็นเอแบบโพลีมอร์ฟิค แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เครื่องหมายที่แยกความแตกต่างของข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำบางพันธุ์ออกจากข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว (Figure 4B) จำนวน 5 เครื่องหมาย ได้แก่ เครื่องหมาย RM17330, RM17332 และ RM17337 ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวพันธุ์ก่ำใหญ่และมะลิดำออกจากข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว, เครื่องหมาย RM17315 ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างพันธุ์มะลิดำออกจากทุกพันธุ์ และเครื่องหมาย RM17344 ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างพันธุ์ก่ำใหญ่ออกจากข้าวทุกพันธุ์ และแบบที่ 2 เครื่องหมายที่แยกความแตกต่างของข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำทุกพันธุ์ออกจากข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว (Figure 4C) จำนวน 5 เครื่องหมาย ได้แก่ RM17314, RM17317, RM17321, RM17322 และ RM17329 (Table 1)

ในงานวิจัยนี้พบเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ให้แถบดีเอ็นเอแบบโพลีมอร์ฟิคของข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว พันธุ์ ปทุมธานี 1 และ กข-แม่โจ้ 2 ซึ่งเป็นข้าวชนิดอินดิกา กับพันธุ์ Nipponbare ซึ่งเป็นข้าวชนิดจาปอนิกา จำนวน 9 เครื่องหมาย ได้แก่ RM17261, RM17315, RM17317, RM17321, RM17322, RM17329, RM17332, RM17337 และ RM17344

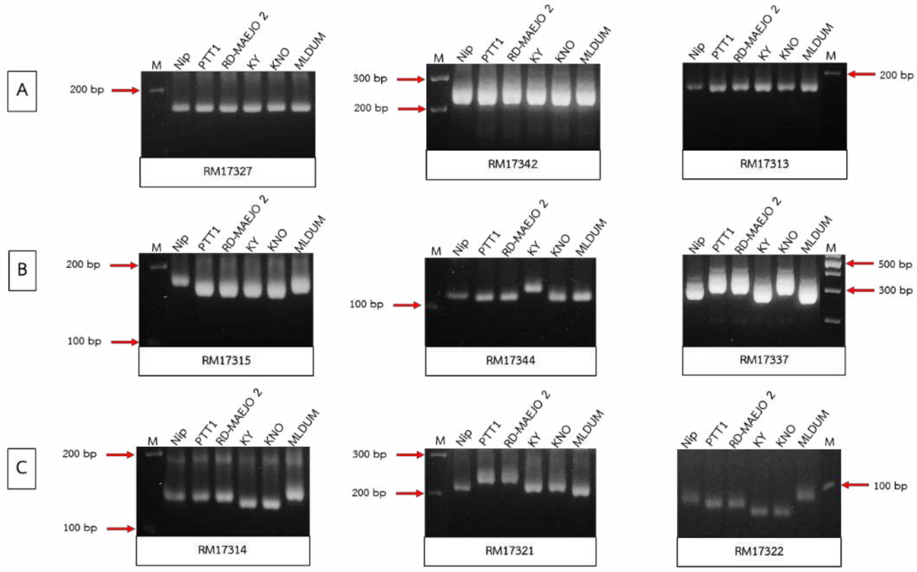


Figure 4 Evaluation of some SSR markers linked to *OsB1* and *OsB2* genes in white and black pericarp rice. (A) SSR markers generated monomorphic bands. (B) SSR markers generated polymorphic bands which distinguished some black rice from white rice. (C) SSR markers generated polymorphic bands which distinguished all black rice from white rice. Nip, PTT1, KY, KNO and MLDUM were Nipponbare, Pathum Thani 1, Kham Yai, Kham Noi and Mali Dum, respectively. M was 100 bp Plus DNA Ladder. (Nipponbare was control)

Table 1 SSR markers linked with *OsB1* and *OsB2* genes showing polymorphic band pattern of black rice.

Number	SSR marker	PCR product size* (bp)	Polymorphic band pattern of black rice		
		Nip	KY	KNO	MLDUM
1	RM17261	173	-	-	-
2	RM17312	152	-	-	-
3	RM17313	188	-	-	-
4	RM17314	149	√	√	√
5	RM17315	193	-	-	√
6	RM17317	157	√	√	√
7	RM17320	315	-	-	-
8	RM17321	228	√	√	√

Table 1 (Continued)

Number	SSR marker	PCR product size* (bp)	Polymorphic band pattern of black rice		
		Nip	KY	KNO	MLDUM
9	RM17322	95	√	√	√
10	RM17323	188	-	-	-
11	RM17324	129	-	-	-
12	RM17327	194	-	-	-
13	RM17329	390	√	√	√
14	RM17330	297	√	-	√
15	RM17332	166	√	-	√
16	RM17335	300	-	-	-
17	RM17337	299	√	-	√
18	RM17340	97	-	-	-
19	RM17342	252	-	-	-
20	RM17344	118	√	-	-
21	RM17346	292	-	-	-
22	RM17347	205	-	-	-

- was monomorphic (DNA band patterns of white and black pericarp were not different),

√ was polymorphic (DNA band patterns of white and black pericarp were different).

*PCR product size of Nipponbare (Nip) from Supplementary Table 18 (http://www.gramene.org/markers/microsat).

วิจารณ์ผลการวิจัย

งานวิจัยก่อนหน้านี้มีการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* บนโครโมโซมที่ 4 แยกความแตกต่างระหว่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและดำ พบว่า RM17305 ที่ตำแหน่ง 27.29 MB มีระยะห่างจากยีน เท่ากับ 651,804 คู่เบส (Kumar *et al.*, 2020) และเครื่องหมายดีเอ็นเอ RM252 ที่ตำแหน่ง 25.36 MB มีระยะห่างจากยีนประมาณ 2,556,190 คู่เบส (Kristamtini *et al.*, 2018) ในงานวิจัยนี้ พบเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* จำนวน 10 เครื่องหมาย ที่แยกความแตกต่างระหว่างข้าวไทยที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและดำได้ โดยเครื่องหมายดีเอ็นเอทั้งหมดอยู่ใกล้กับตำแหน่งยีน *OsB1* และ *OsB2* มากกว่าเครื่องหมาย RM17305 และ RM252 ที่มีรายงานก่อนหน้านี้ นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังพบว่าเครื่องหมายดีเอ็นเอ RM17329 สามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและดำได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maeda *et al.* (2014) ที่รายงานว่าเครื่องหมาย RM17329 (RM2441) ที่ยึดติดกับยีน *OsB2* สามารถจำแนกข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำชนิดจาปอนิกาได้

ในงานวิจัยนี้ พบเครื่องหมายดีเอ็นเอทุกเครื่องหมายที่มีขนาดแถบดีเอ็นเอเท่ากันของข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว พันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข-แม่โจ้ 2 ซึ่งเป็นข้าวชนิดอินดิกา เมื่อเปรียบเทียบกับแถบดีเอ็นเอของข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว พันธุ์ Nipponbare ชนิดจาปอนิกา พบว่า มี 9 เครื่องหมายที่ให้แถบดีเอ็นเอต่างกันระหว่างข้าว 2 ชนิดดังกล่าว ซึ่งเครื่องหมายดีเอ็นเอเหล่านี้ อาจจะสามารถใช้ในการจำแนกข้าวชนิดอินดิกากับจาปอนิกาได้ แต่อาจจะต้องทำการศึกษาต่อไปในข้าวหลายสายพันธุ์ นอกจากนี้การตรวจสอบเครื่องหมายดีเอ็นเอในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำพันธุ์พื้นเมือง จำนวน 3 พันธุ์ พบว่า เครื่องหมายในงานวิจัยนี้ให้แถบดีเอ็นเอรูปแบบต่างกันในข้าวต่างสายพันธุ์ การนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวต้องนำเครื่องหมายดีเอ็นเอไปตรวจสอบความแตกต่างระหว่างข้าวพันธุ์รับ กับพันธุ์ให้ ในแต่ละคู่ผสมเป็นกรณีไป

เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR นิยมนำมาใช้คัดเลือกลักษณะที่ต้องการได้ โดยไม่ต้องทราบลำดับเบส การศึกษาเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* สามารถใช้ตรวจสอบประชากรลูกผสม F_2 รวมถึงประชากรผสมกลับ (BC) โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยในการคัดเลือกลักษณะเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงได้ (Kristamtini *et al.,* 2018; Maeda *et al.,* 2014) ดังนั้น เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* ที่ได้จากงานวิจัยนี้ จะสามารถนำไปคัดเลือกข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ จำแนกสายพันธุ์ และนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยในการคัดเลือกได้

สรุปผลการวิจัย

การคัดเลือกเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR ที่ยึดติดกับยีน *OsB1* และ *OsB2* ทั้งหมดจำนวน 22 เครื่องหมาย มีเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ให้แถบดีเอ็นเอแบบโพลีมอร์ฟิคระหว่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและดำ จำนวน 10 เครื่องหมาย ได้แก่ 5 เครื่องหมาย คือ RM17314, RM17317, RM17321, RM17322 และ RM17329 ที่สามารถแยกข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำทุกพันธุ์ออกจากข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว และ 5 เครื่องหมาย คือ RM17315, RM17330, RM17332, RM17337 และ RM17344 ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำบางพันธุ์ออกจากข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวได้ ดังนั้น เครื่องหมายจำนวน 10 เครื่องหมาย ที่ให้แถบดีเอ็นเอแบบโพลีมอร์ฟิค สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกลูกผสมที่ได้จากคู่ผสมของพันธุ์ข้าวในงานวิจัยนี้ อีกทั้งนำเครื่องหมายดีเอ็นเอ ไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวด้วยวิธีผสมข้ามหรือวิธีผสมกลับ และคัดเลือกต้นข้าวได้อย่างแม่นยำตั้งแต่ระยะต้นกล้าโดยไม่ต้องรอให้ข้าวติดเมล็ด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ผ่านมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2563 และขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Hue, H.T., L.T. Nghia, H.T. Minh, L.H. Anh, L.T.T. Trang and T.D. Khanh. 2018. Evaluation of genetic diversity of local-colored rice landraces using SSR markers. **International Letters of Natural Sciences** 67: 24-34.1

Hwang, S.-K. and Y.-M. Kim. 2000. A simple and reliable method for preparation of cross-contamination-free plant genomic DNA for PCR-based detection of transgenes. **Journal of Biochemistry and Molecular Biology** 33(6): 537-540.

Kongkachuichai, R. and R. Charoensiri. 2010. Nutritional values of land-race rice in the land reform area of Ampur Kudchum, Yasothon Province. **Journal of Nutrition Association of Thailand** 45(2): 14-32. [in Thai]

Kristamtini, K., T. Taryono, P. Basunanda and R.H. Murti. 2018. Use of microsatellite markers to detect heterozygosity in an F_2 generation of a black rice and white rice cross. **Indonesian Journal of Biotechnology** 23(1): 28-34.

Kumar, D., P.K. Das, C. Singha and B.K. Sarmah. 2020. Mining and Characterizing the SSR Markers for Black Rice Using the Illumina Sequencing Platform. **Preprints 2020**.

Maeda, H., T. Yamaguchi, M. Omoteno, T. Takarada, K. Fujita, K. Murata, Y. Iyama, Y. Kojima, M. Morikawa, H. Ozaki, N. Mukaino, Y. Kidani and T. Ebitani. 2014. Genetic dissection of black grain rice by the development of a near isogenic line. **Breeding Science** 64(2): 134-141.

Peyachoknagul, S. 2009. **DNA markers: From Basics to Applications.** Bangkok: Kasetsart University Press. 269 p. [in Thai]

Sakamoto, W., T. Ohmori, K. Kageyama, C. Miyazaki, A. Saito, M. Murata, K. Noda and M. Maekawa. 2001. The *Purple leaf* (*Pl*) locus of rice: the Pl^{w} allele has a complex organization and includes two genes encoding basic helix-loop-helix proteins involved in anthocyanin biosynthesis. **Plant and Cell Physiology** 42(9): 982-991.

Sakulsingharoj, C., L.N. Rachasima, A. Richinda, P. Wongputtisin, R. Kawaree, S. Pongjaroenkit and V. Sangtong. 2020. Evaluation of total anthocyanins and antioxidant activity of Thai rice cultivars for phenotypic selection of rice breeding. p. 227-235. *In* **Proceedings of 2019 International Joint Conference on JSAM and SASJ, and 13th CIGR VI Technical Symposium joining FWFNWG and FSWG workshops.** 3-6 September 2019. Sapporo, Japan: Hokkaido University.

Sari, D.R.T., A. Paemanee, S. Roytrakul, J.R.K. Cairns, A. Safitri and F. Fatchiyah. 2021. Black rice cultivar from Java Island of Indonesia revealed genomic, proteomic, and anthocyanin nutritional value. **Acta Biochimica Polonica** 68(1): 55-63.

Sivamaruthi, B.S., P. Kesika and C. Chaiyasut. 2018. Anthocyanins in Thai rice varieties: distribution and pharmacological significance. **International Food Research Journal** 25(5): 2024-2032.

Sompong, R., S. Siebenhandl-Ehn, G. Linsberger-Martin, and E. Berghofer. 2011. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. **Food Chemistry** 124(1): 132-140.

Sutharut, J. and J. Sudarat. 2012. Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice. **International Food Research Journal** 19(1): 215-221.

Wang, C. and Q. Shu. 2007. Fine mapping and candidate gene analysis of purple pericarp gene *Pb* in rice (*Oryza sativa* L.). **Chinese Science Bulletin** 52(22): 3097-3104.

Yang, X., X. Xia, Z. Zhang, B. Nong, Y. Zeng, Y. Wu, F. Xiong, Y. Zhang, H. Liang, Y. Pan, G. Dai, G. Deng and D. Li. 2019. Identification of anthocyanin biosynthesis genes in rice pericarp using PCAMP. **Plant Biotechnology Journal** 17(9): 1700-1702.

Zheng, J., H. Wu, H. Zhu, C. Huang, C. Liu, Y. Chang, Z. Kong, Z. Zhou, G. Wang, Y. Lin and H. Chen. 2019. Determining factors, regulation system, and domestication of anthocyanin biosynthesis in rice leaves. **New Phytologist** 223(2): 705-721.

Session 8

ภาคบรรยาย

การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับถ่านชีวภาพเป็นวัสดุเพาะผักสลัดเรดโอ๊คลีฟสำหรับลดการใช้มีเดีย

The Combination of Earthworm Fertilizer and Biochar for Red Oak Leaf Lectuce to Reduce the Media Usage

ปิยธิดา ทิพย์ละคร* ประกิตต์ โกะสูงเนิน และละออทิพย์ ไมตรี

Piyathida Thipylakon*, Prakit Kohsungnoen and La-orthip Maitree

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้–แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

Plant Production Technology Branch Maejo University-Phrae Chaloem Phrakiat, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: piyathida.13243@hotmail.com

Abstract

The purpose of this study was to study the use of earthworm manure and biochar as the cultivation material for red oakleaf lettuce. and find ways to use seedling material to replace or reduce the use of media Plan a Completely Randomized Design (CRD) with 7 experiments, 3 repetitions, running between September - October 2020, the study found that the germination rate Experiment 2 Media + earthworm feces 1:1 ratio The highest average germination rate was 97.44%. Plant height and leaf width Experiment 5: Media + earthworm feces + Biochar, ratio 2:1:1 The highest mean was 9.62 and 3.30 cm, respectively. root length Experiment 2 Media + earthworm feces 1:1 ratio The highest mean was 6.96 cm. dry weight Gold Thing 5 Media + earthworm feces + Biochar, ratio 2:1:1 The highest mean was 0.04 g. However Live weight, germination index and growth rate found no statistical difference The mean values were 0.72 g, 22.32 and 0.03 mg/plant, respectively.

Keywords: media, earthworm feces, biochar, red oak leaf lettuce

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับถ่านชีวภาพเป็นวัสดุเพาะผักสลัดเรดโอ๊คลีฟ และหาแนวทางการใช้วัสดุเพาะกล้าทดแทนหรือลดการใช้มีเดีย วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยมี 7 สิ่งทดลอง 3 ซ้ำ ระยะเวลาดำเนินระหว่างเดือนกันยายน–เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 จากการศึกษาพบว่าอัตราการงอก สิ่งทดลองที่ 2 มีเดีย + มูลไส้เดือน อัตรา 1:1 มีอัตราการงอกเฉลี่ยสูงสุด ร้อยละ 97.44 ความสูงต้น และความกว้างใบ สิ่งทดลองที่ 5 มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ อัตรา 2:1:1 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 9.62 และ 3.30 ซม. ตามลำดับ ความยาวราก สิ่งทดลองที่ 2 มีเดีย + มูลไส้เดือน อัตรา 1:1 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 6.96 ซม. น้ำหนักแห้ง สิ่งทดทองที่ 5 มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ อัตรา 2:1:1 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.04 กรัม ทั้งนี้ น้ำหนักสด ดัชนีการงอก และอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.72, 22.32 และ 0.03 มก./ต้น ตามลำดับ

คำสำคัญ: มีเดีย มูลไส้เดือน ถ่านชีวภาพ ผักสลัดเรดโอ๊คลีฟ

คำนำ

การเพาะกล้าในปัจจุบันมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในการผลิตพืช House and Garden Publisher (2020) เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพมีอัตราการงอกสูง และความแข็งแรงของเมล็ดสูง มีราคาแพง การเพาะเมล็ดก่อนการย้ายปลูกจึงช่วยประหยัดเมล็ดพันธุ์ และช่วยลดความเสียหายของต้นกล้า และยังสามารถคัดเลือกต้นกล้าที่ดี มีความแข็งแรง ต้นกล้ามีความสม่ำเสมอ (Kasemsub, 2015)

มีเดียเป็นวัสดุเพาะที่นิยมสำหรับใช้ในการเพาะเมล็ดเนื่องจากหาได้ง่ายตามท้องตลาดประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชครบถ้วน (Jawkaikaset, 2016) เหมาะสำหรับการเพาะกล้า ใช้กับพืชได้หลายชนิด แต่มีราคาสูง ทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรเพิ่มขึ้น ขณะที่ปัจจุบันปุ๋ยมูลไส้เดือนจากไส้เดือนดินเป็นอีกวัสดุที่ช่วยเพิ่มความร่วนซุย ความอุดมสมบูรณ์ของดินแล้ว ยังนับว่าเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีส่วนประกอบของธาตุอาหารพืชสูง (ไนโตรเจน 1.50 ถึง 2.30%) (Tuncho, 2006) ในประเทศไทยมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากไส้เดือนดิน เพื่อกำจัดขยะ และใช้ประโยชน์จากปุ๋ยมูลไส้เดือน สำหรับถ่านชีวภาพ (biochar) นิยมนำมาใช้เป็นสารปรับปรุงดินสำหรับการเกษตร (Green Net, 2019) ถ่านชีวภาพได้จากการเผาแบบไพโรไลซิส (pyrolysis) ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะกับปรับปรุงดินหลายอย่าง โดยรูพรุนที่ผิวถ่านเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ถ่านชีวภาพสามารถเก็บกักน้ำและธาตุอาหารไว้ได้ มีสภาพที่เป็นด่างเล็กน้อย (Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University, 2019)

ดังนั้น จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาถึงวัสดุเพาะที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโอ๊คลีฟ โดยศึกษาและทดลองการใช้วัสดุเพาะ ได้แก่ มีเดีย มูลไส้เดือน และถ่านชีวภาพ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันออกไป เพื่อทดแทนหรือลดการใช้มีเดียสำหรับการเพาะกล้าเนื่องจากมีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งจะทำให้ได้ข้อเสนอแนะต่อเกษตรกรสำหรับการเลือกใช้วัสดุเพาะที่มีความคุ้มค่าและเหมาะต่อการเพาะกล้าผักสลัดเรดโอ๊คลีฟต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ในการทดลองเชิงปฏิบัติการ

1. ถาดเพาะเมล็ด ขนาด 104 หลุม จำนวน 21 ถาด
2. มีเดีย 1 ถุง
3. มูลไส้เดือน 1 ถุง
4. ถ่านชีวภาพ 2 ถุง
5. เมล็ดพันธุ์ผักสลัดเรดโอ๊คลีฟ
6. ตู้อบแห้ง hot air oven

อุปกรณ์ในการบันทึกข้อมูล

1. สมุดบันทึก ไม้บรรทัดและตลับเมตร
2. เครื่องชั่งดิจิตอล
3. กล้องถ่ายรูป

1. วางแผนการทดลอง กำหนดรูปแบบการทดลองด้วยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยทำ 3 ซ้ำ 7 สิ่งทดลอง ดังนี้

T1 มีเดีย 100%

T2 มีเดีย + มูลไส้เดือน 1:1

T3 มีเดีย + ถ่านชีวภาพ 1:1

T4 มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 1:1

T5 มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 2:1:1

T6 มีเดีย +มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 1:2:1

T7 มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 1:1:2

2. การทดลองเชิงปฏิบัติการ

2.1 ผสมวัสดุเพาะปลูกตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ข้างต้น เมื่อผสมเสร็จบรรจุลงในถาดเพาะเมล็ดที่เตรียมไว้ โดยทำ สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ (ถาด) หยอดเมล็ดหลุมละ 1 เมล็ดต่อหลุม นำกระดาษวางทับด้านบนเพื่อลดการชะล้างของน้ำ

2.2 รดน้ำด้วยหัวฉีดน้ำ และตรวจเช็คโรคและแมลงศัตรูพืชทุกวัน เมื่อพบโรคหรือแมลงศัตรูพืชมากจะใช้วิธีเขตกรรมกำจัดหากควบคุมไม่ได้จึงต้องใช้สารเคมี

3. วิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ว่าสิ่งทดลองใดให้ผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโอ๊คลีฟ ได้ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS โดยวิเคราะห์จากตัวชี้วัดต่อไปนี้

3.1 อัตราการงอก (ร้อยละ)

3.2 ความสูงต้น (เซนติเมตร)

3.3 ความกว้างใบ (เซนติเมตร)

3.4 ความยาวราก (เซนติเมตร)

3.5 น้ำหนักสด (กรัม)

3.6 น้ำหนักแห้ง (กรัม)

3.7 การวัดดัชนีการงอก

3.8 อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (น้ำหนักแห้ง/ต้น)

3.9 วัดระดับสีของใบ

ผลการวิจัย

โดยวิเคราะห์ตัวชี้วัดเพื่อกำหนดความเหมาะสมของวัสดุปลูกในอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการเป็นวัสดุปลูกผักสลัดเรดโอ๊คลีฟสามารถสรุปได้ดังนี้

อัตราการงอก

อัตราการงอก พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยใช้มีเดีย : มูลไส้เดือน 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยสูงที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 97.44 ซึ่งไม่แตกต่างกับมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:2:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 96.15 มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1:2 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 90.38 มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 2:1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 90.06 มีเดีย 100% แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 89.42 และมูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 88.14 (Table 1)

Table 1 Germination rate

Nursery material	Germination rate (%)
media 100%	89.42^{ab}
media : earthworm feces 1:1	97.44^{a}
media : biochar 1:1	70.83^{c}
Earthworm feces : biochar 1:1	88.14^{b}
media : earthworm feces : biochar 2:1:1	90.06^{ab}
media : earthworm feces : biochar 1:2:1	96.15^{ab}
media : earthworm feces : biochar 1:1:2	90.38^{ab}
Average	88.92^{**}
F-test = 20.73, Prob.= 0.0000	**
C.V.(%) = 3.73	

Annotation: ** mean There was a significant statistical difference at 99 percent confidence.

ความสูงต้น

ความสูงต้น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 2:1:1 แสดงค่าเฉลี่ยสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 9.62 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกับมูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.65 เซนติเมตร และมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:2:1 ที่แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.40 เซนติเมตร (Table 2)

Table 2 Early height

Nursery material	Early height (cm.)
media 100%	8.07[b]
media : earthworm feces 1:1	7.42[b]
media : biochar 1:1	7.55[b]
Earthworm feces : biochar 1:1	8.65[ab]
media : earthworm feces : biochar 2:1:1	9.62[a]
media : earthworm feces : biochar 1:2:1	8.40[ab]
media : earthworm feces : biochar 1:1:2	7.81[b]
Average	8.22
F-test = 3.80, Prob.= 0.0186	*
C.V.(%) = 8.20	

Annotation : * mean There was a significant statistical difference at 95 percent confidence.

ความกว้างใบ

ความกว้างใบ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 2:1:1 แสดงค่าเฉลี่ยสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.30 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกับมีเดีย : ถ่านชีวภาพ 1:1 ที่แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.08 เซนติเมตร มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.01 เซนติเมตร มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:2:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.98 เซนติเมตร และมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1:2 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 เซนติเมตร (Table 3)

Table 3 Leaf width

Nursery material	Leaf width (cm.)
media 100%	2.77^{bb}
media : earthworm feces 1:1	2.67^{bb}
media : biochar 1:1	3.08^{ab}
Earthworm feces : biochar 1:1	3.01^{ab}
media : earthworm feces : biochar 2:1:1	3.30^{ab}
media : earthworm feces : biochar 1:2:1	2.98^{ab}
media : earthworm feces : biochar 1:1:2	2.90^{ab}
Average	2.96^{bb}
F-test = 2.88, Prob.= 0.0481	*
C.V.(%) = 7.13	

Annotation : * mean There was a significant statistical difference at 95 percent confidence.

ความยาวราก

ความยาวราก พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้มีเดีย : มูลไส้เดือน 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ มีค่าเท่ากับ 6.96 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกับมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 2:1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.02 เซนติเมตร มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1:2 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.65 เซนติเมตร และมูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.47 เซนติเมตร (Table 4)

Table 4 Root length

Nursery material	Root length (cm.)
media 100%	5.04^{bb}
media : earthworm feces 1:1	6.96^{ab}
media : biochar 1:1	4.69^{bb}
Earthworm feces : biochar 1:1	5.47^{ab}
media : earthworm feces : biochar 2:1:1	6.02^{ab}
media : earthworm feces : biochar 1:2:1	4.79^{bb}
media : earthworm feces : biochar 1:1:2	5.65^{ab}

Table 4 (Continued)

Nursery material	Root length (cm.)
Average	5.52[bb]
F-test = 2.87, Prob.= 0.0481	*
C.V.(%) = 14.73	

Annotation :*mean There was a significant statistical difference at 95 percent confidence.

น้ำหนักสด

น้ำหนักสด พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดมีค่าเท่ากับ 0.72 กรัม ตามลำดับ (Table 5)

Table 5 Live weight

Nursery material	Live weight (g)
media 100%	0.65
media : earthworm feces 1:1	0.65
media : biochar 1:1	0.75
Earthworm feces : biochar 1:1	0.75
media : earthworm feces : biochar 2:1:1	0.83
media : earthworm feces : biochar 1:2:1	0.70
media : earthworm feces : biochar 1:1:2	0.73
Average	0.72
F-test = 1.12, Prob.= 0.3985	ns
C.V.(%) = 14.35	

Annotation : ns mean There were no statistically significant differences.

น้ำหนักแห้ง

น้ำหนักแห้ง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 2:1:1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ มีค่าเท่ากับ 0.04 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างกับมีเดีย : ถ่านชีวภาพ 1:1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 กรัม มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:2:1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 กรัม มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 กรัม และมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1:2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 กรัม (Table 6)

Table 6 Dry weight

Nursery material	Dry weight (g)
media 100%	0.03^{bcb}
media : earthworm feces 1:1	0.03^{cbb}
media : biochar 1:1	0.04^{abb}
Earthworm feces : biochar 1:1	0.03^{abb}
media : earthworm feces : biochar 2:1:1	0.04^{abb}
media : earthworm feces : biochar 1:2:1	0.04^{abb}
media : earthworm feces : biochar 1:1:2	0.03^{abc}
Average	0.03^{bbb}
F-test = 4.08, Prob.= 0.0142	*
C.V.(%) = 9.61	

Annotation: *mean There was a significant statistical difference at 95 percent confidence.

ดัชนีการงอก

ดัชนีการงอก พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของดัชนีการงอกเท่ากับ 22.32 (Table 7)

Table 7 Germination index

Nursery material	Germination index
media 100%	23.57
media : earthworm feces 1:1	23.47
media : biochar 1:1	20.60
Earthworm feces : biochar 1:1	21.63
media : earthworm feces : biochar 2:1:1	22.12
media : earthworm feces : biochar 1:2:1	23.40
media : earthworm feces : biochar 1:1:2	21.42
Average	22.32
F-test = 1.99, Prob.= 0.1346	ns
C.V.(%) = 6.29	

Annotation: ns mean There were no statistically significant differences.

อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า

อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.03 มิลลิกรัม/ต้น (Table 8)

Table 8 Growth rate

Nursery material	Growth rate (mg./ plant)
media 100%	0.03
media : earthworm feces 1:1	0.03
media : biochar 1:1	0.03
Earthworm feces : biochar 1:1	0.04
media : earthworm feces : biochar 2:1:1	0.04
media : earthworm feces : biochar 1:2:1	0.04
media : earthworm feces : biochar 1:1:2	0.03
Average	0.03
F-test = 2.83, Prob.= 0.0508	ns
C.V.(%) = 12.37	

Annotation: nsmean There were no statistically significant differences.

ระดับสีของใบ

ระดับสีใบ พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 สิ่งทดลองที่ 3 และสิ่งทดลองที่ 7 มีระดับสีของใบในกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP (146) B ดัง Figure 1 ส่วนสิ่งทดลองที่ 2 สิ่งทดลองที่ 4 สิ่งทดลองที่ 5 และสิ่งทดลองที่ 6 มีระดับสีของใบในกลุ่มGREYED-ORANGE GROUP (177) A ดัง Figure 2

Figure 1 Color scale YELLOW-GREEN GROUP (146) B

Figure 1 Color scale GREYED-ORANGE GROUP (177) A

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการใช้วัสดุเพาะกล้าในอัตราส่วนที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้มูลไส้เดือนร่วมกับถ่านชีวภาพเป็นวัสดุเพาะในการเพาะกล้าผักสลัดเรดโอ๊คลีฟ พบว่า อัตราการงอกโดยสิ่งทดลองที่ 2 มีผลต่ออัตราการงอกของต้นกล้ามีค่าเฉลี่ยร้อยละ 97.44 ความสูงต้นโดยสิ่งทดลองที่ 5 มีผลต่อความสูงต้นมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.62 เซนติเมตร. ความกว้างใบโดยสิ่งทดลองที่ 5 มีผลต่อความกว้างใบของต้นกล้ามากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 เซนติเมตร ความยาวรากโดยสิ่งทดลองที่ 2 มีผลต่อความยาวรากของต้นกล้ามากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.96 เซนติเมตร น้ำหนักแห้งโดยสิ่งทดลองที่ 5 มีผลต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้ามากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 กรัม โดยสิ่งทดลองที่กล่าวมานั้นมีถ่าน

ชีวภาพเป็นวัสดุเพาะอยู่ สอดคล้องกับงานศึกษาของ Jintarit and Lampang (2015) ซึ่งศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพ เพื่อเพิ่มคาร์บอนในดินและเพิ่มผลผลิต โดยเกษตรกรส่วนใหญ่คิดว่าถ่านชีวภาพมีประโยชน์และควรนำมาใช้ และสำหรับความคิดเห็นของนักส่งเสริมการเกษตร พบว่า ถ่านชีวภาพจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชและบำรุงดิน ส่วนน้ำหนักสด ดัชนีการงอก และอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอัตราการงอกใกล้เคียงกับงานศึกษาของ Senkawong *et al.* (2017) ซึ่งศึกษาการใช้วัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของแกลบดำผสมขุยมะพร้าวอัตรา 1:1 ให้ผลดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์ความงอกร้อยละ 83.0 ขณะที่ในน้ำหนักสดและอัตราการเจริญเติบโตของแต่ละ treatment ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญนั้นสอดคล้องกับการศึกษาของ Chittavanich (2011) ที่พบว่าต้นกล้าผักโขมพันธุ์ผักเจริญเติบโตดีที่สุดในวัสดุที่ผสมปุ๋ยไส้เดือนชนิด *Eudrilus eugeniae* อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นน้ำหนักสดต้น ดังนั้น หากนำสิ่งทดลองที่ 5 ในอัตราส่วน 2:1:1 จะทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใช้วัสดุเพาะในอัตราอื่น ๆ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุเพาะกล้าผักสลัดเรดโอ๊คลีฟสำหรับลดการใช้มีเดีย โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยสิ่งทดลองประกอบด้วยวัสดุเพาะจำนวน 7 อัตรา ได้แก่ 1) มีเดีย 100% 2) มีเดีย + มูลไส้เดือน อัตรา 1:1 3) มีเดีย + ถ่านชีวภาพ อัตรา 1:1 4) มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ อัตรา 1:1 5) มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ อัตรา 2:1:1 6) มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ อัตรา 1:2:1 และ 7) มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ อัตรา 1:1:2 วัสดุเพาะทำการทดลอง 3 ซ้ำ การในการศึกษาครั้งนี้มีระยะเวลาในการดำเนินงานตั้งแต่วันที่ 21 เดือนกันยายน พ.ศ. 2563 จนถึงวันที่ 12 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ณ สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้–แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่

อัตราการงอก

อัตราการงอก พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยมีเดีย : มูลไส้เดือน 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยสูงที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 97.44 ไม่แตกต่างกับมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:2:1 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 96.15 มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1:2 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 90.38 มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 2:1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 90.06 มีเดีย 100% แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 89.42 และมูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 88.14 ตามลำดับ และมีเดีย : ถ่านชีวภาพ 1:1 มีอัตราการงอกน้อยที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.83

ความสูงของต้น

ความสูงต้น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 2:1:1 แสดงค่าเฉลี่ยสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 9.62 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกับมูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.65 เซนติเมตร และมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:2:1 ที่แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.40 เซนติเมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Araktham and Sanusan (2014) ที่ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของ

ผักบุ้งจีนที่ปลูกโดยใช้มูลไส้เดือนดิน พบว่า มูลไส้เดือนให้ความสูงและจำนวนใบได้เทียบเท่ากับการใช้มีเดีย และมีเดีย 100% แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.07 เซนติเมตร มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1:2 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.81 เซนติเมตร มีเดีย : ถ่านชีวภาพ 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.55 เซนติเมตร และมีเดีย : มูลไส้เดือน 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.42 เซนติเมตร มีความสูงต้นน้อยที่สุด ตามลำดับ

ความกว้างของใบ

ความกว้างใบ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 2:1:1 แสดงค่าเฉลี่ยสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.30 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกับมีเดีย : ถ่านชีวภาพ 1:1 ที่แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.08 เซนติเมตร มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.01 เซนติเมตร มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:2:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.98 เซนติเมตร และมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1:2 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีเดีย 100% กับมีเดีย : มูลไส้เดือน 1:1 มีความกว้างใบน้อยที่สุดโดย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.77 และ 2.67 เซนติเมตร ตามลำดับ

ความยาวของราก

ความยาวราก พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีเดีย : มูลไส้เดือน 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ มีค่าเท่ากับ 6.96 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกับมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 2:1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.02 เซนติเมตร มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1:2 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.65 เซนติเมตร และมูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.47 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีเดีย 100% แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.04 เซนติเมตร มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:2:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 เซนติเมตร และมีเดีย : ถ่านชีวภาพ 1:1 แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 เซนติเมตร ซึ่งมีความยาวรากน้อยที่สุด ตามลำดับ

น้ำหนักสดของกล้า

น้ำหนักสด พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดมีค่าเท่ากับ 0.72 กรัม

น้ำหนักแห้งของกล้า

น้ำหนักแห้ง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 2:1:1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ มีค่าเท่ากับ 0.04 กรัม ไม่แตกต่างกับมีเดีย : ถ่านชีวภาพ 1:1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 กรัม มีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:2:1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 กรัม มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 กรัม และมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1:2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 กรัม ตามลำดับ และมีเดีย : มูลไส้เดือน : ถ่านชีวภาพ 1:1:2 มีเดีย 100% และมีเดีย : ถ่านชีวภาพ 1:1 มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03, 0.03 และ 0.03 กรัม ตามลำดับ

ดัชนีการงอก

ดัชนีการงอก พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของดัชนีการงอกเท่ากับ 22.32

อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า

อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.03 มิลลิกรัม/ต้น

ระดับสีของใบ

ระดับสีใบ พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 สิ่งทดลองที่ 3 และสิ่งทดลองที่ 7 มีระดับสีของใบในกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP (146) B ดังFigure 1 ส่วนสิ่งทดลองที่ 2 สิ่งทดลองที่ 4 สิ่งทดลองที่ 5 และสิ่งทดลองที่ 6 มีระดับสีของใบในกลุ่ม GREYED-ORANGE GROUP (177) A ดังFigure 2

ข้อเสนอแนะ

เกษตรกรสามารถใช้วัสดุเพาะจากมีเดียร่วมกับมูลไส้เดือนและถ่านชีวภาพในอัตราส่วน 2:1:1 เพื่อทดแทนการใช้มีเดียเพาะกล้าซึ่งมีราคาสูงได้ เนื่องจากได้รับผลกระทบจากศัตรูพืช เช่น หนอน ทำให้ผลการทดลองไม่มีความสม่ำเสมอของต้นกล้า ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไปควรใช้โรงเรือนที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมและป้องกันการเกิดศัตรูพืชได้ เพื่อเหมาะแก่การเพาะกล้าผักสลัดเรดโอ๊คลีฟ

ตารางเปรียบเทียบราคา (1 กิโลกรัม/ถาด)	
สิ่งทดลองที่ 1 มีเดีย 100%	26.00 บาท
สิ่งทดลองที่ 2 มีเดีย + มูลไส้เดือน 1:1	25.50 บาท
สิ่งทดลองที่ 3 มีเดีย + ถ่านชีวภาพ 1:1	20.50 บาท
สิ่งทดลองที่ 4 มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 1:1	20.00 บาท
สิ่งทดลองที่ 5 มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 2:1:1	23.00 บาท
สิ่งทดลองที่ 6 มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 1:2:1	22.75 บาท
สิ่งทดลองที่ 7 มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 1:1:2	20.25 บาท

จากการใช้วัสดุเพาะกล้าในอัตราส่วนที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับถ่านชีวภาพเป็นวัสดุเพาะในการเพาะกล้าผักสลัดเรดโอ๊คลีฟ พบว่า การใช้สิ่งทดลองที่ 4 มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 1:1 สิ่งทดลองที่ 5 มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 2:1:1 สิ่งทดลองที่ 6 มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 1:2:1 และสิ่งทดลองที่ 7 มีเดีย + มูลไส้เดือน + ถ่านชีวภาพ 1:1:2 วัสดุเพาะทั้ง 4 อัตราให้ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมีคุณสมบัติสามารถใช้เพาะกล้าผักสลัดเรดโอ๊คลีฟได้เทียบเท่ามีเดีย วัสดุปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับถ่านชีวภาพจึงสามารถใช้ทดแทนมีเดียได้ เพื่อลดต้นทุนในการผลิตของเกษตรกร เพราะให้ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากมีเดียในหลาย ๆ ด้าน โดยการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับถ่านชีวภาพเป็นอัตราที่ใช้ต้นทุนน้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ประกิตต์ โกะสูงเนิน ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษในครั้งนี้ และอาจารย์ ดร.ละออทิพย์ ไมตรี ที่ได้สละเวลาให้ความช่วยเหลือ และแนะนำแนวทางในการปฏิบัติงานและศึกษาวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

Araktham, S.and S. Sanusan. 2014. **Study on the effect of vermicompost compost compared with the use of organic fertilizers together with the fermentation of arthworm manure that affects the physical properties of the soil**. [Online]. Available http://gg.gg/mwyam (20 February 2020). [in Thai]

Chittavanich, A. 2011. **Substrate and feed types on earthworm growth and effect of earthworm manure on growth and yield of vegetable spinach, Lettuce and Chili**. Master's thesis, Thammasat University. 189 p. [in Thai]

Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University. 2019. **Biochar production and utilization guidelines**. [Online]. Available https://erp.mju.ac.th/acticleDetail.aspx?qid=1072&fbclid=IwAR2S5UU7QERuRxoK2VfziUUkINRNUy7ptkr7XaTYTuzUD2CZ7bE48QZEoQA. (15 March 2020). [in Thai]

Green Net. 2019. **Biochar**. [Online]. Available https://www.greennet.or.th/biochar-th/?fbclid=IwAR3rIgTEM3atzvKpOFHbDuo2hnXT2ephTVFWhWUXkQUBnD687lE5ImMOv3o. (15 March 2020). [in Thai]

House and Garden Publisher. 2020. **Tips for cultivating vegetable seedlings to germinate completely**. [Online]. Available https://www.baanlaesuan.com/131193/garden-farm/farming-101/seedling. (15 March 2020). [in Thai]

increase soil carbon and increase the yield of organic vegetables in acid soil areas. Bangkok: Department of Land Development Ministry of Agriculture and Cooperatives. 60 p. [in Thai]

Jawkaikaset. 2016. **What is seedling soil, media soil, peach moss soil?**. [Online]. Available http://www.jawkaikaset.com (15 March 2020). [in Thai]

Jintarit, B and R. Lampang. 2015. **Assessment of soil quality and use of biochar (Biochar) to**

Kasemsub, S. (2015). Chrysanthemum: White Kaset and Yellow Kaset. **Innovative agriculture, Collection of innovative research works on the occasion of the 72nd anniversary of Kasetsart University**: 395-396. [in Thai]

Senkawong, T., C. Wicharat, P. Ratnang and S. Watcharawetsaringkan. 2017. Study the effect of the seed material. seed rate and the age of harvest suitable for the production of germinated seedlings of wart. **Songklanakarin Plant Journal** 4(4): 50-54. [in Thai]

Tuncho, A. 2006. Organic Waste Disposal by using earthworms. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

ศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนและน้ำมูลไส้เดือนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Study on the Use of Manure Earthworm Fertilizer and Dung Water Earthworm Fertilizer on Growth and Yield of Khao Dok Mali 105 Rice Variety

ประกิตต์ โกะสูงเนิน*

Prakit Kohsungnoen*

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้–แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

Plant Production Technology, Maejo University-Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

Corresponding author: koh_prakit@hotmail.com

Abstract

Study on the use of manure Earthworm fertilizer and dung water Earthworm fertilizer on growth and yield of Khao Dok Mali 105 rice variety. The objective of this study on the use of manure Earthworm fertilizer and dung water Earthworm fertilizer on growth and yield of Khao Dok Mali 105 rice cultivar. Completely Randomized Design (CRD) trial was planned for 4 experiments, 3 repeats each. The results of the study revealed that the height characteristics and the number of seeds per spike There was no statistical difference. Statistics by giving an average of 98.81 cm and 97.58 seeds per ear. number of plants per clump It was found that there was a significant statistical difference in the second experiment. The average was as high as 17.34 plants per clump. The number of leaves per clump showed that Experiment 4 had a statistically significant difference. The highest average was 61.48 leaves per bunch. Seeds per clump found that Experiment 2 gave the highest mean of 1,375.80 seeds per clump. and the seeds are good for the clump It was found that Experiment 2 gave the highest mean of 1,157.16 kernels per bunch, paddy weight on harvesting day and after drying. Productivity It was found that Experiment 4 had a statistically significant difference. with the highest trend, with mean values of 20.86, 17.77 g/clump and 573 kg/rai, respectively.

Keywords: White Jasmine Rice 105, Earthworm feces, dung water Earthworm fertilizer, outgrowth

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนและน้ำมูลไส้เดือนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 4 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ผลการศึกษา พบว่าลักษณะความสูง และจำนวนเมล็ดต่อรวง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 98.81 ซม. และ 97.58 เมล็ดต่อรวง จำนวนต้นต่อกอ พบสิ่งทดลองที่ 2 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ให้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 17.34 ต้นต่อกอ จำนวนใบต่อกอ พบว่าสิ่งทดลองที่ 4 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ให้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 61.48 ใบต่อกอ เมล็ดต่อกอ พบว่าสิ่งทดลองที่ 2 ให้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1375.80 เมล็ดต่อกอ และเมล็ดดีต่อกอ พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 ให้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1,157.16 เมล็ดต่อกอ น้ำหนักข้าวเปลือกวันเก็บเกี่ยวและหลังอบแห้ง ผลผลิต พบว่า สิ่งทดลองที่ 4 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ มีแนวโน้มสูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.86 17.77 กรัมต่อกอ และ 573 กก./ไร่ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวขาวดอกมะลิ105 มูลไส้เดือน น้ำมูลไส้เดือน การเจริญเติบโต

คำนำ

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่มีราคาสูงและความต้องการข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมีเพิ่มขึ้นตลอดเวลาข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ และเป็นพันธุ์ข้าวที่สร้างชื่อเสียงให้ข้าวไทยเป็นที่รู้จักทั่วโลก ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าที่มีคุณภาพหลังการหุงต้มดีเด่น โดยเป็นข้าวที่มีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย มีสีขาวเหมือนดอกมะลิ เมล็ดข้าวคงรูป จึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศเป็นอย่างยิ่ง ปัจจุบันมีการส่งออกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไปยัง 120 ประเทศทั่วโลกโดยมีปริมาณการส่งออกระหว่าง 2.2-2.5 ล้านตันต่อปี นำเงินตราต่างประเทศจำนวนหลายหมื่นล้านบาทสู่เกษตรกรไทย (Phanchaisri ,2010)

นอกจากนั้นการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวทำได้ 2 แนวทาง คือ ด้านการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อทดแทนอินทรียวัตถุแก่ดินเป็นเวลานานจึงมีผลเสียต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน ทำให้ผลผลิตพืชตกต่ำ (Phureewirotkul, 1999) และด้านการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งน้ำหมักชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้เศษวัสดุที่มีลักษณะสดหมัก การใช้ปุ๋ยพืชสดช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน เพิ่มอินทรียวัตถุ เพิ่มการสะสมคาร์บอนให้กับดิน ช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยฮอร์โมนและกรดอินทรีย์หลายชนิด เมื่อนำมาใช้กับพืชจะช่วยเร่งการเจริญเติบโต ส่วนการใช้น้ำหมักจากมูลไส้เดือนดินและปุ๋ยมูลไส้เดือนจะช่วยปรับโครงสร้างดินให้มีความร่วนซุยอีกทั้งมูลไส้เดือนจะมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่เพียงพอกับความต้องการในการเจริญเติบโตของข้าวจะช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้มากกว่า 50% ตลอดฤดูการผลิต (Anukanont, 2020)

ประโยชน์ของมูลไส้เดือนช่วยทำให้รากแข็งแรง ต้นใหญ่ ทำให้ผลผลิตสูงขึ้น ซึ่งในปุ๋ยมูลไส้เดือนจะมีธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ N P K ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการ และศึกษาการนำเอาวัสดุอินทรีย์เพื่อมาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีและปรับปรุงโครงสร้างดินให้ดีขึ้น ในปัจจุบันมีการใช้เคมีในการเกษตรอย่างมากและปุ๋ยเคมีราคาแพงผู้วิจัยจึงหาวิธีการลดการใช้ปุ๋ยเคมีให้น้อยลง (G.I.B. Global Green Company Limited, 2016)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไสเดือนต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำไปแนะนำแกเกษตรกรผู้ปลูกเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องในการวางแผนปลูกและผลิตเมล็ดพันธุข้าวต่อไป (Biodiversity-Based Economy Development Office (Public Organization), 2010)

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนและน้ำมูลไส้เดือนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

1. ตลับเมตร
2. สายยางรดน้ำ
3. เครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่ง
4. ปุ๋ยมูลไส้เดือน
5. กระถาง
6. ถัง 200 ล.
7. เหยือกตวง 250 มล.
8. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
9. ถาดเพาะ
10. มีเดีย
11. พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105
12. ดิน แกลบดำ
13. อุปกรณ์การบันทึกข้อมูล - สมุดบันทึก - ดินสอ - ปากกา - กล้องถ่ายรูป- คอมพิวเตอร์พกพา

วิธีการดำเนินการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD)

โดยแบ่งเป็น 4 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ปุ๋ยมูลไส้เดือน อัตรา : 30 ก./กระถาง

สิ่งทดลองที่ 2 ปุ๋ยมูลไส้เดือน 30 ก. ร่วมกับน้ำไส้เดือนราดลงดิน 50 มล./กระถาง

สิ่งทดลองที่ 3 น้ำมูลไส้เดือนราดลงดิน 50 มล. ร่วมกับน้ำมูลไส้เดือนแบบฉีดพ่น 50 มล./กระถาง

สิ่งทดลองที่ 4 ปุ๋ยมูลไส้เดือน 30 ก. ร่วมกับน้ำมูลไส้เดือนราดลงดิน 50 มล. และน้ำมูลไส้เดือนแบบฉีดพ่น 50 มล./กระถาง

หมายเหตุ: กระถางขนาด 10 นิ้ว

วิธีการดำเนินงาน

1. นำเมล็ดข้าวมาแช่น้ำ 42 ชั่วโมง จากนั้นทำการบ่มข้าว 1 วัน เพาะเมล็ดข้าวที่บ่มไว้ให้ได้ต้นกล้าอายุ 14 วัน หลังจากนั้นทำความสะอาดสถานที่และเตรียมดินใส่กระถางก่อนปลูก 3-4 วัน ย้ายกล้าที่เพาะมาปลูกลงกระถางที่เตรียมไว้ปลูกข้าวลงกระถาง กระถางละต้น รดน้ำให้ชุ่มดูแลตามปกติ

2. ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนตามแผนการทดลอง 2 สัปดาห์ต่อ 1 ครั้ง คือ สิ่งทดลองที่ 1 ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนโดยจะใช้ถ้วยขนาด 3.5 นิ้ว ตวงปุ๋ยมูลไส้เดือน 30 ก. แล้วเทลงใส่กระถาง สิ่งทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน โดยใช้ถ้วยตวงขนาด 3.5 นิ้ว ตวงปุ๋ยมูลไส้เดือน 30 ก. และใช้เหยือกขนาด 250 มล. ตวงน้ำมูลไส้เดือน 50 มล. แล้วเทลงใส่กระถาง สิ่งทดลองที่ 3 ใช้เหยือกขนาด 250 มล. ตวงน้ำมูลไส้เดือน 50 มล. เทลงกระถาง แล้วใช้เหยือกขนาด 250 มล. ตวงน้ำมูลไส้เดือน 50 มล. ใส่กระบอกฉีดพ่น แล้วทำการฉีดพ่น และสิ่งทดลองที่ 4 ใส่แค่ปุ๋ยมูลไส้เดือน โดยจะใช้ถ้วยขนาด 3.5 นิ้ว ตวงปุ๋ยมูลไส้เดือน 30 ก. แล้วเทลงใส่กระถาง ใช้เหยือกขนาด 250 มล. ตวงน้ำมูลไส้เดือน 50 มล. เทลงกระถาง แล้วใช้เหยือกขนาด 250 มล. ตวงน้ำมูลไส้เดือน 50 มล. ใส่กระบอกฉีดพ่น แล้วทำการฉีดพ่นลงในต้นข้าว

3. ดูแลเช็คโรคแมลง หลังจากนั้นเมื่อเข้าระยะเก็บเกี่ยว ทำการเก็บเกี่ยวและบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูล

1. ความสูงต้น (ซม.)
2. ต้นต่อกอ (ต้น/กอ)
3. ใบต่อกอ (ใบ/กอ)
4. น้ำหนักข้าวเปลือกวันเก็บเกี่ยว (ก./กอ)
5. น้ำหนักข้าวเปลือกหลังอบแห้ง (ก./กอ)
6. เมล็ดต่อกอ (เมล็ด)
7. เมล็ดดีต่อกอ (เมล็ด)
8. เมล็ดต่อรวง (เมล็ด)
9. รวงต่อกอ (กอ)
10. น้ำหนักสดราก (ก.)
11. น้ำหนักแห้งราก (ก.)
12. น้ำหนักสดฟาง (ก.)
13. น้ำหนักแห้งฟาง (ก.)
14. ผลผลิต (กก./ไร่)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New multiple Rang Tests (DMRT) โดยคำนวณด้วยโปรแกรม Sirichai Statistics Version 6.07

ผลการวิจัย

ในการทดลองศึกษาเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนและน้ำมูลไส้เดือนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งเป็น 4 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ระยะเวลาในการทดลองเริ่มดำเนินการเดือนกันยายน 2562 สิ้นสุดเดือนมกราคม 2563 สถานที่ ฟาร์มพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่

Table 1 Show growth characteristics of Khao Dawk Mali 105 rice

Rate fertilize	Growth		
	early height (cm)	number of plants per clump (clump)	number of leaves per clump (blade)
T1	095.73	15.53^{a}	48.20^{bc}
T2	098.85	17.34^{a}	59.56^{ab}
T3	091.39	11.64^{b}	40.46^{cb}
T4	102.74	15.00^{a}	61.48^{ab}
Mean	096.81	14.88	52.42^{bb}
F-test	ns	*	**
C.V.%	7.07	11.52	8.41

Annotation: ns mean There were no statistically significant differences.

*mean There was a statistically significant difference at the 95% confidence level..

**mean There was a statistically significant difference at the 99% confidence level.

Table 2 Show the yield characteristics of Khao Dawk Mali 105 rice

Rate fertilize	Paddy weight		Quantity			
	Harvest day (g/clump)	After drying (g/clump)	Seed per clump (seed)	Good seed (seed)	Seed per pod (seed)	Awn clump (ears of rice)
T1	16.31^{ab}	12.57^{ab}	1,234.55^{ab}	1,023.67^{a}	099.45	12.32^{a}
T2	19.80^{ab}	16.40^{ab}	1,375.80^{ab}	1,157.16^{a}	108.37	12.64^{a}
T3	10.81^{bb}	07.96^{bb}	0 861.20^{bb}	0 728.05^{b}	090.96	09.58^{b}
T4	20.86^{ab}	17.77^{ab}	1,216.57^{ab}	1,094.17^{a}	091.75	13.00^{a}
Mean	16.95^{bb}	13.67^{bb}	1,172.03^{bb}	1,000.76	097.58	11.88
F-test	*	*	**	*	ns	**
C.V.%	18.86^{bb}	23.96^{bb}	0,011.58^{bb}	0,0 12.83^{b}	0 8.49	0 5.66^{b}

Annotation: ns mean There were no statistically significant differences.

*mean There was a statistically significant difference at the 95% confidence level..

**mean There was a statistically significant difference at the 99% confidence level.

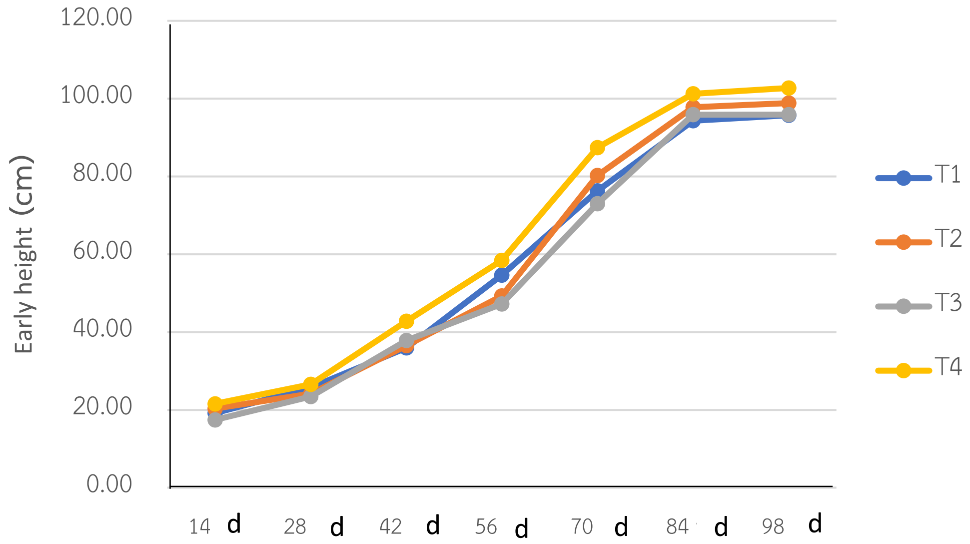
Table 3 Show the yield characteristics of Khao Dawk Mali 105 rice

Rate fertilize	Root weight		Straw weight		Product (kg/f)
	Fresh (g)	Dried (g)	Fresh (g)	Dried (g)	
T1	62.07	35.36	50.28	23.21^{ab}	405.73^{ab}
T2	62.96	36.95	53.13	28.66^{ab}	529.06^{ab}
T3	51.99	29.94	49.97	16.04^{cb}	256.98^{bb}
T4	63.51	37.62	52.53	21.44^{bc}	573.47^{ab}
Mean	60.13	34.97	51.48	22.34^{bb}	441.31^{bb}
F-test	ns	ns	ns	*	*
C.V.%	10.66	10.59	9.25	15.92^{bb}	23.95^{bb}

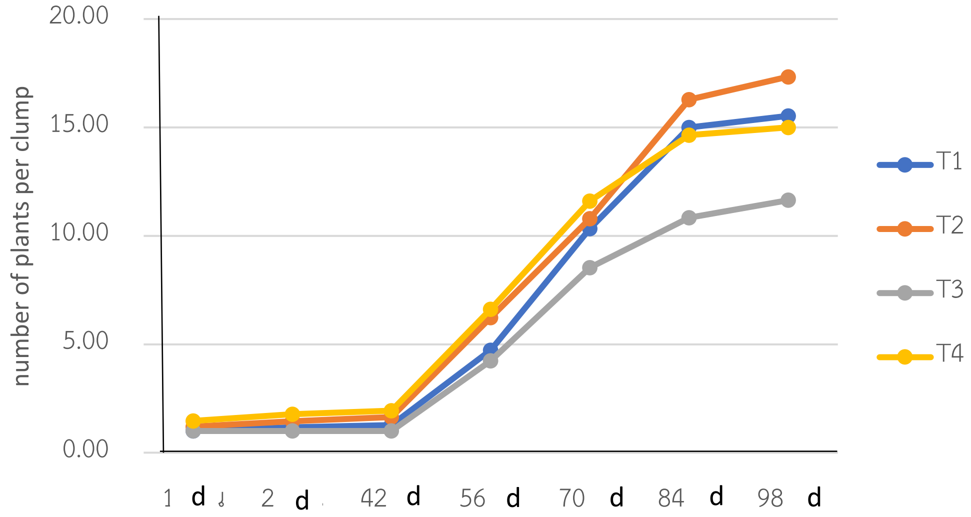
Annotation: ns mean There were no statistically significant differences.

* mean There was a statistically significant difference at the 95% confidence level..

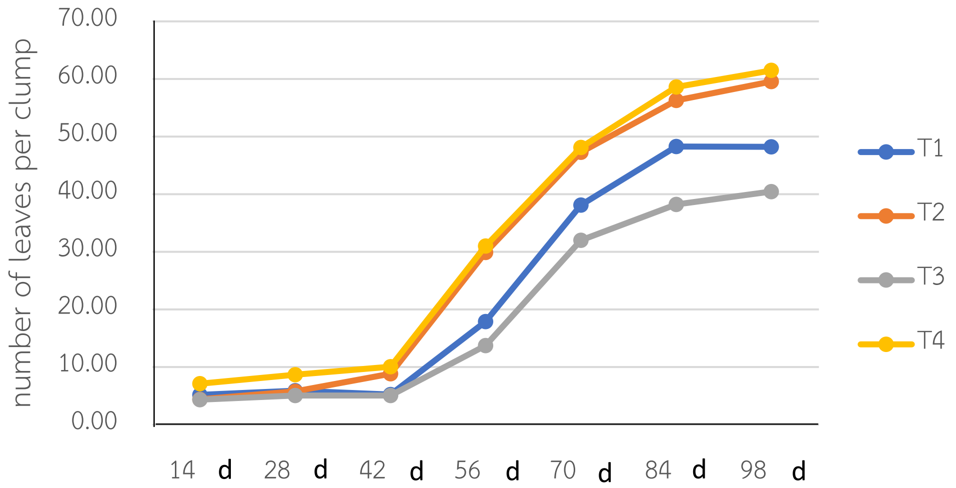
** mean There was a statistically significant difference at the 99% confidence level.



Picture 1 Show the height of the white jasmine rice 105



Picture 2 The number of stalks per bunch of Khao Dawk Mali 105 rice for each day dissimilar.



Picture 3 The number of leaves per bunch of Khao Dawk Mali 105 rice for each day dissimilar.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนและน้ำมูลไส้เดือนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ความสูงต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักรากสด น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักฟางสด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จำนวนต้นต่อกอ จำนวนใบต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง น้ำหนักข้าวเปลือกวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักข้าวเปลือกหลังอบแห้ง จำนวนเมล็ดดีต่อกอ น้ำหนักฟางแห้ง และผลผลิต มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสิ่งทดลองที่ 4 มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตและผลผลิตดีที่สุดเท่ากับ 573 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Araktham and Sanusan (2014) ที่ได้ศึกษาผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับการฉีดน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวหอมมะลิ 105 ซึ่งพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับการฉีดน้ำหมักมูลไส้เดือน มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูง 737 และ 728 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ดังนั้น การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับการฉีดน้ำหมัก มีสมบัติที่เหมาะสมเป็นแหล่งธาตุอาหารพืชและส่งเสริมการเจริญเติบโตในการให้ผลผลิตข้าวได้ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมี

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่าสิ่งทดลองที่ 4 มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตและผลผลิตดีที่สุดในการทดลองครั้งนี้ที่ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 573 กิโลกรัมต่อไร่ และสิ่งทดลองที่ 2 และสิ่งทดลองที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 529 และ 406 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Nilwong (2014)

ซึ่งใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน+น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน+ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ศึกษาคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินและการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร พบว่าปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนมีปริมาณอินทรียวัตถุ 22.9% ทำให้การเจริญเติบโตของดอกในด้านขนาด จำนวนดอก จำนวนช่อและน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้น แต่สิ่งทดลองที่ 3 ให้การเจริญเติบโตและผลผลิตน้อยที่สุด แสดงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 257 กิโลกรัมต่อไร่

ข้อเสนอแนะ

1. สิ่งทดลองที่ 3 การใช้น้ำมูลไส้เดือนราดลงดิน 50 มล./กระถาง ร่วมกับน้ำมูลไส้เดือนแบบฉีดพ่น 50 มล./กระถาง หากทำในพื้นที่ที่เป็นแปลงเปิด มีน้ำไหลผ่านอาจจะทำให้ได้ปริมาณผลผลิตที่ดีกว่าการทดลองในกระถางที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาด 10 นิ้ว และควรใช้กระถางมีรูที่ระบายน้ำออกได้
2. ควรมีการวิเคราะห์ดิน ธาตุอาหาร ก่อนและหลังการทดลองว่ามีอินทรียวัตถุมากขึ้นหรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกร ชุมชนเกษตรอินทรีย์ต้นแบบภาคเหนือตอนบน บ้านทุ่งต้อม ตำบลศรีดอนไชย อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย ที่ให้เริ่มนำปุ๋ยมูลไส้เดือนไปใช้ในการพลิกการผลิตข้าวอินทรีย์ โดยสามารถเปลี่ยนจากการผลิตข้าวแบบเคมี ปรับเปลี่ยนสู่การผลิตข้าวแบบอินทรีย์ ซึ่งการยอมรับนวัตกรรมการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนและนำไปปฏิบัติอย่างแพร่หลายในชุมชน ทำให้เกิดหัวข้อวิจัยในเรื่องนี้ ที่ต้องทำการทดลองให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำและเที่ยงตรงเพื่อนำไปขยายผลต่อไป

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ได้สนับสนุนพื้นที่ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ทำให้การวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

Anukanont, M. 2020. **Production of vermicompost in greenhouse conditions.** [Online]. Available https://today.line.me/th/v2/article/KmGN6k?fbclid=IwAR1qHhK37WMFPdwMHlps VOl3V5GL-nS1gbfS0WxOzC5i_Tc2F76bRY0LrjY (15 March 2020). [in Thai]

Araktham, S.and S. Sanusan. 2014. **Study on the effect of vermicompost compost compared with the use of organic fertilizers together with the fermentation of arthworm manure that affects the physical properties of the soil**. [Online]. Available http://gg.gg/mwyam (20 February 2020). [in Thai]

Biodiversity-Based Economy Development Office (Public Organization). 2010. Encyclopedia of Thai Local Wisdom – Thai Rice Wisdom. Bangkok: Biodiversity-Based Economy Development Office (Public Organization). 204 p.

G.I.B. Global Green Company Limited. 2016. **13 benefits of earthworm manure.** [Online]. Available https://www.gib.co.th/News_Und_and_Und_Activities/5959b66e6ea2c80001d9a4ec (15 March 2020). [in Thai]

Nilwong, W. 2014. **Study on quality of earthworm manure compost and agricultural utilization.** [Online]. Available http://gg.gg/mwy6s (15 March 2020). [in Thai]

Phanchaisri, B. 2010 Development of white jasmine rice 105 mutants by ion beam technology [Online]. Available https://stri.cmu.ac.th (15 March 2020). [in Thai]

Phureewirotkul, W. 1999. **Environmental factors and rice breeding for insect disease resistance.** Pathum Thani Rice Research Center report, Rice Research Institute, Department of Agriculture. 200 p. [in Thai]

ผลของถั่วลอดร่วมกับไรโซเบียมและวัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิตข้าวไร่

Effect of Crawling Cowpea (*Vigna unquiculata* L. Walp) with Rhizobium and Soil Amendment on Upland Rice Yield

ผานิตย์ นาขยัน[1]* จีราภรณ์ อินทสาร[2] รัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย[1] ปรมินทร์ นาระทะ[1]

วิลาสลักษณ์ ว่องไว[3] และสิปปวิชญ์ จันทร์ตุ้ย[4]

Phanit Nakayan[1]*, Jiraporn Inthasan[2], Ratchanon Somboonchai[1], Porramin Narata[1]

Wilasluk Wongwai[3] and Sippawit Punyatuy[4]

[1] สาขาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2] สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 เชียงใหม่ 50100

[4]ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง กรมการข้าว เชียงใหม่ 50250

[1]Geosocial Based Sustainable Development program, Faculty of Agricultural Production, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Soil Science program, Faculty of Agricultural Production, Chiang Mai, Thailand 50290

[3]Office of Agricultural Research and Development Region 1, Chiang Mai, Thailand 20100

[4]Sameong Rice Research Center, Chiang Mai, Thailand 50250

*Corresponding author: phanit@mju.ac.th.

Abstract

This field experiment was conducted in order to investigate the effects of soil improvement and upland rice cowpea, and intercropping on upland rice yield. The split plot experimental designs with 3 replications were used. The main plot treatments consisted of three methods of soil management at follow; 1) control without soil management, 2) application of rock phosphate at 9 kg/rai, 3) application of lime at the rate of 400 kg/rai. Three cropping systems, 1) mono cropping of Sew Mae Jun, upland rice cultivar, 2) mono cropping of crawling cowpea line no.55 with rhizobium and intercropping of Sew Mae Jun upland rice and cowpea no.55. The experimental showed that there was significant effect of methods of soil management, cropping system and interaction between soil management and cropping systems on rice seed yield. The yield of upland rice under a monocrop system was significant increased by rock phosphate and lime application. Moreover, a rice yields also enhanced by the intercropping of rice and cowpea over a mono crop of rice system (P<0.01).

Keywords: upland rice, cowpea, rhizobium, lime, rock phosphate

บทคัดย่อ

การทดสอบในระดับแปลงทดลองไร่นา เพื่อศึกษาผลของการปรับปรุงดิน และการปลูกข้าวไร่ร่วมกับถั่วลอดต่อผลผลิตของข้าวไร่ ภายใต้การปลูกบนพื้นที่สูง ใช้แผนการทดลองแบบ split plot มี 3 ซ้ำ main plot ประกอบด้วยวิธีการจัดการดิน 3 วิธี ได้แก่ 1) ตำรับควบคุม ซึ่งไม่มีการจัดการดินใดๆ 2) การใช้หินฟอสเฟตในอัตรา 9 กิโลกรัมต่อไร่ และ 3) การใช้ปูนในอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ sub-plot คือระบบการปลูกพืช 3 ระบบได้แก่ 1) ปลูกข้าวไร่เป็นพืชเดี่ยว 2) ปลูกถั่วลอดสายพันธุ์ 55 ที่มีไรโซเบียมเป็นพืชเดี่ยว และ 3) ปลูกข้าวไร่ร่วมกับถั่วลอดสายพันธุ์ 55 พบว่าวิธีการจัดการดิน ระบบการปลูกพืชมีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างกัน วิธีการจัดการดินกับระบบการปลูกพืช มีอิทธิพลต่อผลผลิตเมล็ดข้าวไร่อย่างมีนัยสำคัญ หินฟอสเฟตและปูนทำให้ผลผลิตข้าวไร่ที่ปลูกเป็นพืชเดี่ยวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัย สำคัญเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม และการใส่หินฟอสเฟต ทำให้ผลผลิตข้าวต่อไร่ที่ปลูกร่วมถั่วลอดสูงกว่าข้าวไร่ที่ปลูกเป็นพืชเดี่ยว ($P<0.01$)

คำสำคัญ: ข้าวไร่ ถั่วลอด ไรโซบียม ปูนขาว หินฟอสเฟต

บทนำ

เกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่ทางภาคเหนือของประเทศไทย มักปลูกข้าวทั้งข้าวนาดำและข้าวไร่ ข้าวไร่นั้นจะปลูกบนพื้นที่สูงและมีความสัมพันธ์กับความมั่นคงทางอาหารของชุมชนในระบบนิเวศน์ดังกล่าวเป็นอย่างมาก การผดุงผลิตภาพของระบบการปลูกข้าวไร่ให้มีผลผลิตต่อพื้นที่มากขึ้น จึงมีความจำเป็นต่อชุมชนเหล่านี้ เนื่องจากข้าวไร่เป็นพืชอาหารหลักและมีคุณค่าต่อผู้คนบนพื้นที่สูงหรือที่ดอน แต่เนื่องจากปัจจุบันผลผลิตของข้าวไร่ต่อหน่วยพื้นที่ยังอยู่ในอัตราที่ต่ำมาก (Wongwai *et al.*, 2017) ต้องซื้อข้าวจากที่อื่นเกิดความไม่มั่นคงทางอาหาร อดอยากแร้นแค้น และมีคุณภาพชีวิตที่ตกต่ำ และปัจจุบันการขยายพื้นที่เพื่อทำการเกษตรถูกจำกัดอย่างเข้มงวดจากนโยบายการจัดการทรัพยากรของประเทศ อีกทั้งการปลูกข้าวไร่ยังประสบกับปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การระบาดของวัชพืชที่รุนแรงขึ้น ส่งผลให้ข้าวไร่มีผลผลิตต่ำ (เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ 1 ถัง ปลูกแล้วได้ผลผลิตเพียง 35-200 กก.) นอกจากนี้การปลูกข้าวไร่ยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ในบริเวณพื้นที่สูง เนื่องจากมีการใช้สารเคมีปราบวัชพืช ทำให้มีความเสี่ยงในการทำลายระบบนิเวศการผลิตในระยะยาวทั้งด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม กล่าวคือ พื้นที่ป่าต้นน้ำลดลงจากการขยายหรือเปลี่ยนพื้นที่ในการเพาะปลูกข้าวไร่ ส่งผลให้ปริมาณน้ำลดลง ดินเสื่อมโทรมและมีการสะสมสารพิษ ด้านเศรษฐกิจและสังคม เกษตรกรมีข้าวไม่พอกิน ต้องซื้อข้าวกิน เนื่องจากผลผลิตไม่เพียงพอ ต้นทุนการผลิตอาจเพิ่มขึ้นจากการต้องซื้อสารเคมีปราบวัชพืช แต่ผลผลิตข้าวไร่กลับน้อยลง และอาจต้องมีค่าใช้จ่ายเพื่อการรักษาสุขภาพของตัวเกษตรกรและคนในครอบ ครัวจากการสัมผัสกับสารเคมีปราบวัชพืช ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ต้นข้าวมีความเสี่ยงที่จะกระทบแล้งได้มากขึ้น จากสาเหตุวิกฤติโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประกอบกับการปลูกในสภาพพื้นที่ที่จำกัด มีลักษณะลาดชัน มักเกิดปัญหาการชะล้างหน้าดินและธาตุอาหาร อีกทั้งโดยมากไม่มีบำรุงดินแต่อย่างใด ทำให้ดินปลูกยิ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำลงทุกปี ดินมักมีความเป็นกรดจัดถึงจัดมาก มีธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในเกณฑ์ต่ำ ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของ

ต้นข้าว หรือกลายเป็นสารประกอบฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงไว้ในดินจากค่าความเป็นกรดที่สูงถึงสูงมาก การดึงเอาแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไปใช้จึงมีประสิทธิภาพน้อย

งานวิจัยครั้งนี้จึงมีแนวคิดพัฒนาระบบการปลูกข้าวไร่เพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวดีขึ้น จึงจำเป็นต้องหาพืชที่สามารถเจริญเติบโตไปพร้อมกับต้นข้าวไร่ได้โดยไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวไร่ลดลง ทั้งนี้ Wongwai *et al.* (2016) ได้ทำการศึกษาคัดเลือกชนิดและพันธุ์ถั่วลอดที่เหมาะสมในการปลูกร่วมกับข้าวไร่ มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 พบว่าถั่วลอดเป็นพืชตระกูลถั่วชนิดเดียวที่เหมาะสมต่อการปลูกกับข้าวไร่ที่สุด และสามารถเจริญเติบโตไปพร้อมกับข้าวไร่ ผลผลิตอันเป็นซากถั่วกลับคืนสู่ดิน เป็นประโยชน์ต่อทั้งพืชที่ปลูกร่วมและทรัพยากรดิน ไม่รบกวนข้าวไร่ ถั่วลอดที่คัดเลือกมีการเจริญเติบโตเป็นแบบเลื้อยปกคลุมดิน สามารถคลุมวัชพืช และช่วยรักษาความชื้นให้แปลงข้าวไร่ที่มีถั่วลอดปกคลุม มีศักยภาพในการเพิ่มธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนจากการตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียมในปมรากถั่ว และยังมีซากใบและต้นที่สามารถเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินได้ ผลผลิตเมล็ดถั่วลอดยังเป็นอาหารและจำหน่ายได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองแบบ Split Plot Design ในเดือนพฤษภาคม 2562 - มกราคม 2563 จำนวน 3 ซ้ำ Main plot คือ การจัดการดิน 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) แปลงที่ไม่ปรับปรุงใด ๆ (control) 2) แปลงที่ใส่หินฟอสเฟต อัตรา 9 กิโลกรัมต่อไร่ 3) แปลงที่ใส่ปูนขาวอัตรา 400 กก./ไร่ Sub plot คือ รูปแบบพืชที่ปลูก ได้แก่ 1) ข้าวไร่ซิวแม่จัน จากสถานีวิจัยข้าวไร่สะเมิง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ อัตรา 8 กก./ไร่ 2) ถั่วลอดสายพันธุ์ 55 ขาว-ดำ จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร ที่ 6 จังหวัดเชียงใหม่อัตรา 80 กรัม/ไร่ และ 3) ข้าวไร่ 8 กก./ไร่ + ถั่วลอด 80 กรัม/ไร่ (ซิวแม่จัน+55)

วิเคราะห์สมบัติดินก่อนการปลูก ดินร่วนปนดินเหนียว (clay loam) คุณสมบัติทางเคมีบางประการ คือ แปลงควบคุม มีค่า pH 5.6 อินทรียวัตถุ 3.69% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 10 มก. P/กก. โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ 340 1,242 และ 141 มก./กก. ตามลำดับ ส่วน Fe Mn Cu และ Zn ซึ่งสามารถสกัดได้มี 36 107 0.73 และ 4 มก./กก. ตามลำดับ ดินในแปลงที่ใส่หินฟอสเฟต มีค่าวิเคราะห์ดินดังนี้ pH 6.22 อินทรียวัตถุ 3.41% ฟอสฟอรัสที่สามารถเป็นประโยชน์ได้ 15 มก./กก. โปแตสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ 515 มก.K/กก. แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ 1,203 และ 128 มก./กก. ตามลำดับ ส่วน Fe Mn Cu และ Zn ซึ่งสามารถสกัดได้ 34 96 0.80 และ 4 มก./กก. ตามลำดับ ดินในแปลงที่ใส่ปูนมีค่า pH 6.46 อินทรีย์วัตถุ 3.31% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 7 มก. P/กก. โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ 564 1,682 และ 152 มก./กก. ตามลำดับ Fe Mn Cu และ Zn ซึ่งสามารถสกัดได้มี 36 104 0.71 และ 4 มก./กก. ตามลำดับ

ลักษณะภูมิอากาศ อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 17.20 - 30.15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 35.69 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 13.16 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 79.10 (สูงสุดร้อยละ 90.2 และต่ำสุดร้อยละ 56.9) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี 935.9 มม. ปริมาณน้ำระเหยเฉลี่ย 1,418.4 มม. วันฝนตก 88 วันต่อปี (Northern Meteorological Center, 2019)

เตรียมพื้นที่โดยการไถพรวนหนึ่งครั้ง ใส่วัสดุปรับปรุงดินตามการออกแบบการทดลองด้านบน หมักเป็นระยะเวลา 1 เดือนก่อนปลูก แปลงย่อย (sub plot) มีขนาด 30 ตร.ม. การปลูกข้าว โดยเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ซิวแม่จัน เมล็ดพันธุ์จากสถานีวิจัยข้าวไร่สะเมิง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ปลูกโดยการหยอดหลุม 10-20 เมล็ดต่อหลุม ระยะประมาณ 20-30 ซม. x 20-30 ซม. ในแปลงย่อยขนาด 3 x 4 เมตร การปลูกถั่วลอด โดยนำเมล็ดพันธุ์ถั่วลอดคลุกด้วยเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ 55/5 ซึ่งผ่านการคัดเลือกสายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการสาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมื่อปี พ.ศ.2561 ใช้เมล็ดถั่วที่คลุกเชื้อไรโซเบียมแล้วหยอดลงหลุมปลูก 3 เมล็ดต่อหลุม ระยะปลูกประมาณ 1.2 X 2.1 เมตร เมื่อเมล็ดงอกจะถอนให้เหลือเพียง 1 ต้นต่อหลุม ดูแลรักษา ป้องกันกำจัดโรคแมลงและกำจัดวัชพืช ให้น้ำตามความจำเป็น

การเก็บบันทึกผลการทดลอง: เก็บอัตราการงอก ความสูง ผลผลิตเฉลี่ย จำนวนต้นต่อกอ จำนวนกอต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดดี น้ำหนักเมล็ดลีบ น้ำหนักเมล็ดรวมในพื้นที่ 8 ตร.ม. เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ความชื้นในระยะก่อนเก็บเกี่ยวข้าวเดือนตุลาคม 2562 ตามคู่มือปฏิบัติการปฐพีเบื้องต้น (Department of Soil Sciences, 2018) ดังนี้ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (available-P) โปแตสเซียม แมกนีเซียมและแคลเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K, Ca และ Mg) ในดินที่ระยะหลังเก็บเกี่ยวข้าว ปริมาณอินทรียวัตถุ ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักวัชพืชหลังเก็บเกี่ยวข้าว โดยการชั่งน้ำหนักแห้ง

วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงปริมาณ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Statistix

ผลการวิจัย

ผลของการจัดการดินและระบบปลูกต่อผลผลิตข้าวไร่

จากผลการทดลองพบว่า ผลผลิตข้าวไร่ซิวแม่จันมีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างวิธีการจัดการดินกับระบบการปลูกพืช แต่ไม่มีอิทธิพลต่อความสูง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนกอต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนักเมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมดต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวไร่ ในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่มีอิทธิพลต่อผลผลิตเมล็ดต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (Table 1)

Table 1 ANOVA of production of Sew Mae Chan

SoV	df	Germination rate (%)	Height (cm)	Yield (kg/rai)	No.of tiller/hill	No.ofhill/rai	Good Seed (g/panicle)	Withered seed (g/panicle)	Total seed (g/panicle)	% Good seed	% Withered seed
Substance(A)											
Rep	2										
A	2	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Error A	4										
System (B)											
B	1	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
AxB	2	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Error B	6										
Total	17										
Grand mean		95.14	135.25	339.15	15.80	20,239	42.94	2.54	45.48	94.41	5.59
C.V. A		6.88	6.24	10.30	21.34	16.29	6.83	25.75	7.67	1.14	19.30
C.V. B		5.91	6.66	8.08	16.28	11.67	9.80	26.10	10.09	1.28	21.64

ns = non significant difference

ผลของการจัดการดินต่อการเจริญเติบโตด้านต่างๆ ของข้าวไร่ พบว่าการจัดการดิน มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวไร่ซิวแม่จัน โดยการจัดการดินที่เติมหินฟอตเฟตจะให้การเจริญเติบโตและผลผลิตที่ดีกว่า การปรับปรุงดินโดยใช้ปูนขาว และแปลงที่ไม่ได้จัดการดิน คือ มีความสูง (140.69 ซม.) จำนวนต้นต่อกอ (16.95 ต้นต่อกอ) จำนวนกอต่อพื้นที่ 8 ตร.ม. (109.00) ร้อยละของเมล็ดดี (94.86) จำนวนเมล็ดลีบที่น้อยลง (ร้อยละ 5.14) จำนวนเมล็ดต่อรวง (46.51) และปริมาณน้ำหนักวัชพืชที่น้อยลง ทั้งนี้โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (Table 2)

Table 2 Effect of soil management on germination rate, height, plant per hill, hill per 8 m^2, percent of seed, percent of withered seed, no. of seed per panicle, and no. of weed

Data	Control	Rock Phosphate	Lime	sig
Germination rate (%)	96.08	94.91	94.44	ns
Height (c.m.)	136.56	140.69	128.49	ns
plant (plant/hill)	15.71	16.95	14.73	ns
No. of hill (hill/ 8 m^2)	100.00	109.00	98.00	ns

Table 2 (Contimued)

Data	Control	Rock Phosphate	Lime	sig
Good seed (%)	93.82	94.86	94.53	ns
Withered seed (%)	6.17	5.14	5.46	ns
No. of seed (seed/panicle)	45.19	46.51	44.74	ns
Dry weight of weed	4.00	3.00	4.00	ns

ns = non significant difference

ผลของระบบการปลูกต่อการเจริญเติบโตด้านต่างๆ ของข้าวไร่ ผลของระบบปลูกพืชต่อข้าวไร่ 2 ระบบ คือ ปลูกข้าวเดี่ยว และปลูกข้าวร่วมถั่วลอด ที่ระยะ 14 วันหลังการหยอดเมล็ด การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว อัตราการงอกของเมล็ดเท่ากับร้อยละ 94.24 ส่วนที่ปลูกร่วมกับถั่วลอดมีอัตราการงอกร้อยละ 96.05 ที่ระยะเก็บเกี่ยว ข้าวไร่ที่ปลูกเป็นพืชเดี่ยว ที่มีความสูง 132.82 เซนติเมตร ส่วนการปลูกข้าวไร่ร่วมถั่วลอดข้าวมีความสูง 137.67 ซ.ม. และมีจำนวนต้นต่อกอ 16.19 ต้นต่อกอ ส่วนที่ปลูกร่วมกับถั่วลอด มีจำนวนต้น 15.41 ต้นต่อกอ จำนวนกอต่อพื้นที่ 8 ตร.ม. ในระบบปลูกข้าวไร่ร่วมถั่วลอดมี 103.78 กอ ในขณะที่ปลูกข้าวเดี่ยวมีเมล็ดดีต่อรวง เมล็ดลีบต่อรวง และจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเท่ากับร้อยละ 94.25 ร้อยละ 5.75 และ 40.52 เมล็ด ตามลำดับ ส่วนข้าวไร่ที่ปลูกร่วมกับถั่วลอดมีร้อยละเมล็ดดีต่อรวง ร้อยละเมล็ดลีบต่อรวง และจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเท่ากับร้อยละ 94.56 ร้อยละ 5.44 และ 45.35 เมล็ดต่อรวง ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Effect of planting system on germination rate, height, plant per hill, hill per 8 m^2, percent of seed, percent of withered seed, and no. of seed per panicle

Datas	Rice	Rice+Cowpea	sig
Germination rate (%)	94.24	96.05	ns
Height (cm.)	132.82	137.67	ns
plant (plant/hill)	16.19	15.41	ns
No. of hill (hill/ 8 m^2)	101.00	103.78	ns
Good seed (%)	94.25	94.56	ns
Withered seed (%)	5.75	5.44	ns
No. of seed (seed/panicle)	40.52	45.35	ns

ns = non significant difference

จากตาราง 4 จะเห็นได้ว่าการปลูกพืชไร่เป็นพืชเดี่ยวในแปลงควบคุมให้ผลผลิตเมล็ด 77.30 กก.ต่อไร่ แต่เมื่อมีการปรับปรุงดินโดยการใส่หินฟอสเฟตหรือใส่ปูน มีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากแปลงควบคุมประมาณร้อยละ 52 และ 38 ตามลำดับ การใส่ปูนให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใส่หินฟอสเฟตในทางสถิติ การปลูกข้าวไร่ร่วมกับถั่วลอดและที่ใส่หินฟอสเฟตให้ผลผลิตข้าวดี (P<0.01) โดยทำให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกข้าวเป็นพืชเดี่ยวที่ไม่มีการจัดการดินถึง 477 กก.ต่อไร่ และ 463.97 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ แต่ในแปลงที่ใส่ปูน ข้าวไร่ที่ปลูกร่วมกับถั่วลอด ให้ผลผลิตต่ำสุดเพียง 198 กก.ต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ (P<0.01)

Table 4 Effect of soil management and planting system interaction on yield of Sew Mae Chan rice

Soil management	Planting system		Mean of soil management[3]
	Sew Mae Chan	Sew Mae Chan + cowpea	
	Yield (kg./rai) [1]		
Control	77.30 c (100)	463.97 a (202)	346.86 B
Rock Phosphate	347.37 b (152)	477.47 a (208)	412.42 A
Lime	316.27 b (138)	198.10 c (86)	257.18 C
Mean of planting system [2]	297.80 B	379.85 A	

[1]mean of 3 replications, mean affected by the same small letter are not significantly different at P<0.01, c.v. a 10.3, c.v. b 8.08

[2]mean of 3 replications, mean of two planting systems affected by the capital letter in the same row are not significantly different at P<0.05

[3]mean of 3 replications, Mean of three soil managements affected by the capital letter in the same column are not significantly different at P<0.01

สมบัติทางเคมีของดินบางประการหลังปลูก

วิธีการจัดการดินและระบบการปลูกพืชตลอดจนปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการจัดการดินกับระบบการปลูกพืช ไม่มีผลต่อ pH ปริมาณของอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โปแตสเซียมแคลเซียม และแมกนีเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการเพาะปลูกในทางสถิติ (Table 5)

Table 5 Some soil properties of soil before and after difference of soil management[1]

Soil properties	Soil management[2]					
	Before	After	Before	After	Before	After
	Control		Rock phosphate		Lime	
pH	5.60	5.76	6.22	5.08	6.46	5.86
Organic matters (%)	3.69	3.35	3.41	3.42	3.31	3.41
Available P (mg. P/kg.)	10.10	6.96	15.00	6.62	7.00	8.68
Exchangeable K (mg. P/kg.)	340	315	513	256	564	349
Exchangeable Ca (mg. Ca/kg.)	1,242	1,008	1,203	811	1,682	1,082
Exchangeable Mg (mg. Mg/kg.)	141	192	128	143	152	198

[1] Mean of 3 replications and two systems of planting

[2] Mean in each low is not significant difference

แม้วิธีการจัดการดิน ระบบการปลูกพืช และปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการจัดการดินกับระบบการปลูกพืช ไม่มีผลต่อสมบัติของดินหลังการปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญ แต่ดินในแปลงที่มีการใส่หินฟอสเฟตและที่มีการใส่ปูน มีค่า pH ต่ำลง นอกจากนี้ยังมีความเข้มข้นของปริมาณ K Ca และ Mg ที่แลกเปลี่ยนได้ ต่ำลงด้วยเมื่อเทียบกับช่วงก่อนการปลูกพืช สำหรับดินในแปลงที่มีการใส่หินฟอสเฟต ยังมีความเข้มข้นของ available P ต่ำลงอีกด้วย

วิจารณ์ผลการวิจัย

งานทดลองนี้ ในแปลงควบคุมมีดินเป็นกรดปานกลาง (pH 5.6) มีอินทรียวัตถุในระดับสูง (3.69%) มีความเข้มข้นของโปแตสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในระดับสูงมาก (340 มก. K/กก.) ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (10 มก./กก.) และแมกนีเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในระดับต่ำ (129.8 มก./กก.) ข้าวไร่พันธุ์ซิวแม่จันให้ผลผลิต 229.8 กก./ไร่ ซึ่งต่ำกว่าผลผลิตมาตรฐาน (260 กก./ไร่) ของพันธุ์ (Knowledge of Sustainable Development, 2020.) แต่เมื่อปรับปรุงดินโดยการใส่หินฟอสเฟตอัตรา 9 กก./ไร่ ซึ่งทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินเพิ่มขึ้นเป็น 15 มก. P/กก. และข้าวไร่ให้ผลผลิตสูงขึ้นเป็น 347 กก./ไร่ ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าในแปลงควบคุม ฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยที่จำกัดต่อการให้ผลผลิตของข้าวไร่ เมื่อมีการใส่หินฟอสเฟตลงในดินที่เป็นกรดปานกลาง ผลการทดลองพบว่า ทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มเป็น 15 มก. P/ก.ก. แสดงว่าฟอสเฟตในหินฟอตเฟต ซึ่งเป็นฟอสเฟตในรูปไม่ละลาย เปลี่ยนรูปเป็นฟอสเฟตที่ละลายได้ ดังนั้นข้าวไร่จึงมีการตอบสนองต่อวิธีการปรับปรุงดินวิธีนี้ การใส่ปูนมีผลทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินลดลงอยู่ในระดับ 7 มก. P/กก. ส่วน pH ของดินเพิ่มขึ้นเป็น 6.46 และข้าวไร่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 316 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าข้าวไร่ในแปลงควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากผลผลิตข้าวไร่ในแปลงที่ใส่หินฟอสเฟต จึงคาดว่าในแปลงที่ใส่ปูน แคลเซียมที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปูน อาจทำปฏิกิริยากับหิน

ฟอสเฟตไอออนที่อยู่ในรูปสารละลายในดิน และเปลี่ยนรูปเป็นฟอสเฟตที่ไม่ละลาย เป็นผลทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง (Tisdale and Nelson, 1975) ดังนั้นฟอสฟอรัสน่าจะยังเป็นปัจจัยที่จำกัดศักยภาพในการให้ผลผลิตข้าวไร่อยู่ แต่การที่ผลผลิตข้าวไร่ในแปลงที่ใส่ปูน สูงกว่าข้าวไร่ในแปลงควบคุม อาจเป็นผลมาจาก pH ของดินที่เพิ่มขึ้นจาก 5.6 เป็น 6.4 ที่ระดับ pH ดังกล่าวจะเอื้ออำนวยให้จุลินทรีย์ในดินทำงานได้ดีขึ้น เพราะโดยทั่วไปแล้ว ในสภาวะที่ pH ดินค่อนข้างเป็นกลาง มีความชื้นเพียงพอ และมีอุณหภูมิที่เหมาะสม กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินจะเป็นไปด้วยดี (Brandy and Well, 2002; Paul and Clark, 1996) มีผลทำให้ผลผลิตสูงขึ้นได้ในระดับใกล้เคียงกับข้าวไร่ในแปลงที่มีการใส่หินฟอสเฟต แต่เมื่อคำนึงถึงต้นทุนการผลิตต่อไร่ การใช้หินฟอสเฟตย่อมต่ำกว่าการใส่ปูนในอัตรา 400 กก./ไร่ ดังนั้นการใช้หินฟอสเฟตอัตรา 9 กก./ไร่ สำหรับการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเดี่ยว ย่อมดีกว่าการใช้ปูนในแง่ของความได้เปรียบทางเศรษฐศาสตร์

นอกจากนี้ การปลูกข้าวไร่ร่วมกับถั่วลอดในแปลงควบคุม ให้ผลผลิตข้าวไร่สูงถึง 463.8 ก.ก./ไร่ ซึ่งเป็นผลผลิตที่สูงกว่าผลผลิตมาตรฐานของข้าวพันธุ์ซิวแม่จัน (260 กก./ไร่) และสูงกว่าผลผลิตข้าวไร่ที่ปลูกร่วมถั่วลอดในแปลงเกษตรกรรายหนึ่งในอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่ง Wongwai *et al*. (2014) รายงานว่า ข้าวซิวแม่จันที่ปลูกในพื้นที่ทดสอบดังกล่าว เมื่อปลูกเป็นพืชเดี่ยว ให้ผลผลิต 292 กก./ไร่ แต่เมื่อปลูกร่วมกับถั่วลอด ที่ปลูกในอัตราใช้ถั่วลอด 80 ก./ไร่ ให้ผลผลิตข้าวไร่ 340 กก./ไร่ ส่วนถั่วลอดให้ผลผลิตเมล็ด 35 กก./ไร่ และให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินทั้งหมด 568 กก./ไร่ การที่ข้าวไร่ที่ปลูกร่วมกับถั่วลอดในการทดลองนี้ให้ผลผลิตสูง เป็นเพราะการปลูกข้าวไร่ร่วมกับถั่วลอด สามารถลดปริมาณวัชพืชได้อย่างชัดเจน โดยในการทดลองพบว่า น้ำหนักแห้งของวัชพืชที่ขึ้นในแปลงควบคุมที่มีการปลูกข้าวไร่ร่วมกับถั่วลอด มีประมาณ 1/3 ของที่พบในแปลงข้าวไร่ที่ปลูกเป็นพืชเดี่ยว

อย่างไรก็ดี ถึงแม้ในการทดลองนี้พบว่าการใช้ถั่วลอดปลูกร่วมกับข้าวไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวไร่ได้อย่างมีนัยสำคัญทั้งในสภาพดินที่ไม่มีการจัดการใดๆ หรือมีการใส่หินฟอสเฟต แต่ผลการทดลองเพียง 1 ปีและการบันทึกข้อมูลยังไม่มีความสมบูรณ์เท่าที่ควร อาจเกิดความเชื่อมั่นน้อยว่าการจัดการดังกล่าวมีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่จะต้องมีการทดลองซ้ำอีกหนึ่งหรือสองครั้งต่อไปในอนาคต

นอกจากนี้พบว่าการปลูกข้าวไร่ร่วมถั่วลอด ทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวไร่ต่อไร่สูงกว่าการปลูกข้าวอย่างเดียว สอดคล้องกับ Masvaya *et al*. (2017) ที่ศึกษาการปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่ว Cowpea ใน Matobo, Matabeleland, Zimbabwe และพบว่าผลผลิตและผลิตผลรวมในแปลงปลูกร่วมมีมากกว่าการปลูกข้าวโพดเป็นพืชเดี่ยว ดังนั้นการปลูกพืชร่วม (intercroppping) จึงเป็นตัวเลือกที่ดีเมื่อมีการปลูกพืชข้ามฤดู และยืนยันว่าเป็นวิธีการที่ดีสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่ขาดแคลนปัจจัยทางการผลิต และเมื่อพิจารณาในบริบทของประโยชน์สุทธิ(net banefit) การปลูกข้าวไร่ร่วมข้าวโพด หรือปลูกร่วมถั่ว Cowpea หรือปลูกร่วมกับถั่วมะแฮะ ให้ผลตอบแทนดีกว่าการปลูกข้าวอย่างเดียว หรือปลูกข้าวไร่ร่วมกับพืชชนิดอื่น(Jabbar *et al.,* 2010) Masvaya *et al.* (2017) ยังให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมว่าการปลูกพืชจำพวกธัญพืช หรือข้าวไร่ (Li *et al*., 2009) ร่วมกับพืชตระกูลถั่วสามารถเพิ่มผลผลิตของพืชและเสริมความอุดมสมบูรณ์ให้ดินได้

แม้ในการทดลองนี้ การปลูกถั่วลอดสายพันธุ์ 55 ร่วมกับข้าวไร่พันธุ์ซิวแม่จัน สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวไร่ให้สูงขึ้นได้ และการปลูกพืชทั้งสองชนิดร่วมกัน ดีกว่าการปลูกเดี่ยว แต่เนื่องจากถั่วลอดมีหลายสายพันธุ์ และแต่ละสายพันธุ์ มี

ความแตกต่างในด้านความสามารถในการเจริญเติบโตและการให้ชีวมวล (Wongwai *et al.*, 2014) ดังนั้นการเลือกสายพันธุ์ถั่วลอดให้เหมาะสมกับชนิดของพืชที่จะใช้ปลูกร่วมกัน เป็นเรื่องที่ผู้ปลูกต้องตระหนัก เพื่อไม่ให้ถั่วที่ปลูกร่วม บดบังแสงและข่มต้นธัญพืช ดังรายงานของ Jabbar *et al*. (2010) ที่ปลูกข้าวไร่ร่วมกับพืชต่างๆ ได้แก่ ข้าวโพด (maize) โสน (sesbania) ถั่วเขียว (mung bean) ถั่วนิ้วนางแดง (rice bean) ถั่ว cowpea และ ถั่วมะแฮะ (pigeon pea) พบว่าผลผลิตแห้งของข้าวไร่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อปลูกร่วม (intercroped) กับพืชตระกูลถั่วอาหารสัตว์ (forage legumes) และข้าวโพดอาหารสัตว์ โดยเฉพาะการปลูกข้าวไร่ร่วมกับโสน เนื่องจากการบดบังแสงแดดจากโสนที่ข่มและแย่งต้นข้าว และยังมีอัตราการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าข้าว นอกจากนี้ ระยะปลูกและช่วงเวลาที่ปลูกก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง เพราะหากใช้ระยะปลูกหรือช่วงเวลาปลูกที่ไม่เหมาะสม พืชที่ปลูกร่วมกับถั่ว ก็อาจจะแก่งแย่งแสง และทำให้ถั่วให้ผลผลิตน้อยลง ดังรายงานของ Ewansiha *et al*. (2015) ซึ่งพบว่าการปลูกข้าวโพดร่วมถั่วพุ่มในทางตอนเหนือของ Guinea savannah Nigeria ผลผลิตของถั่วพุ่มทั้งที่เป็นอาหารสัตว์และเมล็ดถั่วลดลงร้อยละ 37-70 ในทุกระยะที่ปลูกร่วมข้าวโพด เนื่องจากเกิดการแก่งแย่งแสงแดดระหว่างข้าวโพดและถั่ว แต่หากปลูกถั่วพุ่มในช่วง extra early maize มูลค่ารวมของพืชที่ปลูกในแปลงข้าวโพดร่วมถั่วพุ่ม จะสูงกว่าแปลงที่ปลูกถั่วพุ่มอย่างเดียว สำหรับการปลูกข้าวไร่ร่วมกับถั่วพุ่ม Oroka and Omoregie (2007) กล่าวว่าการปลูกข้าวไร่และถั่วพุ่มในระยะชิดมากเกินไป ทำให้จำนวนรวงต่อต้นและจำนวนเมล็ดข้าวต่อรวงลดลง การปลูกข้าวไร่ร่วมถั่วพุ่มในอัตราส่วนหรือชนิดพันธุ์ทั้งถั่วและข้าวไม่เหมาะสมนั้น ถั่วพุ่มจะกลายเป็นพืชที่ข่มข้าวไร่

สรุปผลการวิจัย

วิธีการจัดการดิน ระบบปลูกพืช และปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างวิธีการจัดการดินกับระบบการปลูกพืช ไม่มีอิทธิพลต่อความสูง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนกอต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนักเมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมดต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบในทางสถิติ แต่มีอิทธิพลต่อผลผลิตเมล็ดต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญ การปลูกข้าวไร่ซิวแม่จันร่วมถั่วลอดสายพันธุ์ 55 จะให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวดีที่สุด โดยไม่ต้องปรับปรุงดิน แต่หากมีการปรับปรุงดินด้วยหินฟอสเฟตผลผลิตก็จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการเพิ่มศักยภาพระบบการผลิตข้าวไร่โดยใช้ถั่วลอดร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ปีงบประมาณ 2561-2562 และขอขอบคุณ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางดะที่สนับสนุนสถานที่สำหรับกิจกรรมการวิจัยในสภาพไร่นา

เอกสารอ้างอิง

Brandy, N.C. and R.R. Well. 2002. **The nature and properties of soils.** 13th. New York: Prentice Hall. 935 p.

Department of Soil Sciences. 2018. **Laboratory manual for fundamental of soil science.** Chiang Mai: Maejo University. 199 p.

Ewansiha, S.U., A.Y. Kamara, U.F. Chiezey and J.E. Onyibe. 2015. Performance of cowpea grown as an intercrop with maize of different populations. **Afr. Crop Sci. J.** 23(2): 113-122.

Jabbar, A., R. Ahmad, I.H. Bhatti, W.U. Din, M. Nadeem and M.M. Khan. 2010. Evaluating the performance of direct seeded rice in difference intercropping systems under strip plantation. **Int. J. Agric. Biol**. 12: 501-508.

Knowledge of Sustainable Development. 2020. Upland Rice. [Online]. Available https://hkm.hrdi.or.th/knowledge/detail/273 (13 May 2020). [in Thai]

Li Y., W. Ran, R. Zhang, S. Sun, and G. Xu. 2009. Facilitated legume nodulation, phosphorus uptake and nitrogen transfer by arbuscular inoculation in an upland rice and mung bean intercropping system. **Plant Soil.** 315: 285-296.

Masvaya E.N., J. Nyamangara, K. Descheemaeker, and K.E. Giller. 2017. Is maize-cowpea intercropping a viable option for smallholder farms in the risky environments of semi-arid southern Africa?. **Field Crops Res**. 209: 73-87.

Northern Meteorological Center. 2019. **Meteorological Data Report Document, Samoeng, Chiang Mai for 2019**. Meteorological Department. (Report). [in Thai]

Oroka F.O., and A.U. Omoregie. 2007. Compettition in a rice–cowpea intercrop as affected by nitrogen fertilizer and plant population. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.). 64(6): 621-629.

Paul, E.J. and F.E. Clark. 1996. **Soil Microbiology and Biochemistry**. Academic Press, San Diago. 370 p.

Tisdale, S.L. and W.C. Nelson. 1975. **Soil fertility and fertilizers.** New York: Macmillan Publishing Co. In.C. pp. 189-242.

Wongwai, W., C. Choengaksorn, S. Hassarangsee, P. Leelapiromkul, N. Chaimongkol and P. Khunpiluk. 2014. Development on Crawling Cowpea Production in Upland and Highland Cropping System. **Khon Kaen J.** 42(2): 298-303. [in Thai].

Wongwai, W., P. Leelapiromkul, C. Choenggaksorn, S. Hassarangsri, S. Yotharat, K. Punchaisri, P. Meekul, P. Chitta, and P. Nakayan. 2016. **Population Improvement and Selection of Crawling Cowpea cultivars (a Final Report).** 20 p. Office of Agricultural Research and Development Region: Department of Agriculture. [in Thai]

Wongwai, W., P. Leelapiromkul, C. Choenggaksorn, S. Hassarangsri, S. Yotharat, K. Punchaisri, P. Meekul, P. Chitta, and P. Nakayan. 2017. Varieties Seletion of Crawling Cowpea for Growing with Upland Rice in Highland Cropping System. P. 181-190 *In* **Proceeding of the 6th national conference of Leguminosae.** Nakhon Si Thammarat: Rajamangala University of Technology Srivijay. [in Thai]

ผลของระดับไนโตรเจนต่อความต้านทานต่อเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* ในข้าวพันธุ์อ่อนแอและพันธุ์ต้านทานโรคขอบใบแห้ง

Effects of Nitrogen Levels on the Resistance to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in Bacterial Blight Susceptible and Resistant Rice Cultivars

วชิรญาณ์ คำหุ่น[1,2] สิริกร เพ็งอ่ำ[1] และเทพสุดา รุ่งรัตน์[1,2*]

Wachiraya Kamhun[1,2], Sirikron Pheng-am[1], and Tepsuda Rungrat[1,2*]

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand 65000

[2]Center of Excellence in Research for Agricultural biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand 65000

*Corresponding author: tepsudar@nu.ac.th

Abstract

RD47 and Phitsanulok 2 (PSL2) is a popular rice cultivar for cultivation in the lower northern region of Thailand. These cultivars are high-yielding rice, but still susceptible to bacterial blight (BB) disease caused by bacteria *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*), results in huge losses in grain yield, high nitrogen fertilizer levels increased disease severity. The aims of this study were to investigate the relationship of nitrogen fertilizers levels with sucrose content in rice leaves affecting the severity of bacterial blight disease in rice cultivar RD47, PSL2, IRBB21, near isogenic line RD47-*Xa21* (BC_4F_4), and near isogenic line PSL2-*Xa21* (BC_5F_3) in a greenhouse condition. The results showed that the five rice cultivars responded statistically significant difference to nitrogen fertilizers. IRBB21 showed resistance to the BB disease, while RD47 and PSL2 had the highest Lesion Length (LL) at 36 kg/rai of nitrogen fertilizer levels. Near isogenic line RD47-*Xa21* (BC_4F_4) and PSL2-*Xa21* (BC_5F_3) showed the highest resistance to the BB disease as at 12 kg/rai nitrogen fertilizer levels. The lesion length increased with the increasing nitrogen fertilizer concentrations. This is correlated with higher sucrose content in rice leaves can induce more severe to BB disease. Therefore, to promote BB disease resistance in rice plant, the recommendation rate of nitrogen fertilizer is at 12 kg/rai. This will result in the lower rate of BB disease.

Keywords: bacterial blight, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, nitrogen levels, sucrose

บทคัดย่อ

ข้าวพันธุ์ กข47 (RD47) และพิษณุโลก 2 (PSL2) นิยมเพาะปลูกในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย เป็นพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงแต่อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง เกิดจากเชื้อสาเหตุ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) ส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลงเป็นจำนวนมาก ซึ่งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณที่สูงเกินไปจะทำให้การเกิดโรครุนแรงมากขึ้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปุ๋ยไนโตรเจนกับระดับน้ำตาลในใบข้าวที่ส่งผลต่อระดับความรุนแรงของโรคขอบใบแห้งในข้าวพันธุ์ RD47 PSL2 IRBB21 ข้าวสายพันธุ์เสมือน RD47-*Xa21* รุ่น BC_4F_4 และข้าวสายพันธุ์เสมือน PSL2-*Xa21* รุ่น BC_5F_3 ในสภาพโรงเรือน ผลการทดลองพบว่าข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ข้าวพันธุ์ IRBB21 มีลักษณะต้านทาน ในขณะที่ข้าวพันธุ์ RD47 และพันธุ์ PSL2 มีความยาวบาดแผลมากที่สุดที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 36 กก./ไร่ และข้าวสายพันธุ์เสมือน RD47-*Xa21* และ PSL2-*Xa21* มีลักษณะต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งสูงสุดที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 12 กก./ไร่ นอกจากนี้ยังพบว่า ความยาวบาดแผลจะเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งเสริมให้อาการของโรครุนแรงมากขึ้น ดังนั้นเพื่อส่งเสริมให้ข้าวมีความต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งจึงแนะนำให้ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 12 กก./ไร่ เนื่องจากมีการเข้าทำลายของโรคขอบใบแห้งระดับต่ำ

คำสำคัญ: โรคขอบใบแห้ง แบคทีเรียแซนโทโมนัสออไรซี ระดับไนโตรเจน ซูโครส

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญทั้งการบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปในตลาดโลก จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปี ค.ศ.2018/2019 ในภาคเหนือมีเนื้อที่เพาะปลูก 13.81 ล้านไร่ ผลผลิต 7.84 ล้านตันข้าวเปลือก ให้ผลผลิตเฉลี่ย 577 กิโลกรัมต่อไร่ (Office of Agricultural Economics, 2019) ซึ่งถือว่าให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ เนื่องจากศักยภาพของพันธุ์ การบุกรุกเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูข้าว โรคหนึ่งที่มีการระบาดมากในเขตภาคเหนือตอนล่าง ทำให้ผลผลิตลดลง คือ โรคขอบใบแห้ง ซึ่งเกิดจากเชื้อสาเหตุ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) ระบาดรุนแรงในสภาพพื้นที่นาชลประทานทั่วโลก (Mew, 1987) การเข้าทำลายของเชื้อ *Xoo* จะส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลง 20-50 % (Ou, 1972) หากระบาดรุนแรงส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลง 80% (Perumalsamy *et al*., 2010) ซึ่งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณที่สูงเกินไปจะทำให้การเกิดโรครุนแรงขึ้น (Reddy *et al*., 1979) มีการเจริญของใบมากกว่าปกติ ใบฉ่ำน้ำ และอ่อนแอต่อโรคบางชนิด ในปี ค.ศ. 2016 พบว่าการเกิดของโรคขอบใบแห้งค่อนข้างมากเมื่อใช้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น (Sharma *et al*., 2016) หากใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่ต่ำ (4 กก./ไร่) จะมีผลต่อระดับความรุนแรงของโรคต่ำที่สุด แต่ได้ผลผลิตที่ต่ำ (Chaudhary *et al*., 2009)

ข้าวพันธุ์ กข47 (RD47) เป็นข้าวเจ้าอินดิกาไม่ไวต่อช่วงแสง เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่นาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 112 วัน ผลผลิตสูง มีเสถียรภาพดี ประมาณ 793 กิโลกรัมต่อไร่ ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดีกว่า กข41 ค่อนข้างต้านโรคไหม้ดีกว่าพิษณุโลก 2 แต่อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง (Rice Research &

Development Division, 2020) ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 (PSL2) เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ได้รับความนิยมในการเพาะปลูกในเขตภาคเหนือตอนล่าง อายุเก็บเกี่ยว 119-121 วัน ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว และเพลี้ยจักจั่นสีเขียว ไม่ต้านทานโรคไหม้ และโรคใบหงิก ไม่ต้านทานแมลงบั่วและอ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง (Rice Research & Development Division, 2020) พันธุ์ข้าวสายพันธุ์เสมือน (near isogenic line) NIL-RD47-*Xa21* รุ่น BC_4F_4 ที่ได้รับการพัฒนาโดยวิธีผสมกลับ โดยใช้ IRBB21 ที่มียีนต้านทาน *Xa21* เป็นพันธุ์ให้ และข้าวพันธุ์ กข47 (RD47) เป็นพันธุ์รับ พันธุ์ข้าวสายพันธุ์เสมือน NIL-PSL2-*Xa21* รุ่น BC_5F_3 ที่ได้รับการพัฒนาโดยวิธีผสมกลับ โดยใช้ IRBB21 ที่มียีนต้านทาน *Xa21* เป็นพันธุ์ให้ และข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 (PSL2) เป็นพันธุ์รับ

การศึกษายีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งที่พบทั้งในข้าวปลูกและข้าวป่า มีมากกว่า 30 ยีน (Rao *et al*., 2002) โดยยีน *Xa21* นั้น ถือเป็นยีนหลักที่ควบคุมลักษณะต้านทานโรคขอบใบแห้ง ต้านทานต่อเชื้อ *Xoo* ได้หลายสายพันธุ์ (Broad-spectrum resistance) (Song *et al*., 1995; Wang *et al*., 1996) ยีน *Xa21* เป็นยีนที่สร้าง receptor kinase-like protein ที่ถูกโคลนได้สำเร็จเป็นยีนแรกจาก *O. longistaminata* (Song *et al*., 1995) และถูกถ่ายยีนเข้าสู่ *O. sativa* (Khush *et al*., 1989) ข้าวพันธุ์ IRBB21 เป็นพันธุ์ข้าวปลูก *O. sativa* กลุ่มอินดิกา (indica) ที่พัฒนามาจากข้าวป่า *O. longistaminata* และ *O. sativa* พันธุ์ IR24 ได้เป็นข้าว IRBB21 (Gnanamanickam *et al*., 1999) เป็นพันธุ์ต้านต่อโรคขอบใบแห้ง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อระดับน้ำตาลในใบข้าวและระดับความรุนแรงของการเกิดโรคขอบใบแห้ง ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะช่วยให้สามารถประเมินแนวทางในการพัฒนาข้าวสายพันธุ์ดีที่อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง ผ่านการจัดการการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มระดับความต้านทานต่อโรคและได้ปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพืชทดสอบ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 3 ระดับ ได้แก่ 12-6-12, 24-6-12, 36-6-12 กก./ไร่ ทำการทดสอบในข้าวจำนวน 5 สายพันธุ์ คือ ข้าวกข 47 (RD47), ข้าวพิษณุโลก 2 (PSL2), ข้าว IRBB21 ข้าวสายพันธุ์เสมือน (Near Isogenic Lines; NILs) ที่ระบุยีนต้านทานโรคขอบใบแห้ง *Xa21* จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ RD47-*Xa21* รุ่น BC_4F_4 และข้าวสายพันธุ์เสมือน PSL2-*Xa21* รุ่น BC_5F_3 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ทดลองในระดับโรงเรือน นำเมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวน 5 สายพันธุ์ แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาวางบนทิชชูเปียกเป็นเวลา 48 ชั่วโมง รดน้ำทุกเช้าและเย็น เพื่อรักษาความชุ่มชื้น เมื่อเมล็ดข้าวงอกตุ่มตาที่มียอดและรากเล็กน้อยย้ายปลูกเพาะในถาดเพาะกล้า 1 เมล็ดต่อ 1 หลุม เมื่อต้นข้าวอายุได้ 14 วัน ทำการย้ายปลูกลงกระถางขนาด 10×8 นิ้ว จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง ซึ่งบรรจุดินประมาณ 5 กิโลกรัมต่อกระถาง สำหรับการใส่ปุ๋ยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งละเท่า ๆ กัน คือ ครั้งที่ 1 ก่อนปักดำในกระถาง ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ขณะข้าวอายุ 42 วัน เมื่อข้าวมีอายุได้ 49 วัน จึงจะทำการประเมินความสามารถในการก่อโรคขอบใบแห้งในสภาพโรงเรือน

การตรวจสอบลักษณะจีโนไทป์

ตรวจสอบลักษณะจีโนไทป์ในข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์ โดยใช้ชุดสำเร็จรูป Phire® direct plant PCR kit (Thermo Fisher Scientific, USA) เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายด้วยไพรเมอร์ pTA248 ที่จำเพาะต่อยีนต้านทานโรคขอบใบแห้ง *Xa21* ลำดับเบสของคู่ไพรเมอร์มีดังนี้ pTA248-Forward 5’-AGACGCGGAAGGGTGGTTCCCGGA-3’ และ pTA248-Reverse 5’-AGACGCGGTGTAATCGAAAGATG AAA-3’ ตรวจสอบผลผลิตของยีน (PCR Product) *Xa21* ได้จากการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ ด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็คโตรโฟรีซิสโดยใช้อะกาโรสเจลเข้มข้น 1.2% แยกขนาดดีเอ็นเอด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้า 100 โวลต์ เป็นเวลา 50 นาที ในบัฟเฟอร์ 1X TAE ย้อมแถบดีเอ็นเอด้วยสาร RedSafe™ Nucleic Acid Staining Solution (iNtRON Biotechnology, South Korea) เปรียบเทียบแถบของดีเอ็นเอของตัวอย่างข้าวสายพันธุ์เสมือนที่ระบุยีนต้านทานโรคขอบใบแห้งกับดีเอ็นเอของข้าวพันธุ์อ่อนแอและพันธุ์ต้านทาน

การประเมินความสามารถในการก่อโรคขอบใบแห้งของเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

ทดสอบความต้านทานโรคขอบใบแห้งในประชากรข้าวโดยใช้เชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* ไอโซเลท *Xoo*E ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากสถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ทำการปลูกเชื้อลงบนต้นข้าวโดยวิธี clipping (Kauffman *et al*.,1973) โดยเตรียมเชื้อแบคทีเรียสำหรับใช้ปลูกเชื้อโดยเลี้ยงบนอาหารแข็ง Nutrient agar (NA) medium นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 28 ± 2°C เป็นเวลา 3-5 วัน จนกระทั่งเห็นเชื้อเจริญเป็นโคโลนีเดี่ยว ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อแตะโคโลนีแบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* มา simple streak ลงบนอาหารแข็ง NA medium นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 28±2 °C เป็นเวลา 2-3 วัน จากนั้นเตรียมสารแขวนลอยของเชื้อโดยเติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อลงบนผิวหน้าอาหาร รวบรวมเซลล์เชื้อแบคทีเรียแล้วปรับความขุ่นของสารแขวนลอยเชื้อแบคทีเรีย ที่ OD_{600} เท่ากับ 0.2 ใช้กรรไกรจุ่มสารละลายแบคทีเรีย เปรียบเทียบกับ control (น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ) นำกรรไกรที่มีเชื้อไปตัดใบข้าว โดยตัดให้ห่างจากปลายใบข้าวประมาณ 3 ซม. กับต้นข้าวจำนวน 5 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 3 ต้น เพื่อสร้างบาดแผลบนใบข้าวและให้เชื้อสามารถเคลื่อนที่จากกรรไกรไปยังบาดแผลก่อนเข้าสู่ต้นข้าว ประเมินความสามารถในการก่อโรคจากรอยตัดที่เกิดขึ้นบนใบข้าวหลังจากปลูกเชื้อได้ 14 วัน โดยให้ระดับคะแนนและปฏิกิริยาการเกิดโรคขอบใบแห้งในสภาพโรงเรือนตามวิธีมาตรฐานของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI, 1996) (Table 1)

Table 1 IRRI scoring system for BB resistance in the greenhouse infection test. (IRRI, 1996)

Lesion Length (cm)	Level of BB resistance
0-5	resistant (R)
>5-10	moderately resistant (MR)
>10-15	moderately susceptible (MS)
>15	susceptible (S)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลซูโครส

ตัดใบข้าวส่วนกลางใบโดยเลือกใบอ่อนที่คลี่ใบเต็มที่แล้ว (young fully expanded leaf) และชั่งน้ำหนักสด 0.1 กรัม บดด้วยไนโตรเจนเหลว เติมน้ำกลั่น 1 มล. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (°C) นาน 20 นาที ปั่นเหวี่ยงที่ 14,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที นำส่วนใสที่สกัดได้เติมด้วยชุดน้ำยาสกัดน้ำตาล megazyme sucrose/d-glucose assay kit (Megazyme, Ireland) โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วน A และ ส่วน B จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณน้ำตาลซูโครส โดยใช้สูตรดังนี้

Sucrose; g/L of sample solution = (ΔB -ΔA) * F * Dilution * 0.0095 ___(A)

ΔB คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ free D-glucose บวก D-glucose จากน้ำตาลซูโครส

ΔA คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ free D-glucose

F คือ ปัจจัยในการแปลงค่าการดูดกลืนแสงเป็น µg สำหรับ 100 µg D-glucose (= 100/ค่าการดูดกลืนแสง สำหรับ 100 µg D-glucose)

Dilution คือ ความเจือจางจากสารละลายตัวอย่างเริ่มต้น

$$\text{ปริมาณซูโครส} = \frac{(A)}{\text{weight}_{sample}\ (\text{g/L sample solution})}\ (\text{mg/g})$$

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การตรวจสอบลักษณะจีโนไทป์

pTA248 เป็นเครื่องหมายโมเลกุลแบบ co-dominance ที่สามารถใช้ตรวจสอบจีโนไทป์ได้ 3 ลักษณะ ได้แก่ ข้าวที่มียีน *Xa21* อยู่ในสภาพ Homozygous หรือ Heterozygous และข้าวที่ไม่มียีน *Xa21* อยู่ โดยไพรเมอร์ pTA248 จะให้ผลผลิตพีซีอาร์ขนาด 925 bp และ 730 bp ในตัวอย่างข้าวที่มีและไม่มียีน *Xa21* ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าข้าวสายพันธุ์ต้านทาน IRBB21 มียีน *Xa21* ข้าวสายพันธุ์เสมือน RD47-*Xa21* (BC_4F_4) และ PSL2-*Xa21* (BC_5F_3) มียีน *Xa21* อยู่ในสภาพ Homozygous ซึ่งในข้าวสายพันธุ์ RD47 และ PSL2 เป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้งไม่มียีน *Xa21* ดังแสดงใน Figure 1

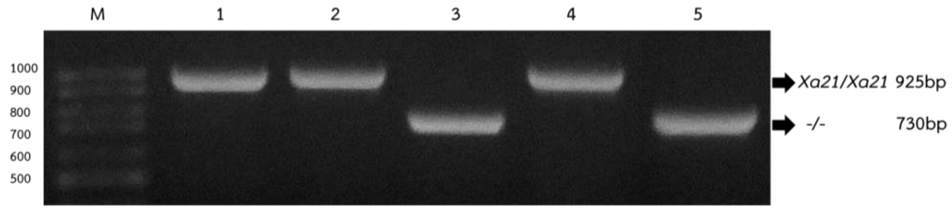


Figure 1 Banding pattern genotype of five rice cultivars showed the presence and absence of *Xa21* gene. PCR products amplified by pTA248 primers revealed 925 and 730 bp size fragments. Lanes 1, IRBB21; 2, RD47-*Xa21* (BC_4F_4); 3, RD47; 4, PSL2-*Xa21* (BC_5F_3); 5, PSL2, respectively. M represented 100 bp DNA ladder.

การประเมินความสามารถในการก่อโรคขอบใบแห้งของเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

จากการประเมินความสามารถในการก่อโรคขอบใบแห้งของเชื้อในข้าวจำนวน 5 สายพันธุ์ พบว่าระดับที่แตกต่างกันของปุ๋ยมีผลต่อการเกิดโรคหลังจากปลูกเชื้อ 14 วัน พบว่า ข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์ มีระดับความต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.001$) โดยในข้าวพันธุ์ RD47 และ PSL2 ให้ผลความต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งในระดับอ่อนแอมากทุกระดับปุ๋ยไนโตรเจน โดยมีการเกิดโรคสูงตั้งแต่ระดับปุ๋ย 12 กก./ไร่ และสูงสุดที่ระดับปุ๋ย 36 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่ IRBB21 ให้ผลความต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งในระดับสูงทุกระดับปุ๋ยไนโตรเจน ดังที่แสดงใน Table 2 และ Figure 2 ในข้าวสายพันธุ์เสมือน RD47-*Xa21* รุ่น BC_4F_4 มีระดับความต้านทานที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 12 กก./ไร่ และ 24 กก./ไร่ มีความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคขอบใบแห้งในระดับปานกลางที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 36 กก./ไร่ โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวบาดแผลจากการเข้าทำลายของเชื้ออยู่ที่ 5.59 ซม. (Table 2 และ Figure 2) สำหรับข้าวสายพันธุ์เสมือน PSL2-*Xa21* รุ่น BC_5F_3 พบว่า แสดงความต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งในระดับต้านทานเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับความเข้มข้น 12 กก./ไร่ และมีความยาวบาดแผลเพิ่มมากขึ้นที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 24 กก./ไร่ และมีความยาวบาดแผลสูงสุดที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 36 กก./ไร่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่า การเกิดของโรคขอบใบแห้งจะมากขึ้นเมื่อใช้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น (Sharma *et al*., 2016) และความยาวแผลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความแตกต่างมีอิทธิพลมาจากอัตราปุ๋ยไนโตรเจน พันธุ์ข้าว และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจนกับพันธุ์ข้าว สอดคล้องกับการรายงานของ Khan *et al*. (2014) ที่ระบุว่าข้าวแต่ละสายพันธุ์อาจมีความแตกต่างกันในเรื่องกลไกความต้านทานโรค ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าข้าวแต่ละชนิดมียีนต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคแตกต่างกัน นอกจากนั้นยังพบว่าสภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกของความต้านทาน ดังนั้นการเลือกสภาพแวดล้อมที่ปลูกข้าวให้เหมาะสมกับการแสดงออกของยีนต้านทานจะทำให้การประเมินลักษณะพันธุ์ข้าวมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Manzoor *et al*., 2016) ในกรณีที่ต้องการปลูกข้าวพันธุ์อ่อนแออย่างเช่น RD47 และ PSL2 แนะนำให้ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 12 กก./ไร่ เนื่องจากพบว่ามีการเข้าทำลายของโรคขอบใบแห้งในระดับต่ำ และส่งเสริมให้ต้นข้าวต้านทานต่อโรคได้ดีขึ้น

Table 2 Disease development on three parental lines and two near isogenic lines at 14 days after inoculation by *Xanthomonas oryzae pv. oryzae* grown under three nitrogen levels.

N level (Kg/rai)	RD47		PSL2		IRBB21		RD47-*Xa21*		PSL2-*Xa21*	
	Mock	Infection	Mock	Infection	Mock	Infection	Mock	Infection	Mock	Infection
12	0.12	26.06c	0.15	24.71c	0.17	1.69c	0.24	2.74b	0.23	3.90c
24	0.16	30.92b	0.14	28.03b	0.21	2.33b	0.28	4.94a	0.31	6.07b
36	0.16	34.62a	0.16	37.59a	0.19	2.99a	0.34	5.59a	0.2	8.07a
CV%	34.61	7.63	34.7	4.35	25.97	20.18	29.98	21.12	37.73	17.85
F-test	ns	***	ns	***	ns	***	ns	***	ns	***

*** Significant difference of mean among treatment (P<0.001)

Table 3 Reaction of parental lines and NILs against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in the three different nitrogen levels

Genotype/NIL	*Xa* gene	Reaction against N level		
		N12	N24	N36
RD47	-	S	S	S
PSL2	-	S	S	S
IRBB21	*Xa21*	R	R	R
RD47-*Xa21*	*Xa21*	R	R	MR
PSL2-*Xa21*	*Xa21*	R	MR	MR

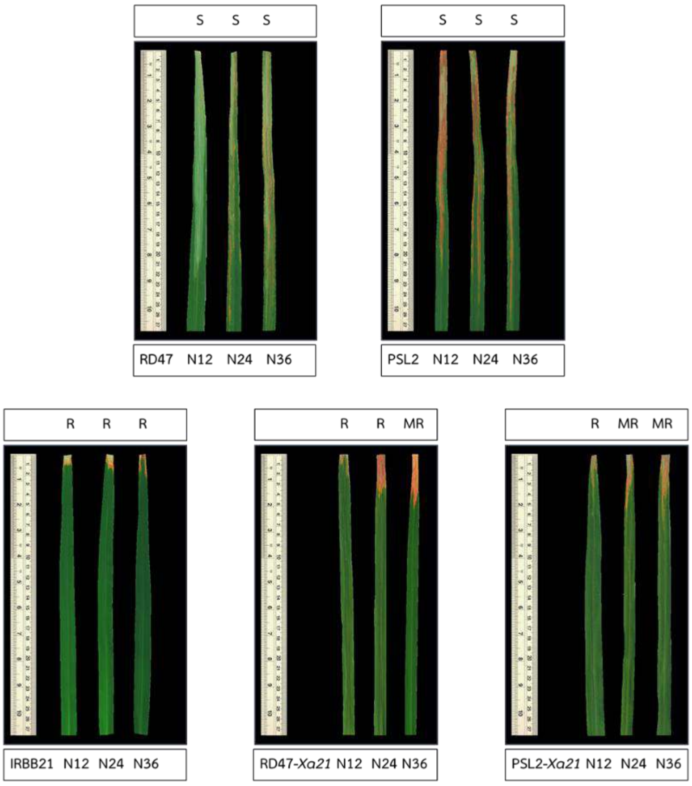


Figure 2 Severity of bacterial blight disease on five rice cultivars at 14 days after inoculation with *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Levels of lesion length on rice leaves indicating resistant (R), moderate resistant (MR) and susceptible (S).

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลซูโครส

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลซูโครสในข้าวจำนวน 5 สายพันธุ์ พบว่า ระดับที่แตกต่างกันของปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อระดับน้ำตาลซูโครสในใบข้าวในชุดควบคุม (control) โดยพบว่าระดับน้ำตาลซูโครสในใบข้าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น เมื่อวัดระดับน้ำตาลซูโครสที่ 14 วันหลังปลูกเชื้อ พบว่า ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ตัดใบข้าวด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (Figure 3) ในขณะที่ความยาวบาดแผลที่เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อ *Xoo*E นั้นเพิ่มสูงขึ้นมากในใบที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูง จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า เชื้อสาเหตุโรคขอบใบแห้งจะเจริญเติบโตและเข้าทำลายใบพืชได้มากขึ้นเมื่อมีการสะสมของน้ำตาลซูโครสในใบที่มากขึ้น ซึ่งเกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่มาก โดยจะเห็นได้จากหลังจากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคเป็นเวลา 14 วัน ระดับน้ำตาลซูโครสในใบจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากน้ำตาลซูโครสจะถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรค สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าน้ำตาลซูโครสจะถูกผลิตในเซลล์มีโซฟิลล์และนำเข้าเซลล์โฟลเอ็มเพื่อการเคลื่อนย้ายไปทั่วต้นพืช ซูโครสอาจถูกปล่อยออกมาจากเซลล์ในปริมาณที่สูงขึ้นจึงทำให้ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค (Chen *et al*., 2012) สอดคล้องกับการศึกษาในปี 2018 ที่รายงานว่าซูโครสมีผลกระทบต่อการเกิดโรคขอบใบแห้งผ่านกลไกการขนส่งน้ำตาลในพืช (Wu *et al*., 2018) ซึ่งซูโครสในระดับต่ำมีส่วนทำให้เกิดความไวต่อการเกิดโรคต่ำ (Singh *et al*., 2021) ไนโตรเจน

เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นจำนวนมากในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต มีบทบาทหน้าที่ในการส่งเสริมการเจริญเติบโต และกระตุ้นให้พืชมีความแข็งแรง ทำให้การแตกกอเพิ่มขึ้นจึงส่งผลต่อเนื่องต่อจำนวนรวงต่อพื้นที่ และยังทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงเพิ่มขึ้น (Dobermann and Fairhursf, 2000) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงเกินไปจะทำให้การเกิดโรคเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตและต้นทุนของการใส่ปุ๋ยจึงไม่ควรใส่ในปริมาณที่มากเกินความจำเป็น

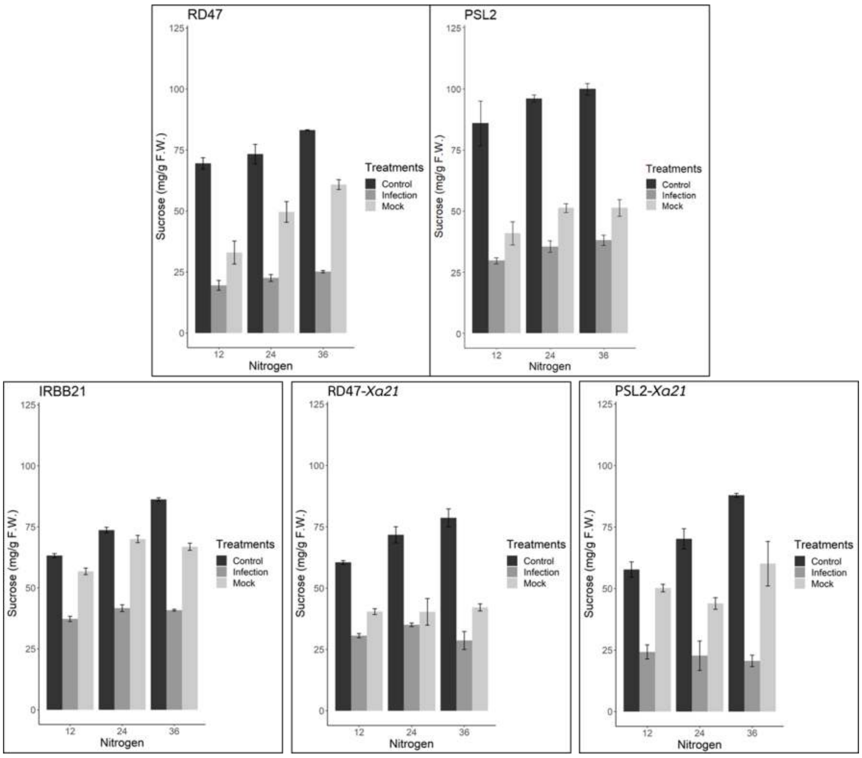


Figure 3 Sucrose content in the rice leaves of five rice cultivars under different nitrogen concentrations. Black color, control; gray color, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* infection leaf; white color, mock. Each data point represents the mean ±SE from three different plants.

สรุปผลการวิจัย

การประเมินความสามารถในการก่อโรคของเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* พบว่าข้าวพันธุ์ IRBB21 มีลักษณะต้านทาน ขณะที่ข้าวพันธุ์ RD47 และพันธุ์ PSL2 มีความยาวบาดแผลมากที่สุดที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 36 กก./ไร่ และข้าวสายพันธุ์เสมือน RD47-*Xa21* รุ่น BC_4F_4 และ PSL2-*Xa21* มีลักษณะต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งสูงสุดที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 12 กก./ไร่ และมีลักษณะค่อนข้างต้านทานที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 36 กก./ไร่ จากผลการทดลองพบว่า ความยาวบาดแผลและระดับน้ำตาลซูโครสจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์ ดังนั้น

สำหรับการจัดการปลูกที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมให้ข้าวมีความต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งจึงแนะนำให้ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 12 กก./ไร่ เนื่องจากมีการเข้าทำลายของโรคขอบใบแห้งระดับต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรม จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และขอขอบคุณ รศ.ดร.คำรพ รัตนสุต สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวและให้ยืมเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chaudhary, S.U., M. Hussain, J. Iqbal and M.A. Ali, 2009. Effect of nitrogen doses on incidence of bacterial leaf blight in rice. **Journal of Agricultural Research** (03681157), 47(3).

Chen, L.Q., X.Q. Qu, B.H. Hou, D. Sosso, S. Osorio, A.R. Fernie and W.B. Frommer. 2012. Sucrose efflux mediated by SWEET proteins as a key step for phloem transport. **Science that inspires** 335(6065): 207-211.

Dobermann, A. and Fairhurst, T. 2000. **Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management.** Philippine: International Rice Research Institute. 191 p.

Gnanamanickam, S.S., V.B. Priyadarisini, N.N. Narayanan, P. Vasudevan and S. Kavitha. 1999. An overview of bacterial blight disease of rice and strategies for its management. **Current Science** :1435-1444.

IRRI. 1996. **Standard evaluation system for rice** (4^{th} Edition). Philippines: IRRI.

Kauffman, H.E. 1973. An improved technique for evaluating resistance of rice varieties to *Xanthomonas oryzae*. **Plant Dis. Rep**. 57: 537-541.

Khan, M.A., M. Naeem and M. Iqbal. 2014. Breeding approaches for bacterial leaf blight resistance in rice (*Oryza sativa* L.), current status and future directions. **European Journal of Plant Pathology** 139(1): 27-37.

Khush, G.S., D.J. Mackill and G.S. Sidhu. 1989. Breeding rice for resistance to bacterial blight. **Bacterial blight of rice**. 207-217.

Manzoor, N., N. Akbar, S.A. Anjum, I. Ali, M. Shahid, A. Shakoor, M.W. Abbas, K. Hayat, W. Hamid and M.A. Rashid. 2016. Interactive effect of different nitrogen and potash levels on the incidence of bacterial leaf blight of rice (*Oryza sativa* L.). **Agricultural Sciences** 8(1): 56-63.

Mew, T.W. 1987. Current status and future prospects of research on bacterial blight of rice. **Annual review of phytopathology** 25(1): 359-382.

Office of Agricultural Economics. 2019. **Production data of agricultural products**. [Online]. Available https://www.oae.go.th/view/1/Production data of agricultural products/TH-TH. (15 February 2020). [in Thai]

Ou, S.R. 1972. Rice Diseases, CAB. **International Mycological Institute, Kew Surrey, Inglaterra**.

Perumalsamy, S., M. Bharani, M. Sudha, P. Nagarajan, L. Arul, R. Saraswathi, P. Balasubramanian and J. Ramalingam. 2010. Functional marker-assisted selection for bacterial leaf blight resistance genes in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant breeding** 129(4): 400-406.

Rao, K.K., M. Lakshminarasu and K.K. Jena. 2002. DNA markers and marker-assisted breeding for durable resistance to bacterial blight disease in rice. **Biotechnology advances** 20(1): 33-47.

Reddy, A.P.K., J.C. Katyal, D.I. Rouse and D.R. MacKenzie. 1979. Relationship between nitrogen fertilization, bacterial leaf blight severity and yield of rice. **Phytopathology** 69: 970-973.

Sharma, S.K., Y.V. Singh, S. Tyagi and A. Bhatia. 2016. Influence of rice varieties, nitrogen management and planting methods on methane emission and water productivity. **Paddy and water environment** 14(2): 325-333.

Singh, J., D. James, V.M.M. Achary, M.K. Patel, J.K. Thakur, M.K. Reddy and B.C. Tripathy. 2021. Coordinated overexpression of *OsSUT1*, *OsSWEET11* and *OsSWEET14* in rice impairs carbohydrate metabolism that has implications in plant growth, yield and susceptibility to *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae* (*Xoo*). **bioRxiv** : DOI:10.1101/2021.01.07.425507.

Song, W.Y., G.L. Wang, L.L. Chen, H.S. Kim, L.Y. Pi, T. Holsten, J. Gardner, B. Wang, W.X. Zhai, L.H. Zhu and C. Fauquet. 1995. A receptor kinase-like protein encoded by the rice disease resistance gene, *Xa21*. **Science Journal** 270(5243):1804-1806.

Wang, G.L., W.Y. Song, D.L. Ruan, S. Sideris and P.C. Ronald. 1996. The cloned gene, *Xa21*, confers resistance to multiple *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isolates in transgenic plants. **Molecular plant-microbe interactions: MPMI** 9(9): 850-855.

Wu, Y., S.K. Lee, Y. Yoo, Y.Wei, S.Y. Kwon, S.W. Lee, J.S. Jeon and G. An. 2018. Rice transcription factor *OsDOF11* modulates sugar transport by promoting expression of sucrose transporter and *SWEET* genes. **Molecular plant** 11(6):.833-845.

ผลของการให้น้ำหมักชีวภาพที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการของการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*)

Effect of Different Bio-fermented Water on Growth and Nutritional Value of Sea Grapes Rearing (*Caulerpa lentillifera*)

มาโนช ขำเจริญ* ชุตินุช สุจริต สุนันทา ข้องสาย และปรีดา เกิดสุข

Manoch Khamcharoen*, Chutinut Sujarit, Sunanta Khongsai and Preeda kirdsook

สาขาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตรัง 92150

Department of Aquaculture and Fishery Products, Faculty of Science and Fisheries Technology

Rajamangala University of Technology Sikao, Trang, Thailand 92150

*Corresponding author: manoch.k@rmutsv.ac.th

Abstract

Effect of different bio-fermented water on growth and nutritional value of sea grapes rearing (*Caulerpa lentillifera*). The experiment was designed in CRD had 4 treatments were treatment 1 bio-fermented formula fish scraps : molasses : water 4:1:1, treatment 2 bio-fermented formula water melon : molasses : water 4:1:1, treatment 3 bio-fermentation formula fish scraps : water melon : molasses : water 2:2:1:1 and treatment 4 urea (control) respectively. Each treatment had 4 replications , 3 baskets / replication and 50 grams. sea grapes/basket the experiment carries out 5 weeks. Finally the experiment the growth of sea grapes (*Caulerpa lentillifera*) average weight were 84.37±7.74, 44.68±1.79, 48.75±1.97 and 107.81±4.40 gram respectively. When statistic analysis the result showed that significant (P<0.05) by the urea treatment (Control) affect on growth of sea grapes (*Caulerpa lentillifera*) was the best. And nutritional value of sea grapes the result showed that the content of protein, fat, moisture, ash and carbohydrate were 1.45%, 0.025%, 94.54%, 2.59% and 1.39% respectively.

Keywords: *Caulerpa lentillifera*, bio-fermented water, nutritional value, rearing, growth

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการให้น้ำหมักชีวภาพที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการของการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น *Caulerpa lentillifera* วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงสาหร่ายด้วยน้ำหมักสูตร เศษปลา+กากน้ำตาล+น้ำ อัตราส่วน 4:1:1 ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงสาหร่ายด้วยน้ำหมักสูตร แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ อัตราส่วน 4:1:1 ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงสาหร่ายด้วยน้ำหมักสูตร เศษปลา+แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ อัตราส่วน 2:2:1:1 และชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงสาหร่ายด้วย ปุ๋ยยูเรีย (ชุดควบคุม) ตามลำดับ แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น 3 ตะกร้า โดยใส่สาหร่ายพวงองุ่นตะกร้าละ 50 กรัม เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นในกะละมังขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 75 เซนติเมตร ลึก 30 เซนติเมตร เติมน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt สูง 25 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ซ้ำละ 5 ppm สัปดาห์/ครั้ง ทดลองเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น ชุดการทดลองที่ 4 ปุ๋ยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักมากกว่า ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 2 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 107.81±4.40, 84.37±7.74, 48.75±1.97 และ 44.68±1.79 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ร้อยละของโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามลำดับ พบว่ามีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.45, 0.025, 94.54, 2.59 และ1.39 ตามลำดับ

คำสำคัญ: สาหร่ายพวงองุ่น น้ำหมักชีวภาพ คุณค่าทางโภชนา การเลี้ยง การเจริญเติบโต

คำนำ

สาหร่าย *Caulerpa lentillifera* ซึ่งมีลักษณะคล้ายพวงองุ่น จึงเรียกสาหร่ายชนิดนี้ว่า sea grapes หรือ green caviar ที่มีลักษณะของเม็ดรามูลัส (ramulus) กลม เรียงกันแน่น (Lewmanomont and Ogawa, 1995) อย่างไรก็ตามลักษณะดังกล่าวจะแปรเปลี่ยนไปตามปัจจัยสภาวะแวดล้อมที่สาหร่ายอยู่อาศัย เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบสารอาหารที่มีประโยชน์ที่พบในสาหร่าย ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอมิโนจำเป็น เยื่อใย วิตามิน และแร่ธาตุ ซึ่งให้ปริมาณสูงกว่าพืชอาหารที่ปลูกบนบก (Burtin, 2003) นอกจากนำสาหร่าย *Caulerpa* มาบริโภคเป็นอาหารแล้วในประเทศไทยยังมีการนำสาหร่ายชนิดนี้มาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำก่อนปล่อยออกสู่ทะเล (Pariyawati, 2003) ซึ่งภายหลังจากการบำบัดน้ำทำให้สาหร่ายขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ดังนั้นสาหร่ายพวงองุ่นจึงเป็นสาหร่ายทะเลอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการพัฒนาอีกมาก เกษตรกรจึงได้นำมาเลี้ยงในบ่อดินขนาดใหญ่โดยให้ปุ๋ยยูเรีย และได้มีเกษตรกรบางรายได้นำมาพัฒนาเพื่อการเพาะเลี้ยงในโรงเพาะเลี้ยง ในถังไฟเบอร์ หรือบ่อซิเมนต์ หรือในโรงเพาะฟักกุ้งทะเล ซึ่งมีข้อดีกว่าการเลี้ยงในบ่อดิน การดูแลและการจัดการสะดวกและง่ายกว่า สามารถเปลี่ยนถ่ายน้ำและเติมปุ๋ยได้สะดวก ผลผลิตที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวไม่ต้องนำมาผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดเหมือนการเลี้ยงในบ่อดิน แต่ก็ยังมีข้อด้อยกว่าบ่อดินคือ ผลผลิตที่ได้คุณภาพและราคาด้อยกว่าบ่อดิน (จากประสบการณ์ผู้วิจัยและจากการตรวจเยี่ยมฟาร์มเกษตรกร) จึงต้องมีการพัฒนาการเลี้ยงต่อไปในอนาคต

ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาดูแลสุขภาพกันมากขึ้น ด้วยการเลือกบริโภคอาหารที่มีประโยชน์และมีความปลอดภัยต่อร่างกาย ไม่มีสารเคมีตกค้างจากการบริโภคอาหารนั่น ๆ ในการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นในโรงเพาะฟักปัจจุบันให้ปุ๋ยยูเรียซึ่งเป็นปุ๋ยเคมี เมื่อนำสาหร่ายไปบริโภคทำให้ผู้บริโภคได้รับสารเคมีไปด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เปลี่ยนมาเป็นการเลี้ยงแบบอินทรีย์โดยไม่ใช้สารเคมีแต่อย่างใด ทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในการบริโภคสาหร่ายพวงองุ่น ด้วยการใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นปุ๋ย เพื่อตอบโจทย์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน งานวิจัยเรื่องนี้ได้นำสูตรน้ำหมักชีวภาพที่มีวัตถุดิบในการผลิตที่ต่างกัน เป็นปุ๋ยเลี้ยงสาหร่าย โดยตรวจวัดการเจริญเติบโต วิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำหมักชีวภาพและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ เพื่อจะได้นำองค์ความรู้ดังกล่าวถ่ายทอดให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสาหร่ายต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ/วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง

การทดลองการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด CRD (Complete Randomize Design) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ (Replication)

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้น้ำหมักสูตร เศษปลา+กากน้ำตาล+น้ำ อัตราส่วน 4:1:1

ชุดการทดลองที่ 2 ใช้น้ำหมักสูตร แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ อัตราส่วน 4:1:1

ชุดการทดลองที่ 3 ใช้น้ำหมักสูต เศษปลา+แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ อัตราส่วน 2:2:1:1

ชุดการทดลองที่ 4 เป็นชุดควบคุม ใช้ปุ๋ยยูเรีย

น้ำหมักชีวภาพทุกสูตรใช้จุลินทรีย์เท่ากันคือ 25 กรัม ต่อ วัตถุดิบน้ำหมักชีวภาพ 50 ลิตร ทดลองในกะละมังพลาสติกมีการชั่งน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นทุก ๆ 1 สัปดาห์ โดยเลี้ยงเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

2. การเตรียมการทดลอง

การทดลองการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นให้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

วิธีการทำเตรียมถังพลาสติกที่มีฝาปิดสนิทความจุ 20 ลิตร เพื่อใช้สำหรับหมักวัตถุดิบน้ำหมักชีวภาพ แต่ละสูตรแยกกันสูตรละ 1 ถัง โดยใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบแต่ละสูตรเท่ากัน คือ 4:1:1 ในสูตรที่ 3 เศษปลาสดและผลไม้รวมกันในอัตราส่วนที่เท่ากันเท่ากับ 4 ส่วน สำหรับจุลินทรีย์ชนิดไม่ต้องใช้ออกซิเจนของกรมวิชาการเกษตร (พด.2) โดยใช้ในปริมาณที่เท่ากันทุกสูตร วัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำหมักชีวภาพ เศษปลาสดมาจากปลาสดที่ไม่มีฟอร์มาลีนเจือปน ควรเป็นปลาที่จับจากธรรมชาติ ผลไม้จะต้องมาจากการทำการเกษตรแบบอินทรีย์ หรือเป็นพืชผักผลไม้จากธรรมชาติ หรือจากป่าเท่านั้น เมื่อใส่วัตถุดิบและส่วนประกอบต่าง ๆ ครบแล้ว หลังจากนั้นปิดฝาถังให้แน่น นำไปวางในที่ร่ม และมีการคนทุกสัปดาห์ โดยหมักเป็นระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือน วัตถุดิบจะถูกย่อยสลายหมด หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์หาธาตุอาหารหลัก N P K ที่มีอยู่ในน้ำหมักชีวภาพ ทุกชุดการทดลอง และนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน

โดยวิเคราะห์ด้วยวิธีเจลดาลล์ ศึกษาโดยการย่อยตัวอย่าง ด้วยสารรีเอเจนต์สำหรับใช้ในการย่อยที่มีทองแดงและโพแทสเซียมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วเติมสารผสมของโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 12.50 โมลาร์ กับโซเดียมไธโอซัลเฟต เข้มข้น 0.10 โมลาร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ลงไปในสารละลาย นำสารละลายที่ได้ต่อเข้ากับเครื่องเจลดาลล์ เก็บส่วนที่กลั่นได้ใส่ใน Boric acid indicator ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นมาไทเทรตด้วยสารมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ทราบความเข้มข้น เพื่อหาปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจน ตามลำดับ (Suwansom, 2013)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

นำน้ำหมักชีวภาพที่ผ่านการกรองแล้วมา 1 มิลลิลิตร แล้วย่อยตัวอย่างด้วยกรดไนตริก (65% HNO_3) ปริมาตร 10 มิลลิลิตรในบีกเกอร์ โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% (30%, H_2O_2) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากนั้นนำไปแช่ในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 95±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น (DI water) กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 (Whatman, U.K.) จากนั้นนำไปหาปริมาณโพแทสเซียมด้วยการวิเคราะห์ด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry, ICP - OES

การเตรียมบ่อเลี้ยงสาหร่าย

เลี้ยงสาหร่ายในกะละมังกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร จำนวน 16 ใบ โดยล้างทำความสะอาด ทำการฆ่าเชื้อโดยใช้ ฟอร์มาลีน 40 ppm แช่เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นล้างทำความสะอาดฟอร์มาลีนออกให้หมด เติมน้ำทะเลที่มีความเค็ม 30 ppt. ที่ผ่านการกรองและฆ่าเชื้อแล้วให้มีความสูง 25 เซนติเมตร และต่อระบบให้อากาศ โดยต่อสายอากาศและใส่หัวทรายกะละมังละ 1 หัว เพื่อเป็นการเพิ่มออกซิเจน หมุนเวียนสารอาหารและลดอุณหภูมิ หลังจากนั้นทำการสุ่มชุดการทดลองและซ้ำ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomize Design)

การเตรียมภาชนะเลี้ยงสาหร่าย

ภาชนะที่ใช้สำหรับเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น ใช้ตะกร้าพลาสติก ขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร ลึก 8 เซนติเมตร นำตะกร้าพลาสติกมาทำความสะอาดเพื่อให้ปราศจากสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสาหร่ายพวงองุ่น โดยใส่ตะกร้าสาหร่ายพวงองุ่น 3 ใบต่อ 1 กะละมัง รวมทั้งสิ้น 48 ใบ

นำพันธุ์สาหร่ายพวงองุ่นจากโรงเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นอินทรีย์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง เพื่อใช้เพาะขยายพันธุ์ นำมาคัดเลือกขนาดความยาวช่อสาหร่ายใกล้เคียงกัน มาพักไว้ในบ่อที่มีน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt. โดยนำสาหร่ายพวงองุ่นใส่ลงในตะกร้าที่เตรียมไว้จำนวน 50 กรัม/ตะกร้า ทำเช่นนี้ให้ได้จำนวน 48 ตะกร้า นำตะกร้าใส่ในกะละมัง กะละมังละ 3 ตะกร้า

3. การจัดการระหว่างการเลี้ยงและการเพิ่มธาตุอาหาร

มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และรักษาความเค็มของน้ำให้ไม่เกิน 30 ppt. นอกจากนี้ต้องดูแลไม่ให้สาหร่ายชนิดอื่นขึ้นปนกับสาหร่ายพวงองุ่น การใช้ปุ๋ยในบ่อเลี้ยงสาหร่ายโดยให้น้ำหมักชีวภาพกับสาหร่ายพวงองุ่นเหมือนกันทุกสูตร ก่อนให้น้ำหมักชีวภาพทำการเจือจางในอัตราส่วน 1:1,000 หลังจากนั้นจึงให้ปุ๋ยสาหร่ายในปริมาณ 5 ppm/สัปดาห์ ส่วนการให้ปุ๋ยยูเรีย ให้ในปริมาณ 5 ppm/ สัปดาห์เช่นกัน เลี้ยงเป็นเวลา 5 สัปดาห์

4. การเก็บข้อมูล

ชั่งน้ำหนักสาหร่ายทุกชุดการทดลองโดยก่อนชั่งน้ำหนักต้องให้มีน้ำเหลือน้อยที่สุดแล้วจึงทำการชั่งน้ำหนัก และทำการชั่งน้ำหนัก 1 สัปดาห์ต่อครั้ง จดบันทึก บันทึกผล ทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่สำคัญ N P K ในน้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 สูตร ทำการวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (วิธีการตามรายละเอียดข้างล่าง) บันทึกผล และตรวจสอบคุณภาพน้ำทุก ๆ 1 สัปดาห์ (อุณหภูมิ ความเข้มของแสง ความเค็ม ความเป็นกรดเป็นด่าง)

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

1) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000)
2) วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000)
3) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000)
4) วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000)2
5) วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ (Department of health, 2001)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแต่ละชุดการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สูตรที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต

1. น้ำหนักเฉลี่ย (average weight) กรัม/ตะกร้า

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ย} = \frac{\text{น้ำหนักรวม}}{\text{จำนวนที่เหลือทั้งหมด}}$$

2. น้ำหนักเพิ่ม (Weight gain)

$$\text{น้ำหนักเพิ่ม} = \text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$

3. น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average diary growth) (กรัม/วัน)

$$ADG = \frac{[(\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น})]}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

4. เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่ม (% Weight gain % WG)

$$\text{WG (\%)} = \frac{[(\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น})] \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

6. สถานที่ทำการทดลอง และระยะเวลาการทดลอง

โรงเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นแบบอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 1 ปี

ผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น

น้ำหนักเฉลี่ย

เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า ปุ๋ยยูเรียมีน้ำหนักเฉลี่ย 107.81±4.40 กรัม/ชุดการทดลอง มากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงด้วย น้ำหมักชีวภาพสูตรเศษปลา+กากน้ำตาล+น้ำ มีน้ำหนักเฉลี่ย 84.37±7.74 กรัม/ชุดการทดลอง สูตรเศษปลา+แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ มีน้ำหนักเฉลี่ย 48.75±1.97กรัม/ชุดการทดลอง และสูตรแตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ มีน้ำหนักเฉลี่ย 44.68±1.79 กรัม/ชุดการทดลอง ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1

น้ำหนักเพิ่ม

เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า ปุ๋ยยูเรียมีน้ำหนักเพิ่ม 57.81±4.40 กรัม มากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงด้วย น้ำหมักชีวภาพสูตรเศษปลา+กากน้ำตาล+น้ำ มีน้ำหนักเพิ่ม 34.37±7.74 กรัม สูตรเศษปลา+แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ มีน้ำหนักเพิ่ม -1.25±1.97 กรัม และสูตรแตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ มีน้ำหนักเพิ่ม -5.31±1.79 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 2

น้ำหนักเพิ่มต่อวัน

เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า ปุ๋ยยูเรียมีน้ำหนักเพิ่มต่อวัน 1.65±0.12 กรัม/วัน มากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงด้วย น้ำหมักชีวภาพสูตรเศษปลา+กากน้ำตาล+น้ำ มีน้ำหนักเพิ่มต่อวัน 0.98±0.22 กรัม/วัน สูตรเศษปลา+แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ มีน้ำหนักเพิ่มต่อวัน -0.03±0.05 กรัม/วัน และสูตรแตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ มีน้ำหนักเพิ่มต่อวัน -0.15±0.05 กรัม/วัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 3

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่ม

เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า ปุ๋ยยูเรียมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มเฉลี่ย 115.62±8.80 มากกว่า สาหร่ายที่เลี้ยงด้วย น้ำหมักชีวภาพสูตรเศษปลา+กากน้ำตาล+น้ำ มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มเฉลี่ย 68.75±15.49 สูตรเศษปลา+แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มเฉลี่ย -2.50±3.95 และสูตรแตงโม+

กากน้ำตาล+น้ำ มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มเฉลี่ย -10.62±3.59 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 4

Table 1 Average weight (grams±SE), Weight gain (grams±SE), Average diary growth (grams/day ±SE) % Weight gain (% WG) of sea grapes rearing with bio-fermented water (Formula 1 =fish scraps : molasses : water 4:1:1, Formula 2= water melon : molasses : water 4:1:1, Formula 3= fish scraps : water melon : molasses : water 2:2:1:1 and urea) for 5 weeks

Treatments	Weight				
	Initial	Average weight (grams±SE)	Weight gain (grams±SE)	Average diary growth (grams/day ±SE)	%Weight gain % WG
Formula 1	50.00±00.00[a]	84.37±7.74[b]	34.37±7.74[b]	0.98±0.22[b]	68.75±15.49[b]
Formula 2	50.00±00.00[a]	44.68±1.79[c]	-5.31±1.79[c]	15.0-±0.05 [c]	-10.62±3.59[c]
Formula 3	50.00±00.00[a]	48.75±1.97[c]	-1.25±1.97[c]	-0.03±0.05[c]	-2.50±3.95[c]
Urea (Control)	50.00±00.00[a]	107.81±4.40[a]	57.81±4.40[a]	1.65±0.12[a]	115.62±8.80[a]

Note: Mean ±S.E. with different superscript letters in the same row are significantly different ($p<0.05$)

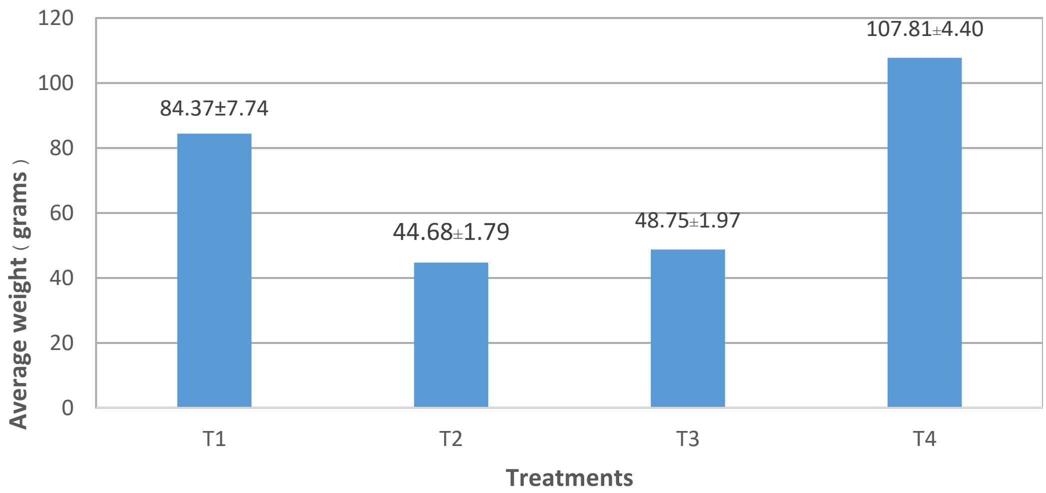


Figure 1 Average weight (grams/basket±SE) of sea grapes rearing with bio-fermented water (T1= fish scraps : molasses : water 4:1:1, T2 = water melon : molasses : water 4:1:1, T3 = fish scraps : water melon : molasses : water 2:2:1:1 and T4 = Urea) for 5 weeks

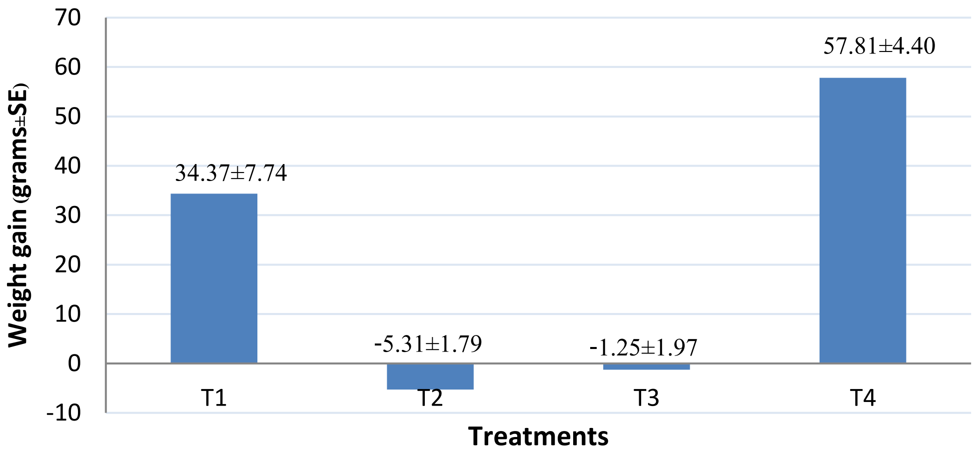


Figure 2 Weight gain (grams±SE) of sea grapes rearing with bio-fermented water (T1= fish scraps : molasses : water 4:1:1, T2 = water melon : molasses : water 4:1:1, T3 = fish scraps : water melon : molasses : water 2:2:1:1 and T4 = Urea) for 5 weeks

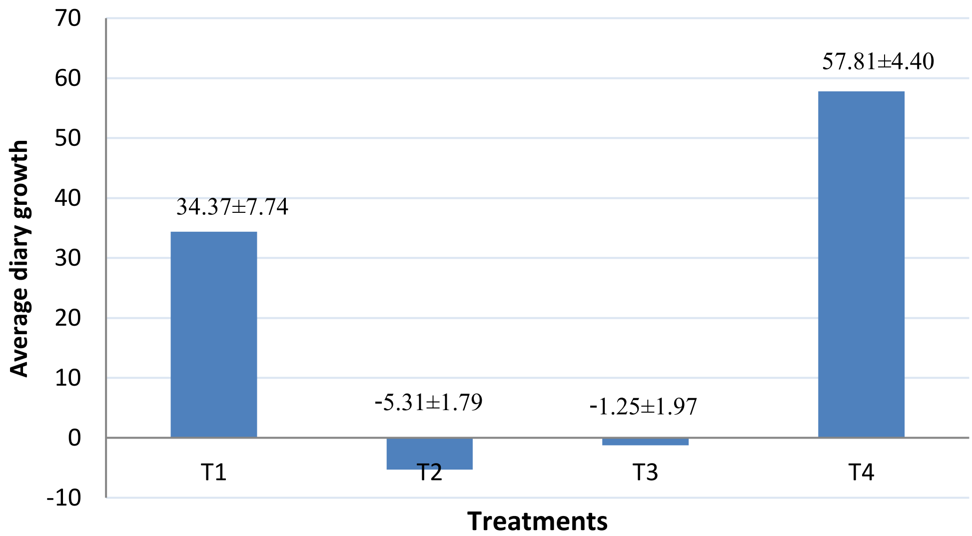


Figure 3 Average diary growth (grams/day ±SE) of sea grapes rearing with bio-fermented water (T1= fish scraps : molasses : water 4:1:1, T2 = water melon : molasses : water 4:1:1, T3 = fish scraps : water melon : molasses : water 2:2:1:1 and T4 = urea) for 5 weeks

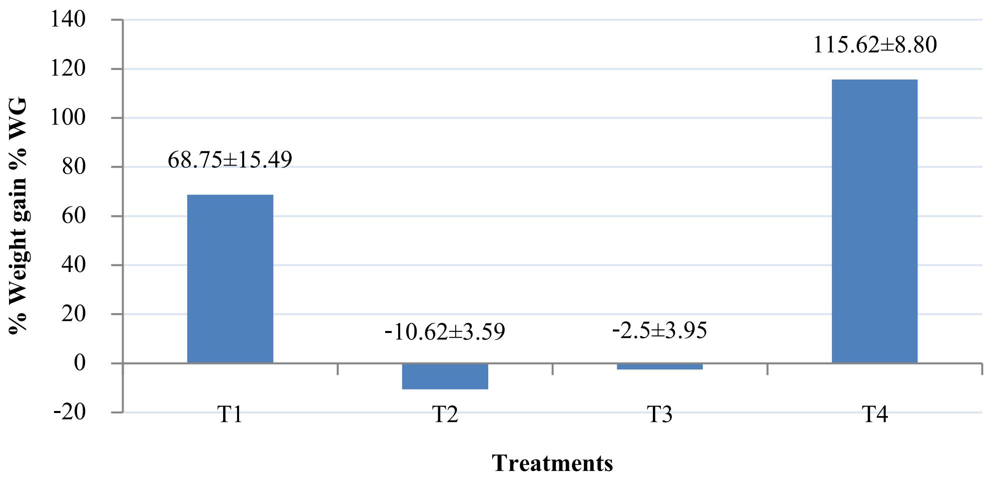


Figure 4 % Weight gain (% WG) of sea grapes rearing with bio-fermented water (T1= fish scraps : molasses : water 4:1:1, T2 = water melon : molasses : water 4:1:1, T3 = fish scraps : water melon : molasses : water 2:2:1:1 and T4 = urea) for 5 weeks

2. ธาตุอาหารในน้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 สูตร

จากการนำน้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 สูตร ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยวิธีทดสอบ In-house method base on AOAC and OMAF ด้วยการวิเคราะห์ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ผลการวิเคราะห์ พบว่า น้ำหมักสูตร เศษปลา+กากน้ำตาล+น้ำ มีปริมาณ N P K = 2.01, 0.59, 0.61 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ สูงกว่า น้ำหมักสูตรแตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ มีปริมาณ N P K = 0.70, 0.04, 0.47 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ และ สูตรเศษปลา+แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ มีปริมาณ N P K = 1.30, 0.32, 0.60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ แต่น้ำหมักชีวภาพทุกสูตร มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ต่ำกว่าปุ๋ยยูเรีย มีปริมาณ N P K = 46, 0, 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

Table 2 Nutrient content of bio-fermented water formula 1 fish scraps: molasses: water 4:1:1, formula 2 water melon: molasses: water 4:1:1, formula 3 fish scraps : water melon : molasses : water 2:2:1:1 and urea (control).

Treatments	Nutrient content %/weight		
	N	P	K
formula 1 fish scraps: molasses: water 4:1:1	2.01	0.59	0.61
formula 2 water melon: molasses: water 4:1:1	0.70	0.04	0.47
formula 3 fish scraps: water melon: molasses: water 2:2:1:1	1.30	0.32	0.60
Urea (Control)	**46**	**0**	**0**

3. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

จากการส่งตัวอย่างสดทั้งหมด 4 ตัวอย่าง วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ณ ศูนย์เครื่องมือและปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านปริมาณโปรตีนตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000) วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000)*วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000) วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000) และวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ (Department of health, 2001) ดังTable 3

Table 3 Nutritional Value of sea grapes rearing with bio-fermented water (Formula 1 =fish scraps : molasses : water 4:1:1, Formula 2= water melon : molasses : water 4:1:1, Formula 3= fish scraps : water melon : molasses : water 2:2:1:1 and urea) for 5 weeks.

Treatments	Nutritional Value (%)				
	protein	Fat	moisture	Ash	Carbohydrate
Bio-fermented water formula 1	1.52	0.03	94.40	2.63	1.42
Bio-fermented water formula 2	1.38	0.01	94.65	2.60	1.36
Bio-fermented water formula 3	1.41	0.02	94.60	2.62	1.35
Urea	1.50	0.04	94.52	2.51	1.43
Average	**1.45**	**0.025**	**94.54**	**2.59**	**1.39**

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลของการเจริญเติบโต

การศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น ทั้งหมดมี 4 ชุดการทดลอง คือ เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยน้ำหมักสูตรเศษปลา+กากน้ำตาล+น้ำ สูตรแตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ สูตรเศษปลา+แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ และปุ๋ยยูเรีย ตามลำดับ ให้ค่าน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 84.37±7.74, 44.68±1.79, 48.75±1.97 และ 107.81±4.40 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่าปุ๋ยยูเรียเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยดีที่สุดเท่ากับ 107.81±4.40 เนื่องจากปุ๋ยยูเรียมีปริมาณธาตุอาหารพวกไนโตรเจนที่เร่งการเจริญของใบ ลำต้น และเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เอนไซม์ โปรตีน และวิตามิน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น (Namchantuk, 2003) ส่วนน้ำหมักชีวภาพเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าสาหร่ายพวงองุ่นมีอัตรการเจริญเติบโตที่น้อยกว่า การเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นโดยการใช้น้ำหมักทั้ง 3 สูตร เนื่องจากน้ำหมักชีวภาพมีปริมาณธาตุอาหารพวก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมน้อย ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น

จากการทดลอง พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักสูตรต่าง ๆ มีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกันอาจเนื่องจากการให้น้ำหมักชีวภาพในการเลี้ยงสาหร่ายเจือจางน้อย เพราะในน้ำหมักมีฤทธิ์เป็นกรดจึงทำให้สาหร่ายบางส่วนตาย มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยน้อยกว่ายูเรีย ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Suwankhiri (2004) ที่ได้ศึกษา ปุ๋ยน้ำชีวภาพหรือน้ำสกัดชีวภาพและการประยุกต์ใช้ในกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ ว่าการใช้น้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยน้ำชีวภาพควรนำมาผสมกับน้ำสะอาดตามอัตราส่วนที่เหมาะสม (1 ส่วนต่อน้ำสะอาด 500-1000 ส่วน) แล้วราดลงตรงโคนต้นของพืช สำหรับผักอายุสั้น เช่น ผักทั่วไป หรือผักบุ้งใช้ราดที่โคนต้นทุก ๆ 7 วัน ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1000 ส่วนไม้ผลใช้เดือนละ 1 ครั้ง ในอัตราส่วน 1 ต่อ 500 เนื่องจากน้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยน้ำชีวภาพมีสารประกอบต่าง ๆ ที่เข้มข้นและมีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อนำไปใช้ประโยชน์จึงต้องใช้ในอัตราที่เจือจางมาก ๆ ดังนั้นการใช้จึงต้องระวังมาก ถ้าเข้มข้นเกินไปพืชจะชะงักการเจริญเติบโต ใบพืชจะมีส่วนเหลือง ถ้าใช้ในอัตราที่พอเหมาะพืชก็จะแสดงสภาพเขียวสด ใบเป็นมัน ต้นพืชที่ชะงักการเจริญเติบโตจากการโดนฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักหรือน้ำสกัดชีวภาพในปริมาณที่มาก ให้ทำการฉีดพ่นหรือราดด้วยน้ำที่สะอาด ตาของพืชที่พักอยู่จะขยายตัวแตกเป็นใบภายในเวลา 1 สัปดาห์ ดังนั้นการใช้จึงควรใช้อัตราเจือจางมากเป็นเกณฑ์

ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจะมีความเป็นกรดสูง (pH < 4) ซึ่งแสดงถึงการเกิดกระบวนการหมัก และถ้าค่า pH ของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมีประมาณ 3.0-4.0 แสดงว่ากระบวนการหมักเกิดสมบูรณ์แล้ว โดยสังเกตจากฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในช่วงเริ่มแรกและระยะกลางของการหมัก (Land Development Department, 2007)

2. ธาตุอาหารที่เป็นส่วนประกอบหลักของน้ำหมักชีวภาพในสูตรที่แตกต่างกัน

จากการนำน้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 สูตร ส่งเข้าวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยวิธีทดสอบ In-house method base on AOAC and OMAF ด้วยการวิเคราะห์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ได้ผลคือ น้ำหมักสูตรเศษปลา+กากน้ำตาล+น้ำ มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ 2.01 , 0.59, 0.61 เปอร์เซ็นต์

โดยน้ำหนัก ตามลำดับ น้ำหมักสูตร แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ 0.70, 0.04, 0.47 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ น้ำหมักสูตรเศษปลา+แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ 1.30, 0.32, 0.60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

Land Development Department (2007) กล่าวถึงผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและชีวภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพไว้ว่า ธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุอินทรีย์ที่นำมาหมักมีปริมาณธาตุอาหารหลักน้อยมาก ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชจึงควรใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆด้วย

เนื่องจากธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (essential nutrients) มีอยู่ 2 กลุ่ม คือ ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก (macronutrient elements) เช่น ไนโตรเจนเร่งการเจริญของใบ ลำต้น หน้าที่สำคัญ คือ เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เอนไซม์ โปรตีน และวิตามิน ช่วยให้พืชเจริญเติบโตทางด้านใบ ลำต้นและหัว ถ้าขาดไนโตรเจน ใบจะเหลืองซีดขอบใบค่อยๆแห้ง ลำต้นผอมสูง ฟอสฟอรัสเร่งการเจริญเติบโตของรากและการออกดอก หน้าที่สำคัญ เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก ATP ฟอสโฟลิพิด และโคเอนไซม์ ช่วยเร่งการออกดอกและการสร้างเมล็ด ถ้าหากขาดฟอสฟอรัส จะทำให้ใบเล็ก เหลืองอมม่วง แคระแกร็น ออกดอกช้า ติดผลน้อย ส่วนโพแทสเซียม ช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต หรือพืชเส้นใย หน้าที่สำคัญคือ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เกี่ยวกับการสร้างแป้งน้ำตาล และโปรตีน ควบคุมการปิดเปิดของปากใบ ใบม้วนและธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อย (micronutrient elements) เช่น แคลเซียมเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ถ้าขาดแคลเซียมใบอ่อนจะบิดเบี้ยว แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ การสังเคราะห์โปรตีน ถ้าขาดแมกนีเซียมใบอ่อนและยอดจะซีดเหลือง ซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบของโปรตีนบางชนิด วิตามิน B1 เป็นองค์ประกอบของโคเอนไซม์ ทำหน้าที่ในกระบวนการหายใจ เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์การแบ่งเซลล์ เพิ่มปริมาณน้ำมันในพืช ถ้าขาดซัลเฟอร์ใบจะมีสีเหลือง (Namchantuk, 2003)

3. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

จากการส่งตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นสดทั้งหมด 4 ตัวอย่าง วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ณ ศูนย์เครื่องมือและปฏิบัติการมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านปริมาณโปรตีนตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000) *วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000)*วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000) วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000)และ วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ (Department of health, 2001) จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านร้อยละของโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามลำดับ พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1.45, 0.025, 94.54, 2.59 และ1.39 ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากสาหร่ายพวงองุ่นเป็นพืชชั้นต่ำนำธาตุอาหารมาใช้ในการสร้างโปรตีน ไขมัน ได้น้อย ต่างจากพืชตระกูลถั่ว ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ (Hiranrat, 1966)

สรุปผลการวิจัย

1. การใช้น้ำหมักชีวภาพ 3 สูตร และปุ๋ยยูเรียเป็นชุดควบคุม พบว่า ชุดการทดลองที่ให้ปุ๋ยยูเรียทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นดีที่สุด รองลงมาให้น้ำหมักสูตรเศษปลา+กากน้ำตาล+น้ำ, สูตรเศษปลา+แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ และสูตรแตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ ตามลำดับ

2. น้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 สูตร เมื่อวิเคราะห์ธาตุอาหาร ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) พบว่า น้ำหมักสูตรเศษปลา+กากน้ำตาล+น้ำ มีธาตุอาหาร N P K สูงกว่า น้ำหมักสูตรเศษปลา+แตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ และ น้ำหมักสูตรแตงโม+กากน้ำตาล+น้ำ ตามลำดับ แต่น้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 สูตร มีปริมาณธาตุอาหาร N ต่ำกว่าปุ๋ยยูเรีย (Control) ซึ่งมีธาตุอาหาร N P K เท่ากับ 46 0 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

3. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ร้อยละของโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามลำดับ พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละ ของทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1.45, 0.025, 94.54, 2.59 และ 1.39 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2562 เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับผลของการให้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการของการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*)

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ให้การช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ทั้งความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนสถานที่ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวก ด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่อุทิศกำลังใจช่วยในการวิจัยครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนครอบครัวและผองเพื่อนที่ให้ความห่วงใยเป็นกำลังใจเสมอมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านและหน่วยงาน ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C. 2000. **Official Method of Analysis of AOAC International**. 17th ed. Association of Offcial Analytical Chemist, Washington DC.

Burtin, P. 2003. Nutrition value of seaweeds. **Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry** 2(4): 498-503.

Department of health. 2001. **Table showing the nutritional value of Thai food**. Nonthaburi: Food andnutrition analysis division, Division nutrition, Department of health, Ministry of public Health. p. 6-7. [in Thai]

Hiranrat, S. 1966. **Kinds and nutritional value of seaweeds found in Sriracha Bay.** Master Thesis. Kasetsart University. 8 p. [in Thai]

Land Development Department. 2007. **What's in Organic Liquid Fertilizer? Documents for technology transfer, knowledge set and technology land development.** Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 39 p. [in Thai]

Lewmanomont, K. and H. Ogawa. 1995. **Common seaweeds and seagrasses of Thailand**. Bangkok: Faculty of fisheries, Kasatsart Universityy. 164 p.

Namchantuk. K. 2003. **Influence of urea fertilizer and bio-fermented on growth and yield of chinese flowering cabbage (*Brassica chinensis*).** Research report. Princess Narathiwat University, Narathiwat. 7 p. [in Thai]

Pariyawati, S., B. Shiningjinda, S. Direkbusarakhom. 2003. Environmental conditions suitable for the growth of algae bunches (*Caulerpa lentillifera* : J. Agardh). **Fisheries Journal 56(5): 443-448.** [in Thai]

Suwansom, P. 2013. **Study of some important nutrients content in fresh fruit and bio-fermented.** Mahasarakham: Department of chemistry, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Mahasarakham University. 7 p. [in Thai]

Suwankhiri, S. 2004. **Bio-fertilizer or bio-extracted water and its application in efficient microorganisms (EM).** Chiang Mai: (Agriculture and Environment) Agricultural Productivity Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. 18 p. [in Thai]

Session 8

ภาคโปสเตอร์

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดินและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่อินทรีย์

Effects of Various Organic Fertilizer on Soil Nutrients and Yields for Organic Rice Berry Production

สัมพันธ์ ตาติวงค์[1*] ธิดารัตน์ ศิริบูรณ์[1] และเสกสรร สงจันทึก[2]

Samphan Tatiwong[1*], Thidarat Siriboon[1] and Sekson Songjanturk[2]

[1]สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author : Samphan@mju.ac.th

Abstract

Study of Various Organic Fertilizer on Soil Nutrients and Yield for Organic Rice berry Production. Planted in the organic field agronomy farm, agronomy field. MaeJo University with Randomized Complete Block Design (RCBD) has 3 iterations, 6 methods (experiments), method 1, no fertilizer use (Control; T1), method 2, Cow dung compost (T2), method 3, Chicken dung compost (T3). Method 4 Commercial Chicken dung compost (T4) Method 5, Commercial cow dung compost (T5) Method 6: chemical fertilizers with formula 46-0-0 and 16-20-0, divided into 2 times at the age of 40 and 70 days. The results of the experimental study showed that In terms of riceberry yield in both planting cycles, the application of Organic fertilizer Commercial Chicken dung compost (T4) resulted in riceberry rice growing and yielding the highest yield in both planting cycles. As for the soil acidity-base analysis, the use of all kinds of organic fertilizers tended to decrease the pH. But the use of chemical fertilizers increased the pH value. The results of the analysis of soil nutrients How to Use Local Manure Compost After 2 cycles of riceberry planting, the amount of nutrients in the soil decreased. But the use of organic fertilizers to compost ready-made manures and the use of chemical fertilizers. causing the amount of organic matter in the soil to increase even more therefore it can be concluded that The use of Organic fertilizer Commercial Chicken dung compost (T4) is most suitable for growing riceberry in an organic system. It can also increase the amount of organic matter in the soil. During the period of 2 planting cycles, the results of the experiment also showed that The use of ready-made organic fertilizers through spinning to have fine particles until it can be molded into pellets The nutrients in organic fertilizers will be able to decompose for the rice grown in the organic system to use. and can also increase the amount of organic matter in the soil In organic rice planting 2 cycles, but using compost using local cow manure Rice cannot be utilized in time in organic rice cultivation for 2 cycles of planting.

Keywords: organic fertilizers, soil nutrients, riceberry

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัย เรื่อง ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดินและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่อินทรีย์ ได้ดำเนินการในพื้นที่รับผิดชอบของฟาร์มพืชไร่ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 6 กรรมวิธี (สิ่งทดลอง) คือ วิธีการที่ 1 ไม่มีการใช้ปุ๋ย (Control; T1) วิธีการที่ 2 ใส่อินทรีย์วัตถุหมักจากมูลวัวในท้องถิ่น (T2) วิธีการที่ 3 ใส่อินทรียวัตถุหมักจากมูลไก่ในท้องถิ่น (T3) วิธีการที่ 4 ใส่ปุ๋ยอินทรียสำเร็จรูปมูลไก่อัดเม็ด (T4) วิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยอินทรียสำเร็จรูปมูลวัวแบบผง (T5) วิธีการที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 และปุ๋ยสูตร 16-20-0 จำนวน 2 ครั้งที่อายุ 40 และ 70 วัน ผลการศึกษาทดลองพบว่า ด้านผลผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการปลูกทั้ง 2 รอบการปลูก วิธีการใส่อินทรีย์หมักมูลไก่แบบสำเร็จรูป (T4) ทำให้ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีการเจริญเติบโตที่ดีและให้ผลผลิตสูงที่สุดในทั้ง 2 รอบการปลูก ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารดินนั้น วิธีการใช้ปุ๋ยหมักมูลสัตว์ในท้องถิ่น หลังจากดำเนินการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ 2 รอบการปลูกมีปริมาณธาตุอาหารในดินลดลง แต่การใช้ปุ๋ยอินทรย์หมักมูลสัตว์แบบสำเร็จรูปและการใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงมากขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์หมักมูลไก่แบบสำเร็จรูปอัดเม็ด (T4) เหมาะสมต่อการเพาะปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระบบอินทรีย์มากที่สุด และยังสามารถทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มมากขึ้นด้วย จากการปลูก 2 รอบการปลูก ซึ่งจากผลการทดลองยังทำให้เห็นว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์สำเร็จรูป ที่ผ่านการปั่นให้มีอนุภาคละเอียดจนสามารถปั้นขึ้นรูปเป็นก้อนอัดเม็ด ธาตุอาหารที่อยู่ในปุ๋ยอินทรีย์จะสามารถย่อยสลายให้ข้าวที่เพาะปลูกในระบบอินทรีย์ใช้ประโยชน์ได้ และยังสามารถทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นได้ ในการปลูกข้าวอินทรีย์ 2 รอบการปลูก แต่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์หมักแบบใช้มูลวัวท้องถิ่น ข้าวไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันในการปลูกข้าว ระบบอินทรีย์ 2 รอบการปลูก

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์ ธาตุอาหารในดิน ข้าวไรซ์เบอร์รี่

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก ประชากรมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ของประชากรโลกรับประทานข้าวเป็นอาหารหลัก (Venkategowda *et al*., 2015; Toto and Tran, 2011) และข้าวยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญกับมาตรฐานของผลผลิตทางการเกษตรกันมากขึ้น โดยเฉพาะผลผลิตสินค้าในระบบอินทรีย์ ซึ่งในปัจจุบันถือว่าเป็นระบบการผลิตสินค้าเกษตรที่มีความปลอดภัยที่สุด ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวอีกพันธุ์หนึ่งที่นิยมปลูกในระบบการผลิตแบบอินทรีย์ ซึ่งนอกจากจะเป็นพันธุ์ข้าวที่สามารถให้ผลผลิตได้ดีในการปลูกแบบระบบอินทรีย์แล้ว ข้าวไรซ์เบอร์รี่ยังมีคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์อีกมากมายหลายอย่างอีกด้วย ปัญหาอีกอย่างหนึ่งของการผลิตข้าวในระบบอินทรีย์ คือ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน ปัญหาที่พบคือ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากอินทรียวัตถุ ต้นพืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารขึ้นมาใช้ได้โดยทันที จะสามารถนำมาใช้ได้ในปริมาณทีละน้อยๆ ทำให้ต้นพืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี แต่ในระยะยาวปริมาณอินทรียวัตถุที่ใส่เข้าไปจะทำให้ปริมาณธาตุอาหารดินเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ปุ๋ยแบบเคมี และที่เห็นผลชัดเจนที่สุด คือ โครงสร้างของดิน ซึ่งจะดีขึ้นมากกว่าการใช้ปุ๋ยแบบเคมี ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดินของข้าวไรซ์เบอร์รี่อินทรีย์ เพื่อให้ทราบถึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารดินในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ และระยะเวลาที่ทำให้ในธาตุอาหารดินเปลี่ยนแปลงในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิด ในการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ระบบอินทรีย์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับเกษตรกรกลุ่มผู้ปลูกข้าวในระบบอินทรีย์ ในการจัดการเรื่องอินทรียวัตถุต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ/วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ระบบอินทรีย์
2. ดินมีเดีย (วัสดุเพาะ) ตรา คราสแมน
3. สารชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืช ตราสะเดาไทย 111 (อะซาไดเรกติน) ขนาด 1 ลิตร
4. สารชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ตราลาร์มิน่า (บาซิลลัส ซับทิลิส) 1 กิโลกรัม
5. สารชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืช ตราไตรซาน (ไตรโคเดอร์ม่า ฮาร์เซียนั่ม) 1 กิโลกรัม
6. สารชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืช ตราบูเวริน (บูเวเรีย บัสเซียน่า) 1 กิโลกรัม
7. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสำเร็จรูป ตรา ซากุระเขียว (อะมิโนเปปไทด์) 1 ลิตร
8. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสำเร็จรูป ตรา ซากุระแดง (อะมิโนเปปไทด์) 1 ลิตร
9. ปุ๋ยอินทรีย์มูลค้างคาว (ปุ๋ยอินทรีย์สำเร็จรูป)
10. ปุ๋ยอินทรียวัตถุหมักจากมูลวัวในท้องถิ่น
11. ปุ๋ยอินทรียวัตถุหมักจากมูลไก่ในท้องถิ่น

19. สายวัด
20. ไม้บรรทัด
21. เชือกไนล่อน
22. ไม้หลักปักแปลง
23. จอบขุด
24. ไม้วัดความสูง
25. เสาเหล็ก 3 นิ้ว
26. ลวดสลิง
27. ตาข่ายกันนก
28. ขวาน
29. ค้อน

12. ปุ๋ยอินทรียวัตถุหมักจากมูลไก่อัดเม็ด (ปุ๋ยอินทรีย์สำเร็จรูป)
13. ปุ๋ยอินทรีย์หมักดิบจากมูลวัว (ปุ๋ยอินทรีย์สำเร็จรูป)
14. ถุงกระดาษเก็บตัวอย่าง เบอร์ 12
15. ถุงตาข่ายเก็บตัวอย่างสีฟ้า
16. เคียวเกี่ยวข้าว
17. ตาชั่ง ขนาด 5 กิโลกรัม
18. ถุงพลาสติก
30. คีม
31. เชือกฟาง
32. หนังยาง
33. ตาชั่งดิจิตอล
34. รถเข็น
35. ตอกมัดข้าว
36. ถุงซิบขนาดเล็ก

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดินและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่อินทรีย์ ดำเนินการศึกษาทดลองที่ แปลงปลูกพืชไร่อินทรีย์ ฟาร์มพืชไร่ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยลักษณะดินในพื้นที่ดังกล่าวเป็นชุดดินสันทราย ที่มีคุณสมบัติดินบนเป็นดินรวนปนทราย มีสีน้ำตาลปนเทาหรือปนเทาเข้ม ปฏิกิริยาดินส่วนใหญ่เป็นกรดจัดมาก ถึงเป็นกลาง (pH 5.0-7.0) ดินล่างเป็นดินรวนปนทรายถึงดินรวนเหนียวปนทราย สีเทา เทาออนหรือเทาปนชมพู มีความอุดมสมบูรณต่ำ และใต้ชั้นไถพรวนมักแน่นทึบ รากพืชจะชอนไชได้ค่อนข้างยาก ใช้แผนการทดลอง Randomized Complete Block Design (RCBD) มีจำนวนซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ 6 กรรมวิธีคือ วิธีการที่ 1 (T1) แปลงที่ไม่มีการใช้ปุ๋ย (Control) วิธีการที่ 2 (T2) ใส่ปุ๋ยอินทรียวัตถุหมักจากมูลวัว ที่ผ่านการหมักมาอย่างน้อย 30 วัน โดยใส่ในแปลงในปริมาณ 1,500 กิโลกรัม/ไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง ที่อายุข้าว 40 วัน และ 70 วัน วิธีการที่ 3 (T3) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์วัตถุหมักจากมูลไก่ ที่ผ่านการหมักมาอย่างน้อย 30 วัน โดยใส่ในแปลงในปริมาณ 1,500 กิโลกรัม/ไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง ที่อายุข้าว 40 วัน และ 70 วัน วิธีการที่ 4 (T4) ใส่ปุ๋ยอินทรียวัตถุหมักจากมูลไก่อัดเม็ด (ปุ๋ยอินทรีย์สำเร็จรูป) โดยใส่ในแปลงในปริมาณ 1,000 กิโลกรัม/ไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง ที่อายุข้าว 40 วัน และ 70 วัน วิธีการที่ 5 (T5) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์หมักดิบจากมูลวัว (ปุ๋ยอินทรีย์สำเร็จรูป) โดยใส่ในแปลงในปริมาณ 1,000 กิโลกรัม/ไร่ แบ่งใส่จำนวน 2 ครั้งที่อายุข้าว 40 วัน และ 70 วัน และวิธีการที่ 6 (T6) ใส่ปุ๋ยเคมี โดยใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ในปริมาณ 30 กิโลกรัม/ไร่ ที่อายุ 40 วัน และใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 ในปริมาณ 30 กิโลกรัม/ไร่ ที่อายุ 70 วัน ในส่วนของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในดิน โดยการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างดิน สุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลง จำนวน 5 จุด ในแปลงขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 4 เมตร เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ทั้งหมด 4 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนปลูกข้าวรอบที่ 1 ครั้งที่ 2 หลังการปลูกข้าวรอบที่ 1 ครั้งที่ 3 ก่อนปลูกข้าวรอบที่ 2 และ ครั้งที่ 4 หลังการปลูกข้าวรอบที่ 2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารดิน กรรมวิธี ทั้ง 5 วิธี ใช้การจัดการระบบเดียวกัน โดยแบ่งแปลงปลูกเป็นจำนวน 15 แปลง และกรรมวิธีที่ 6 จะปลูกข้าวในบล็อคซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร จำนวน 3 บล็อค เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของปุ๋ยเคมีไปในพื้นที่ของระบบอินทรีย์ ในแต่ละกรรมวิธี มีจำนวนแปลงทั้งหมด 3 แปลง ขนาดแปลงปลูกมีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 4 เมตร มีคันดินป้องกันการเคลื่อนย้ายของอินทรีย์วัตถุในแต่ละแปลง การใช้ระบบการเพาะปลูกข้าวแบบนาดำ ใช้จำนวนต้นกล้า 2 ต้นต่อหลุมปลูก ดำเนินการเก็บบันทึกข้อมูลที่สำคัญ ข้อมูลการเจริญเติบโต ความสูงและจำนวนต้นต่อกอ ข้อมูลผลผลิต

และองค์ประกอบของผลผลิต เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติของผลผลิต ส่งตัวอย่างดิน วิเคราะห์อินทรียวัตถุ (O.M.) โดยวิธี Walkley and Black วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน โดยวิธี Kjeldahl Method วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน สกัดด้วยน้ำยา Bray II วัดความเข้มข้นด้วย Spectrophotometer วิเคราะห์โพแทสเซียมในดิน สกัดด้วย IN NH_4O AC pH 7.0 วัดด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัย เรื่อง ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดินของข้าวไรซ์เบอร์รี่อินทรีย์ ผลการทดลองพบว่า ด้านผลผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการปลูกทั้ง 2 รอบการปลูก วิธีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หมักมูลไก่แบบสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด (T4) ส่งทำให้ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีการเจริญเติบโตที่ดีและให้ผลผลิตสูงที่สุด ในทั้ง 2 รอบการปลูก ส่วนค่าการวิเคราะห์ความเป็นกรด-เบส ของดิน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทุกชนิดมีแนวโน้มทำให้ความเป็นกรด-เบสลดลง แต่การใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสเพิ่มสูงขึ้น ด้านผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารดินนั้น กรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยหมักมูลสัตว์ในท้องถิ่น (กรรมวิธีที่ 2 และ 3) ที่ลักษณะเนื้อปุ๋ยเป็นก้อนที่มีขนาดอนุภาคค่อนข้างใหญ่ หลังจากดำเนินการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ 2 รอบการปลูก ผลการวิเคราะห์พบว่า ดินมีปริมาณธาตุอาหารลดลง แต่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์หมักมูลสัตว์แบบสำเร็จรูป (กรรมวิธีที่ 4 และ 5) ที่มีลักษณะเป็นผงค่อนข้างละเอียดหรือเป็นรูปแบบอัดเม็ด และการใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงมากขึ้น (Table 2)

Figure 1 Showing the steps of seedlings and organic rice cultivation planting cycle 1

Figure 2 Show the growing process of organic rice. Planting cycle 1 and cycle 2

Figure 3 Show the process of production information of organic rice. Planting round 1 and collecting soil samples before planting rice round 2

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์หมักจากมูลสัตว์สำเร็จรูป ที่ผ่านการหมักค่อนข้างใช้เวลานาน ก่อนจะใช้กรรมวิธีบดหรือปั่นจนละเอียดมากๆ จนสามารถปั้นขึ้นรูปเป็นก้อนอัดเม็ด จะทำให้ธาตุอาหารที่อยู่ในปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวสามารถย่อยสลายได้เร็ว ทำให้ข้าวที่เพาะปลูกในระบบอินทรีย์สามารถดูดซึมธาตุอาหารดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ได้ และยังคงเหลือตกค้างในดิน สามารถทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นได้ ในการปลูกข้าวอินทรีย์ 2 รอบการปลูก แต่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักโดยใช้มูลสัตว์ในท้องถิ่น ที่ไม่มีการปั่นหรือปั่น ให้อนุภาคมีขนาดเล็ก อินทรียวัตถุที่มีอยู่ในปุ๋ยดังกล่าวไม่สามารถย่อยสลายได้ ในการปลูกข้าวแบบระบบอินทรีย์ใน 2 รอบการปลูก ต้นข้าวจึงไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทัน และยังไม่สามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินได้

Table 1 The results of the analysis of macronutrient content in the soil samples were 4 times in 2 organic riceberry planting cycles by using 6 types of organic fertilizers and chemical fertilizers.

Experiment	% N Nitrogen				Available - P (Phosphorus) (ppm)				Extractable forms - K (Potassium) (ppm)			
	Before Round 1	After Round 1	Before Round 2	After Round 2	Before Round 1	After Round 1	Before Round 2	After Round 2	Before Round 1	After Round 1	Before Round 2	After Round 2
No Fertilizer (Control) (T1)	0.025	0.019b	0.040b	0.021b	92.33	94.33	124.33	89.67	76b	65.67	70b	47.33b
Cow dung compost (T2)	0.026	0.023b	0.036b	0.022b	90.67	106.00	114.67	89.00	77b	65.33	54.33ab	41b
Chicken dung compost (T3)	0.019	0.022b	0.046b	0.023b	86.33	97.67	122.33	101.67	63.6b7	90.67	46ab	42.33b
Commercial Chicken dung compost (T4)	0.022	0.020b	0.035b	0.034b	93	103.33	116.67	102	84.67b	70	58.33ab	34.33bc
Commercial cow dung compost (T5)	0.025	0.019b	0.032b	0.033b	88	94.00	109.33	103.67	78.67b	71	60.67ab	17.00c
Chemical fertilizer (T6)	0.070	0.093a	0.127a	0.105a	76	83.67	133	66.33	180a	99	100a	92.00a
Mean	**0.031**	**0.033**	**0.053**	**0.040**	**87.72**	**96.50**	**120.06**	**92.06**	**93.33**	**76.94**	**64.89**	**45.67**
%CV	**67.59**	**38.29**	**24.10**	**32.85**	**19.85**	**24.81**	**27.10**	**17.33**	**13.03**	**22.54**	**19.20**	**25.13**
F-test	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	**	***

Table 2 Show results of acid-base analysis. and organic matter content in soil samples 4 times in organic riceberry planting 2 cycles of planting. from the use of 6 types organic fertilizers and of chemical fertilizers.

Experiment	Soil pH (pH)				Organic matter (%OM)			
	Before Round 1	After Round 1	Before Round 2	After Round 2	Before Round 1	After Round 1	Before Round 2	After Round 2
No Fertilizer (Control) (T1)	6.41	5.87	6.42b	6.06b	0.50	0.38b	0.81b	0.42b
Cow dung compost (T2)	6.33	5.98	6.27b	6.18b	0.51	0.47b	0.72b	0.43b
Chicken dung compost (T3)	6.01	6.16	6.19b	6.12b	0.38	0.45b	0.92b	0.46b
Commercial Chicken dung compost (T4)	5.97	6.14	6.30b	6.45b	0.44	0.40b	0.70b	0.68b
Commercial cow dung compost (T5)	6.00	6.05	6.34b	6.15b	0.49	0.37b	0.64b	0.66b
Chemical fertilizer (T6)	6.82	6.66	7.19a	6.98a	1.39	1.85a	2.55a	2.10a
Mean	6.26	6.14	6.45	6.32	0.62	0.65	1.06	0.79
%CV	6.43	5.99	3.66	3.85	68.61	39.53	25.21	32.83
F-test	ns	ns	**	**	ns	***	***	***

Table 3 Show yield and yield composition of organic riceberry. from the use of 6 types of organic fertilizers and chemical fertilizers in 2 planting cycles

Experiment	Panicle length (cm)		Panicle per Hill (Panicle)		1,000 Grain Weight (TGW ; g)		Yield/Rai (kg)	
	Round 1	Round 2	Round 1	Round 2	Round 1	Round 2	Round 1	Round 2
No Fertilizer (Control) (T1)	26.71	23.27b	5.22	12ab	21.83	20.82b	105.73b	175b
Cow dung compost (T2)	26.12	25.13ab	5.27	11b	23.13	26.46a	199.00b	215.56b
Chicken dung compost (T3)	26.63	24.92ab	4.67	12.33ab	21.50	23.94b	198.00b	198.94b
Commercial Chicken dung compost (T4)	25.57	24.41ab	5.31	15a	22.09	27.40a	364.00a	272.83a
Commercial cow dung compost (T5)	24.93	25.83a	6.49	12.67ab	22.90	22.34b	222.00b	220.34b
Chemical fertilizer (T6)	26.21	25.17ab	5.49	15a	22.30	26.55a	217.10b	256.51a
Mean	**26.03**	**24.79**	**5.41**	**13**	**24.19**	**24.59**	**217.63**	**223..20**
%CV	10.76%	4.99%	30.41%	15.40%	3.13%	7.91%	33.35%	12.58%
F-test	ns	*	ns	*	ns	*	*	*

สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย สามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์หมักมูลไก่แบบสำเร็จรูปอัดเม็ด (T4) เหมาะสมต่อการเพาะปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระบบอินทรีย์มากที่สุด และยังสามารถทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มมากขึ้นด้วย ในช่วงระยะเวลา 2 รอบการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งจากผลการทดลอง สามารถนำผลดังกล่าว ไปเผยแพร่ให้แก่เกษตรกรกลุ่มผู้ปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่หรือข้าวพันธุ์อื่นๆ ที่ปลูกในระบบอินทรีย์ใช้ประโยชน์ได้ และยังสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงเรื่องปัจจัยการผลิตพืชในระบบอินทรีย์ ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีในการผลิตน้อยมาก โดยเฉพาะควรปรับปรุงในส่วนของรูปแบบของปุ๋ยอินทรีย์ให้มีขนาดอนุภาคให้เล็กที่สุด และศึกษาพัฒนาส่วนผสมต่างๆ ที่ถูกต้องตามระบบแบบอินทรีย์ และจัดรูปแบบของปุ๋ยให้มีลักษณะการใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีมากที่สุด จะทำให้การปลูกพืชในระบบอินทรีย์มีความยั่งยืนมากขึ้นต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่อง ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดินของข้าวไรซ์เบอร์รี่อินทรีย์ สามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2542 คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขอขอบคุณ ฟาร์มพืชไร่ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนเรื่องสถานที่ดำเนินการวิจัย และเครื่องจักรกล รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำให้การดำเนินการวิจัยในครั้งเสร็จสิ้นสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

Toto H. and L.S.P. Tran. 2011. Progress studies of drought-responsive genes in rice. **Plant Cell Rep.** 30: 297-310.

Venkategowda R., S. Basu., C. Gupta and A. Pereia. 2015. Regulation of grain yield rice under well- watered and drought stress condition by GUDK. **Plant Signaling & Behavior** 10:11.

Session 9

ภาคบรรยาย

ผลของพันธุ์และเพศต่อสมรรถภาพการผลิตและส่วนประกอบซากของไก่กระทง
Effect of Breed and Sex on Performance and Carcass Composition of Broilers

กฤติกานต์ คำพร[1*] นพพร สุรินทร์[1] สมชาติ ศิริสื่อสุวรรณ[2] และคัธรียา มะลิวัลย์[2]

Krittikarn Kamporn[1*], Nopporn Surin[1], Somchat Siriseusuwan[2] and Kutthareeya Maliwan[2]

[1]วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีชลบุรี สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคกลาง ชลบุรี 20250

[2]วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีฉะเชิงเทรา สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคกลาง ฉะเชิงเทรา 24120

[1]Chonburi College of Agriculture and Technology, IVEACER, Chonburi, Thailand 20250

[2]Chachoengsao College of Agriculture and Technology, IVEACER, Chachoengsao, Thailand 24120

* Corresponding author: KK_krittikarn23@hotmail.com

Abstract

The objective of this study was to evaluate production performance and carcass composition of 2 commercial breeds of broiler chicken. A total of 160 day-old chicks, males and females of Arbor Acre and Ross were used. The birds were distributed in a completely randomized design in a factorial arrangement 2×2 (breed×sex) forming 4 treatments with 4 replicates each. The birds were fed with the same diet. Body weight, average daily gain, feed consumption and feed conversion ratio were determined at 35 and 42 days. Two chickens from each group were slaughtered to calculate carcass percentage on 45 days of age. No significant different among breed was noticed on body weight gain, feed consumption, feed conversion ratio and percentage of carcass, breast, wing, tight and drumstick (P>0.05). However, male broiler significantly (P<0.01) had better mean value than female for weight gain, feed consumption, feed conversion ratio, carcass weight and carcass percentage. There were significant genotype × sex interaction effects on feed conversion ratio. The Ross male and Arbor Acre male had better feed conversion ratio than Ross female and Arber Acre female (p<0.05) and Ross female had better feed conversion ratio than Arber Acre female (p<0.05).

Keywords: broiler, breed, sex, performance, carcass composition

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถภาพการผลิต และส่วนประกอบซากของไก่กระทงพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ คือ อาร์เบอร์ เอเคอร์ และรอสส์ อายุ 1 วัน เพศผู้ และเพศเมีย จำนวน 160 ตัว จัดสิ่งทดลองแบบ 2 × 2 แฟคตอเรียล (พันธุ์และเพศ) ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด แต่ละสิ่งทดลองทำ 4 ซ้ำ อาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นอาหารสำเร็จรูปอัดเม็ดสูตรเดียวกัน คำนวณน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักที่อายุ 35 และ 42 วัน เมื่อไก่อายุ 45 วัน ทำการสุ่มไก่กระทงซ้ำละ 2 ตัว ชำแหละ เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ซาก พบว่า อิทธิพลของพันธุ์ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร เปอร์เซ็นต์ซาก เนื้ออก ปีก เนื้อสะโพก และเนื้อน่อง ($P>0.05$) ไก่เพศผู้มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และน้ำหนักซากดีกว่าไก่เพศเมีย ($P<0.01$) พบปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์และเพศ โดยไก่เพศผู้พันธุ์รอสส์ และอาร์เบอร์ เอเคอร์ มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารสูงกว่าไก่เพศเมียพันธุ์รอสส์ และเพศเมียพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ ($P<0.05$) และไก่เพศเมียพันธุ์รอสส์ มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าไก่เพศเมียพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ ($P<0.05$)

คำสำคัญ: ไก่กระทง พันธุ์ เพศ สมรรถภาพการผลิต ส่วนประกอบซาก

คำนำ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่กระทงมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2562 มีผู้เลี้ยงไก่กระทง 32,631 คน มีปริมาณการเลี้ยงไก่กระทง 1,684.26 ล้านตัว หรือ 2.49 ล้านตัน ส่งออกเนื้อไก่ 900,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 105,500 ล้านบาท ปริมาณการเลี้ยงและการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการบริโภคและการส่งออกที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการผลิตไก่กระทงของไทยมีการจัดการฟาร์มที่ได้มาตรฐาน และมีระบบการผลิตปลอดภัยเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ (DLD Data and Information Center, 2020) ลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไก่กระทงที่สำคัญ คือ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร โดยสายพันธุ์ เพศ และสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะดังกล่าว (Lopez, 2011) พันธุ์ไก่กระทงทีนิยมเลี้ยงในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ ที่สำคัญได้แก่ อาร์เบอร์ เอเคอร์ รอส ฮับบาร์ด เอเนค และคอบบ์ แต่ละสายพันธุ์มีสมรรถภาพการผลิตที่แตกต่างกัน

Ciurescu and Grosu (2011) รายงานสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงพันธุ์การค้าต่างๆ เมื่ออายุ 42 วัน ว่า น้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยไก่พันธุ์รอสส์308 คอบบ์500 และอาร์เบอร์ เอเคอร์ มีน้ำหนักตัว 2.438, 2.375 และ 2.414 กิโลกรัม ตามลำดับ และมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 58.05, 56.55 และ 57.48 กรัม ตามลำดับ Suchon *et al.* (2017) รายงานว่า ไก่เพศผู้ของพันธุ์คอบบ์ อาร์เบอร์ เอเคอร์ และรอสส์มีสมรรถภาพการผลิตดีกว่าไก่เพศเมีย ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของเพศผู้และเพศเมียเท่ากับ 2.97 และ 2.52 กิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 4.77 และ 4.30 กิโลกรัม ตามลำดับ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเท่ากับ 1.63 และ 1.75 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังรายงานว่าไก่เพศผู้มีกำไร

ที่คำนวณเฉพาะค่าอาหารต่อตัวสูงกว่าไก่เพศเมีย 35.70 และ 20.77 บาท ตามลำดับ Obike *et al*. (2018) รายงานว่าอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง เมื่ออายุ 8 สัปดาห์ น้ำหนักตัว และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่เพศผู้พันธุ์มาร์แชลล์ และรอสส์ มีน้ำหนักมากกว่า และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าเมื่อเทียบกับไก่เพศผู้และเพศเมียพันธุ์ฮับบาร์ด และเพศเมียพันธุ์มาร์แชลล์ และรอสส์ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และปริมาณการกินอาหารของไก่ทั้ง 2 เพศ

Saijai and Damnern (2020) รายงานว่าพันธุ์ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก โดยไก่พันธุ์ฮับบาร์ด คอบบ์ รอสส์ และอาร์เบอร์ เอเคอร์มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากเท่ากับ 77.87, 76.93, 76.33 และ 77.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่พันธุ์มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้ออก กล้ามเนื้อสะโพก กล้ามเนื้อน่อง และโครงกระดูกอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยพันธุ์คอบบ์มีเปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้ออกใกล้เคียงกับพันธุ์รอสส์ และฮับบาร์ด ($P>0.05$) แต่สูงกว่าพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ ($P<0.05$) ขณะที่พันธุ์คอบบ์ และรอสส์มีค่าฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ไก่พันธุ์คอบบ์มีเปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้อน่องใกล้เคียงกับพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ ($P>0.05$) แต่สูงกว่าพันธุ์ฮับบาร์ด และรอสส์ ($P<0.05$) และไก่พันธุ์ฮับบาร์ดมีเปอร์เซ็นต์เนื้อน่องสูงกว่าพันธุ์รอสส์ด้วย ($P<0.05$) เปอร์เซ็นต์เนื้อน่องระหว่างพันธุ์คอบบ์ รอสส์ และฮับบาร์ด และระหว่างพันธุ์รอสส์ และฮับบาร์ด มีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) Suchon *et al.* (2017) รายงานว่าไก่เพศผู้และเพศเมียพันธุ์คอบบ์ อาร์เบอร์ เอเคอร์ และรอสส์ไม่พบความแตกต่างด้านเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนของซาก ($P>0.05$) ยกเว้นเพศผู้มีเปอร์เซ็นต์ส่วนของขามากกว่าเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42 และ 2.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของพันธุ์ และเพศที่มีต่อสมรรถภาพการผลิต และส่วนประกอบซากในไก่กระทงพันธุ์การค้า เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการตัดสินใจในการเลือกพันธุ์ไก่กระทงที่มีสมรรถภาพการผลิตสูง และคุณภาพซากสอดคล้องกับความต้องการของตลาด เพื่อให้มีผลกำไรจากการเลี้ยงมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวางแผนทดลองและสัตว์ทดลอง ทดลองกับไก่กระทงอายุ 1 วัน จากตัวแทนจำหน่ายในท้องถิ่น ไก่กระทงที่ใช้เป็นสายพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ คือ พันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ และพันธุ์รอสส์ พันธุ์ละ 80 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ 40 ตัว เพศเมีย 40 ตัว จัดสิ่งทดลองแบบ 2×2 แฟคตอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Factorial in CRD) แต่ละสิ่งทดลองทำ 4 ซ้ำๆ ละ 10 ตัว ทำการทดลองในโรงเรือนปิด แผนกวิชาสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีชลบุรี ทำการกกลูกไก่แยกกันแต่ละซ้ำ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ด้วยหลอดไฟขนาด 60 วัตต์ อาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นอาหารสำเร็จรูปอัดเม็ด อาหารระยะแรก ระยะที่ 2 และระยะที่ 3 มีโปรตีน 21, 19.5 และ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารระยะแรกให้กินในช่วงอายุ 0-2 สัปดาห์ อาหารระยะที่ 2 ให้กินช่วงอายุ 3-4 สัปดาห์ และระยะที่ 3 ให้กินช่วงอายุ 6 สัปดาห์ มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา ให้แสงวันละ 23 ชั่วโมง ทำวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิล+หลอดลมอักเสบติดต่อเมื่ออายุ 5 วัน และวัคซีนกัมโบโรเมื่ออายุ 14 วัน ทดลองเป็นระยะเวลา 42 วัน

2. การบันทึกข้อมูล

2.1 บันทึกน้ำหนักไก่เริ่มทดลอง และเมื่ออายุ 35 และ 42 วัน โดยการชั่งน้ำหนักรวมกันทั้งซ้ำ

2.2 บันทึกปริมาณอาหารที่ให้และปริมาณอาหารที่เหลือทุกสัปดาห์

2.3 บันทึกจำนวนไก่ตาย

2.4 เมื่ออายุ 45 วัน สุ่มไก่ซ้ำละ 2 ตัว ชำแหละเพื่อศึกษาส่วนประกอบซาก

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน ตามการจัดสิ่งทดลองแบบ 2×2 แฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดยใช้ PROC GLM ในโปรแกรมสำเร็จรูป SAS Version 9.0 (SAS, 2002) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's (Steel and Torrie, 1981)

ผลการวิจัย

อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในช่วงอายุ 0-35 วัน แสดงในตารางที่ 1 พบว่า อิทธิพลของพันธุ์ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (P>0.05)

อิทธิพลของเพศมีผลต่อสมรรถภาพการผลิต โดยไก่เพศผู้มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารสูงกว่าไก่เพศเมีย (P<0.01)

อิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์และเพศไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน และปริมาณอาหารที่กิน (P>0.05) แต่ไก่เพศผู้พันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ และรอสส์ มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักดีกว่าไก่เพศเมียพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ และพันธุ์รอสส์ (P<0.05) ไก่เพศเมียพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าไก่เพศเมียพันธุ์รอสส์ (P<0.05) ขณะที่ไก่เพศผู้พันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ และพันธุ์รอสส์ไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

Table 1 Effect of breed and sex on production performance from 0 to 35 days of age

Breed	Sex	Production performance		
		Weight gain (g)	Feed intake (g)	Feed conversion ratio
Arbor Acre		2,224.39	4,201.60	1.895
Ross308		2,184.78	4,218.27	1.945
	Male	2,368.25	4,242.25	1.791
	Female	2,040.92	4,177.62	2.049
Breed × Sex				
Arbor Acre	Male	2,367.12	4,260.89	1.799^{a}
Arbor Acre	Female	2,081.65	4,142.31	1.990^{b}

Table 1 (Continued)

Breed	Sex	Production performance		
		Weight gain (g)	Feed intake (g)	Feed conversion ratio
Ross	Male	2,369.37	4,223.61	1.783[a]
Ross	Female	2,000.18	4,112.94	2.108[c]
Pr>F				
Breed		0.1361	0.7724	0.1019
Sex		<0.0001	<0.0001	<0.0001
Breed×Sex		0.1171	0.3574	0.0350

อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อสมรรถภาพการผลิตช่วงอายุ 0-42 วัน แสดงในตารางที่ 2 พบว่าอิทธิพลของพันธุ์ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (P>0.05) อิทธิพลของเพศมีผลต่อสมรรถภาพการผลิต โดยไก่เพศผู้มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารสูงกว่าไก่เพศเมีย (P<0.01) อิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์และเพศไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และปริมาณอาหารที่กิน (P>0.05) แต่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่เพศผู้พันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ และรอสส์ มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักดีกว่าไก่เพศเมียพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ และพันธุ์รอสส์ และไก่เพศเมียพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าไก่เพศเมียพันธุ์รอสส์ (P<0.05)

Table 2 Effect of breed and sex on production performance from 0 to 42 days of age

Breed	Sex	Production performance		
		Weight gain (g)	Feed intake (g)	Feed conversion ratio
Arbor Acre		3,016.82	5,812.46	1.939
Ross		2,970.41	5,847.80	1.956
	Male	3,313.49	5,790.00	1.802
	Female	2,673.74	5,591.26	2.092
Breed × Sex				
Arbor Acre	Male	3,315.40	6,031.46	1.819[a]
Arbor Acre	Female	2,718.24	5,593.45	2.059[b]

Table 2 (Continued)

Breed	Sex	Production performance		
		Weight gain (g)	Feed intake (g)	Feed conversion ratio
Ross Male		3,311.58	5,908.54	1.786[a]
Ross Female		2,629.24	5,589.06	2.127[c]
Pr>F				
Breed		0.3514	0.3955	0.4920
Sex		<0.0001	0.0002	<0.0001
Breed×Sex		0.3912	0.4279	0.0412

อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อส่วนประกอบซากของไก่กระทงอายุ 45 วัน แสดงในตารางที่ 3 พบว่า อิทธิพลของเพศมีผลต่อน้ำหนักไก่ก่อนชำแหละ และน้ำหนักซากอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.01) โดยไก่เพศผู้และเพศเมียมีน้ำหนักมีชีวิตก่อนชำแหละเท่ากับ 3.43 และ 2.77 กิโลกรัม ตามลำดับ และมีน้ำหนักซากเท่ากับ 2.80 และ 2.24 กิโลกรัม ตามลำดับ ไม่พบอิทธิพลของพันธุ์ อิทธิพลของเพศ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์และเพศไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้ออก เปอร์เซ็นต์ปีก เปอร์เซ็นต์สะโพก และเปอร์เซ็นต์น่อง (P>0.05)

Table 3 Effect of breed and sex on carcass composition of broiler at 45 days of age

Breed	Sex	Carcass composition						
		Slaughter weight	Carcass (kg)	Carcass (%)	Breast (%)	Wing (%)	Thigh (%)	Drumstick (%)
Arbor Acre		3.138	2.544	81.068	21.911	8.3588	13.241	9.005
Ross		3.058	2.493	81.526	21.848	8.3538	13.571	9.058
	Male	3.430	2.800	81.637	21.690	8.443	13.670	9.150
	Female	2.765	2.237	80.956	22.069	8.270	13.143	8.913
Breed × Sex								
Arbor Acre	Male	3.468	2.814	81.139	21.475	8.368	13.500	9.260
Arbor Acre	Female	2.807	2.274	80.997	22.348	8.350	12.983	8.750

Table 3 (Continued)

Breed	Sex	Carcass composition						
		Slaughter weight	Carcass (kg)	Carcass (%)	Breast (%)	Wing (%)	Thigh (%)	Drumstick (%)
Ross Male		3.393	2.786	82.135	21.905	8.518	13.840	9.040
Ross Female		2.723	2.201	80.916	21.790	8.190	13.303	9.075
Pr>F								
Breed		0.2094	0.3735	0.7805	0.9426	0.9820	0.5750	0.7703
Sex		<0.0001	<0.0001	0.6793	0.6700	0.4411	0.3750	0.2015
Breed×Sex		0.9468	0.6921	0.7431	0.5796	0.4878	0.9863	0.1470

วิจารณ์ผลการวิจัย

อิทธิพลของพันธุ์ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่พันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ และรอสส์ ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในช่วงอายุ 42 วัน นั้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของพันธุ์ที่นำมาทดลองพบว่าของไก่ทั้ง 2 พันธุ์ มีสมรรถภาพการผลิตใกล้เคียงกันมาก สรุปได้ว่าพันธุกรรมของไก่ทั้ง 2 พันธุ์ มีศักยภาพใกล้เคียงกัน ผลการทดลองสอดคล้องกับ Suchon *et al.* (2017) ที่รายงานว่าไก่ทั้ง 2 พันธุ์มีค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการผลิตใกล้เคียงกัน ขณะที่ Elwahab (2016) รายงานค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่ทั้ง 2 พันธุ์ว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และปริมาณอาหารที่กินมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ($P>0.05$)

เพศมีอิทธิพลต่อสมรรถภาพการผลิต เมื่ออายุ 42 วัน สอดคล้องกับการทดลองของ Nascimento *et al.* (2018) Livingston *et al.* (2020) และ Suchon *et al.* (2017) ที่รายงานว่าไก่เพศผู้มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่า กินอาหารมากกว่า และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าไก่เพศเมีย ($P<0.01$)

อิทธิพลปฏิกิริยาร่วมของพันธุ์และเพศไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน สอดคล้องกับการทดลองก่อนหน้าของ Nascimento *et al.* (2018) ที่ทดลองในไก่กระทงพันธุ์ คอบบ์ รอสส์ และฮับบาร์ด และ Livingston *et al.* (2020) ที่ทดลองในไก่กระทงพันธุ์คอบบ์ และรอสส์ ขณะที่พบปฏิกิริยาร่วมของพันธุ์และเพศในประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักในช่วงอายุ 0-35 วัน และ 0-42 วัน สอดคล้องกับการทดลองก่อนหน้าของBenyi *et al.* (2015) ที่พบปฏิกิริยาร่วมของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในไก่กระทงพันธุ์คอบบ์ และรอสส์

จากการศึกษาพบว่าอิทธิพลของเพศมีผลต่อน้ำหนักซากอย่างมีนัยสำคัญ โดยไก่เพศผู้มีน้ำหนักซากมากกว่าเพศเมียเนื่องจากน้ำหนักมีชีวิตของไก่เพศผู้สูงกว่าเพศเมียจึงมีผลต่อน้ำหนักซากด้วย ขณะที่อิทธิพลของพันธุ์ และอิทธิพลของเพศไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้ออก เปอร์เซ็นต์ปีก เปอร์เซ็นต์สะโพก และเปอร์เซ็นต์น่อง ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Suchon . (2017) ที่รายงานว่าไก่กระทงพันธุ์คอบบ์ อาร์เบอร์ เอเคอร์ และรอสส์ มีเปอร์เซ็นต์เนื้อ

สะโพกและน่อง เนื้ออก เนื้อสันใน ปีก เครื่องใน ขา และโครงกระดูกไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ขณะที่ Nascimento *et al.* (2018) รายงานว่าพบอิทธิพลของเพศต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์ซาก โดยไก่กระทงเพศผู้และเพศเมียพันธุ์คอบบ์ รอสส์ และฮับบาร์ดมีน้ำหนักซาก และเปอร์เซ็นต์เนื้อสะโพกสูงกว่าไก่เพศเมีย (P<0.01) แต่เปอร์เซ็นต์เนื้ออกไก่เพศเมียสูงกว่าไก่เพศผู้ (P<0.01)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการเลี้ยงไก่กระทงในระบบปิดระหว่างไก่กระทงพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ และรอสส์ มีสมรรถภาพการผลิตใกล้เคียงกัน ทั้งด้านน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในช่วงอายุ 0-42 วัน แต่ในการเลี้ยงไก่กระทงที่จับไก่อายุน้อยกว่า 35 วัน พบว่าไก่เพศเมียของไก่พันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าไก่เพศเมียพันธุ์รอสส์ แต่ไม่พบความแตกต่างในไก่เพศผู้ทั้ง 2 พันธุ์ ขณะที่อิทธิพลของพันธุ์ อิทธิพลของเพศไม่มีผลต่อลักษณะส่วนประกอบของซาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีชลบุรี และวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีฉะเชิงเทรา สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคกลาง ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Benyi, K., T.S. Tshilate, A.J. Netshipale and K.T. Mahlako. 2015. Effects of genotype and sex on the growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. **Trop. Anim. Health and Prod** 47(7): DOI 10.1007/s11250-015-0850-3.

Ciurescu, G. and H. Grosu. 2011. Effect of feed utilization by different hybrids of broiler chicks. **Archiva Zootechnica** 14(2): 36-43.

DLD Data and Information Center. 2020. **Information of animal farmers and chickens by province, fiscal year 2020**. Bangkok: Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 3 p. [in Thai].

Elwahab, A.M. 2016. **Comparison between Four Commercial Broiler Breeds in Production Performance and Carcass Characteristics under Sudan Condition**. Master Thesis. Sudan University of Science and Technology. 84 p.

Livingston, M.L., A.J. Cowieson, R. Crespo, V. Hoang, B. Nogal, M. Browning and K.A. Livingston. 2020. Effect of broiler genetics, age, and gender on performance and blood chemistry. **Heliyon** 6 (7): e04400.

Lopez, K.P. 2011. Broiler genic strain and sex effects on meat characteristics. **Poult. Sci.** 90(5): 1105-1111.

Nascimento, D.C.N., L.R.B. Dourado, J.C. Siqueira, S.B.P. Lima, M.C.M. Silva, G.G. Silva, N.K. Sakomura, G.J.B.C. Ferreira and D. Biagiotti. 2018. Productive features of broiler chickens in hot weather: effects of strain and sex. **CIENCIAS AGRARIAS** 39(2): 731-745.

Obike, O.M., U.C. Nwaogwugwu, E.N. Obasi, O.C. Obi, C.O. Ezimoha, K.P. Gbuagu and E.N. Nwachukwu. 2018. Strain x sex effect on production indices of broiler chickens reared in the humid tropics. **Nigerian J. Anim. Sci**. 20(4): 338-346.

Saijai, K. and S. Damnern. 2020. Comparison of carcass yields in four strains of commercial broiler chickens popularly raised in Thailand. **KKU. Vet. J.** 3(2): 95-104.

Steel, R.G.D. and J. Torrie. 1981. **Principles and Procedures of Statistics. A biometric Approach**. 2nd Ed. Singapore City: Mc Graw Hill International Book Co. 633 p.

Suchon, T., T. Tanachai, U. Prajit, K. Watcharin, A. Supunsa and C. Boonlom. 2017. Comparison of production performance and carcass composition of commercial Broiler strains 1. Cobb, Arbor Acres and Ross. **Agricultural Sci. J.** 48 (2) (Suppl) 48(2)(Suppl.): 210-216.

ศักยภาพการเลี้ยงโคเนื้อตามการปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดี (GAHP) ของเกษตรกร ในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Potential of Beef Cattle Farmers on Good Animal Husbandry Practices (GAHP) in Phonxay District, Luangprabang Province, Lao People's Democratic Republic

Thanousinh Kandee* พหล ศักดิ์คะทัศน์ กังสดาล กนกหงษ์ และสายสกุล ฟองมูล

Thanousinh Kandee*, Phahol Sakkatat, Kangsadan Kanokhong and Saisakul Fongmul

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Department of Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production, Maejo University Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: t_kandee@yahoo.com

Abstracts

This study aimed to explore potential good animal husbandry practice of beef cattle farm (GAHP) focus on knowledge and practical of local farmers in Phonexay District, Luangprabang Province, Lao People’s Democratic Republic. A set of questionnaires was used for data collection administered with a group population of 309 local farmers who raising beef cattle in Phonexay district Luangprabang Province. Obtained data were analyzed by using descriptive statistics i.e. frequency, percentage, standard deviation, Maximum and Minimum score. Results revealed that the respondents were male with age average of 41.98 years old and marital state, almost were elementary school and lower (58.6 %), agriculture working (90.3 %). The respondents had a moderate level of knowledge and understanding about beef cattle rearing (average score was 12.16 of 20). Regarding guidelines for GAHP for beef cattle farm, using 5 level measurement based on Likert’s scale, it was found that the overall was low score (1.96), the score of farm location and water management were high ($\overline{X}$ = 4.28 and 3.82 respectively), farm area and map management score were moderate. However, the farm housing, farm environmental management, animal transportation, farm data recorded, animal welfare, animal health care, farm cleaned and safety, feed management, farm staff management, farm management and house storage scores were low and lowest, respectively. In conclusion, the results of this study it was found that the farmers' knowledge on raising beef cattle was at a moderate level and the practice of good animal husbandry practices was at a low level. Based on the information obtained this study, the rese archer has recommendations to relevant agencies to use as a guideline for improving knowledge and practices of beef cattle farmers. There would be has learning and training centers in the area to provide training for farmers to have the knowledge for better implementation of beef cattle raising practices for farmers.

Keywords: good animal husbandry practice for beef cattle farm, beef cattle, knowledge of beef cattle beef cattle farmer

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการเลี้ยงโคเนื้อตามการปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีของเกษตรกร โดยทำการศึกษาใน 2 ประเด็นคือ ความรู้และการปฏิบัติ ของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง จำนวน 309 คน โดยใช้แบบทดสอบเพื่อวัดความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงโคเนื้อ และใช้แบบสอบถามเพื่อศึกษาแนวทางการปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีของเกษตรกร วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา เพื่อหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (IBM SPSS for window version 26) ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 41.98 ปี อยู่ในสถานภาพสมรส การศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่า (58.6%) เกษตรกรมีระดับของความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงโคเนื้ออยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$=12.16 คะแนน) จากทั้งหมด 20 คะแนน ในด้านแนวทางการปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีโดยใช้การวัด 5 ระดับตามแบบของ Likert’s scale พบว่า มีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้านอยู่ระดับปฏิบัติได้น้อย ($\overline{X}$=1.96) โดยเรียงค่าเฉลี่ยแต่ละด้านจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ด้านที่ตั้งฟาร์มและ การให้น้ำอยู่ในระดับสูง ($\overline{X}$=4.28 และ 3.82 ตามลำดับ) ด้านพื้นที่และการจัดวางแผนผังฟาร์มอยู่ในปานกลาง ในส่วนด้านโรงเรือนสัตว์ ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม ด้านการขนส่งสัตว์ ด้านการจัดการอาหารสัตว์ ด้านการบันทึกข้อมูลฟาร์ม ด้านสวัสดิภาพสัตว์ ด้านสุขภาพสัตว์ ด้านความสะอาดและความปลอดภัย ด้านการจัดการบุคลากรฟาร์ม และด้านการจัดการโรงเรือนเก็บพัสดุฟาร์ม อยู่ในระดับน้อยมาก สรุปผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า ความรู้ทางด้านการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรอยู่ในระดับปานกลาง และด้านการปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดียังอยู่ในระดับปฏิบัติได้น้อย เนื่องจากว่าเกษตรกรส่วนมากยังไม่ได้รับรู้ข้อมูลแนวทางการปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดั่งนั้น จากข้อมูลที่ได้ครั้งนี้ผู้วิจัยมีจึงมีบางข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการแก้ไขให้ดีขึ้นนั้นควรมีการส่งเสริมให้มีเกษตรกรได้รับรู้ข้อมูลข่าวสารการเลี้ยงโคเนื้อตามแนวทางการปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีจากเจ้าหน้าที่เกี่ยวข้องที่เป็นประจำ และควรให้มีแหล่งเรียนรู้หรือศูนย์การเรียนรู้เพื่อเป็นสถานที่ให้เกษตรกรได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติเรื่องการเลี้ยงโคเนื้อที่ถูกต้องเพื่อนำไปปฏิบัติในการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรให้ดีขึ้นและเป็นไปตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้

คำสำคัญ: การปฏิบัติการเลี้ยงสัตว์ที่ดีสำหรับฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อ โคเนื้อ ความรู้ในการเลี้ยงโคเนื้อ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ

คำนำ

ปศุสัตว์เป็นหนึ่งในสาขาเกษตรกรรมที่เติบโตเร็วที่สุดใน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (ส ป ป ลาว) มีรายงานว่าการขยายตัวของฝูงโคเนื้อเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ต่อปีจาก 1.52 ล้านตัวในปี 2010 ถึง 1.81 ล้านในปี 2014-2015 (Committee of Ministry of Planning and Investment, 2016) ตามแผนยุทธศาสตร์การเกษตรในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (2016-2020) ภาครัฐได้มีนโยบายเรื่องการบริโภคเนื้อ และการเลี้ยงโคเนื้อเพื่อส่งออกไปต่างประเทศมากขึ้น โดยกำหนดให้ผู้เลี้ยงโคทั่วไปหันมาเลี้ยงในรูปแบบฟาร์มเพื่อให้ได้ตามมาตฐานที่ทางหน่วยงานรัฐกำหนดไว้เพื่อตอบสนองนโยบายดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของระบบการผลิตจากรูปแบบการเลี้ยงแบบธรรมชาติไปเป็นระบบการเลี้ยงเป็นอุตสาหกรรมและความทันสมัยยังมีความล่าช้า อาจเนื่องจากปัจจัยของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อมีข้อจำกัดในด้านความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงโคเนื้อที่ถูกต้อง และการส่งเสริมจากเจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญด้านการส่งเสริมยังมีข้อจำกัด ซึ่งส่งผลกระทบในเชิงลบต่อการผลิตโคเนื้อ ทำให้โอกาสในการส่งออกโคเนื้อของเกษตรกรรายย่อยไม่สามารถที่จะส่งออกได้เนื่องจากโคเนื้อที่เลี้ยงยังไม่ได้มาตฐานการเลี้ยงที่ถูกต้องตามที่ภาครัฐได้กำหนดออกไว้ (Department of Livestock and Fishery, 2019) เพื่อดำเนินการตามยุทธศาสตร์การเกษตรแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (2016-2020) เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อจำเป็นต้องเพิ่มศักยภาพทางด้านความรู้และแนวทางการปฏิบัติในด้านการเลี้ยงโคเนื้อของตนเองให้มีความเข้มแข็งมากขึ้น เช่น ด้านการพัฒนารูปแบบการเลี้ยงที่มีการจัดการด้านอาหารที่ถูกต้อง การป้องกันโรคต่างๆ เพื่อให้มีการเจริญเติบโตดี มีคุณภาพและได้มาตฐานเพื่อการส่งออก รวมถึงความรู้ทางการตลาด เช่น การคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนหรือสถานที่ทำการซื้อขายโคเนื้อ ด้วยเหตุและผลข้างต้นนี้ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อทั้งในด้านความรู้ทางวิชาการและความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติงารฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สปป. ลาว โดยผลจากการวิจัยเป็นข้อมูลพื้นฐานของสำนักงานปศุสัตว์ และกองส่งเสริมงานเกษตร แขวงหลวงพระบางในการพัฒนารูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อให้เหมาะสมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง สมาชิกเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จำนวน 309 ครัวเรือน ที่คำนวณได้จากสูตรของ Yamane (1973) โดยใช้ความคลาดเคลื่อน 0.05 เพื่อหาขนาดของกลุ่มประชากรตัวอย่างจากประชากรทั้งหมด 1.366 ครัวเรือน (District Agriculture and Forerstry Office Phonxay, 2020)

จากสูตร
$$n = \frac{N}{1+N(e^2)}$$

โดยแทนค่า	n	=	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
	N	=	จำนวนประชากรทั้งหมด
	e	=	ความคาดเคลื่อนของการสุ่มที่ยอมรับได้ระดับ 0.05

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยการค้นคว้าจากตำรา หนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย ซึ่งลักษณะแบบสอบถามจะแยกออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามความรู้การเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร โดยใช้แบบทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจตามมาตรฐานฟาร์มการเลี้ยงสัตวที่ดีทั้ง 14 ด้าน โดยที่ลักษณะคำถามเป็นแบบปรนัยคือ ถูกและผิด ทั้งแบบคำถามเชิงบวกและคำถามเชิงลบ จำนวน 20 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ตอบคำถามผิด	=	0	คะแนน
ตอบคำถามถูกต้อง	=	1	คะแนน

ส่วนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเลี้ยงสัตว์ที่ดีสำหรับฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ ใช้แบบทดสอบที่มีจำนวนคำถามตามมาตฐานฟาร์มเลี้ยงสัตว์ที่ดี แบ่งออกเป็น 14 ด้าน โดยลักษณะคำถามทั้งหมดเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Likert Scale) จำนวน 5 ระดับ คือ

มีการปฏิบัติมากที่สุด	=	5	คะแนน
มีการปฏิบัติมาก	=	4	คะแนน
มีการปฏิบัติปานกลาง	=	3	คะแนน
มีการปฏิบัติน้อย	=	2	คะแนน
มีการปฏิบัติน้อยที่สุด	=	1	คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลร้อยละ และแจกแจงความถี่ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (IBM SPSS for window version 26) เพื่อทำการแจกแจงข้อมูลที่ได้ในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบคำถามความรู้ ที่มีคำถามความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการเลี้ยงโคเนื้อ โดยข้อคำถามในทุกด้านรวมทั้งหมด 20 ข้อคำถาม จากนั้นนำมาตรวจนับคะแนนเพื่อจัดทำเป็นระดับความรู้ โดยแบ่งเป็น 3 ระดับตามหลักการของ Best (1981) คือ

0 – 6.66	คะแนน	หมายถึง	ความรู้น้อย
6.67 – 13.33	คะแนน	หมายถึง	ความรู้ปานกลาง
13.34 – 20.0	คะแนน	หมายถึง	ความรู้มาก

2. วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ ในด้านการปฏิบัติ 14 ด้าน โดยการใช้สถิติเชิงพรรณนา เช่น ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำคะแนนที่ได้ตามความเป็นจริงมาคำนวณหาน้ำหนักค่าเฉลี่ยเพื่อตีความหมายให้เป็น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และ น้อยที่สุด ตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49	ระดับการปฏิบัติได้น้อยที่สุด
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49	ระดับการปฏิบัติได้น้อย
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49	ระดับการปฏิบัติได้ปานกลาง
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50	ระดับการปฏิบัติได้มาก
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00	ระดับการปฏิบัติได้มากที่สุด

ผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล

จากผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อส่วนมากเป็นเพศชายร้อยละ 76.7 อายุเฉลี่ยของเกษตรกรอยู่ที่ 41.98 ปี มีสถานภาพสมรสร้อยละ 99.4 ส่วนมากเกษตรกรจบการศึกษาระดับประถมศึกษาร้อยละ 58.6 ในการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรครั้งนี้พบว่ามีสมาชิกเฉลี่ย 6.34 คนต่อครัวเรือน มีแรงงานที่ใช้ในการเลี้ยงโคเนื้อเฉลี่ย 2.45 แรงงานต่อครัวเรือน มีอาชีพหลักทำการเกษตรร้อยละ 90.3 ทั้งนี้ที่ระดับการศึกษาของเกษตรกรส่วนมากจบในระดับประถมศึกษาและต่ำกว่า เป็นผลเนื่องจากผู้คนในเขตชนบทในประเทศลาวไม่ได้เรียนหนังสือเนื่องจากว่าในเวลานั้นระบบการศึกษาของประเทศลาวยังไม่เข้าถึงเขตชนบท อีกทั้งยังไม่มีโรงเรียนในเขตชนบทมาก บวกกับพื้นด้านการดำรงชีพที่อาศัยการทำเกษตรกรรมเพื่อหาเลี้ยงครอบครัวจรึงทำให้เกษตรกรไม่ส่งลูกไปเรียนหนังสือ สอดคล้องกับการรายงานที่ว่าเกษตรกรผู้ที่เลี้ยงโคเนื้อลูกผสมในนครหลวงเวียงจันท์ สปป. ลาว นั้นส่วนมากเป็นเพศชาย และมีระดับการศึกษาในระดับประถมศึกษา ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าการเลี้ยงโคเนื้อเป็นงานที่ต้องได้ใช้แรงงานในการปฏิบัติมาก โดยที่ผู้ชายส่วนมากมักมีบทบาทในการรับภาระงานในด้านการเกษตรกรรมมากกว่าผู้หญิงโดยเฉพาะเกี่ยวกับงานด้านการเลี้ยงสัตว์ใหญ่เป็นต้น (Manyseng and Sirisunyaluck, 2011) นอกจากนั้นผู้ชายยังมีความเข้าในด้านการรับรู้ และชื่นชอบในการเลี้ยงโคเนื้อมากกว่าเพศหญิง และเป็นความชินเคยที่ว่าการเลี้ยงสัตว์ไม่จำเป็นต้องมีความรู้มากก็สามารถเลี้ยงได้ แต่ต้องอาศัยประสบการณ์ในการเลี้ยงโคเนื้อเป็นส่วนมาก (Yeamkong, 2016)

ระดับความรู้ในการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร

จากผลการวัดระดับความรู้ในด้านการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเมืองโพนไช แขวงหลวงพระบาง สปป. ลาว พบว่า ระดับของความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับการเลี้ยงโคเนื้อรวมทุกด้านอยู่ในระดับปานกลาง (12.16 คะแนน) ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 64.47 รองลงมาคือระดับดี คิดเป็นร้อยละ 32.7 และน้อยที่สุดคือระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 2.6 (Table 1)

Table 1 A number and percentage of levels of knowledge about beef cattle of the respondents

(n=309)

Level of knowledge	N (person)	%
Low	8	2.6
Moderate	200	64.7
High	101	32.7
Total	**319**	**100**
	$\bar{X}$ =12.16 SD = 2.71 Min-Max = 5-20	

0-6.66 = Low; 6.67-13.33 = Moderate; 13.34-20 = High

การปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีของเกษตรกรในเมืองโพนไช แขวงหลวงพระบาง ส ป ป ลาว พบว่า ระดับการปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีของเกษตรกรรวมทุกด้านมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.96 ซึ่งอยู่ในระดับปฏิบัติได้น้อย (Table 2)

Table 2 Good Animal Husbandry practice for beef cattle farm of the respondents (N=309)

Item	$\bar{X}$	SD	Description
1. Farm location	4.28	0.64	High
2. Farm area and map management	3.21	0.94	Moderate
3. Farm housing	2.11	051	Low
4. Feed management	1.63	0.18	Low
5. Water management	3.82	0.91	High
6. Farm management	1.05	0.19	Lowest
7. Farm staff management	1.13	0.24	Lowest
8. Farm cleaned and safety	1.36	0.56	Lowest
9. Animal health	1.52	0.83	Low
10. Farm environmental management	1.94	0.62	Low
11. Animal welfare	1.55	0.64	Low
12. Animal transportation	1.58	0.62	Low

Table 2 (Continued)

Item	$\overline{X}$	SD	Description
13. House storage	1.03	0.16	Lowest
14. Farm data recorded	1.17	0.33	Lowest
average	**1.96**	**0.26**	**Low**

Highest=4.50-5.00; High=3.50-4.49; Moderate=2.50-3.49; Low=1.50-2.49; Lowest=1.00-1.49

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาครั้งนี้ที่แสดงใน Table 1 เห็นว่าเกษตรกรที่ให้ข้อมูลส่วนมากมีความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงโคเนื้อตามแนวทางการปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีอยู่ในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามความรู้ที่เกษตรกรได้รับนั้นเนื่องมาจากว่าในพื้นที่ทำการวิจัยเป็นพื้นที่ที่หน่วยงานภาครัฐเข้ามาส่งเสริมให้มีการเลี้ยงโคเนื้อ และได้กำหนดให้พื้นที่นี้เป็นพื้นที่ในการเลี้ยงโคเนื้อเพื่อผลิตเป็นแหล่งอาหารและสินค้าตามนโยบายที่ทางภาครัฐกำหนดไว้ ทำให้ผ่านมาเกษตรกรได้รับการส่งเสริมทางด้านความรู้และการปฏิบัติการเลี้ยงโคเนื้อ โดยมีการอบรมความรู้พื้นฐานในการเลี้ยงโคเนื้อในพื้นที่ดั่งกล่าวบ้างในช่วงผ่านมาจึงพอทำให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในด้านการเลี้ยงโคเนื้อพอสมควร บวกกับเกษตรกรในพื้นที่มีพื้นฐานการเลี้ยงโคเนื้อมาตั้งแต่ก่อนแล้ว อย่างไรก็ตามความรู้ของเกษตรกรที่มีนั้นนั้นเป็นความเพียงความรู้ในระดับพื้นฐานที่เคยได้รับมาก่อน เช่นความรู้ด้านการปลูกพืชอาหารสัตว์ การป้องกันโรค แต่อย่างไรก็ตามเกษตรกรส่วนมากยังไม่ทันมีความความรู้ความเข้าใจด้านการจัดการฟาร์มที่ดีเช่น การให้อาหารโคเนื้อที่ถูกต้อง การจัดการโคพ่อแม่พันธุ์ และการป้องกันโรคโคเนื้อที่ดี รวมทั้งการตลาดโคเนื้ออีกด้วย เนื่องจากว่าการเข้าถึงแหล่งข้อมูลความรู้ของเกษตรกรด้วยตนเองมีข้อจำกัดมาก การสนับสนุนจากภาครัฐในด้านข้อมูลการเลี้ยงโคเนื้อที่ดีให้เกษตรกรยังไม่มี จากผลของการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการรายงานของ Naratip and Prapatigul (2017) ที่กล่าวไว้ว่าความรู้คือสิ่งที่เกษตรผู้เลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดมหาสารคาม มีความต้องการให้ภาคส่วนรัฐ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำมาส่งเสริมให้แก่เกษตรกรได้แก่ การปลูกหญ้าและการจัดการแปลงหญ้า การป้องกันโรคระบาดในโคเนื้อ การถนอมพืชอาหารสัตว์ และการเลือกซื้อพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์โคเนื้อ เพื่อที่จะนำความรู้เหล่านั้นมาปรับใช้กับรูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อให้มีความเหมาะสมกับสถาณการในปัจจุบัน นอกจากนั้นมีรายงานจาก Kantiya (2019) ว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรในโครงการเกษตรแบบแปลงใหญ่โคเนื้อ กรณีศึกษาอำเภอเชียงกลาง จังหวัดน่าน พบว่าปัจจัยด้านองค์ความรู้ในด้านต่าง ๆ มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตมากถึงมากที่สุด และสอดคล้องกับคำแนะนำของ Boonprong (2015) ที่แนะนำไว้ว่าเกษตรกรผู้ที่จะเลี้ยงโคเนื้อต้องเป็นผู้ที่แสวงหาความรู้ ความชำนาญอยู่เสมอ ซึ่งความรู้และความชำนาญในการเลี้ยงสัตว์นับว่าเป็นหัวใจสำคัญที่สุดของการเลี้ยงสัตว์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ดั่งนั้นเกษตรกรจำเป็นต้องได้พัฒนาความรู้ด้านการเลี้ยงโคเนื้ออยู่ตลอดเวลาเพื่อนำมาปรับใช้ในการเลี้ยงโคของพวกเขาด้วย เพราะความรู้ถือว่าเป็นพื้นฐานสำคัญในการเลี้ยงโคเนื้อ

ที่เกษตรจำเป็นต้องมี โดยเฉพาะความรู้ความเข้าใจในด้านการจัดการฟาร์มทุก ๆ ด้านให้ถูกต้องที่สุด เช่นความรู้ด้านการจัดการอาหารโคเนื้อ ด้านการจัดการพันธุ์โคเนื้อที่เหมาะสม และการป้องกันโรคโคเนื้อ รวมทั้งการตลาดโคเนื้อด้วย

การปฏิบัติงานฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ดีของเกษตรกรในด้านที่ตั้งฟาร์มและด้านการจัดการการให้น้ำโคเนื้อพบว่าอยู่ในระดับปฏิบัติได้มาก ($\overline{X}$=4.28 และ 3.82 ตามลำดับ) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในพื้นที่ที่ทำการวิจัยได้รับการจัดสรรพื้นที่ในการเลี้ยงโคเนื้อจากภาครัฐไว้อย่างชัดเจนทำให้เกษตรกรกล้าที่จะลงทุนในการจัดพื้นที่ให้มีความหมั้นคงโดยเฉพาะการทำรั้ว และโรงเรือนโคเนื้อแบบถาวร ในส่วนของการจัดการน้ำสำหรับโคเนื้อนั้นเกษตรกรได้มีพื้นที่สำหรับเก็บน้ำในพื้นที่เลี้ยงโคเนื้อไว้เพื่อให้โคเนื้อได้มีน้ำตลอดปีเพราะเกษตรกรทราบดีว่าโคเนื้อไม่สามารถที่จะขาดน้ำได้ ผลที่พบจากการศึกษาในครั้งนี้ไปในทิดทางเดียวกับ Kantiya (2019) รายงานว่าแหล่งน้ำที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อใช้เป็นแหล่งน้ำมาจากน้ำประปาภูเขา และแหล่งน้ำฝนโดยในพื้นที่เลี้ยงนั้นมีการเก็บกักน้ำไว้เพื่อใช้ในการเลี้ยงโคเนื้อตลอดปี ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของ Gunun (2017) ที่บอกว่าน้ำเป็นโภชนะที่สำคัญมากที่สัตว์เลี้ยงจำเป็นต้องรับอย่างเพียงพอในแต่ระวันโดยไม่สามารถที่จะขาดได้ เนื่องจากน้ำเป็นส่วนประกอบในร่างกายสัตว์สูงถึง 60-70 เปอร์เซ็นต์ของร่างกาย ด้วยถ้าสัตว์สูญเสียน้ำเกิน 12 เปอร์เซ็นต์ของร่างกาย จะทำให้สัตว์เสียชีวิตได้ ด้านพื้นที่และการจัดวางแผนผังฟาร์มอยู่ในระดับปฏิบัติได้ระดับปานกลาง ($\overline{X}$=3.21) เนืองจากว่าเกษตรกรที่เลี้ยงโคเนื้อในพื้นที่นี้ได้มีการจัดแบ่งเขตและทำการสร้างรั้วเพื่อกักขังโคเนื้อที่เลี้ยงไว้ในพื้นที่ที่มีการปลูกพืชอาหารสัตว์ โดยที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากว่าทางส่วนของภาครัฐได้มีการจัดสรรพื้นที่เพื่อให้เกษตรกรได้มีที่ทำการเลี้ยงสัตว์โดยมีการวางระเบียบเกี่ยวกับการเลี้ยงสัตว์และการปลูกพืช โดยหากสัตว์เลี้ยงไปทำลายผลผลิตที่ปลูกจะได้มีการทดแทนคืน

ด้านการจัดการสุขภาพสัตว์พบว่าเกษตรกรยังปฏิบัติได้น้อย และด้านการจัดการอาหารสัตว์ก็อยู่ในระดับปฏิบัติได้น้อยมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อยังขาดความรู้และประสบการณ์ในเรื่องการป้องกันและการรักษาโรคในโคเนื้อด้วยตัวเองน้อย และด้านการจัดการอาหารที่ปฏิบัติได้น้อยมากนั้นเป็นเพราะว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อยังมีความเข้าใจเรื่องการให้อาหารโคเนื้อ ว่าโคเนื้อนั้นจะกินเพียงหญ้าเท่านั้นก็เพียงพอแล้ว จึงไม่มีความจำเป็นในการให้อาหารเสริมแร่ธาตุ หรืออาหารข้นแต่อย่างใด โดยโคเนื้อจะได้รับอาหารที่คุณภาพดีในช่วงหน้าฝนและจะขาดอาหารในหน้าแล้ง โดยสอดคล้องกับการรายงานของ Napasirth and Napasirth (2019) ที่บอกว่าการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรส่วนมากจะพบปัญหาเรื่องอาหารในช่วงหน้าแล้งเป็นอย่างมาก ขาดอาหารหยาบคุณภาพดี ทำให้โคเนื้อเติบโตช้า เกิดโรคได้ง่ายและให้ผลผลิตต่ำ และสอดคล้องกับคำแนะนำของ Keolar and Intaruccomporn (2013) ที่ให้คำแนะนำแก่ภาครัฐว่าควรจัดให้มีการอบรมในเรื่องต่างๆ เช่น การถนอมอาหารสัตว์ด้วยการหมักและการอบรมวิธีการป้องกันดูแลรักษาสุขภาพสัตว์ให้เกษตรกรเป็นประจำหรือสร้างให้มีการอบรมอาสาพัฒนาปศุสัตว์ภายในหมู่บ้านเพื่อพัฒนาการเลี้ยงโคเนื้อให้เป็นระบบ ทั้งหมดในด้านการปฏิบัติการเลี้ยงโคเนื้อที่ดี นอกจากนั้นยังมีความสอดคล้องกับการรายงานของ Jaipipak *et al.* (2020) ที่ได้ศึกษาการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมของผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานฟาร์มและต้องการได้รับการรับรองมาตรฐานฟาร์ม ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการให้ความรู้ความเข้าใจ รวมถึงสร้างแรงจูงใจเพื่อให้เกษตรกรเห็นความสำคัญของการจัดการฟาร์มมาตามมาตรฐานฟาร์มโคนมมากขึ้น

จากผลการวิจัยครั้งนี้พบได้ว่าข้อมูลทางด้านความรู้และการปฏิบัติแนวทางการเลี้ยงสัตว์ที่ดีสำหรับฟาร์มโคเนื้อของเกษตรกรในเมืองโพนไช แขวงหลวงพระบาง มีค่าเฉลี่ยความรู้ในระดับปานกลาง และระดับปฏิบัติได้น้อยตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเผยแพร่ข้อมูลด้านความรู้และแนวทางการปฏิบัติทางการเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มโคเนื้อให้เกษตรกรหรือผู้เลี้ยงโคเนื้อยังไม่ทันเข้าถึงเกษตรกรเท่าที่ควร ทำให้เกษตรกรไม่สามารถรับรู้แนวทางที่ทางภาครัฐได้กำหนดไว้ ทั้งนี้เพื่อจะให้เกษตรกรได้มีความรู้และมีการปฏิบัติที่ถูกต้องตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้นั้น ทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องได้ดำเนินการโดยมุ่งนั้นการส่งเสริมด้านความรู้ความเข้าใจในแนวทางการปฏิบัติการเลี้ยงโคเนื้อที่ดีให้เกษตรกรให้เป็นประจำและต่อเนื่อง

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยศักยภาพการเลี้ยงโคเนื้อตามแนวทางการปฏิบัติการเลี้ยงสัตว์ที่ดีสำหรับฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร โดยทำการศึกษาใน 2 ประเด็นคือ ความรู้และการปฏิบัติของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเมืองโพนไช แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่าเกษตรกรมีระดับของความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงโคเนื้ออยู่ในระดับปานกลาง และด้านการปฏิบัติตามแนวทางการเลี้ยงสัตว์ที่ดีสำหรับฟาร์มโคเนื้อโดยใช้การวัด 5 ระดับตามแบบของ Likert’s scale พบว่า มีค่าเฉลี่ยรวม 14 ด้านอยู่ระดับปฏิบัติได้น้อย โดยเรียงค่าเฉลี่ยแต่ละด้านจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ ด้านที่ตั้งฟาร์มและการให้น้ำอยู่ในระดับสูง ด้านพื้นที่และการจัดวางแผนผังฟาร์มอยู่ในปานกลาง ในส่วนด้านโรงเรือนสัตว์ ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม ด้านการขนส่งสัตว์ ด้านการจัดการอาหารสัตว์ ด้านการบันทึกข้อมูลฟาร์ม ด้านสวัสดิภาพสัตว์ ด้านสุขภาพสัตว์ ด้านความสะอาดและความปลอดภัย ด้านการจัดการบุคลากรฟาร์ม และด้านการจัดการโรงเรือนเก็บพัสดุฟาร์ม อยู่ในระดับต่ำมาก สรุปผลการวิจัยครั้งนี้คือความรู้ทางด้านการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรมีระดับปานกลาง และ ด้านการปฏิบัติตามแนวทางการเลี้ยงสัตว์ที่ดีสำหรับฟาร์มโคเนื้อรวมทุกด้านยังอยู่ในระดับปฏิบัติได้น้อย เนื่องมาจากการเข้าถึงแหล่งความรู้ของเกษตรกรมีข้อจำกัดอย่างมาก ขาดการส่งเสริมด้านความรู้ความเข้าใจของแนวทางการปฏิบัติการเลี้ยงสัตว์ที่ดีสำหรับฟาร์มโคเนื้อจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จากข้อมูลที่ได้ครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการแก้ไขด้านความรู้และการปฏิบัติของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อให้ดีขึ้นนั้น ควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรได้รับรู้ข้อมูลข่าวสารการเลี้ยงโคเนื้อตามแนวทางการเลี้ยงสัตว์ที่ดีจากเจ้าหน้าที่เป็นประจำ และควรมีแหล่งเรียนรู้หรือศูนย์การเรียนรู้เพื่อเป็นสถานที่ให้เกษตรกรได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติเรื่องการเลี้ยงโคเนื้อที่ถูกต้อง เพื่อนำไปปฏิบัติในการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรให้ดีขึ้นและเป็นไปตาแนวทางที่ได้กำหนดไว้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมายังหัวหน้าและเจ้าหน้าที่ห้องการเกษตรกรรมและป่าไม้ เมืองโพนไช แขวงหลวงพระบาง ที่ได้อำนวยความสะดวกด้านพื้นและช่วยนำพาลงพื้นที่ในการศึกษาวิจัย ขอขอบพระคุณมายังคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำในการทำวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จไปด้วยดีทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

Best, J.W. 1981**. Research in Education. 4th ed.** New Jersey: Prentice – Hall Inc. 684 p.

Boonprong, S. 2015. **Beef Cattle Production for Thai's Farmers.** Phitsanulok: Livestock Promotion and Development Division, Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 84 p. [in Thai]

Committee of Ministry of Planning and Investment. 2016. **The 8th Five-year National Socio-economic Development Plan (2016–2020).** Vientiane Capit Lao PDR: Ministry of Planning and Investment. 204 p. [in Lao]

Department of Livestock and Fishery 2019. **Development Plane on Beef Cattle and Buffalo Production of Lao People Democratic Republic.** Vientiane. Lao PDR: Department of Livestock and Fishery. 64 p. [in Lao]

District Agriculture and Forerstry Office Phonxay. 2020. **Five-Year Agriculture and Forest Development Plan (2020-2024).** Phonexay District, Luang Prabang Province Lao PDR: [in Lao]

Gunun, N. 2017. **Feed and Feeding of Ruminants.** Udon Thani: Faculty of Technology, Udon Thani Rajaphat University. 271 p. [in Thai]

Jaipipak. C., W. Maneerat and W. Maksiri. 2020. Good agricultural practice for dairy cattle farm of dairy farmer in Prachuap Khiri Khan province. **King Mongkut's Agr. J.** 38(4): 563–570

Keolar, B. and W. Intaruccomporn. 2013. Factors related to farmers' adoption in beef cattle raising extension in Nonghad district, Xieng Khouang province, Lao PDR. **Kaset J.** 29(3): 267-275. [in Thai]

Kantiya, N. 2019. **Factors influencing effecincy of beef production of big farm project nan province.** 36 p. *In* Research Report. Nan: Province Livestock Office. Nan: [Online] Available http://pvlonan.dld.go.th/webnew/images/stories/2562/doc_download/techno/23012563/vijai-1.pdf (29 July 2021). [in Thai]

Manyseng, B. and R. Sirisunyaluck. 2011. Factors related to the adoption of crossbred beef cattle between native cow and red brahman bull of farmers in Vientiane capital, Lao PDR. **Kaset J.** 27(2): 137-143. [in Thai]

Napasirth, P. and V. Napasirth. 2019. Current situation and future prospects for beef production in Lao People's Democratic Republic. **Asian-Australas J Anim Sci.** 31(7): 961-967.

Naratip, S. and P. Prapatigul 2017. Needs for extension of beef cattle farmers in Mahasarakham province. **Prawarun Agriculture Journal** 14: 104-112. [in Thai]

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis.** 3rd**.** New york: Harper and Row Publication. 1130 p.

Yeamkong, S. 2016. Efficiency development of beef cattle production pf small scale farmers in Chattrakarn district, Phitsanulok province**. Rajabhat J. Sci. Humanit. Soc. Sci.** 17(1): 28-34.

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ของสมาชิกสหกรณ์โคนมแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

Factors Related to Good Agricultural Practices for Dairy Cattle Farm of Maejo Dairy Cooperative Members, Sansai District, Chiangmai Province

ธวัลรัตน์ ดิษบรรจง บดินทร์ วงศ์พรหม* และวรินธร มณีรัตน์

Thawanrut Disbanchong, Bodin Wongpom* and Warinthorn Maneerat

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

School of Agriculture and CooperativesSukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, Thailand 11120

*Corresponding author: bodin.won@stou.ac.th

Abstract

The purpose of this research were to study general information of farmer, dairy cattle farm management, factors and problems which related to Good Agricultural Practice for Dairy Cattle Farm (GAP) (TAS 6402(G)-2562) of Maejo Dairy Cooperative Members. The population were 68 dairy farmers. The data were collected by using questionnaires. All data were analyzed by using mean, percentage, standard deviation and Pearson’s Chi-square test. The results showed that most of farmers were males with an average ages 50.76±11.23 years old and 47.06 % of them had graduated from elementary school. Farmers had 13.71±9.44 years of average experience in dairy farm. Most dairy farmers use their own capital and loan 47.06%. The main source of loan is Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives (BAAC) 42.17%. All farmers had attended to training in dairy farm production and more than 85 % of farmers had management their farm as followed GAP. In addition, sex, age and experience of farmer were related to dairy farm management as follow GAP. Moreover, problems from practicing as follow GAP was found in lowest level. These results indicated that to guideline for farm management planning to achieve farm standards, to encourage farmers for produce raw milk with quality standards.

Keywords: good agricultural practice, dairy production, Maejo Dairy Cooperative Ltd.

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เพื่อศึกษา สภาพข้อมูลของเกษตรกร การจัดการฟาร์ม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและปัญหาในการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (GAP) (มกษ. 6402(G)-2562) ของสมาชิกสมาชิกสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด จำนวน 68 ราย โดยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา และการทดสอบไคสแควร์ ผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 50.76±11.23 ปี สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 47.06 ประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนม เฉลี่ย 13.71±9.44 ปี เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่ใช้เงินทุนของตนเอง และกู้ยืม ร้อยละ 47.06 แหล่งกู้ยืมเงินหลัก คือ ธ.ก.ส. ร้อยละ 42.17 เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมได้รับการอบรมเกี่ยวกับการเลี้ยงโคนม ร้อยละ 100 เกษตรกรมีการปฏิบัติ ทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมในทุก ๆ ด้าน มากกว่าร้อยละ 85 นอกจากนี้ พบว่า เพศ อายุ และประสบการณ์ เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม และปัญหาในการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม พบว่า อยู่ในระดับน้อยที่สุด การศึกษาครั้งนี้ใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการฟาร์มให้ได้รับมาตรฐานฟาร์ม เพื่อส่งเสริมเกษตรกรให้สามารถผลิตน้ำนมดิบให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน

คำสำคัญ: การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี การผลิตโคนม สหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด

คำนำ

ประเทศไทยมีการส่งเสริมการเลี้ยงโคนม และมีการรณรงค์ให้คนไทยหันมาดื่มนมเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันกระแสการบริโภคอาหารสุขภาพกำลังเป็นที่นิยม โดยผู้บริโภคต้องการบริโภคอาหารที่สะอาด และปลอดภัย ส่งผลให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมต้องปรับตัว และปรับปรุงฟาร์มให้มีการผลิตที่มีมาตรฐาน เพื่อสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภค พร้อมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีการส่งเสริม สนับสนุนให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมปฏิบัติตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (GAP) พร้อมทั้งอย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ นับว่าเป็นจังหวัดที่มีการผลิตน้ำนมดิบในปริมาณที่มากที่สุด ซึ่งโดยสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด เป็นหนึ่งใน 9 สหกรณ์โคนมในจังหวัดเชียงใหม่ที่มีการผลิตน้ำนมดิบเป็นอันดับที่ 7 ของจังหวัด (Department of Livestock Development, 2021) สหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด ได้มีการจัดทำโครงการส่งเสริม และพัฒนาองค์ความรู้ในการเลี้ยงโคนม ปรับปรุงสายพันธุ์โคนม พัฒนาฟาร์ม และศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบให้เข้าสู่การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม และส่งเสริมให้เกษตรกรมีการพัฒนาการผลิตน้ำนมดิบให้เข้าสู่โครงการนมคุณภาพสูงล้านนาต่อไป พร้อมทั้งสร้างความเข้มแข็งให้ผู้ประกอบการฟาร์มโคนม และเพิ่มประสิทธิภาพการพัฒนาการเลี้ยงโคนม แต่ยังมีเกษตรกรบางรายที่มีปัญหาในการเลี้ยงโคนม ด้านองค์ประกอบฟาร์ม การจัดการฟาร์ม บุคลากร สุขภาพสัตว์ สิ่งแวดล้อม และการบันทึกข้อมูล ส่งผลให้ฟาร์มโคนมบางส่วนยังไม่ได้การรับรองมาตรฐานตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (GAP) ของเกษตรกรไม่ผ่านมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ซึ่งการเข้าสู่มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมจะช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา สภาพข้อมูลของเกษตรกร การจัดการฟาร์ม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและปัญหาในการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (GAP) ของสมาชิกสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการฟาร์มโคนมของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัย เรื่อง “ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมของสมาชิกสหกรณ์โคนม แม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่” โดยมีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากรในการศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ สมาชิกสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ที่อยู่ในพื้นที่ 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภอสันทราย อำเภอพร้าว อำเภอแม่ริม อำเภอแม่แตง อำเภอเมือง และอำเภอไชยปราการ จำนวน 68 ราย โดยศึกษาจากประชากรทั้งหมด การวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ เดือนมีนาคม ถึงเดือนสิงหาคม 2564

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

แหล่งข้อมูลที่รวบรวมเพื่อใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) ข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการแจกแบบสอบถามแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมซึ่งเป็นสมาชิกสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 68 รายเป็นรายบุคคล พร้อมทั้งเยี่ยมชม การดำเนินการภายในฟาร์มของเกษตรกรบางฟาร์ม 2) ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นการรวบรวมข้อมูลสารสนเทศจากเอกสาร วรสาร บทความทางวิชาการ วิทยานิพนธ์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากหน่วยงานต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย แบ่งการวิเคราะห์ ดังนี้

1) ข้อมูลสภาพพื้นฐานทางสังคม สภาพทางเศรษฐกิจ และสภาพด้านการบริการ การส่งเสริมของสมาชิกสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด และการจัดการฟาร์มตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหับฟาร์มโคนมของเกษต รกรผู้เลี้ยงโคนม โดยสถิติที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ คือ สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

2) การวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (GAP) วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบไคสแควร์ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (ระดับนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานทั่วไปกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมของสมาชิกสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3) ปัญหาของเกษตรกรในการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (GAP) โดยให้เกษตรกรเลือกระดับปัญหาตามประเด็นที่กำหนด ระดับ 1-5 (น้อยที่สุด-มากที่สุด) จากนั้นนำมาจัดลำดับระดับปัญหา โดยใช้เกณฑ์การประเมิน และการแปลความหมายตามวิธีการของ (Srisa- ard, 2010) 5 ระดับ ดังนี้

1.00-1.80 หมายถึง มีปัญหาในระดับน้อยที่สุด

1.81-2.60 หมายถึง มีปัญหาในระดับน้อย

2.61-3.40 หมายถึง มีปัญหาในระดับปานกลาง

3.41-4.20 หมายถึง มีปัญหาในระดับมาก

4.21-5.00 หมายถึง มีปัญหาในระดับมากที่สุด

ผลการวิจัย

1.สภาพพื้นฐานทางสังคม สภาพทางเศรษฐกิจ และสภาพด้านการบริการ การส่งเสริมของสมาชิกสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด

1.1 สภาพพื้นฐานทางสังคม

เพศ พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม จำนวน 68 คน แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 56 คน ร้อยละ 82.35 และเพศหญิง จำนวน 12 คน ร้อยละ 17.65 **อายุ** พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมช่วงอายุ 20–30 ปี จำนวน 3 คน ร้อยละ 4.41 อายุ 31-40 ปี จำนวน 9 คน ร้อยละ 13.24 อายุ 41-50 ปี จำนวน 21 คน ร้อยละ 30.88 อายุ 51-60 ปี จำนวน 20 คน ร้อยละ 29.41 อายุมากกว่า 60 ปี จำนวน 15 คน ร้อยละ 22.06 โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีอายุน้อยที่สุด คือ 27 ปี และมีอายุมากที่สุด คือ 74 ปี คิดเป็นค่าเฉลี่ยอายุของผู้เลี้ยงโคนม 50.76±11.23 ปี

ระดับการศึกษา พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมสำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จำนวน 32 คน ร้อยละ 47.06 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 5 คน ร้อยละ 7.35 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.จำนวน 12 คน ร้อยละ 17.65 ระดับอนุปริญญา/ปวส. จำนวน 7 คน ร้อยละ 10.29 และ ระดับปริญญาตรี จำนวน 12 คน ร้อยละ 17.65

ประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนม พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนม 1-10 ปี จำนวน 33 คน ร้อยละ 48.53 ประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนม 11-20 ปี จำนวน 20 คน ร้อยละ 29.41 ประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนม มากกว่า 20 ปี จำนวน 15 คน ร้อยละ 22.06 โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่มีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมน้อยที่สุด คือ 1 ปี และประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมมากที่สุด คือ 33 ปี คิดเป็นค่าเฉลี่ยประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนม 13.71±9.44 ปี

1.2 สภาพทางเศรษฐกิจ

เงินทุนที่ใช้ในการเลี้ยงโคนม พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมใช้เงินทุนของตนเองและกู้ยืม ร้อยละ 47.06 ใช้เงินทุนของตนเอง ร้อยละ 33.82 และใช้เงินทุนกู้ยืม ร้อยละ 19.12

แหล่งเงินทุนที่ใช้ในการเลี้ยงโคนม พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีแหล่งเงินทุนทั้งหมด 4 แหล่ง คือ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส) มากที่สุด ร้อยละ 42.17 รองลงมา คือ สหกรณ์โคนมแม่โจ้ ร้อยละ 28.92 เงินทุน ของตนเอง ร้อยละ 27.71 และเงินทุนจากธนาคารออมสิน ร้อยละ 1.20

1.3 สภาพด้านการบริการ การส่งเสริม

การได้รับการฝึกอบรม พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมได้รับการฝึกอบรม ร้อยละ 100 ในหัวข้อ การเลี้ยงโคนม การจัดการฟาร์ม การผสมเทียมโคนม และอื่นๆ เช่น มาตรฐานฟาร์มโคนม การจัดการแปลงหญ้า คิดเป็นร้อยละ 54.41

2. การจัดการฟาร์มตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (GAP)

พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ร้อยละ 90.72 มีการจัดการฟาร์มตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ด้านองค์ประกอบฟาร์ม ร้อยละ 91.54 ด้านการจัดการฟาร์ม ร้อยละ 95.22 ด้านบุคลากร ร้อยละ 98.04 ด้านสุขภาพสัตว์ ร้อยละ 100 ด้านสวัสดิภาพสัตว์ ร้อยละ 88.94 ด้านสิ่งแวดล้อม และร้อยละ 86.03 ด้านการบันทึกข้อมูล (Figure 1)

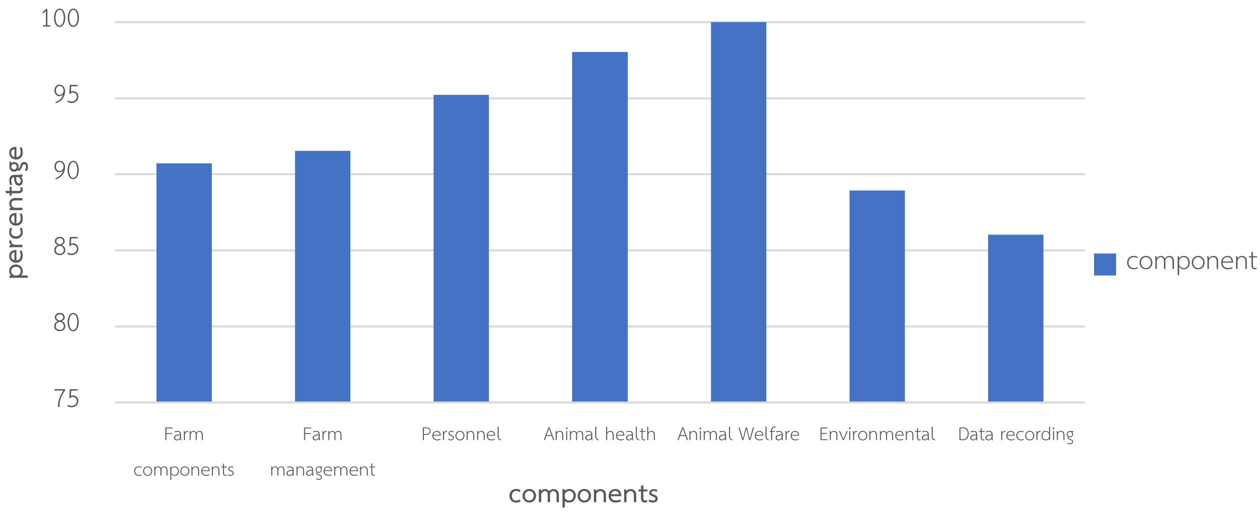


Figure 1 Practicing as follow Good Agricultural Practice for Dairy Cattle Farm (GAP) (TAS 6402(G)-2562)

3. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (GAP)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานทางสังคม ปัจจัยทางเศรษฐกิจ และปัจจัยด้านการบริการการส่งเสริมกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ได้ผลการศึกษา ดังนี้

เพศ มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมด้านองค์ประกอบฟาร์ม และด้านการบันทึกข้อมูล **อายุ** มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ด้านองค์ประกอบฟาร์ม ด้านการจัดการฟาร์มและด้านการบันทึกข้อมูล **ประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนม** มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมด้านองค์ประกอบฟาร์ม ด้านการจัดการฟาร์ม และด้านบุคลากร แต่**ระดับการศึกษา เงินทุนที่ใช้ในการ**

เลี้ยงโคนม แหล่งเงินทุนที่ใช้ในการเลี้ยงโคนม การได้รับการฝึกอบรม และหัวข้อในการฝึกอบรม ไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ($p>0.05$)

4. ปัญหาในการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (GAP)

ปัญหาในการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม พบว่า เกษตรกรมีปัญหาจากการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ในด้านองค์ประกอบของฟาร์ม การจัดการฟาร์ม บุคลากร สุขภาพสัตว์ สวัสดิภาพสัตว์ สิ่งแวดล้อม และการบันทึกข้อมูล ในระดับน้อยที่สุด (Table 1)

Table 1 Average of problem to practicing follow Good Agricultural Practice for Dairy Cattle Farm (GAP) (TAS 6402(G)-2562)

The Problem follow Good Agricultural Practice for Dairy Cattle Farm	Mean ±SD	Interpretation
Farm Components	1.16±0.42	Lowest
Farm management	1.19±0.96	Low
Personnel	1.07±0.21	Lowest
Animal health	1.02±0.08	Lowest
Animal Welfare	1.00±0.00	Lowest
Environmental	1.20±0.59	Lowest
Data recording	1.15±0.37	Lowest
Total	**1.11±0.38**	**Lowest**

4.21-5.00 = Highest, 3.41-4.20 = High, 2.61-3.40 = Moderate, 1.81-2.60 Low, 1.00-1.80 = Lowest

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. สภาพพื้นฐานทางสังคม สภาพทางเศรษฐกิจ และ สภาพด้านเทคนิค การบริการ การส่งเสริมของเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด

1.1 สภาพพื้นฐานทางสังคม: เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 82.35 อายุเฉลี่ย 50.76±11.23 ปี ระดับการศึกษา เกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 47.06 และมีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมเฉลี่ย 13.71±9.44 ปี เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kaewkerd and Phuphaden (2018) พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 46.5±5.66 ปี ระดับการศึกษา จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาร้อยละ 47.50 และประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมเฉลี่ย 10.2±3.52 ปี และ Jaipipak (2019) พบว่า

เกษตรกรเป็นเพศชายร้อยละ 62.12 มีอายุเฉลี่ย 49.32±10.16 ปี และเกษตรกรมีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมเฉลี่ย 15.35±9.75 ปี แสดงว่า เพศ อายุ และประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีผลต่อการปฏิบัติงาน ความพร้อม และยอมรับที่จะเรียนรู้เทคนิค วิธีการ และเทคโนโลยีใหม่ๆที่ทันสมัยมาปรับปรุงฟาร์มให้มีคุณภาพ และได้รับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมอย่างต่อเนื่อง

1.2 สภาพทางเศรษฐกิจ : เกษตรกรใช้เงินทุนในการเลี้ยงโคนมจากเงินทุนของตนเอง และ กู้ยืมมากที่สุด โดยแหล่งกู้ยืมเงินส่วนใหญ่ คือ ธ.ก.ส. ร้อยละ 42.17 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Jaipipak (2019) พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมใช้เงินทุนของตนเองและเงินกู้ จาก ธ.ก.ส. ร้อยละ 74.24 ซึ่งให้ผลแตกต่างจากงานวิจัยของ Phokad (2012) พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้เงินทุนมาจากการกู้ยืม จาก ธ.ก.ส. ร้อยละ 96.90 แสดงว่า เกษตรกรมีการเข้าถึงเงินทุนหลายรูปแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับนโยบายของภาครัฐที่ให้การสนับสนุนเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม และสหกรณ์โคนม ส่งผลให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมสามารถเข้าถึงแหล่งเงินทุนที่แตกต่างกัน

1.3 ข้อมูลด้านการบริการ การส่งเสริม : เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมได้รับการฝึกอบรมครบทุกคน พร้อมทั้งได้รับการฝึกอบรมในหัวข้อ เรื่อง การเลี้ยงโคนม การจัดการฟาร์ม การผสมเทียมโคนม และ อื่นๆ เช่น มาตรฐานฟาร์มโคนม คิดเป็นร้อยละ 100 และหัวข้อเรื่อง การจัดการแปลงหญ้า ร้อยละ 54.41 ตามลำดับ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Pinta (2017) พบว่า เกษตรกร ผู้เลี้ยงโคนมจำเป็นต้องผ่านการฝึกอบรมเบื้องต้น และ มีหนังสือรับรอง เพื่อ จัดการฟาร์มโคนมที่ถูกต้อง ส่งผลต่อ ปริมาณน้ำนมดิบ ซึ่งให้ผลแตกต่างจากงานวิจัยของ Thammanun (2009) พบว่า เกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 64.70 เคยดูงาน /ฝึกอบรม และร้อยละ 35.30 ไม่เคยดูงาน/ฝึกอบรม แสดงว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมทุกคนควรต้องได้รับการฝึกอบรมก่อนการเลี้ยงโคนม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ศักยภาพการเลี้ยงโคนมของเกษตรกร เพื่อเข้าสู่มาตรฐานฟาร์ม และได้ผลผลิตน้ำนมดิบที่ดี

2. ข้อมูลการจัดการฟาร์มตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (GAP)

เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ร้อยละ 90.72 มีการจัดการฟาร์มตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ด้านองค์ประกอบฟาร์ม ร้อยละ 91.54 ด้านการจัดการฟาร์ม ร้อยละ 95.22 ด้านบุคลากร ร้อยละ 98.04 ด้านสุขภาพสัตว์ ร้อยละ 100 ด้านสวัสดิภาพสัตว์ ร้อยละ 88.94 ด้านสิ่งแวดล้อม และร้อยละ 86.03 ด้านการบันทึกข้อมูล เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kingwan (2019) พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม จำนวน 148 คน มีการจัดการฟาร์มโคนมตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ดังนี้ ด้านองค์ประกอบฟาร์ม มีการจัดการฟาร์ม ตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ร้อยละ 99.43 ด้านการจัดการฟาร์ม ร้อยละ 99.03 ด้านการจัดการสุขภาพสัตว์ ร้อยละ 100 ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม ร้อยละ 100 ด้านการผลิตน้ำนมดิบ การเก็บรักษา และการขนส่งน้ำนมดิบ ร้อยละ 88.09 แสดงว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (มกษ.6402(G)-2562) มากกว่าร้อยละ 85 โดยมีความแตกต่างกันในแต่ละประเด็นการสอบถาม แสดงว่า การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม มีความสำคัญทำให้ฟาร์มที่ดำเนินการตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่งผลให้ฟาร์มได้รับมาตรฐานฟาร์มจากกรมปศุสัตว์ทำให้ฟาร์มมีปริมาณน้ำนมดิบเพิ่มขึ้นและมีคุณภาพที่ดี

3. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (GAP)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานทางสังคม ปัจจัยทางเศรษฐกิจ และ ปัจจัยด้านการบริการ การส่งเสริม กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ที่ระดับนัยสำคัญ $p<.05$ ได้ผลการศึกษา ดังนี้

เพศ มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ซึ่งให้ผลแตกต่างจากงานวิจัยของ Phokad (2012) พบว่า เพศมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติตามมาตรฐานฟาร์มโคนม และการผลิตน้ำนมดิบของประเทศไทย เนื่องจากเกษตรกร ผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่เป็นเพศชาย เป็นแรงงานหลักในการปฏิบัติงานในฟาร์ม มีความพร้อมในการเรียนรู้ และยอมรับในการเปลี่ยนแปลง ด้านต่างๆ เพื่อให้ฟาร์มเข้าสู่มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม เนื่องจาก เพศกับเครื่องมือและอุปกรณ์ และการบันทึกข้อมูลการปฏิบัติงานในฟาร์ม เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมเพศชายไม่มีความละเอียดในการจดบันทึกข้อมูล การปฏิบัติงานภายในฟาร์ม เน้นการปฏิบัติงานในฟาร์มเป็นหลัก และฟาร์มต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเลี้ยงโคนมที่เพียงพอจะทำให้การปฏิบัติงานการเลี้ยงโคนมเป็นไปด้วยความเรียบร้อย เหมาะสม

อายุ มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ซึ่งให้ผลแตกต่างจากงานวิจัยของ Thammanun (2009) พบว่า อายุ มีความสัมพันธ์เชิงลบกับการยอมรับมาตรฐานมาตรฐานฟาร์มโคนม โดยเกษตรกรที่มีอายุน้อยจะมีการยอมรับมาตรฐานฟาร์มโคนม มากกว่าเกษตรกรที่มีอายุมาก เนื่องจาก เกษตรที่มีอายุมาก มีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมมาก พร้อมทั้งได้รับการฝึกอบรม และได้รับการถ่ายทอดด้านการเลี้ยงโคนมจากบุคคลต้นแบบ ส่งผลให้เกษตรกรที่มีอายุมาก ประสบผลสำเร็จด้านการเลี้ยงโคนม พร้อมทั้งฟาร์มได้รับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมมากกว่าเกษตรกรที่มีอายุน้อย

ประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนม มีความสัมพันธ์กับการจัดการฟาร์มตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม แตกต่างกับ Bai-ngiu (2011) พบว่า ประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมเพิ่มมากขึ้น มีแนวโน้มว่าจะประสบผลสำเร็จในอาชีพ การเลี้ยงโคนมลดลง โดยเกษตรกรอายุตั้งแต่ 45 ปี ขึ้นไป อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดูแล และการจัดการฟาร์มลดลง เนื่องจาก เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่มีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคมาก ส่งผลให้เกษตรกรสามารถนำความรู้ และประสบการณ์ที่มีมาปรับปรุงฟาร์มให้ประสบผลสำเร็จ และได้รับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม มากกว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่มีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคน้อย

ระดับการศึกษา ไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ($p>0.05$) เนื่องจาก ระดับการศึกษาของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม เพราะยังมีปัจจัยอื่น เช่น เพศ อายุ และประสบการ์ณในการเลี้ยงโคนมที่เป็นปัจจัยเสริมที่ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมได้รับมาตรฐานฟาร์ม

เงินทุนที่ใช้ในการเลี้ยงโคนม ไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ($p>0.05$) เนื่องจาก เงินทุนที่ใช้ในการเลี้ยงโคนม ไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม เพราะยังมีปัจจัยอื่น เช่น ประสบการ์ณในการเลี้ยงโคนมที่เป็นปัจจัยเสริมที่ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมได้รับมาตรฐานฟาร์ม

แหล่งเงินทุนที่ใช้ในการเลี้ยงโคนม ไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ($p>0.05$) ซึ่งให้ ผลแตกต่างจากงานวิจัยของ Phokad (2012) พบว่า แหล่งเงินทุน มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติตามมาตรฐานฟาร์มโคนม และการผลิตน้ำนมดิบของประเทศไทยในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม

การได้รับการฝึกอบรม ไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ($p>0.05$) ซึ่งให้ผลแตกต่างจากงานวิจัยของ (Vetchasitniraphai et al., 2020) พบว่า การที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมเข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับมาตรฐานฟาร์มฟาร์มที่ดีมากขึ้น กลับมีผลทำให้ความต้องการในการส่งเสริมการเลี้ยงโคนมให้ได้มาตรฐานฟาร์มที่ดีลดลง

หัวข้อในการฝึกอบรม ไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ($p>0.05$) เนื่องจากหัวข้อในการฝึกอบรม ไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม เพราะ หัวข้อที่เกษตรกรได้รับการฝึกอบรมนั้นมีหลากหลาย แต่อาจไม่ครอบคลุม ส่งผลให้ฟาร์มของเกษตรกรไม่ได้รับมาตรฐานฟาร์ม

สรุปผลการวิจัย

เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 50.76±11.23 ปี สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษามากที่สุด ประสบการณ์ในการเลี้ยงโคนมเฉลี่ย 13.71±9.44 ปี เกษตรกรใช้เงินทุนในการเลี้ยงโคนมจากเงินทุนของตนเอง และกู้ยืมจากแหล่งกู้ยืมเงินหลัก คือ ธ.ก.ส และเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมทั้งหมดได้รับการอบรมเกี่ยวกับการเลี้ยงโคนม พร้อมทั้งเกษตรกรมีการจัดการฟาร์มตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมทั้ง 7 ด้าน มากกว่าร้อยละ 85 และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมคือ เพศ อายุ และประสบการณ์ และปัญหาในการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนมอยู่ในระดับน้อยถึงน้อยที่สุด จากผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการฟาร์มของเกษตรกรและการส่งเสริมด้านการจัดการเลี้ยงโคนมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสนับสนุนให้เกษตรกรขอรับรองมาตรฐานฟาร์ม โคนม ซึ่งจะช่วยทำให้เกษตรกรสามารถผลิตน้ำนมดิบให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้จัดการสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด และเจ้าหน้าที่สัตวบาล สหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัด ที่ช่วยเหลือแนะนำ อำนวยความสะดวก ในการสืบค้น และสำรวจข้อมูลประกอบการวิจัย และเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์โคนมแม่โจ้ จำกัดทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบสอบถามการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Bai- ngiu, P. 2011. **Factors Affecting the Success of Dairy Cattles of Farmer in Chiang Mai Province.** Master Thesis. Chiangmai University. 76 p. [in Thai]

Department of Livestock Development. 2021. **Dairy Cattle population and raw milk quantity classify by Cooperative and milk collection center in upper northern Thailand in March 2021.** [Online]. Available https://region5.dld.go.th/webnew/images/stories/e01/konom_each2/660325641.pdf (25 April 2021). [in Thai]

Jaipipak, C. 2019. **Dairy Farm Management of Dairy Farmers in Prachuap Khiri Khan Province.** Master Thesis. Sukhothai Thammathirat Open University. 90 p. [in Thai]

Kaewkerd, Y. and C. Phoophaden. 2018. **Study on readiness to improve farm Good Agriculture Practices in Udon Thani province.** [Online]. Available http://region4.dld.go.th/webnew/images/stories/vichakarn/ v61_24_2_08_61.pdf (16 January 2021). [in Thai]

Kingwan, A. 2019. **Dairy Farm Management Extension According to Good Agricultural Practices of Farmers in Lam Sonthi District, Lop Buri Province.** Master Thesis. Sukhothai Thammathirat Open University. 82 p. [in Thai]

Phokad, P. 2012. Dairy Farm Management by A Good Agricultural Practices: A Case Study of Sukhothai Province. p. 1–9. *In* **The 2nd STOU Graduate Research Conference, 4-5 September 2012.** Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. [Online]. Available https://www.stou.ac.th/thai/grad_stdy/masters/ฝ ส ส /research/2nd/FullPaper/SCI/Oral/O-ST%20023%20 นายประเสริฐ%20%20โพธิ์กาด.pdf (16 January 2021). [in Thai]

Pinta, P. 2017. **Potential of Raw Milk Production of Dairy Farmers in Thailand.** Master Thesis. Chiangmai University. 124 p. [in Thai]

Srisa-ard, B. 2010. **Introduction to Research 8th.** Bangkok: Suweeriyasan. 219 p. [in Thai]

Thammanun, D. 2009. **Adoption of Standard Dairy Cow Farm Regulation by Small Farmers, Ban Thi District, Lamphun Province**. Master Thesis. Chiangmai University. 89 p. [in Thai]

Vetchasitniraphai, N., P. Kruekum and P. Jeerat. 2020. The Need for Extension Services for Good Dairy Farming Practices of Dairy Farmers in On Tai Sub-district, San Kamphaeng District, Chiang Mai. **Journal of Agricultural Research and Extension** 38(1): 155-165. [Online]. Available https://erp.mju.ac.th/openFile.aspx?id=NDQwMDc4&method=inline (30 July 2021). [in Thai]

Session 9

ภาคโปสเตอร์

การใช้ประโยชน์กากมันสำปะหลังหมักยีสต์เป็นแหล่งพลังงานทางเลือกในอาหารไก่พื้นเมือง
Utilization of Yeast Fermented Cassava Pulp as an Alternative Energy Source in Thai Native Chicken Diets

สุรีรัตน์ ถือแก้ว[1*] ทองเลียน บัวจูม[1] และวัชราภรณ์ พิลา[2]
Sureerat Thuekeaw[1*], Tonglian Buwjoom[1] and Watcharaporn Pila[2]
[1]คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2]กองแผนงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[1]Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[2]Planning Division, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
*Corresponding author: S.thuekeaw@gmail.com

Abstract

Cassava pulp (CP) is used as an alternative energy source in animal diets. However, low protein and high fiber contents in CP are limited in poultry diet. Yeast fermentation can improve nutritive value of CP. Thus, this study was conducted to improve nutritive values of CP and evaluate the effects of yeast fermented cassava pulp (YCP) on productive performance of Thai native chicken. CP and YCP were analyzed for chemical composition. Eighty Pradu Hang Dam aged 7 weeks were randomly distributed in two treatments as follows: control (basal feed) and basal feed with 20% YCP. These findings demonstrated that dry matter, ether extract, ash and gross energy in YCP were not affected by fermentation. However, crude protein in YCP was increased (P=0.017), whereas crude fiber was significantly decreased (P=0.047). Birds receiving YCP diet had no significant different in average daily feed intake (ADFI), average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR) and mortality rate in comparison to control (P > 0.05). In conclusion, YCP can be used as the energy source in Thai native chicken diets at 20% without no adverse effect on growth performance.

Keywords: cassava pulp, fermentation, growth, Thai native chicken, yeast

บทคัดย่อ

กากมันสำปะหลังใช้เป็นแหล่งพลังงานทางเลือกในอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนต่ำและเยื่อใยสูงเป็นข้อจำกัดในอาหารสัตว์ปีก การหมักยีสต์สามารถปรับปรุงโภชนะในกากมันสำปะหลังได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการปรับปรุงค่าโภชนะของกากมันสำปะหลัง และประเมินผลของกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง กากมันสำปะหลังและกากมันหมักยีสต์ถูกนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ไก่ประดู่หางดำอายุ 7 สัปดาห์ จำนวน 80 ตัว ถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ กลุ่มควบคุม (อาหารพื้นฐาน) และกลุ่มกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ (อาหารพื้นฐานร่วมกับกากมันหมักยีสต์ 20%) การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า วัตถุแห้ง ไขมัน เถ้า และพลังงานรวมในกากมันสำปะหลังไม่ได้รับผลกระทบจากการหมัก อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์เพิ่มสูงขึ้น (P=0.017) ขณะที่เยื่อใยลดลง (P=0.047) ไก่ที่ได้รับอาหารกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปริมาณอาหารที่กิน การเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และอัตราการตาย เมื่อเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุม (P>0.05) สรุปได้ว่าอาหารผสมกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ที่ 20% สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารไก่พื้นเมืองได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

คำสำคัญ: กากมันสำปะหลัง การหมัก การเจริญเติบโต ไก่พื้นเมือง ยีสต์

คำนำ

ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ขนาดใหญ่มักจะใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหาร นอกเหนือจากนี้ข้าวโพดยังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น การผลิตเชื้อเพลิง จึงทำให้ปริมาณข้าวโพดไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ขนาดเล็ก และกลุ่มเกษตรกรรายย่อย มีหลายงานวิจัยให้ความสนใจการประยุกต์ใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทางเลือก เพื่อแก้ไขปัญหาวัตถุดิบอาหารสัตว์ขาดแคลน มีราคาสูง และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

มันสำปะหลังถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น การผลิตแอลกอฮอล์ เอทานอล แป้งมันสำปะหลัง และอาหารสัตว์ (Okrathok *et al.*, 2018) กากมันสำปะหลัง (Cassava pulp) เป็นเศษเหลือจากกระบวนผลิตแป้งมันสำปะหลัง กากมันสำปะหลังยังคงมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบอยู่สูง (50-60%, DM basis) ซึ่งได้รับความสนใจใช้เป็นแหล่งพลังงานทางเลือกในสัตว์ปีก อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงข้อจำกัดในการนำไปใช้ เนื่องจากมีเยื่อใยอยู่สูง และมีสารต้านประโยชน์ของโภชนะ (antinutritional factors, ANFs) คือ ไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen cyanide; HCN) มีรายงานว่ามันสำปะหลังมี HCN อยู่ในช่วง 75 ถึง 1,000 มก./กก. (Morgan and Choct, 2016) กากสำปะหลังมีโปรตีนประมาณ 1-2% และมีกรดอะมิโนจำเป็นต่ำ ทำให้เมื่อนำมันสำปะหลังมาใช้ในอาหารสัตว์ปีก ควรจะต้องเติมกรดอะมิโนเช่น เมธไธโอนีน และไลซีน การนำกากมันสำปะหลังไปใช้ในอาหารไก่เนื้อมีรายงานว่าทำให้ค่าการย่อยได้ของโภชนะ และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตลงลด (Khempaka *et al.*, 2009) นอกเหนือจากนี้กากมันสำปะหลังยังมีผลต่อความน่ากินของอาหาร เนื่องจากมีความเป็นฝุ่นสูง ทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลง

วิธีการปรับปรุงคุณภาพของกากมันสำปะหลังถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็น การปรับปรุงคุณภาพทำได้โดยกระบวนการทางกายภาพ เช่น การตากแดด การต้ม หรือกระบวนการทางชีวภาพ เช่น การหมักด้วยจุลินทรีย์ การศึกษานี้ให้ความสนใจการปรับปรุงคุณภาพกากมันสำปะหลังด้วยยีสต์ ยีสต์ถูกนำใช้อย่างแพร่หลายในการหมัก มีรายงานก่อนหน้านี้ระบุว่า การหมักมันสำปะหลังสามารถลด HCN จาก 400 มก./กก. ลดลงเหลือ 84 มก./กก. (Morgan and Choct, 2016) และยังสามารถเพิ่มโปรตีนในกากมันสำปะหลังได้ถึง 13% (Okrathok *et al.*, 2018) และเมื่อนำไปใช้ในอาหารไก่ไข่สามารถใช้ได้ถึง 32% โดยไม่มีผลกระทบต่อค่าการย่อยได้ของโภชนะ (Okrathok *et al.*, 2018) อย่างไรก็ตามรายงานการใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์ในอาหารไก่พื้นเมืองยังมีไม่มากนัก

มูลนิธิชัยพัฒนาร่วมกับมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้โครงการส่งเสริมการใช้หอยเชอรี่และวัตถุดิบท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์ มีแนวคิดที่จะส่งเสริมกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่อำเภอสำโรงทาบ จังหวัดสุรินทร์ ผลิตกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ไว้ใช้สำหรับเลี้ยงไก่พื้นเมือง เพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร อีกทั้งให้เกษตรกรมีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบอื่นๆ ที่มีในท้องถิ่นได้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลัง และประเมินผลของกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมหัวเชื้อยีสต์

ยีสต์ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นยีสต์สำหรับการทำเบเกอรรี่ (Baker yeast) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisea* การเตรียมหัวยีสต์ใช้น้ำตาลทรายแดง 600 กรัม ละลายในน้ำสะอาด 7 ลิตร ผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้นเติมยีสต์ จำนวน 500 กรัม ละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 10 นาที หรือปล่อยจนยีสต์เกิดฟอง เพื่อกระตุ้นการทำงานของยีสต์ การเตรียมอาหารยีสต์ทำได้โดยผสมกากน้ำตาล 8.5 กิโลกรัม และยูเรีย 3 กิโลกรัมในน้ำ 170 ลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นทำการเพิ่มจำนวนยีสต์โดยผสมสารละลายยีสต์ที่เตรียมไว้กับอาหารเลี้ยงเชื้อคนให้เข้ากัน ทำการเติมออกซิเจนโดยใช้ปั๊มลม หรือ กวนตลอดเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

กากมันปะหลังหมักยีสต์

กระบวนการหมักกากมันปะหลังดัดแปลงมาจากวิธีของ Pilajun and Wanapat (2016) และ Okrathok *et al.* (2018) โดยชั่งกากมันสำปะหลัง 100 กิโลกรัม เติมน้ำหมักยีสต์ 10 ลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นบรรจุลงในถุงดำ ไล่อากาศออกให้หมด และมัดปากถุงให้แน่น ใช้เวลาในการหมัก 21 วัน ก่อนนำไปวิเคราะห์และประกอบสูตรอาหารต่อไป (Fig. 1)

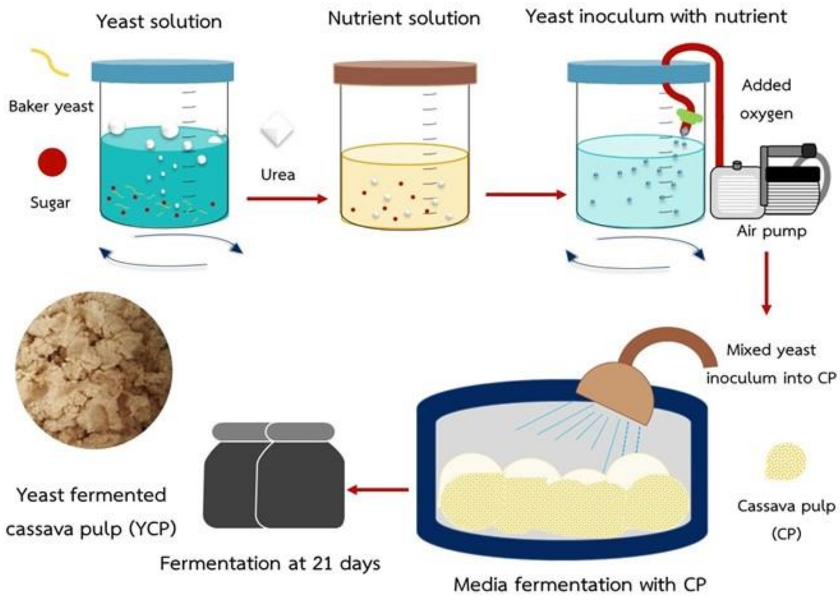


Figure. 1 Schematic for step of preparation of yeast fermented with cassava pulp (YCP)

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition)

นำกากมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ วัตถุแห้ง (Dry matter; DM) โปรตีนโดยรวม (Crude Protein; CP) เยื่อใยโดยรวม (Crude fiber; CF) ไขมันโดยรวม (Ether extract; EE) และเถ้า (Ash) โดยวิธีของ Association of Official Analytical Chemists วิเคราะห์พลังงานรวม (Gross energy; GE) ด้วยเครื่องวิเคราะห์หาพลังงานอัตโนมัติ (IKA® Calorimetery system C000, Germany)

สัตว์ทดลอง และสถานที่ทำการทดลอง

ไก่ประดู่หางดำจำนวน 80 ตัว อายุ 7 สัปดาห์ คละเพศ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารควบคุม และกลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ 20% ทำการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการทดลองในพื้นที่หมู่บ้านเกาะแก้ว ตำบลเกาะแก้ว อำเภอสำโรงทาบ จังหวัดสุรินทร์ วัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองแสดงไว้ใน Table 1 ไก่ได้รับอาหารและน้ำตลอดเวลา เลี้ยงภายในโรงเรือนระบบเปิดกึ่งขังกึ่งปล่อย ทำการบันทึกน้ำหนักตัว (Body weight) ปริมาณอาหารที่กิน (Feed intake) และบันทึกอัตราการตาย (Mortality rate) เป็นรายสัปดาห์ เพื่อมาคำนวณปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (Average daily feed intake; ADFI) การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (Average daily gain; ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio; FCR) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองของทั้งสองกลุ่มจะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ Two independent samples t- test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 กลุ่ม

Table 1 Ingredients and calculated nutrient composition of the basal diet (as-fed basis, %)

Ingredient	Dietary treatment [1]	
(kg)	Control	YCS
Corn	58.0	47.0
Fish meal	5.0	5.0
Rice bran	3.0	2.0
Broken rice	10.0	2.0
Soybean meal	17.0	17.0
Leucaena meal	2.0	2.0
Yeast fermented cassava pulp	**0.0**	**20.0**
DL-Methionine	0.25	0.25
Dicalcium phosphate (DCP 16%)	2.5	2.5
Limestone	1.5	1.5
Salt	0.5	0.5
Vitamin and mineral premix [2]	0.25	0.25
Total	**100.0**	**100.0**
Calculated nutrient composition (%)		
Dry matter	90.39	88.51
Metabolizable energy (kcal/kg)	2,900	2,900
Crude fiber	3.69	4.04
Ether extract	3.63	3.02
Crude protein	16.57	16.01
Calcium	1.21	1.24
Total phosphorus	0.60	0.56
Available phosphorus	0.35	0.32

Feed cost = Control; 11.50, YCS; 10.50 bath/kg

[1] Control, birds fed a basal diet and YCP, birds fed a basal diet with yeast fermented cassava pulp at 20%

[2] Premix composition per kg of feed: Vitamin D = 2,400 IU, Vitamin E = 60.0 mg, Vitamin K = 3.0 mg, Vitamin B1 = 3.0 mg, Vitamin B2 = 8.0 mg, Vitamin B6 = 4.0 mg, Vitamin B12 = 0.02 mg, Niacin = 50.0 mg, Pantothenic acid = 15.0mg, Biotin = 0.40 mg, Folic acid = 2.0 mg, Cu = 15 mg, Fe =40 mg, Mn = 100 mg, Zn = 100 mg, I =1.0 mg, Se =1 mg

ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมี

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีทางของกากมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ (Table 2) พบว่ากากมันสำปะหลังมีปริมาณความชื้น 75.58% โปรตีน 1.74% เยื่อใย 11.33% ไขมัน 0.27% เถ้า 2.12% และพลังงานรวม 4,083 แคลอรี่/กรัม หลังกระบวนการหมักยีสต์พบว่าปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 5.32% (P=0.017) และปริมาณเยื่อใยลดลงเป็น 6.63% (P=0.047) ในขณะที่ปริมาณวัตถุแห้ง ไขมัน เถ้า และพลังงานรวมเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับกากมันสำปะหลัง (P>0.05)

Table 2 Chemical composition of cassava pulp (CP) and yeast fermented cassava pulp (YCP)

Item	CP[1]	YCP[2]	SEM[3]	P-value
Dry matter, %	24.42	21.77	1.13	0.076
Crude protein, %	1.74 ^{b}	5.32 ^{a}	1.79	0.017
Crude fiber, %	11.33 ^{a}	6.63 ^{b}	2.35	0.047
Ether extract (%)	0.27	0.24	0.01	0.091
Ash (%)	2.12	1.98	0.07	0.176
Gross energy (kcal/g)	4,083	4,063	0.78	0.783

Different subscript letters indicate significant differences in the rows (P < 0.05).

[1] CP; Cassava pulp and [2] YCP; Yeast fermented cassava pulp

[3] SEM = standard error of the mean

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ผลการใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง อายุ 7 สัปดาห์ (Table 3) เมื่อสิ้นสุดการทดลองไก่ที่ได้รับอาหารควบคุม และกากมันสำปะหลังหมักยีสต์มีน้ำหนักเท่ากับ 1,217.50 และ 1,297.50 กรัม ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในส่วนของปริมาณอาหารที่กิน การเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่พบความแตกต่างเช่นเดียวกัน (P>0.05) อาหารทดลองทั้งสองกลุ่มไม่มีผลกระทบต่ออัตราการตายของไก่ (P>0.05) เมื่อนำมาคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 47.39 และ 39.64 บาทต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มการทดลอง

Table 3 Effect of cassava pulp fermented with yeast on growth performance of Thai native chicken

Item	Dietary treatment [1]		SEM [2]	P-value
	Control	YCP		
Initial body weight (g)	367.50	362.50	2.50	0.219
Final body weight (g)	1,217.50	1,297.50	40.00	0.441
Average daily feed intake (g/d)	62.50	62.96	0.23	0.521
Average daily gain (g/d)	15.18	16.70	0.76	0.421
Feed conversion ratio	4.12	3.77	0.17	0.870
Mortality rate (%)	2.50	2.50	0.00	0.595
Feed cost per gain (bath/kg.)	47.39	39.64	3.87	0.9779

[1] Control, birds fed a basal diet and YCP, birds fed a basal diet with yeast fermented cassava pulp at 20%

[2] SEM = standard error of the mean.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การหมักด้วยจุลินทรีย์เป็นวิธีการทางชีวภาพที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพเศษเหลือจากอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยเล็งเห็นว่าเป็นวิธีการที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้จริง โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่มีราคาสูง คุณภาพของการหมักขึ้นอยู่หลายปัจจัย เช่น ชนิดของจุลินทรีย์ ชนิดและปริมาณสารตั้งต้น ความชื้น เวลา และอุณหภูมิ เป็นต้น จากการศึกษาพบว่ากากมันสำปะหลังหมักยีสต์มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น และมีปริมาณเยื่อใยลดลง ยีสต์ที่ในการทดลองนี้เป็นยีสต์สำหรับการทำเบเกอรรี่ (Baker yeast) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisea* (Johanis *et al.*, 2017) การปรับปรุงคุณภาพของกากมันสำปะหลังสามารถอธิบายได้ว่ายีสต์สามารถผลิตเอนไซม์ (extracellular enzymes) เช่น เฮมิเซลลูเลส (hemicellulases), เซลลูเลส (cellulase) เพกทิเนส (pectinase) และอะไมเลส (amylases) (Boonnop *et al.*, 2009) มาย่อยกากมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นพลังงานในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน ทำให้ปริมาณโปรตีนในกากมันสำปะหลังหมักเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Boonnop *et al.* (2009) รายงานว่าการหมักกากมันสำปะหลังด้วย *Sacchromyces cerevisiae* สามารถเพิ่มโปรตีนถึง 17.9% เมื่อเทียบกับกากมันสำปะหลังสด อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงโภชนะหลังจากกระบวนหมักมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง เนื่องจากกระบวนการหมักมีหลายปัจจัยที่จะต้องคำนึง เช่น โภชนะของวัตถุดิบแต่ละชนิดก่อนการหมัก วิธีการการหมัก ชนิดของจุลินทรีย์ ระยะเวลา และสภาพแวดล้อม เป็นต้น ในขณะที่การทำงานของเอนไซม์กลุ่มย่อยเยื่อใย (fiber-degrading enzymes) มีผลต่อการลดลงของปริมาณเยื่อใยในกากมันหมักสำปะหลัง การหมักโดยใช้จุลินทรีย์ถือว่าเป็น pre-digest the substrate ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ในตัวสัตว์ ทำให้ค่าย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ของโภชนะสูง (Omede *et al.*, 2018)

การใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์ที่ 20% ในอาหารไก่พื้นเมือง ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน สามารถอธิบายได้ว่ากากมันสำปะหลังหมักยีสต์ไม่ส่งผลกระทบต่อความน่ากินของอาหาร นอกเหนือจากนี้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์ไม่ส่งผลกระทบเชิงลบต่ออัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในไก่พื้นเมืองช่วงอายุ 7-16 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อาหารควบคุม การให้อาหารสำเร็จรูปผสมกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ที่ 20% ในการผลิตไก่ประดู่หางดำ พบว่าไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบ (Mayura *et al.*, 2017) ในขณะที่รายงานของ Thunhatai *et al.* (2017) ระบุว่าการใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์ทดแทนอาหารสำเร็จรูปได้ถึง 30% โดยไม่มีต่อผลปริมาณการกินอาหาร อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่ไทยละโว้ การศึกษากากมันสำปะหลังหมักยีสต์ในอาหารไก่ไข่ในช่วง 5-20% ไม่พบความแตกต่างของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ เมื่อเทียบกับอาหารควบคุม (Khempaka *et al.*, 2016) จากผลข้างต้นมีความเป็นไปได้ว่า การลดลงของปริมาณเยื่อใยในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ เพิ่มการใช้ประโยชน์ของโภชนะอื่นได้มากขึ้น นอกเหนือจากนี้เยื่อใยที่ลดลงอาจจะส่งผลให้ปริมาณสารต้านการใช้ประโยชน์ของโภชนะที่มักพบในโครงสร้างของเยื่อใยอาจจะลดลงตามไปด้วย เช่น แทนนิน ซาโปนิน และไฟเตท เป็นต้น มีการรายงานก่อนหน้านี้ยืนยันว่าการหมักด้วย *Sacchromyces cerevisiae* สามารถลดปริมาณไฮโดรเจนไซยาไนด์ในกากมันสำปะหลัง (Boonnop *et al.*, 2009) อีกทั้งจากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ยังสามารถผลิต วิตามิน แร่ธาตุ และสารยับยั้งเชื้อก่อโรคได้อีกด้วย ข้อควรระวังในการใช้กากมันหมักยีสต์ในอาหารไก่คือการเติมยูเรียในขั้นตอนการหมัก โดยทั่วไปแล้วยูเรียใช้เป็นแหล่งไนโตเจน เพื่อช่วยให้กระบวนการหมักสมบูรณ์ แต่ในขณะเดียวกันยังมีการตกค้างของยูเรียในกากมันสำปะหลังหมัก ซึ่งปริมาณที่เหลืออยู่อาจจะเป็นพิษต่อสัตว์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์เพิ่มอัตราการตายของไก่เล็ก มีความเป็นไปได้ว่าเป็นผลจากการตกค้างของยูเรีย (ไม่แสดงข้อมูล) แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้พิสูจน์ได้ว่าการใช้การยูเรียในการหมักที่ 3% ไม่มีส่งผลเสียต่อสุขภาพ และการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองอายุ 7 สัปดาห์ขึ้นไป

สรุปผลการวิจัย

การหมักยีสต์สามารถนำมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม และวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพต่ำ เช่น กากมันสำปะหลัง โดยการหมักเป็นวิธีที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้จริง จากกระบวนการหมักร่วมกับการทำงานของยีสต์สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีน และลดเยื่อใยในกากมันสำปะหลัง นอกเหนือจากนี้การใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์ในสูตรอาหารไก่พื้นเมืองได้ถึง 20% โดยไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่ช่วงอายุ 7–16 สัปดาห์ และสามารถลดต้นทุนค่าอาหารได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิชัยพัฒนาที่สนับสนุนทุนโครงการส่งเสริมการใช้หอยเชอรี่และวัตถุดิบท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์ในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ประดู่หางดำ หมู่บ้านเกาะแก้ว ตำบลเกาะแก้ว อำเภอสำโรงทาบ และกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่กระดูกดำ ในพื้นที่หมู่บ้านกันโจรง ตำบลกระหาด อำเภอจอมพระ จังหวัดสุรินทร์ ที่สนับสนุนสถานที่และสัตว์ทดลอง

เอกสารอ้างอิง

Boonnop, K., M. Wanapat, N. Nontaso and S. Wanapat. 2009. Enriching nutritive value of cassava root by yeast fermentation. **Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)** 66(5): 629-633.

Johanis, L., S. Osfar, D. Irfan Hadji and S. Suyadi. 2017. Effect of supplementing *Saccharomyces cerevisiae* into low quality local-based feeds on performance and nutrient digestibility of late starter local pigs. **J. Agric. Sci. Technol.** 7(5): 346-350.

Khempaka, S., W. Molee and M. Guillaume. 2009. Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: effect on growth performance, carcass traits, digestive organs, and nutrient digestibility. **J. Appl. Poultry Res.** 18(3): 487-493.

Khempaka, S., L. Hokking and W. Molee. 2016. Potential of dried cassava pulp as an alternative energy source for laying hens. **J. Appl. Poultry Res.** 25(3): 359-369.

Mayura, C., J. Sitthisak, A. Peerakool, S. Nipon and K. Songyot. 2017. Effect of *Saccharomyces Cerevisiae* Fermented Cassava Pulp on Growth Performance of Native Chicken Praduhangdum. pp. 487-492. *In* **Proceedings of Innovation and Technology Conference**. Surin: Rajamangala University of Technology Isan SURIN campus. [in Thai]

Morgan, N.K. and M. Choct. 2016. Cassava: nutrient composition and nutritive value in poultry diets. **Anim. Nutr.** 2(4): 253-261.

Okrathok, S., P. Pasri, R. Thongkratok, W. Molee and S. Khempaka. 2018. Effects of cassava pulp fermented with *Aspergillus oryzae* as a feed ingredient substitution in laying hen diets. **J. Appl. Poultry Res.** 27(2): 188-197.

Omede, A.A., E.U. Ahiwe, Z.Y. Zhu, F. Fru-Nji and P.A. Iji, 2018. Improving cassava quality for poultry feeding through application of biotechnology. **Cassava** Volume (Issve): 241-263.

Pilajun, R. and M. Wanapat. 2016. Chemical composition and in vitro gas production of fermented cassava pulp with different types of supplements. **J. Appl. Anim. Res.** 46(1): 81-86.

Thunhatai, S., P. Monticha and M. Warinthorn. 2017. Effect of yeast fermented cassava pulp on productive performance in Thai Lavo chicken. pp. 377-384 ***In* Proceedings of The 55th Kasetsart University Annual Conference**. Bangkok *In* Kasetsart University. [in Thai]

ผลของการเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ และคลอเลสเตอรอลในไข่แดงต้มสุก

The Effects of *Spirulina platensis* Supplementation in Laying Hen Diet on Egg Quality and Boiled Egg Yolk Cholesterol

บัวเรียม มณีวรรณ์[1*] จงกล พรมยะ[2] จิราพร โรจน์ทินกร[2] และครรชิต ชมภูพันธ์[1]

Buaream Maneewan[1*], Jongkon Promya[2], Jiraporn Rojtinnakorn[2] and Kanchit Chompupun[1]

[1]คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: buaream@mju.ac.th

Abstract

The experiment was conducted in 240 Hy-Line laying hens at 18 weeks of ages. The laying hens were randomly assigned to 5 experimental groups (Completely Randomized Design; CRD), 4 replicates of 12 laying hens. 1st group, the chickens were fed control diet without *Spirulina platensis* (0%). 2nd, 3rd, 4th and 5th groups, the chickens were fed the control diet in which the 0.05, 0.10, 0.15 and 0.20% *Spirulina platensis* were added, respectively. The egg production performance and egg quality were observed for 24 weeks. The cholesterol in boiled egg yolk was analyzed at the end of the experimental period. The overall results of the 1-24 weeks showed that the *Spirulina platensis* were not affected on egg quality and boiled egg yolk cholesterol content ($P>0.05$) excepted that the using at the level of 0.10–0.20% increased egg yolk colour ($P<0.05$). Therefore, the *Spirulina platensis* can be use in the laying hen diet at the level of 0.10-0.20% for egg yolk color increasing even though it cannot reduce the cholesterol content in boiled egg yolk.

Keywords: laying hen, egg quality, *Spirulina platensis*, cholesterol

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำในแม่ไก่สายพันธุ์ไฮไลน์ อายุ 18 สัปดาห์ 240 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ12 ตัว กลุ่มที่ 1 แม่ไก่ได้รับอาหารควบคุมไม่เสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า (0%) กลุ่มที่ 2 3 4 และ 5 แม่ไก่ได้รับอาหารควบคุมเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20% ตามลำดับ ทำการศึกษาคุณภาพไข่ เป็นเวลา 24 สัปดาห์ เละเมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการวิเคราะห์คลอเลสเตอรอลในไข่แดงต้มสุก ผลการศึกษาพบว่า ตลอด 1-24 สัปดาห์ การใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพไข่ และปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดงต้มสุก ($P>0.05$) ยกเว้นการใช้ที่ระดับ 0.10-0.20% ช่วยเพิ่มสีไข่แดง ($P<0.05$) ดังนั้นสามารถเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0.10-0.20% เพื่อเพิ่มสีของไข่แดงแม้ว่าจะไม่สามารถลดปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดงต้มสุก

คำสำคัญ: ไก่ไข่ คุณภาพไข่ สไปรูลิน่า คลอเลสเตอรอล

คำนำ

สาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina platensis*) มีปริมาณโปรตีนสูง Promya *et al*. (2018) พบว่ามีปริมาณโปรตีน 42.49-46.91% โดยปริมาณโปรตีนขึ้นอยู่กับสภาพการเพาะเลี้ยง Madkour *et al*. (2012) พบว่าชนิดของแหล่งไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนทำให้สาหร่ายสไปรูลิน่ามีความแตกต่างกัน โดยโปรตีนมีค่าระหว่าง 37.79-52.95% คาร์โบไฮเดรทมีค่าระหว่าง 15.00–24.50% และไขมันมีค่าระหว่าง 5.64-15.39% สาหร่ายสไปรูลิน่ามีกรดไขมันจำเป็นที่มีความสำคัญสำหรับมนุษย์ อาทิเช่น Eicosapentaenoic acid (EPA) และ Docosahezaenoic acid (DHA) (Diraman *et al*., 2009) นอกจากนี้สาหร่ายสไปรูลิน่ายังมีสารสำคัญอีกหลายชนิด อาทิ คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ ไฟโคไซยานิน (Ruangsomboon *et al*., 2010; Devanathan and Ramanathan, 2012) ไฟโคอิริทริน และ แอลโลไฟโคไซนานิน (Devanathan and Ramanathan, 2012) ทำให้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Pinero Estrada *et al*., 2001; Park *et al*., 2018) แคโรทีนอยด์มีบทบาทในการเพิ่มสีของไข่แดง (Ortiz *et a.l*, 2021) สาหร่ายสไปรูลิน่าที่มีการผลิตที่ดีมีการควบคุมคุณภาพสำหรับใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพในมนุษย์สามารถนำมาใช้ได้หลายรูปแบบ (Andrade *et al*., 2018) ส่วนสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เป็นเศษเหลือจากการผลิตเพื่อเป็นอาหารเสริมในมนุษย์หรือผลิตเพื่อเป็นอาหารสัตว์โดยเฉพาะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารสัตว์ได้

มีการนำสาหร่ายสไปรูลิน่ามาใช้ในอาหารสัตว์หลายชนิด อาทิ Zahroojian *et al*. (2011) พบว่าสามารถให้สาหร่ายสไปรูลิน่า 2.5 % ในอาหารไก่ไข่แทนการใช้สีสังเคราะห์ เพื่อทำให้สีของไข่แดงเพิ่มขึ้นจนเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ในขณะที่ Mariey *et al*. (2012) พบว่าการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าในไก่ไข่พันธุ์พื้นเมืองสายพันธุ์ ซิไน (Sinai) และจิมมิซา (Gimmizah) ทำให้มีผลผลิตไข่และประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีกว่าการไม่ใช้ และช่วยลดคลอเลสเตอรอลในไข่แดงในขณะที่สีของไข่แดงเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีความสนใจนำสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ผลิตโดยคณะเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ มาใช้ในอาหารไก่ไข่เพื่อปรับปรุงผลสมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพไข่ และปริมาณคลอ

เลสเตอรอลในไข่แดง เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตไข่ไก่ปลอดภัย ส่งเสริมให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ผลิตไข่โดยใช้สารจากธรรมชาติในการเพิ่มสีของไข่แดงและเพิ่มช่องทางการจำหน่ายสาหร่ายสไปรูลิน่าให้แก่เกษตรกรผู้ผลิตสาหร่ายสไปรูลิน่า

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและอาหารทดลอง

ใช้แม่ไก่ไข่สายพันธุ์ไฮไลน์ อายุ 18 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 12 ตัว รวมไก่ทดลองทั้งสิ้น 240 ตัว กลุ่มที่ 1 แม่ไก่ได้รับอาหารควบคุมไม่เสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า (0.00%) (CP, 17%; ME, 2,850 Kcal/kg) (NRC, 1994) กลุ่มที่ 2 3 4 และ 5 แม่ไก่ได้รับอาหารควบคุมเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20% ตามลำดับ ทำการเลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด (Evaporative Cooling System) ตลอดระยะเวลาการทดลองมีน้ำให้ดื่มอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ให้อาหารอย่างจำกัด 115-120 กรัม/ตัว /วัน ทำการศึกษาคุณภาพไข่โดยเก็บตัวอย่างไข่ไก่ซ้ำละ 7 ฟอง รวมกลุ่มละ 28 ฟอง เพื่อชั่งน้ำหนักไข่ ความแข็งแรงของเปลือกไข่ สีหรือความสว่างของเปลือกไข่ ความสูงของไข่ขาว ด้วยชุดวิเคราะห์ไข่ TSS QCM plus system (Technical Services and Supplies, Dunnington, York, UK) วัดสีของไข่แดงด้วยพัดวัดสี (Roche Yolk Color Fan, DMS, Basel, Switzerland) วัดความหนาของเปลือกไข่ด้วยไมโครมิเตอร์แบบดิจิตัล (Mitutoyo, Kawasaki, Japan) และคำนวณค่าฮอกยูนิตตามสมการของ Eisen *et al*. (1962) ทำการวิเคราะห์คุณภาพไข่ทุก 4 สัปดาห์ จนสิ้นสุดการทดลอง รวมระยะการทดลอง 24 สัปดาห์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการวิเคราะห์คลอเลสเตอรอลในไข่แดงต้มสุก โดยเก็บตัวอย่างไข่ไก่กลุ่มละ 30 ฟอง นำมาต้มสุก 10 นาที และทำการแยกไข่แดงเพื่อส่งตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณคลอเลสเตอรอลด้วยชุดตรวจวัดปริมาณคลอเลสเตอรอล (Catalog number MAK043, Sigma-aldrich®) โดยบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) แบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Tests ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (Steel *et al*., 1997)

ผลการวิจัย

คุณภาพไข่ และปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดงต้มสุก

ผลการศึกษาคุณภาพไข่โดยรวมตลอด 24 สัปดาห์พบว่า น้ำหนักไข่และสีของเปลือกไข่ไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการทดลอง ($P>0.05$) (Table 1 and 3) ดัชนีไข่แดงสัปดาห์ที่ 8 12 20 และ 24 ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) สัปดาห์ที่ 4 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05% มีค่าดัชนีไข่แดงต่ำที่สุด ($P<0.05$) ส่วนในสัปดาห์ที่ 16

พบว่ากลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.10 และ 0.20 % มีค่าดัชนีไข่แดงสูงกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) ความแข็งของเปลือกไข่ไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการทดลอง (P>0.05) ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 12 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.20% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05)

ความหนาของเปลือกไข่ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) (Table 2) ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าทุกกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (P 0.05) และในสัปดาห์ที่ 12 พบว่ามีเพียงกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.10 และ 0.20% ที่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) ค่าฮอกยูนิตในสัปดาห์ที่ 12 และ 24 ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) สัปดาห์ที่ 4 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.10% ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม (P>0.05) แต่กลุ่มอื่นมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) สัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05% ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม (P>0.05) ส่วนกลุ่มอื่นมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) สัปดาห์ที่ 16 ทุกกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่ามีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) สัปดาห์ที่ 20 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.05 และ 0.15% ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม (P>0.05) แต่ที่ 0.10 และ 0.20% พบว่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05)

การใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าเห็นผลชัดเจนในสีของไข่แดง สัปดาห์ที่ 4 ทุกกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่ามีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.15 และ 0.20% ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม (P<0.05) ในสัปดาห์ที่ 8 แต่สูงกว่ากลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 12 (P<0.05) ในสัปดาห์ที่ 16 20 และ 24 กลุ่มที่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.10 0.15 และ 0.20% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) ส่วนปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดงต้มสุกพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (Table 3)

Table 1 Effects of *Spirulina platensis* on egg weight, yolk index and egg shell strength

Week	*Spirulina platensis* (%)					SEM	P-value
	0.00	**0.05**	**0.10**	**0.15**	**0.20**		
Egg weight (g)							
4	53.49	53.45	54.02	53.64	53.80	0.28	0.46
8	57.75	56.26	57.12	57.16	56.65	0.33	0.69
12	54.59	54.58	55.28	54.51	54.49	0.43	0.98
16	56.61	56.31	58.24	56.98	56.61	0.31	0.30
20	58.19	58.21	57.89	56.62	57.70	0.32	0.52
24	58.16	55.66	54.90	54.86	56.19	0.75	0.67
Yolk index							
4	0.46^{a}	0.44^{b}	0.46^{a}	0.47^{a}	0.48^{a}	0.00	<0.01
8	0.43	0.43	0.44	0.43	0.44	0.00	0.19
12	0.43	0.42	0.41	0.42	0.42	0.00	0.18
16	0.44^{b}	0.45^{ab}	0.46^{a}	0.45^{ab}	0.46^{a}	0.00	0.02

Table 1 (Continued)

Week	*Spirulina platensis* (%)					SEM	P-value
	0.00	**0.05**	**0.10**	**0.15**	**0.20**		
20	0.46	0.47	0.46	0.46	0.47	0.00	0.57
24	0.44	0.46	0.45	0.45	0.46	0.00	0.18
Egg shell strength (kg force/cm^2)							
4	4.88	4.97	4.86	4.86	4.92	0.03	0.86
8	4.86	4.87	4.81	4.97	4.99	0.03	0.32
12	4.60^{ab}	4.70^{a}	4.71^{a}	4.88^{a}	4.38^{c}	0.04	<0.01
16	4.50	4.61	4.40	4.52	4.45	0.07	0.09
20	4.75	4.67	4.66	4.63	4.76	0.05	0.91
24	4.33	4.57	4.40	4.69	4.70	0.06	0.21

$^{a-c}$ means in the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05)

Table 2 Effects of *Spirulina platensis* on egg shell thickness, haugh unit and egg yolk colour

Week	*Spirulina platensis* (%)					SEM	P-value
	0.00	**0.05**	**0.10**	**0.15**	**0.20**		
Egg shell thickness (mm)							
4	0.43^{a}	0.41^{b}	0.40^{bc}	0.41^{bc}	0.39^{c}	0.00	<0.01
8	0.40	0.41	0.41	0.40	0.41	0.00	0.49
12	0.35^{a}	0.34^{ab}	0.33^{bc}	0.34^{ab}	0.31^{c}	0.00	<0.01
16	0.38	0.40	0.39	0.38	0.37	0.00	0.10
20	0.38	0.42	0.39	0.40	0.41	0.01	0.82
24	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.00	0.58
Haugh unit							
4	109.60^{a}	106.48^{b}	107.91^{ab}	107.7^{b}	106.83^{b}	0.31	0.01
8	92.79^{a}	91.37^{ab}	89.31^{b}	89.12^{b}	89.40^{b}	0.45	0.03
12	92.44	89.75	94.01	90.83	91.31	0.52	0.10
16	89.73^{c}	92.86^{b}	98.04^{a}	96.42^{a}	98.00^{a}	0.48	<0.01
20	101.45^{a}	101.01^{ab}	98.62^{bc}	101.06^{ab}	98.47^{c}	0.39	0.02
24	93.00	99.77	95.89	97.54	95.87	0.89	0.18

Table 2 (Continued)

Week	*Spirulina platensis* (%)					SEM	P-value
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		
Egg yolk colour							
4	6.57^{c}	7.00^{b}	7.50^{a}	7.43^{a}	7.75^{a}	0.07	<0.01
8	8.12^{a}	7.50^{b}	7.64^{b}	7.78^{ab}	7.82^{ab}	0.06	<0.01
12	7.66^{b}	7.79^{b}	7.91^{b}	8.36^{a}	8.46^{a}	0.06	<0.01
16	7.55^{c}	7.54^{c}	7.93^{b}	8.41^{a}	8.57^{a}	0.06	<0.01
20	7.14^{c}	7.25^{c}	7.52^{b}	7.66^{b}	8.12^{a}	0.05	<0.01
24	7.18^{d}	7.30^{d}	7.66^{c}	8.34^{b}	8.64^{a}	0.06	<0.01

$^{a-d}$ means in the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05)

Table 3 Effects of Spirulina platensis on egg shell colour and boiled egg yolk cholesterol

Week	*Spirulina platensis* (%)					SEM	P-value
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		
Egg shell colour (% Light)							
4	19.07	19.84	19.60	19.71	19.55	0.25	0.89
8	21.75	21.46	22.06	20.99	20.03	0.24	0.06
12	23.30	23.48	23.60	23.29	23.02	0.28	0.97
16	21.70	20.53	22.53	21.71	21.30	0.27	0.19
20	22.59	22.65	22.74	21.89	22.21	0.22	0.73
24	23.09	23.02	22.85	22.87	23.20	0.25	0.99
Cholesterol (mg/100 g)							
24	1001.32	1163.23	1082.42	1108.67	1002.19	63.09	0.310

วิจารณ์ผลการวิจัย

คุณภาพไข่โดยรวมในการศึกษา 24 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักไข่ ความแข็ง ความหนา และสีของของเปลือกไข่ไม่ได้รับอิทธิพลจากการเสริมสาหร่ายทั้งนี้สีของเปลือกไข่ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ยังไม่พบความสัมพันธ์กับอาหารที่ชัดเจน โดย Li *et al*. (2006) รายงานว่าสีของเปลือกไข่ไก่สามารถจัดกลุ่มหลักได้ 3 สี คือสีขาว สีฟ้า และสีน้ำตาล สาหร่ายสไปรูลิน่าสามารถเพิ่มค่าฮอกยูนิต ซึ่งบอกถึงคุณภาพไข่ขาวและความสดของไข่ไก่ (Silversides, 1994) ค่าที่สูงจะเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เห็นผลชัดเจนในสีของไข่แดงเมื่อแม่ไก่ได้รับอาหารที่ผสมสาหร่าย 0.10–0.20% เป็นเวลา 12, 16, 20 และ 24 สัปดาห์ โดยทำให้สีของไข่แดงสูงกว่ากลุ่มควบคุม สีของไข่แดงเกิดจากการสะสมของแซนโทรฟิลล์ซึ่งเกิดจากการได้รับแคโรทีนอยด์ที่มีในอาหารไก่ไข่โดยแหล่งแคโรทีนอยด์ในอาหารไก่ไข่ส่วนใหญ่มาจากข้าวโพดที่มักใช้เป็นองค์ส่วนประกอบสำคัญในสูตรอาหารเช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้มีการใช้ข้าวโพดในสูตรอาหาร 64.82% แม่ไก่ที่ได้รับแคโรทีนอยด์จากข้าวโพดมากก็จะมีปริมาณแซนโทรฟิลในไข่แดงสูง ส่งผลให้มีสีของไข่แดงสูงกว่าแม่ไก่ที่ได้รับแคโรทีนอยด์จากข้าวโพดในระดับต่ำ (Ortiz *et al*, 2021) และเมื่อได้รับการเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ที่ดี (Hanaa *et al*., 2003) และเป็นแหล่งสารสีตามธรรมชาติอื่น เช่น คลอโรฟิลล์ และ ไฟโคไซยานิน (Ruangsomboon *et al*., 2010; Devanathan and Ramanathan, 2012) จึงทำให้สีของไข่แดงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Takashi (2003) ที่พบว่าการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.2-0.8% ทำให้สีของไข่แดงเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่ใช้ แต่หากจะใช้สาหร่ายแทนสีสังเคราะห์เพื่อให้ได้สีของไข่แดงเทียบเท่าสีสังเคราะห์ต้องใช้ในปริมาณถึง 2.5% (Zahroojian *et al*., 2011) และการใช้ที่ 0.2-0.3% ในอาหารไก่ไข่ทำให้สีของไข่แดงสูงขึ้น (Ahammed *et al*, 2017) ดังนั้นสาหร่ายสไปรูลิน่าสามารถนำมาเสริมในสูตรอาหารไก่ไข่เพื่อเพิ่มปริมาณสารสีจากแหล่งธรรมชาติและโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสูตรอาหารที่มีการใช้ข้าวโพดต่ำ เช่นสูตรอาหารไก่ไข่อินทรีย์ เนื่องจากผลผลิตข้าวโพดอินทรีย์มีปริมาณจำกัด การเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.4% ในสูตรอาหารไก่ไข่อินทรีย์สามารถช่วยเพิ่มสีของไข่แดงได้ (Maneewan *et al*., 2019)

การศึกษาครั้งนี้สาหร่ายสไปรูลิน่าไม่สามารถลดปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดง เช่นเดียวกับ Selim *et al.* (2018) ที่พบว่าการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0.1-0.2 % ไม่ส่งผลต่อปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดงแต่การใช้ที่ระดับ 0.3% ทำให้ปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นหากต้องการเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อลดปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดงควรเพิ่มปริมาณการเสริมสาหร่ายให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามผลการศึกษาแตกต่างกับการศึกษาของ Mariey *et al*. (2012) รายงานว่าการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าในระดับ 0.5-0.2% ในอาหารไก่ไข่สายพันธ์พื้นเมืองที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแล้วพบว่าช่วยลดปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดง

สรุปผลการวิจัย

การใช้อาหารไก่ไข่เสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า 24 สัปดาห์ พบว่าไม่มีผลกระทบต่อผลคุณภาพไข่ และปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดงต้มสุก แต่ส่งผลดีในการปรับปรุงคุณภาพไข่โดยการใช้ที่ระดับ 0.10-0.20% ช่วยเพิ่มสีของไข่แดงอย่างชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2562

เอกสารอ้างอิง

Ahammed, M., S. Sharmin, A. Khatun and K. Islam. 2017. Supplementation of spirulina (*Spirulina platensis*) on yolk colour, egg quality and production performance of laying hen. **The Bangladesh Veterinarian** 34(2): 71-78.

Devanathan, J. and N. Ramanthan. 2012. Pigment production from *Spirulina platensis* using seawater supplemented with dry poultry manure. **Journal of Algal Biomass Utilization** 2(4): 66-73.

Diraman, H., E. Koru and H. Dibeklioglu. 2009. Fatty acid profile of *Spirulina platensis* used as a food supplement. **The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh** 61(2): 134-142.

Eisen, E.J., B.B. Bohern and H.E. McKean. 1962. The Hough unit as measure of egg albumen quality. **Poultry Science** 41: 1461-1468.

Hanaa H.A.E., K.E. Farouk and S.E. Gamal. 2003. Spirulina species as a source of carotenoids and a-Tocopherol and its anticarcinoma factors. **Biotechnology** 2: 222-240.

Li, X.Y., G.Y. Xu, Z.C. Hou, R. Zhao and N. Yang. 2006. Variation of eggshell colour in different egg-type chickens. **Archivfuür Geflügelkunde** 70(6): 278-282.

Madkour, F.F., A.E. Kamil and H.S. Nasr. 2012. Production and nutritive value of *Spirulina platensis* in reduced cost media. **Egyptian Journal of Aquatic Research** 38: 51-57.

Maneewan, B., K. Hamprakorn, T. Buwjoom and M. Yachai. 2019. The using of *spirulina platensis* including *Tinospora cordifolia* crude extract in low corn level organic laying hen diet. **Khon Kaen Agriculture Journal** 47(Suppl. 2): 605-610. [in Thai]

Mariey, Y.A., H.R., Samak and M.A. Ibrahem. 2012. Effect of using *spirulina platensis* algae as a feed additive for poultry diets: 1-productive and reproductive performances of local laying hens. **Egypt Poultry Science** 32(1): 201-215.

National Research Council. 1994. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9th ed. Washington: National Academic Press. 176 p.

Ortiz, D., T. Lawson, R. Jarrett, A. Ring, K.L. Scoles, L. Hoverman, E. Rocheford, D.M. Karcher and T. Rocheford. 2021. Bioforified orange corn increases xanthophyll density and yolk pigmentation in egg yolks from laying hens. **Poultry Science** 100(7): 101117. Doi:10.1016/j.psj.2021.101117.

Park, W.W., H. Kim, M. Li, D. Lim, J. Kim, S. Kwak, C. Kang, M.G. Feruzzi and M. Ahn. 2018. Two classes of pigments, carotenoids and C-phycocyanin, in Spirulina powder and their antioxidant activities. **Molecules** 23. [Online]. Available www.mdpi.com/journal/molecules (11 January 2021).

Pinero Estrada, J.E., P. Bermejo Bescos and A.M. villar del Fresno. 2001. Antioxidant activity of different fractions of *Spirulina platensis* protean extract. **Farmarco** 56: 497-500.

Promya, J., C. Chitmanat and B. Tongmee. 2018. Comparison of growth and chemical composition of various Thai Arthrospira (spirulina) strains. **KKU Science Journal** 46(2): 293-301. [in Thai]

Ruangsomboon, S., S. Choochote and P. Taveekijakarn. 2010. Nutrition value and pigment content of spirulina grown in diluted pig waste. **The Journal of Fisheries Technology Research** 4(2): 34-43.

Selim, F., E. Eussein and R. Abou-Elkhair. 2018. Effect of *Spirulina platensis* as a feed additive on laying performance, egg quality and hepatoprotective activity of laying hens**. European Poultry Science** 82: DOI: 10.1399/eps.2018.227.

Silversides, F.G. 1994. The Hough unit correction for egg weight is not adequate for comparing eggs from chickens of different lines and ages. **Journal of Applied Poultry Research** 3: 120-126.

Steel, R.G.D., J.H. Torrie and D.A. Dickey. 1997. **Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach**. 3rd ed. New York:. McGraw-Hill Book Co. Inc. 666 p.

Takashi, S. 2003. Effect of administration of spirulina on egg quality and egg components. **Animal Husbandry** 57(1): 191-195.

Zahroojian, N., H. Moravej and M. Shivazad. 2011. Comparison of marine algae (*Spirulina platensis*) and synthetic pigment in enhancing egg yolk colour of laying hens. **British Poultry Science** 52: 584-588.

ผลของการเสริมกากมันสำปะหลังหมักทดแทนอาหารข้นต่อคุณค่าทางโภชนะและความสามารถในการย่อยได้ของโคเนื้อ

Effects of Supplementation Fermented Cassava Residue as a Replacement Concentrate on Nutritional Value and Digestibility of Beef Cattle

โกเมนทร์ อุ่นลออ ฐิติมา นรโภค* ธนิตพันธ์ พงษ์จงมิตร นพรัตน์ ผกาเชิด ทิพย์สุดา บุญมาทัน ปรมินทร์ สุครีพ และธวัชชัย พิมพ์โชว์

Komen Aunlaor, Thitima Norrapoke*, Tanitpan Phongchongmit, Noppharat Phakachoed Thipsuda Boonmatan, Poramin Sukreep and Thawatchai Pimcho

สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ กาฬสินธุ์ 46000

Department of Animal Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Kalasin, Thailand 46000

*Corresponding author: oreo99@windowslive.com

Abstract

To obtain the effects of supplementation fermented cassava residue as a replacement concentrate on nutritional value and digestibility of beef cattle. A Completely Randomized Design (CRD) was used in which 30 beef cattles, BW about 200±80 kg were fed. The concentrated feed was added to fermented cassava residue with usable energy and protein based on body weight at 1.5% BW as follows: 1) concentrate 16% CP: supplemented fermented cassava residue (100: 0) 2) concentrate 16% CP: supplemented fermented cassava residue (50:50) 3) concentrate 16% CP: supplemented fermented cassava residue (30:70). Chemical composition was collected using a random sampling method and digestibility were collected according to the method of (ARC, 1984; Kearl, 1982) in a 60-day trial period. And analyzed data by software packages (SAS, 1996). The results of the study showed the physical characteristics of fermented cassava pulp, both color, smell and texture, were considered quite good characteristics of fermented feed. Most of them are dark brown in color, fragrant, the surface is firm, not slippery, and not mucous. While the digestibility of dry matter, organic matter, crude protein and fat of beef cattle fed the 3 treatments were not statistically different ($P>0.05$). The digestibility of NDF and ADF were highest in beef cattle fed concentrated with fermented feed at the ratio of 100:0, but in cattle that received concentrated combined with fermented feed at the ratio of 50:50 and 30:70, there were not statistically different ($P>0.05$). This study concluded that feeding concentrate with cassava pulp can fed up to concentrate 16% CP: supplemented fermented cassava residue (30:70).

Keywords: beef cattle, nutritional value, digestibility, cassava pulp, feed supplementation

บทคัดย่อ

เพื่อศึกษาผลของการเสริมกากมันสำปะหลังหมักทดแทนอาหารข้นต่อคุณค่าทางโภชนะ และความสามารถในการย่อยได้ของโคเนื้อ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยมีโคเนื้อเพศเมีย น้ำหนักเฉลี่ย 200±80 กิโลกรัม จำนวน 30 ตัว มีการให้อาหารข้นเสริมกากมันสำปะหลังหมักที่มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้และโปรตีนตามขนาดน้ำหนักร่างกายแก่สัตว์ทดลองที่ระดับ 1.5% body weight (BW) ดังนี้ 1) ให้อาหารข้น 16% crude protein (CP) : เสริมกากมันสำปะหลังหมัก (100:0) 2) ให้อาหารข้น 16 %CP : เสริมกากมันสำปะหลังหมัก (50:50) 3)ให้อาหารข้น 16% CP : เสริมกากมันสำปะหลังหมัก (30:70) ทำการเก็บข้อมูลคุณค่าทางโภชนะด้วยวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง และการย่อยได้ ตามวิธีการของ (ARC, 1984; Kearl, 1982) ในระยะเวลาทดลอง 60 วัน ข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย (SAS, 1996). ผลการศึกษาพบว่าลักษณะทางกายภาพของกากมันสำปะหลังหมัก ทั้งสี กลิ่น และผิวสัมผัส ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะที่ค่อนข้างดีของอาหารหมัก ในขณะที่ความสามารถในการย่อยได้ของ dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP) และ ether extract (EE) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย neutral detergent fiber (NDF) และ acid detergent fiber (ADF) มีค่าสูงที่สุดในโคเนื้อที่ได้รับอาหารข้นร่วมกับอาหารหมักในสัดส่วน 100:0 การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าให้อาหารข้นเสริมร่วมกับกากมันสำปะหลังหมักสามารถให้ได้ถึงสัดส่วนอาหารข้น 16% CP : เสริมกากมันสำปะหลังหมัก (30:70)

คำสำคัญ: โคเนื้อ คุณค่าทางโภชนะ ความสามารถในการย่อยได้ กากมันสำปะหลัง อาหารเสริม

คำนำ

สถานการณ์โคเนื้อปี 2563 จำนวนโคเนื้อทั้งประเทศมีประมาณ 6.17 ล้านตัว ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 5 ซึ่งกรมปศุสัตว์ได้มีโครงการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อ เพื่อสามารถใช้บริโภคอย่างเพียงพอรวมถึงการส่งออก ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพด้านการผลิต (Division of livestock extension and development, 2020) กรมส่งเสริมสหกรณ์เปิดเผยถึงปัญหาของกลุ่มเกษตรกร เลี้ยงโคเนื้อ เรื่องวัตถุดิบอาหารในการผลิตอาหารให้แก่โคเนื้อที่มีราคาเพิ่มสูงขึ้น จึงเร่งหาแนวทางการลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงโคเนื้อ (Weeradej, 2018) ซึ่งอาหารสัตว์นับเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในขบวนการผลิตสัตว์ ถ้าผู้เลี้ยงสามารถลดต้นทุน การผลิตสัตว์ลงได้ ก็มีโอกาสเพิ่มรายได้ และผลตอบแทนมากเท่านั้น

โคเนื้อเป็นสัตว์ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย ความนิยมและความต้องการบริโภคเนื้อโคภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น รูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อในปัจจุบันจึงปรับเปลี่ยนเป็นการเลี้ยงเชิงธุรกิจมากขึ้น อีกทั้งยังมีการนำเข้าเนื้อโคแช่แข็งจากกลุ่มสหภาพยุโรปสูง (Waritthitham *et al*., 2010) จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงการผลิตโคเนื้อไม่เพียงพอกับความต้องการภายในประเทศทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ซึ่งเดิมการเลี้ยงจะมีรูปแบบการเลี้ยงแบบปล่อยฝูงโคไปแทะเล็มหญ้าที่ขึ้นตามท้องทุ่งสาธารณะ ที่รกร้างว่างเปล่า หรือเกี่ยวหญ้าให้ช่วงอาหารขาดแคลน และการเลี้ยงแบบขังคอกจากสภาพการเลี้ยงและการจัดการการผลิตของเกษตรกร

ดังกล่าว พบว่า ยังขาดมาตรฐานและการจัดการฟาร์มเบื้องต้นที่เหมาะสม ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อและความปลอดภัยของผู้บริโภค (Prantana, 2005) อีกทั้งผลผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภคในประเทศ การจัดการการผลิตโคเนื้อแต่ละรูปแบบนั้นมีการจัดการที่แตกต่างกัน อาจส่งผลต่อผลตอบแทนและกำไรที่เกษตรกรได้รับ

ในการทำการเกษตรโดยทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคกระบือเนื้อในจังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่าโคกระบือเนื้อมักจะเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางการเกษตรเสมอ เนื่องจากการเลี้ยงโคกระบือเป็นวิถีชีวิตของชาวบ้านที่มีมาช้านานและมีการใช้แรงงานสัตว์เหล่านี้ควบคู่กับการปลูกพืชมาตลอด เช่น การไถ่พรวนในการปลูกข้าว ปลูกพืชไร่ ตลอดทั้งลากเกวียน การขนส่ง ถ้าเปรียบเทียบระหว่างโคเนื้อและกระบือจะพบว่าโคเนื้อจะมีการเลี้ยงมากกว่ากระบือ และมีการเลี้ยงกระจายไปทั่วทุกภาคของประเทศไทย ในการเลี้ยงโคเนื้อมีหลายระบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และปัจจัยพื้นฐานในการเลี้ยง ปัจจัยหลักๆ เช่น เงินทุน ซึ่งเป็นค่าพันธุ์สัตว์ ค่าสร้างคอกและโรงเรือน อาหารโค และค้าจ้างแรงงาน นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับสถานที่แปลงปลูกหญ้าในการเลี้ยงโค สภาพดินฟ้าอากาศ และแหล่งอาหารเสริมอื่นๆในพื้นที่ ถ้าหากมีแหล่งอาหารที่เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรมากก็จะส่งผลดีต่อการเลี้ยงโค ทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงต่ำลงและการจัดการหาอาหารง่ายขึ้น สถานการณ์การผลิตโคเนื้อในจังหวัดกาฬสินธุ์ มีรูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อทั้งแบบขังคอกและแบบปล่อยแทะเล็ม ซึ่งในแต่ละรูปแบบจะมีสภาพการผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลให้เกษตรกรต้องมีการปรับเปลี่ยนการผลิตเพื่อความอยู่รอดของฟาร์มและเพื่อให้ประสบผลสำเร็จในการเลี้ยงโคเนื้อเกษตรกรบางรายอาจยังต้องลดจำนวนโคเนื้อลงและหันมาปลูกพืชอาหารสัตว์ไว้รองรับยามขาดแคลนรวมทั้งการกักตุนฟางในช่วงฤดูแล้ง หรือ แม้กระทั้งการผลิตอาหารข้นเองเพื่อลดค่าใช้จ่ายของฟาร์ม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการเสริมกากมันสำปะหลังหมักทดแทนอาหารข้นต่อคุณค่าทางโภชนะ และความสามารถในการย่อยได้ของโคเนื้อ

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง

การทดลองครั้งนี้จะใช้โคเนื้อพันธุ์ลูกผสมบราห์มัน เพศเมีย น้ำหนักเฉลี่ย 200±80 กิโลกรัม ของเกษตรกรจำนวน 30 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 200±80 กิโลกรัม สุขภาพดี

การวางแผนการทดลองและกลุ่มทดลอง

การทดลองครั้งนี้จะใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยมีสัตว์ทดลองจำนวน 30 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 10 ตัว โคทุกตัวได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ และมีการให้อาหารข้นเสริมกากมันสำปะหลังหมักที่มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้และโปรตีนตามขนาดน้ำหนักร่างกายแก่สัตว์ทดลองที่ระดับ 1.5%BW ดังนี้

- ให้อาหารข้น 16 % CP : เสริมกากมันสำปะหลังหมัก (100:0)
- ให้อาหารข้น 16 % CP : เสริมกากมันสำปะหลังหมัก (50:50)
- ให้อาหารข้น 16 % CP : เสริมกากมันสำปะหลังหมัก (30:70)

อาหารและการเตรียมอาหารทดลอง

การทดลองในครั้งนี้ โคทุกตัวได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบแบบเต็มที่ และจะทำการใช้อาหารข้นเสริมกากมันสำปะหลังหมัก(นำกากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมาตากแดดให้แห้ง 2-3 วัน แล้วนำมาหมักด้วยยูเรียและกากน้ำตาล ตามวิธีการของ Norrapoke *et al.* 2016)

วิธีการทดลอง

วิธีการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

1. ระยะปรับสัตว์ก่อนเข้างานทดลอง (preliminary period) จะทำการนำสัตว์ทดลองเข้าเลี้ยงในคอกเพื่อให้เกิดความเคยชินกับคอก คนเลี้ยง สภาพการทดลองและอาหารทดลองนาน 15 วัน โดยจะทำการให้ยากำจัดพยาธิภายนอกและภายในด้วยยาฉีดใต้ผิวหนัง (IVOMAX-F, 1%W/V Ivermectin and 1% Benzol alcohol) ฉีดวิตามิน A,D_3,E (Alfasan, Woerden Holland) โดยจะทำการปรับให้โคกินอาหารทดลองพื้นฐาน ซึ่งจะมีน้ำสะอาดและแร่ธาตุก้อนให้กินตลอดเวลา

2. ระยะทดลอง (experimental period) จะทำการทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เป็นระยะเวลาสุ่มเก็บตัวอย่าง โดยจะทำการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน ในช่วงเช้าและบ่าย ณ เวลา 06.00 น และ 18.00 น

การเก็บตัวอย่างอาหาร

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่ใช้ทดลอง ระหว่างช่วงระยะเวลาสุ่มเก็บตัวอย่างข้อมูล โดยจะแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง ส่วนสองจะนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง แล้วจึงจะนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร หลังจากนั้นจึงจะนำตัวอย่างอาหารเดียวกัน (จากส่วนที่สองที่สุ่มเก็บ) จากทุกๆ สองสัปดาห์ ไปผสมกันในสัดส่วนที่เท่ากันเพื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอาหาร คือ วัตถุแห้ง (dry matter; DM) เถ้า (Ash) โปรตีนหยาบ (crude protein; CP) เยื่อใยหยาบ (crude fiber; CF) ไขมัน (ether extract; EE) ตามวิธีการของ AOAC (1990) และจะทำการวิเคราะห์เยื่อใย คือ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF), เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด(acid detergent fiber, ADF) ตามวิธีการของ Van Soest *et al.* (1991)

การเก็บตัวอย่างมูล

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลของสัตว์ทดลองที่ถูกสุ่มเป็นตัวแทนของปัจจัยการทดลอง ในรอบ 1 วัน เป็นระยะเวลา 3 วันแล้วจึงจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลประมาณ 0.5 กิโลกรัม เพื่อเก็บแช่เย็นไว้ที่ –20 องศาเซลเซียส จนเมื่อสิ้นสุดระยะเก็บตัวอย่าง หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างไปอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เพื่อจะนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและคำนวนหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ต่อไป (ARC, 1984; Kearl, 1982)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดเข้าทำการวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลองด้วย วิธี

Duncan multiple range test (DMRT) และตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completed Random Design, CRD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SAS, 1996) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ลักษณะทางกายภาพของกากมันสำปะหลังหมัก ทั้งสี กลิ่น และผิวสัมผัส ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะที่ค่อนข้างดีของอาหารหมัก คือส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นหอม ผิวสัมผัส แน่น ไม่ลื่น และไม่เป็นเมือก (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Norrapoke *et al.* (2016; 2018) ได้ศึกษาเกี่ยวการใช้ยูเรีย และกากน้ำตาล หมักกากมันสำปะหลัง พบว่าลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกันทั้ง สีกลิ่น และผิวสัมผัส

Figure 1 Characteristics of fermented foods after 21 days of fermentation

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้น อาหารหยาบ และอาหารหมักที่ใช้ในการทดลองแสดงใน (Table 1) โดยจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าอาหารข้น อาหารหมัก และอาหารหยาบมีค่าโปรตีนหยาบเท่ากับ 15.97, 12.03 และ 2.69 ตามลำดับ เยื่อใย NDF มีค่าเท่ากับ 27.62, 30.66 และ 82.2 ตามลำดับ เยื่อใย ADF มีค่าเท่ากับ18.28, 22.62 และ 43.9 ตามลำดับ

Table 1 Chemical compositions of cassava pulp fermented concentrate and rice straw

Item	CC	CPF	RS
Chemical composition			
DM, %	87.78	46.95	91.45
	% ....dry matter...............		
Ash	1.772	6.38	4.82
OM	82.28	93.62	95.18
CP	15.97	12.03	2.69
EE	6.48	1.78	1.33
AIA	2.99	0.88	11.63
NDF	27.62	30.66	82.2
ADF	18.28	22.62	43.9

CC = Concentrate, CPF = cassava pulp fermented, RS = Rice straw

สำหรับการให้อาหารเสริมร่วมกับอาหารข้นต่อความสามารถในการย่อยได้ ในโคเนื้อ แสดงใน (Table 2) จากการทดลองพบว่าความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนหยาบ และไขมันของโคเนื้อที่ได้รับอาหารทั้ง 3 ทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่ความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย NDF และ ADF มีค่าสูงที่สุดในโคเนื้อที่ได้รับอาหารข้นร่วมกับอาหารหมักในสัดส่วน 100:0 แต่ในโคเนื้อที่ได้รับอาหารข้นร่วมกับอาหารหมักในสัดส่วน 50:50 และ 30:70 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งตรงกันข้ามกับ Pongjongmit *et al.* (2020) ศึกษาอิทธิพลของสารเสริมหมักกากมันสำปะหลังร่วมกับเศษเหลือจากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวต่อคุณค่าทางโภชนะ ปริมาณการกินได้และความสามารถในการย่อยได้ของโคเนื้อ พบว่าโคเนื้อที่ได้รับสารเสริมหมักกากมันสำปะหลังร่วมกับเศษเหลือจากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวมีผลทำให้ความสามารถในการย่อยได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากสัดส่วนของเศษเหลือจากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจึงส่งผลให้ความสามารถในการย่อยได้ไม่มีความแตกต่างกัน

Table 2 Effect of guidelines of feed supplementation with concentrate diet on nutrient digestibility in beef cattle

Items	T1	T2	T3	SEM	P-value
Apparent digestibility, %					
Dry matter	46.28	46.65	46.03	1.41	0.97
Organic matter	43.16	43.91	43.59	1.42	0.95
Crude protein	36.53	37.00	36.42	3.55	0.99
Ether extract	46.54	41.93	40.17	8.24	0.84
Neutral detergent fiber	37.75^{a}	35.21^{b}	33.93^{b}	0.20	0.002
Acid detergent fiber	21.67^{a}	19.20^{b}	18.84^{b}	0.09	0.001

^{abc} Values on the same row with different superscripts differed (P<0.05), T1= ให้อาหารข้น 16 % CP : เสริมกากมันสำปะหลังหมัก (100:0), T2= ให้อาหารข้น 16 % CP : เสริมกากมันสำปะหลังหมัก (50:50), T3= ให้อาหารข้น 16 % CP : เสริมกากมันสำปะหลังหมัก (30:70), SEM = Standard error of the means

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าการให้กากมันสำปะหลังหมักทดแทนอาหารข้นเสริมสามารถทดแทนอาหารข้น 16% CP ได้ในสัดส่วน (30:70) โดยไม่ส่งผลกระทบเชิงลบกับความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีน แต่มีผลต่อเยื่อใย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม หรือกองทุนส่งเสริม ววน. ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่สนับสนุนสถานที่ในการจัดเตรียมอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ข้อมูล และขอขอบคุณเกษตรกรผู้ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามรวมถึงเข้าร่วมโครงการในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 1990. Official Method of Analysis. 18thed. Arlington, VA: Association of official Analytical Chemists. Prantana P. 2005. **Knowledge about Cattle Series 3 Varieties and Selection of Cows.** Nonthaburi: Neon Book Media. 42 p.

ARC. 1984. **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Supplement No. 1.** Slough England: Commonwealth Agricultural Bureaux. 351 p.

Division of livestock extension and development. 2020. **Livestock situation in 2020 of beef cattle factsheet.**[Online]http://extension.dld.go.th/th1/index.php?option=com_content&view=article&id=2217:2020-07-14-08-11-22&catid=188:2020-07-01-06-44-33&Itemid=112 (24 February 2521).

Kearl, L.C. 1982. **Energy: Nutrient Requirements of Ruminants of Ruminants in Developing Countries.** Logan, Utah: International Feedstufifc Institute, Utah Agricultural Experiment Station. Utah State University. , USA: pp. 5-10.

Norrapoke, T., M. Wanapat, A. Cherdthong, S. Kang, K. Phesartcha and T. Pongjongmit. 2016. Nutritional improvement of fermented cassava pulp and in vitro fermentation process by fermentation of urea and molasses. **Khon Kaen Agr. J.** 44(SUPPL.1): 405-412.

Norrapoke, T T. Pongjongmit, A. Cherdthong and N. Phakachoed. 2018. Using cassava pulp fermented with additives on feed intake and digestibility of beef cattle. **Khon Kaen Agr. J.** 46(SUPPL.1): 590-596.

Pongjongmit, T., T. Norrapoke and S. Dinrobram. 2020. Influence of additive fermented cassava pulp with residues from noodle factory on nutritive values, feed intake, and nutrient digestibility in beef cattle. **Khon Kaen Agr. J.** 48(6): 1406-1413.

SAS. 1996. **SAS/STAT User's Guide: Version 6. 12.** 4th Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 5136 p.

Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science** 74(10): 3583-3597.

Waritthitham, A., C. Lambertz, H.J. Langholz, M. Wicke and M. Gauly. 2010. Assessment of beef production from Brahman xThai native and Charolais xThai native crossbred bulls slaughtered at different weights. II: Meat quality. **meat Science** 85(1): 196-200.

Weeradej, K. 2018. **Department of cooperative promotion hastened to help fattening cattle farmers in Hub Kapong cooperative village after carrying higher food costs - lower selling prices. National news bureau of Thailand.** [Online]. Available https://thainews. prd.go.th/th/news/ print_news/TNSOC6103130010056 (5 October 2018).

Wiriyaphae, P. 2018. **Fattening cattle raisers, high feed costs - low selling prices.** [Online]. Available http://www.bangkokbiznews.com /news/detail/795474 (5 October 2018).

อิทธิพลของผงหมากนวลต่อคุณค่าและการย่อยได้ทางโภชนะของโคเนื้อ
Influence of Manila Palm (*Veitchia merrillii* Becc.) Powder on Nutritional Value and Digestibility of Beef Cattle

ธวัชชัย พิมพ์โชว์ ฐิติมา นรโภค ธนิตพันธ์ พงษ์จงมิตร* นพรัตน์ ผกาเชิด ทิพย์สุดา บุญมาทัน ปรมินทร์ สุครีพ และโกเมนทร์ อุ่นลออ

Thawatchai Pimcho, Thitima Norrapoke, Tanitpan Phongchongmit*, Noppharat Phakachoed Thipsuda Boonmatan, Poramin Sukreep and Komen Aunlaor

สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ กาฬสินธุ์ 46000

Department of Animal Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Kalasin, Thailand 46000

*Corresponding author: oreo99@windowslive.com

Abstract

This study aimed to evaluate influence of manila palm *(Veitchia merrillii* Becc.*)* powder on nutritional value and digestibility of beef cattle. Five female brahman crossbred beef cattle, aged 1-2 years, mean weight 240±40 kg, were plotted in a 5x5 Latin square design experiment. Treatments were compared herbs from 5 forms of manila palm powder, namely, control group received concentrated diet CP 16% (no manila palm powder was given), Treatment 2 received 1 ml of Ivermactin deworming per 50 kg weight of cattle, Treatment 3 was supplemented with manila palm powder 1% of concentrate, Treatment 4 was supplemented with manila palm powder 3% of concentrate and Treatment 5 was supplemented with manila palm powder 5% of concentrate. The results showed that digestibility of dry matter, organic matter, NDF and ADF of beef cattle fed with five treatments were not statistically different (P>0.05), while the crude protein (CP) digestibility was increased when increase levels of manila palm powder. This study concluded that manila palm powder can be added in concentrate up to 5 by increasing the digestibility of protein without a negative effect on the digestibility of the fiber.

Keywords: beef cattle, nutritional value, digestibility, manila palm powder

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินอิทธิพลของหมากนวลผงต่อคุณค่า และการย่อยได้ทางโภชนะของโคเนื้อ โดยใช้โคเนื้อสายพันธุ์ลูกผสมบราห์มัน เพศเมีย จำนวน 5 ตัว อายุ 1-2 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 240±40 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบ 5x5 จัตุรัสลาติน แบ่งกลุ่มการทดลองสมุนไพรจากผลหมากนวลผงออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ กลุ่มควบคุม ได้รับอาหารข้น CP 16% (ไม่ได้รับหมากนวลผง) ทรีทเมนต์ที่ 2 ได้รับยาถ่ายพยาธิ Ivermactin 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักโค 50 กิโลกรัม ทรีทเมนต์ที่ 3 เสริมหมากนวลผง 1% ในอาหารข้น ทรีทเมนต์ที่ 4 เสริมหมากนวลผง 3% ในอาหารข้น และทรีทเมนต์ที่ 5 เสริมหมากนวลผง 5% ในอาหารข้น ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ เยื่อใย neutral detergent fiber (NDF) และ acid detergent fiber (ADF) ของโคเนื้อที่ได้รับอาหารทั้ง 5 ทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่ความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนหยาบมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อมีการเสริมหมากนวลผงในระดับที่สูงขึ้น การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าหมากนวลผงสามารถเสริมในอาหารโคเนื้อได้ถึง 5% ในอาหารข้นโดยทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น และไม่ส่งผลกระทบเชิงลบกับความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย

คำสำคัญ: โคเนื้อ คุณค่าทางโภชนะ ความสามารถในการย่อยได้ หมากนวลผง

คำนำ

ในปัจจุบันการเลี้ยงโคเนื้อในประเทศไทยได้มีการพัฒนาจากเกษตรกรรายย่อยไปสู่การเลี้ยงเป็นฟาร์มเชิงธุรกิจมากขึ้น ขณะเดียวกันกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยกรมปศุสัตว์ ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบหลัก ได้มีนโยบายส่งเสริม ให้ภาคเอกชนมีการผลิตโคเนื้อพันธุ์ดี เพื่อแบ่งเบาภาระของภาครัฐ (Boonprong, 2015) ข้อมูลจากกลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ระบุประมาณการผลผลิตโคเนื้อปี 2563 คาดว่ามีจำนวน 1.224 ล้านตัวเพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วร้อยละ 2.09 เนื่องจากประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น โคเข้าฆ่ามีขนาดใหญ่ขึ้น และเปอร์เซ็นต์ซากเพิ่มขึ้น ส่วนการส่งออกโคเนื้อมีชีวิตปี 2563 (ม.ค.-ต.ค.) มีจำนวน 205,460 ตัว ลดลงจากช่วงเดียวกันของปีที่แล้วร้อยละ 15.02 ส่งออกไปลาวร้อยละ 61 (Agriculture and Cooperatives, 2020) แต่การเลี้ยงโคมักพบปัญหา โรคพยาธิในระบบทางเดินอาหาร ทำให้ผลผลิตลดลง คุณภาพซากลดลง ร่างกายผอมแม้กินอาหารปกติ (Klinthong, 2002) โดยพยาธิในทางเดินอาหารโคที่ระบาดในไทยได้แก่ พยาธิใบไม้ในตับ (Liver fluke) พยาธิใบไม้ในกระเพาะ (Rumen fluke) และพยาธิตัวกลม (Nematode) (Worasingh, 2007; Unpromma *et al.,* 2006) อย่างไรก็ตามเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อยังขาดความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับการให้ยาถ่ายพยาธิตามโปรแกรม (Krisanaphan, 1994) และยาการถ่ายพยาธิภายใน ยังใช้สารเคมีเป็นส่วนใหญ่ จะเห็นได้ว่าประเทศในกลุ่มยุโรปห้ามใช้ยาปฏิชีวนะในอาหารสัตว์ ยกเว้นสำหรับใช้รักษาสัตว์ (Narathiwat Provincial

Livestock Office, 2006) ขณะที่ในต่างประเทศหันมาสนใจเนื้อสัตว์ที่มีความปลอดภัยมากขึ้น โดยมีการห้ามนำเข้าเนื้อสัตว์ที่มีการตกค้างของยาปฏิชีวนะ (Trundsukhon, 1994.)

การใช้สมุนไพรในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นการกินและการย่อยอาหาร รักษาและบรรเทาอาการบาดเจ็บ กำจัดพยาธิ และปรับปรุงกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนเป็นต้น ซึ่งสมุนไพรแต่ละชนิดจะมีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้อาหาร และการรักษาอาการบาดเจ็บของสัตว์โดยสารออกฤทธิ์ที่มีในสมุนไพรจะเป็นสารทุติยภูมิที่อยู่ในพืชซึ่งจะออกฤทธิ์กว้างครอบคลุมการทำงานของร่างกายหลายระบบ หรือมีสรรพคุณออกฤทธิ์หลายทาง (multifunctional) ทั้งในแง่ของการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค และในขณะเดียวกันก็มีผลในการออกฤทธิ์เพื่อบำรุงร่างกาย ซึ่งสามารถจำแนกกลุ่มสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในพืชสมุนไพรได้เพื่อลดปัญหาทั้งในปัจจุบันและในอนาคตของผู้ประกอบการผลิตอาหารสัตว์ให้ตรงกับความต้องการของตลาด และลดต้นทุนการผลิตลงได้ หมากนวล (*Veitchia merrilli* Becc.) วงศ์: Arecaceae เป็นที่รู้จักในชื่อ Adonidia palm, Manila palm และ Christmas palm. (Dransfield *et al*., 2008) หมากนวลมีสารจำพวก เทอร์พีนอยด์, ซาโปนิน, ฟลาโวนอยด์, แทนนิน และแอลคาลอยด์ (Hasanah, 2016) หมากนวลจะมีสารแทนนินอยู่ที่ 20.16 mg/100g (Bassey *et al*., 2008) ส่วนแอลคาลอยด์ (alkaloid) ประกอบด้วย อาเรเคน (arecaine) และ อาร์โคลีน (arecoline) อาร์โคลีนยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของพืชชนิดนี้เกี่ยวกับผลกระทบต่อระบบย่อยอาหาร แสดงให้เห็นว่า arecoline สามารถปรับปรุงการทำงานของการย่อยอาหารโดยการกระตุ้นตัวรับ muscarinic (Si *et al*., 2004) ในปี พ.ศ. 2542 การทดลองที่น่าสนใจเกี่ยวกับหนูตะเภาแสดงให้เห็นว่าการหดตัวของลำไส้เล็กส่วนต้นสามารถเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยอาโคลีนในลักษณะที่ขึ้นกับขนาดยาอย่างชัดเจน (Du *et al*., 1999) ในขณะที่ Shan *et al.* (2004) รายงานว่า arecoline มีฤทธิ์ต้านการเกิดลิ่มเลือด และกลไกลนี้ดูเหมือนจะเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดในการเพิ่มระดับของ NO, โปรตีน eNOS และ mRNA ในพลาสมาในพลาสมา

ดังนั้นการศึกษาการใช้ผลหมากนวลผงต่อคุณค่าทางโภชนะ และความสามารถในการย่อยได้ของโคเนื้อจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ เพื่อเป็นการนำใช้สมุนไพรที่มีในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์และลดการใช้ยาปฏิชีวนะในโคเนื้อ ตลอดจนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์ และลดต้นทุนให้กับผู้เลี้ยงสัตว์ และเกิดประโยชน์กับผู้บริโภคเนื้อสัตว์มากที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง

ใช้โคเนื้อสายพันธุ์ลูกผสมบราห์มัน เพศเมีย จำนวน 5 ตัว อายุ 1-2 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 240±40 กิโลกรัม โดยสัตว์ทุกตัวก่อนเข้างานทดลองจะยังไม่ได้รับการถ่ายพยาธิมาอย่างน้อย 1 ปี

การวางแผนการทดลองและกลุ่มทดลอง

วางแผนการทดลองแบบแบบ 5x5 จัตุรัสลาติน (5x5 Latin square design) โดยมี ทรีทเมนต์ที่ต้องการศึกษา ดังนี้

- ทรีทเมนต์ที่ 1 กลุ่มควบคุม (ไม่ได้รับหมากนวลผง)
- ทรีทเมนต์ที่ 2 ได้รับยาถ่ายพยาธิ Ivermactin 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักโค 50 กิโลกรัม
- ทรีทเมนต์ที่ 3 เสริมหมากนวลผง 1 % ของอาหารข้น
- ทรีทเมนต์ที่ 4 เสริมหมากนวลผง 3 % ของอาหารข้น
- ทรีทเมนต์ที่ 5 เสริมหมากนวลผง 5 % ของอาหารข้น

อาหารและการเตรียมอาหารทดลอง

การเตรียมอาหารทดลอง

1. การเตรียมผลหมากผง โดยการใช้ผลหมากทั้งผลมาสับแล้วนำไปผึ่งแดดเป็นระยะเวลา 3 วัน หลังจากนั้น นำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร

2. โคเนื้อแต่ละตัวจะได้รับอาหารตามทรีทเมนต์ อาหารข้นมีโปรตีนหยาบ 16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโคเนื้อจะได้รับอาหารข้น 1 % BW โดยแบ่งอาหารให้วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 08.00 น. และ 16.00 น. และได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ

การให้อาหาร:

การให้อาหารสัตว์ทดลอง แบ่งเป็น 2 ระยะ ดังนี้

1. ระยะปรับสัตว์ทดลอง (preliminary period) โคทุกตัวได้รับน้ำสะอาด และแร่ธาตุก้อนให้สัตว์กินตลอดเวลา เป็นระยะเวลา 14 วัน ก่อนเริ่มงานทดลอง เพื่อปรับสัตว์และจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนให้คุ้นเคยกับอาหารและคอก หลังจากนั้นจึงชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักก่อนเข้าทดลอง

2. ระยะทดลอง (experimental period) แบ่งเป็น 5 ช่วงการทดลอง (period) แต่ละช่วงการทดลองใช้เวลา 21 วัน โดยในช่วง 14 วันแรก สัตว์ถูกขังในกรงเดี่ยว ขนาด 3x6 เมตร เพื่อปรับสัตว์และวัดปริมาณการกินได้อย่างอิสระ และ 7 วันสุดท้าย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะของแต่ละช่วงการทดลอง หลังจากสิ้นสุดของแต่ละช่วงการทดลอง จะมีการพักสัตว์ 28 วัน เพื่อให้สัตว์มีการปรับตัวกับอาหารใหม่

การเก็บตัวอย่างอาหาร

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหาร โดยเก็บในปริมาณอย่างละ 500 กรัม ในแต่ละทรีทเมนต์ ทุก ๆ 5 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ เถ้า (ash) และโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ตามวิธีการของ AOAC (1985) เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA) ตามวิธีการของ Schnieder and Flat (1975) และวิเคราะห์องค์ประกอบเยื่อใยที่สำคัญ ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลาย

ในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970)

การเก็บตัวอย่างมูล

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลใน 5 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง โดยทำการสุ่มเก็บในช่วงเช้าและบ่าย โดยวิธีล้วงผ่านทวารหนัก (grab or rectal sampling) ก่อนทำการคลุกมูลของการเก็บช่วงเช้าและบ่ายเข้าด้วยกัน และแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เก็บประมาณ 1 กิโลกรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้งของมูลที่ขับถ่ายออกมาแต่ละวัน ส่วนที่ 2 เก็บไว้ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักมูลในแต่ละวัน แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นำมูลทั้งหมดของแต่ละกลุ่มทดลองมาคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยแยกตามทรีทเมนต์ ทำการสุ่มเก็บอีกครั้งและนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้งสนิท และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในอาหาร และวิเคราะห์หาเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA) เพื่อนำมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder and Flat (1975)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดจากการทดลองที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติ โดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 5x5 Latin square design โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1996) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1985) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้น หมากนวล และอาหารหยาบ ที่ใช้ในการทดลองแสดงใน Table 1 โดยจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าอาหารข้น หมากนวล และอาหารหยาบมีค่าโปรตีนหยาบเท่ากับ 15.97, 4.03 และ 2.69 ตามลำดับ เยื่อใย NDF มีค่าเท่ากับ 27.62, 30.66 และ 82.2 ตามลำดับ เยื่อใย ADF มีค่าเท่ากับ18.28, 22.62 และ 43.9 ตามลำดับ

Table 1 Chemical composition of manila palm, concentrate and rice straw

Item	CC	MP	RS
Chemical composition			
DM, %	90.78	86.95	91.45
	% ....dry matter..............		
Ash	10.69	6.38	12.04
OM	82.28	93.62	95.18
CP	15.97	4.03	2.69
EE	6.48	1.78	1.33
AIA	2.99	0.88	11.63
NDF	27.62	30.66	82.2
ADF	18.28	22.62	43.9

CC = Concentrate, MP = manila palm, RS = Rice straw

ผลของหมากนวลผงต่อความสามารถในการย่อยได้ของโคเนื้อ แสดงใน Table 2 จากการทดลองพบว่า ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ เยื่อใย NDF และ ADF ของโคเนื้อที่ได้รับอาหารทั้ง 5 ทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่ความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนหยาบมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อมีการเสริมหมากนวลผงในระดับที่สูงขึ้น (P<0.05) ซึ่งตรงกันข้ามกับ Srisaikham (2014) ได้ทำการศึกษา การใช้สะเดาเป็นอาหารแพะ ผลการทดลองพบว่า ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีน และความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสะเดามีสารกลุ่มที่มีผลต่อการกำจัดพยาธิเหมือนกันกับหมาก

Table 2 Effect of manila palm (*Veitchia merrillii Becc.*) on nutrient digestibility of beef cattle

Items	T1	T2	T3	T4	T5	SEM	P-value
Apparent digestibility, %							
Dry matter	45.96	46.04	46.52	46.84	46.94	0.23	0.78
Organic matter	45.69	45.93	46.42	46.66	46.62	0.24	0.81
Crude protein	40.45^{b}	42.04^{b}	42.19^{b}	44.32^{a}	44.73^{a}	0.15	0.001
Neutral detergent fiber	44.76	45.67	45.88	46.09	46.67	1.84	0.62
Acid detergent fiber	32.07	33.01	35.09	39.15	37.93	1.33	0.94

^{abc} Values on the same row with different superscripts differed (P<0.05)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าหมากนวลผงสามารถเสริมในอาหารโคเนื้อได้ถึง 5 % อาหารข้นโดยทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น และไม่ส่งผลกระทบเชิงลบกับความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม หรือกองทุนส่งเสริม ววน. ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่สนับสนุนสถานที่ในการจัดเตรียมอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ข้อมูล และขอขอบคุณเกษตรกรผู้ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามรวมถึงเข้าร่วมโครงการในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Agriculture and Cooperatives. 2020. **Accelerate the construction of the Chiang Saen standard beef cattle center.** [Online]. Available https://www.moac.go.th/news-preview-422891792237 (15 May 2021)

AOAC. 1985. **Official Methods of Analysis.** Washington, D.C: Association Official Analysis Chemists. 771 p.

Bassey S. A. E. E. E. Enobong and D. Udonkanga. 2008. Nutritional composition and acute toxicity potentials of *Archontophoenix tukeri* and *Adonidia* merrilli Kernels. **UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences** 5(3): 01-08.

Boonprong, S. 2015. **Beef Cattle Raising Handbook for Thai Farmers.** Bangkok. Department of Livestock Development. 88 p.

Dransfield, J., N.W. Uhl, C.B. Asmussen-Lange, W.J. Baker, M.M. Harley and C.E. Lewis. 2008. **Genera Palmarum Evolution and Classification of the Palms. Kew:** *Royal Botanic Gardens*. 732 p.

Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, prcedures, and some applications). Washington, D.C: United States Department of Agriculture. 20 p.

Hasanah, R.A. 2016. Standarisasi dan uji aktivitas antibaktei ekstrak biji palem putri *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc.) terhadap Staphylococcus aureus dan Escherichia coli', **Scription Dept of Pharmact, Faculty of Science Sriwijaya University.**

Klinthong, S. 2002. **Parasitic disease in dairy cattle.** [Online]. Available http://www.dld.go.th/inform/ article/article23.html May 5, 2021.

Krisanaphan, W. 1994. **Herbs against helminths.** Advances in antimicrobial medicine and herbs. Bangkok: T.P. Print Company. 20 p.

Narathiwat Provincial Livestock Office. 2006. **The number of buffaloes, pigs, goats, and sheep divided into rearing numbers and the number of farmers are expressed by province, 2006. Information and Statistical Data Group of the Center Information Department of Livestock Development**. [Online]. Available ww.did.go.th/ict/yearly/yearly49/stockl/report%207.xls. (5 May 2021).

Schnieder, B.H. and W.P. Flatt. 1975. **The Evaluation of Feed through Digestibility Experiment.** Athens: The University. Of Georgia Press, Georgia. 423 p.

SAS. 1996. **Institute. Inc. SAS/STAT User's Guide: Version 6. 12.** 4th ed. SAS Inst. Inc., Cary, 466 NC.

Si, .CF., M.X. Wei, and N. Kyoshi. 2004. A study of the effects of arecaline hydrobromide on the dispersed colonic smooth muscle cells in tats. **Shanghai J Trad Chin Med**. 38: 48–50.

Srisaikham, S. 2014. **Effects of Neem (*Azadirachta indica* a. Juss. var. Siamensis Valeton) Foliage Utilization in Meat Goat Diets on Rumen Fermentation and Productive Performances.** Master Thesis. /Suranaree University of Technology. 155 p.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1985. **Principles and Procedureof Statistics.** New York: McGraw-Hill Publishing Co. 672 p.

Trundsukhon, P. 1994. **Herbs against helminths; Advances in Antimicrobial Herbs.** Bangkok: T.P. Print Company. 8 p.

Unpromma, S., P. Phapirom, K. Chukanhom, S. Chanlun, S. Saengpol and I. Panyawan. 2006. Survey of intestinal parasites of cattle and buffalo species Native in Maha Sarakham Province. **Veterinary Substance** 57(3): 26-36.

Worasingh, R. 2007. **Parasites in the gastrointestinal tract and blood of cattle detected in the Pak Phanang River Basin, province.** Nakhon Si Thammarat. [Online]. Available:http://www.dld.go.th/niah/Publishing/eJournal/ v2/n1/t5/full_text.pdf. (May 5, 2021).

Session 10

ภาคบรรยาย

การหมักน้ำผักด้วย *Lactobacillus plantarum*

Fermentation of Vegetable Juices with *Lactobacillus plantarum*

อนงค์ อัสนีจันทรา[1*] กมลวรรณ มโนวรรณ์[2] เบญจวรรณ ปาพันธ์[2] พยุงศักดิ์ มะโนชัย[2] และนิอร โฉมศรี[2]

Anong Atsaneechantra[1]*, Kamonwan Manowan[2], Benjawan Papun[2], Phayungsak Manochai and Ni-orn Chomsri[2]

[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

[2]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

[1]Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Thailand 52000

[2]Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Thailand 52000

*Corresponding author: niornchomsri@rmult.ac.th

Abstract

This study aimed to investigate the effect of using *Lactobacillus plantarum* in fermentation of different vegetable juices on their physicochemical and microbiological properties. The three juices were prepared from red cabbage, bell pepper and Chinese cabbage. The results showed that the fermented vegetable juices obtained from bell pepper produced the highest growth of *L. plantarum* at 8 Log CFU/ml. Chemical analysis of samples after fermentation revealed that type of vegetables had an impact on quality of fermented vegetable juices. The fermented vegetable juices showed pH, titratable acidity, and total soluble solid content between 3.66-3.86, 0.23-0.59 and 2.20-4.00 ^{o}B, respectively.Antioxidant activity and total phenolic content of fermented vegetable juices were determined. It was found that antioxidant activity in fermented vegetable juices obtained from bell pepper and red cabbage were higher than from Chinese cabbage ($p \leq 0.05$) whereas fermented vegetable juice obtained from red cabbage yielded the highest total phenolic content followed by bell pepper and Chinese cabbage, respectively ($p \leq 0.05$).

Keywords: lactic acid bacteria, lactic acid fermentation, vegetable juice

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของ *Lactobacillus plantarum* ในน้ำผักที่เตรียมจากกะหล่ำปลีม่วง พริกหวานสีแดง และผักกาดขาวปลี ผลการศึกษาที่ได้พบว่า *L. plantarum* มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้สูงสุดเท่ากับ 8 Log CFU/ml ในน้ำผักจากพริกหวานสีแดง เมื่อนำน้ำผักหมักที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่า ผักที่ใช้ในการผลิตน้ำผักหมักส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำผักหมัก โดยพบว่า น้ำผักหมักทั้ง 3 ชนิด มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.66 ถึง 3.86 ร้อยละ 0.23 ถึง 0.59 และ 2.20 ถึง 4.00 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลทั้งหมดทำให้ทราบว่า น้ำผักหมักจากพริกหวานสีแดงและกะหล่ำปลีม่วงมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าน้ำผักหมักผักกาดขาวปลี ($p \leq 0.05$) ในขณะที่น้ำผักหมักจากกะหล่ำปลีม่วงมีสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงสุด รองลงมาคือ พริกหวานสีแดง และผักกาดขาวปลี ตามลำดับ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: แบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิก การหมักให้เกิดกรดแล็กทิก น้ำผัก

คำนำ

แบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกมีบทบาทอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มหมักในปัจจุบัน จัดว่าเป็นแบคทีเรียที่ปลอดภัย (Generally recognized as safe: GRAS) มีความสำคัญต่อการถนอมอาหารผ่านกระบวนการหมักโดยใช้สารอาหารในวัตถุดิบเริ่มต้นผลิตกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น กรดแล็กทิก ทำให้ค่าพีเอช (pH) ลดลงจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้ นอกจากนี้ ยังผลิตสารยับยั้งจุลินทรีย์อื่นๆ อีก เช่น แบคเทอริโอซิน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซต์ ไดแอซีทิล รูทีริน และคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ในกระบวนการหมักแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะรสชาติเนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหาร แบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกบางสายพันธุ์ยังมีคุณสมบัติเป็นโปรไบโอติกซึ่งมีประโยชน์ต่อมนุษย์และสัตว์ ทำให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร และผลิตสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค ด้วยคุณสมบัติที่หลากหลายและประโยชน์ของกล้าเชื้อจุลินทรีย์ในรูปแบบต่างๆ ทำให้แบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกยิ่งมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารหมักมากขึ้น ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิก ได้แก่ แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว ปลาร้า ปลาเจ่า ปลาส้มฟัก นมเปรี้ยว เนยแข็ง ผักเสี้ยนดอง หน่อไม้ดอง หอมดอง และผักกาดดอง (Yodin, 2017)

ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยนำแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อไปใช้ในการหมักผักและผลไม้กันอย่างกว้างขวาง เช่น การหมักกะหล่ำปลี (Xia *et al*., 2017) การหมักกิมจิ (Moon *et al*., 2018) การหมักน้ำผัก (Champagne *et al*., 2017) การหมักแตงกวา (Perez-Diaz *et al*., 2021) และยังมีการศึกษาการหมักให้เกิดกรดแล็กทิกในผักในรูปแบบที่มีความหลากหลาย ยกตัวอย่างเช่น การใช้จุลินทรีย์ผสมของ *Lactobacillus plantarum* *Pediococcus acidilactici* และ *Leuconostoc mesenteroides* ในการหมักผักผสมของแครอท กะหล่ำปลี หัวผักกาด และหัวหอม (Gardner *et al*., 2001) การใช้ *Lactobacillus plantarum* หมักน้ำมะระ และน้ำแครอท (Sharma and

Mishra, 2014) การผลิตกรดแกมมาแอมิโนบิวทีริก (γ-aminobutyric acid หรือ GABA) ในการหมักให้เกิดแล็กทิกแบบธรรมชาติด้วยการใช้ระดับความเข้มข้นของเกลือที่ต่ำ (Moore *et al*., 2020) การใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกผสมในการหมักเห็ด (Manowan *et al*., 2020) กระบวนการหมักเห็ดให้เกิดกรดแล็กทิกด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกัน (Chomsri and Manowan, 2020)

การศึกษารูปแบบการหมักของแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกในลักษณะต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลของลักษณะการเจริญและการหมักของแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิก สามารถก่อประโยชน์ต่อการนำไปใช้ต่อยอดในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หรือเกิดรูปแบบการใช้ประโยชน์ในมิติใหม่ๆ ในอุตสาหกรรมอาหารหมัก หรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องได้ นอกเหนือไปจากอุตสาหกรรมนมที่มีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงวางแผนใช้น้ำผักที่เตรียมจากผักมีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด มาใช้เป็นซับสเตรตในการหมักแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกภายใต้สภาวะการศึกษาที่กำหนดอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เกิดความรู้และความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักของแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากกระบวนการหมักให้เกิดกรดแล็กทิกได้ดียิ่งขึ้น

วิธีการทดลอง

จุลินทรีย์และการเตรียมกล้าเชื้อจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ *Lactobacillus plantarum* จากห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เตรียมโดยเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) (HiMedia Laboratories, Mumbai, India) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เตรียมเป็นกล้าเชื้อทำโดยถ่ายเชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum* ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 8,000 *x g* นาน 5 นาที แยกเซลล์ที่ได้นำไปล้างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.85% แล้วนำไปใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับการทดลองต่อไป

วัตถุดิบผักและการเตรียมน้ำผัก

วัตถุดิบผักที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ พริกหวานสีแดง ผักกาดขาวปลี และกะหล่ำปลีม่วง ซื้อจากตลาดออมสิน อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง คัดเลือกผักที่ปราศจากโรคและแมลง โดยพริกหวานสีแดงมีลักษณะสีแดงสดทั่วทั้งผล ผักกาดขาวปลีมีลักษณะสีขาวถึงสีเขียวอ่อน และกะหล่ำปลีม่วงมีลักษณะสีม่วงสด การเตรียมน้ำผักทำโดย นำผักไปล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้น เตรียมผักต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1 นำไปใส่ในเครื่องปั่นผสม แล้วกรองแยกน้ำผักออกเพื่อนำไปใช้เป็นซับสเตรตเริ่มต้นในการหมักให้เกิดกรดแล็กทิก

การหมักน้ำผักให้เกิดกรดแล็กทิก

นำน้ำผักแต่ละชนิดที่เตรียมได้ใส่ในหลอดทดลองๆ ละ 10 มิลลิลิตร จากนั้น นำไปเติมกล้าเชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum* ให้มีจำนวนเริ่มต้นในการหมักที่เท่ากัน (6.63 ล็อคซีเอฟยู/มิลลิลิตร) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ ในระหว่างกระบวนการหมักดังนี้ ตรวจวิเคราะห์เมื่อเวลาเริ่มหมัก ที่ระยะเวลาการหมักนาน 24 ชั่วโมง 48 ชั่วโมง และหลังจากการนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์

การตรวจวิเคราะห์ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี (NR 200 3NH Technology, China) ค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช (Model C831, Belgium) ปริมาณกรดทั้งหมดโดยวิธีการไทเทรต (Choi *et al*., 2021) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้รีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดตามวิธีดัดแปลงจาก Spinola *et al*. (2015) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) โดยใช้ ABTS test ตามวิธีดัดแปลงจาก Wongputtisin *et al*. (2007) และตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ผลิตกรดแล็กทิกด้วยเทคนิค spread plate โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) (HiMedia Laboratories, Mumbai-, India) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษา แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA (Analysis of variance) จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan’s new multiple’s range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัย

คุณภาพของผักที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผักวัตถุดิบจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ พริกหวานสีแดง ผักกาดขาวปลี และกะหล่ำปลีม่วง (Figure 1) พบว่า พริกหวานสีแดงเป็นผักที่มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง-เขียว (a*) ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) และค่าที่แสดงความบริสุทธิ์ (Chroma) สูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 27.29, 8.66, 3.81 และ 9.46 ตามลำดับ ในขณะที่กะหล่ำปลีม่วงเป็นผักที่มีค่าเฉดสี (Hue) เฉลี่ยเท่ากับ 318.01 (Table 1) และเมื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่า น้ำผักหมักทั้ง 3 ชนิด มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.03-5.87 ร้อยละ 0.14-0.28 และ 4.40-8.00 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ในด้านคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและพฤกษเคมีพบว่า ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 38.39-60.71 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อหนึ่งร้อยกรัมตัวอย่าง (เทียบเท่ากับ 59.69-94.00 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อหนึ่งร้อยกรัมตัวอย่าง) และ 201.33-1047.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบค่าสูงสุดในกะหล่ำปลีม่วง รองลงมาคือ พริกหวานสีแดง และผักกาดขาวปลี ตามลำดับ และเมื่อนำวัตถุดิบตัวอย่างน้ำผักทั้ง 3 ชนิด ไปวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.87-7.81 และ 3.26-3.96 ล็อคซีเอฟยู/กรัม ตามลำดับ

Figure 1 Three vegetables used as raw materials

Table 1 Properties of three vegetables

Properties	Bell pepper	Chinese cabbage	Red cabbage
Color characteristics			
L*	027.29±0.02	26.68±0.02	22.21±0.00
a*	8.66±0.00	0.66±0.04	1.99±0.03
b*	3.81±0.02	2.71±0.02	-1.79±0.00
Chroma	9.46±0.01	2.79±0.01	2.68±0.02
Hue	23.75±0.13	76.16±0.96	-41.97±0.04
Chemical characteristics			
pH	5.69±0.01	5.03±0.01	5.87±0.01
Total acidity (%)	0.14±0.00	0.28±0.00	0.28±0.00
Total soluble solids (°Brix)	8.00±0.00	4.40±0.00	5.65±0.07
AOA	55.19±0.59	38.39±0.48	60.71±0.75
AOT	85.82±0.91	59.69±0.75	94.00±0.55
Total phenolic content (mg GAE/kg)	1,027.33±19.80	201.33±7.54	1,047.33+2.82
Microbiological characteristics			
Total plate count (log CFU/g)	5.87±5.69	7.81±5.82	6.41±5.53
Lactic acid bacteria count (log CFU/g)	3.96±2.71	3.79±3.43	3.26±0.00

AOA = Antioxidant activity as mg ascorbic acid equivalent /100 g sample, AOT = Antioxidant activity as mg Trolox equivalent /100 g sample

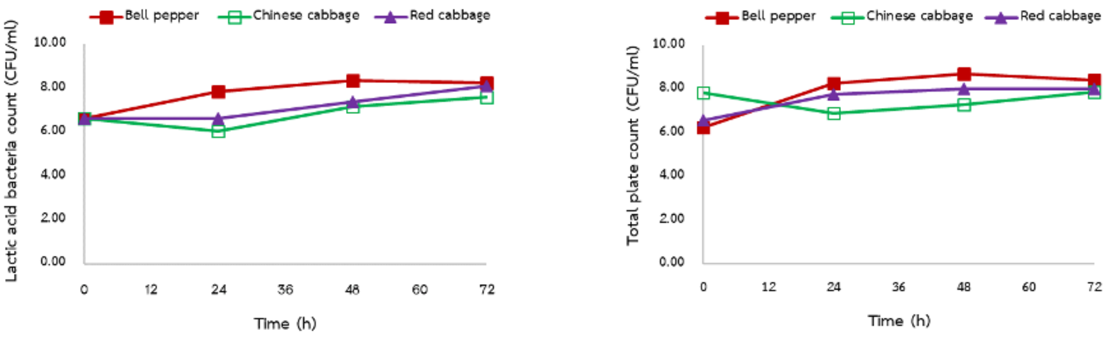
การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์และทางเคมีในระหว่างการหมัก

น้ำผักที่ใช้ในการหมักซึ่งเตรียมจากพริกหยวกสีแดง ผักกาดขาวปลี และกะหล่ำปลีสีม่วง มีสีตามลักษณะของผักแต่ละชนิด (Figure 2) เมื่อเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิก *L. plantarum* ในการหมักพบว่า แบคทีเรียผลิตกรด

แล็กทิกมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้สูงสุดในช่วงระยะเวลา 24 ชั่วโมงแรกของการหมักในซับสเตรตน้ำผักจากพริกหวานสีแดง โดยแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกสามารถเจริญเติบโตได้สูงสุดมีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 8.4 ล็อคซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 48 ชั่วโมง ในขณะที่การใช้น้ำผักจากผักกาดขาวปลี และกะหล่ำปลีม่วงเป็นซับสเตรตในการหมักพบว่า *L. plantarum* มีลักษณะการเจริญเติบโตที่ล่าช้ากว่าการใช้ซับสเตรตน้ำผักจากพริกหวานสีแดง เมื่อพิจารณาผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกพบการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 6.86 ถึง 8.57 ล็อคซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้ ในซับสเตรตน้ำผักกาดขาวปลี และกะหล่ำปลีม่วงพบว่า จุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มการเจริญเติบโตที่ลดลงในช่วงระยะเวลา 24 ชั่วโมงแรกของการหมัก (Figure 3)

a b c

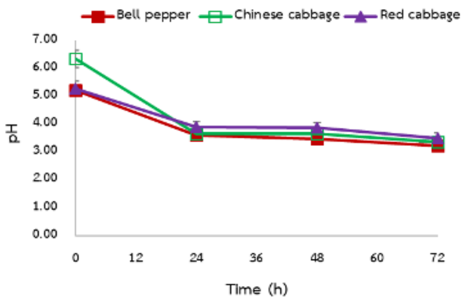
Figure 2 Vegetable juices as substrates for fermentation obtained from a) bell pepper b) Chinese cabbage and c) red cabbage



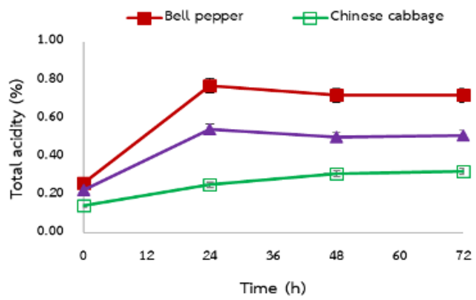
a b

Figure 3 Changes of lactic acid bacteria count (a) and total plate count (b) during vegetable juice fermentation

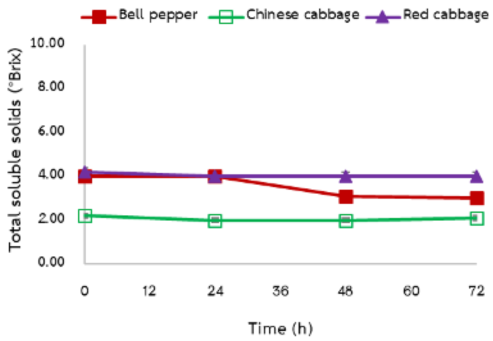
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในระหว่างการหมักน้ำผักด้วย *L. plantarum* ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง จากนั้น นำน้ำผักหมักทั้ง 3 สิ่งทดลองไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4$\pm$1 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง พบว่า ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแล็กทิก และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 3.22 ถึง 6.35 ร้อยละ 0.12 ถึง 0.90 และ 2.00 ถึง 4.00 องศาบริกซ์ ตามลำดับ โดยมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดและการลดลงอย่างรวดเร็วของค่าพีเอชในช่วงระยะเวลา 24 ชั่วโมงแรกของการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกดังที่รายงานไว้ข้างต้น หลังจากนั้น ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าค่อนข้างคงที่ ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อย (Figure 4)



a



b



C

Figure 4 Changes of pH (a) total acidity (b) and total soluble solid content (C) during fermentation

คุณลักษณะของน้ำผักหมัก

การใช้น้ำผักเป็นซับสเตรตในการหมักด้วย *L. plantarum* ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ทำให้ได้น้ำผักหมักจากพริกหวานสีแดง น้ำผักจากผักกาดขาวปลี และกะหล่ำปลีม่วง หลังการเพาะเลี้ยงที่มีลักษณะการตกตะกอน ผลการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีค่าความสว่าง (L*) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 16.25 และ 20.79 ค่าสีแดง-เขียว (a*) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.60 และ 14.49 ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.52 และ 5.52 ค่าที่แสดงความเข้มของสี (chroma) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.20 และ 15.51 และค่าเฉดสี (hue) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.72 และ 42.12 ตามลำดับ

(Table 2) โดยพบว่า ชนิดของซับสเตรตที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกส่งผลต่อความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของค่าสีทุกคุณลักษณะ

Table 2 Color property of fermented vegetable juices

Treatment	L*	a*	b*	Chroma	Hue
	*	*	*	*	*
Bell pepper	20.79±0.00[a]	14.49±0.01[a]	5.52±0.02[a]	15.51±0.01[a]	20.85±0.08[b]
Chinese cabbage	20.76±0.04[b]	4.60±0.00[c]	4.16±0.01[b]	6.20±0.01[c]	42.12±0.08[a]
purple cabbage	16.25±0.01[c]	6.37±0.03[b]	0.52±0.01[c]	6.39±0.03[b]	4.72±0.14[c]

* Means in a column with the different letters represent significant differences ($p \leq 0.05$)

คุณภาพทางเคมีของตัวอย่างน้ำผักหมัก ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรด และของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ซับสเตรตน้ำผักจากพริกหวานสีแดงทำให้ได้น้ำพริกหวานสีแดงหลังการหมักที่มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.71 รองลงมาคือ กะหล่ำปลีม่วง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.49 และผักกาดขาวปลี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.30 ตามลำดับ ทั้งนี้ ตัวอย่างน้ำผักหมักทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 3.46 ถึง 3.65 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 2.00 ถึง 3.40 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Chemical properties of fermented vegetable juices after 48 hours of fermentation

Treatment	pH	Total acidity (%)	Total soluble solids (°Brix)
	*	*	*
Bell pepper	3.47±0.01[c]	0.71±0.00[a]	3.10±0.10[b]
Chinese cabbage	3.64±0.01[b]	0.30±0.01[c]	2.00±0.00[c]
purple cabbage	3.87±0.00[a]	0.49±0.01[b]	4.00±0.00[a]

* Means in a column with the different letters represent significant differences ($p \leq 0.05$)

ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างน้ำผักหมักจากผักทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 1.73-50.73 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อหนึ่งร้อยกรัมตัวอย่าง (เทียบเท่ากับ 2.70-78.88 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อหนึ่งร้อยกรัมตัวอย่าง) และ 77.00-599.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 4) น้ำผักหมักที่ได้จากพริกหวานสีแดงส่งผลให้ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าน้ำผักที่ได้จากผักกาดขาวปลี และกะหล่ำปลีม่วง ในขณะที่น้ำผักที่ได้จากกะหล่ำปลีม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าน้ำผักที่ได้จากพริกหวานสีแดงและผักกาดขาวปลี

Table 4 Antioxidant activity and total phenolic content of fermented vegetable juices after 48 hours of fermentation

Treatment	AOA (mg/100g)	AOT (mg/100g)	TPC (mg GAE/kg)
	*	*	*
Bell pepper	50.73±0.72[a]	78.88±1.12[a]	595.50±21.50[b]
Chinese cabbage	1.73±0.65[c]	2.70±0.10[c]	77.00±3.00[c]
purple cabbage	49.76±0.24[b]	77.38±0.38[b]	599.00±6.00[a]

AOA = Antioxidant activity as mg ascorbic acid equivalent /100 g sample, AOT = Antioxidant activity as mg Trolox equivalent /100 g sample, TPC = Total phenolic content

* Means in a column with the different letters represent significant differences ($p \leq 0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

วัตถุดิบผักกะหล่ำปลีม่วง พริกหวานสีแดง และผักกาดขาวปลีที่ใช้ในการทดลองมีความแตกต่างกันเนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดและสายพันธุ์ของผัก แหล่งที่เพาะปลูก การดูแลในระหว่างการเพาะปลูก (Estrada *et al.,* 2020; Alexandre *et al.,* 2013; Poverenova *et al.,* 2014) ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของกะหล่ำปลีม่วงที่แตกต่างกันเมื่อปลูกในฤดูใบไม้ผลิและฤดูใบไม้ร่วง คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2651 และ 2304 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (Park *et al.*, 2014) นอกจากนั้น องค์ประกอบทางพฤกษเคมี (Phytochemicals หรือ Phytonutrients) ที่พบอยู่ในผักแต่ชนิดก็ยังอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านการออกฤทธิ์ทางชีวภาพอีกด้วย เช่น พริกหวานสีแดงมีสารพฤกษเคมีกลุ่ม ไลโคปีน กรดแอลลาจิก แคพไซซินอยด์ แคพไซซิน และเบต้า-แคโรทีน (Nadeem *et al.*, 2011; Shotorbani *et al.*, 2012; Chavez-Mendoza *et al.*, 2015) ส่วนผักกาดขาวปลีมีสารพฤกษเคมีกลุ่มเควอซิทิน ฟลาโวนอยด์และกลูโคซิโนเลต (Chung *et al.*, 2018; Shawon *et al.*, 2020) ซึ่งความแตกต่างขององค์ประกอบต่างๆ ของผักทั้งสองชนิดนี้เมื่อนำไปใช้เป็นซับสเตรตในการหมักอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และคุณภาพของผลิตผลที่ได้จากการหมัก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์และทางเคมีในระหว่างการหมักแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิก *L. plantarum* ในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงการเจริญของ *L. plantarum* การลดลงของค่าพีเอช การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมด และการลดลงของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นลักษณะของแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกซึ่งรวมถึง *L. plantarum* ที่ในระหว่างการหมักเซลล์แบคทีเรียมีการเจริญเพิ่มจำนวนเพื่อการผลิตเซลล์ กรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ และเมแทบอไลต์อื่นๆ (Hutkins *et al.*, 1993; Choi *et al.*, 2021) โดยที่ *L. plantarum* สามารถเจริญได้ดีที่สุดในน้ำผักที่เตรียมจากพริกหวานสีแดง ทำให้เกิดการสร้างกรดอินทรีย์ได้มากกว่าการใช้น้ำผักที่เตรียมจากกะหล่ำปลีม่วงและผักกาดขาวปลี จึงส่งผลให้ค่าพีเอชของน้ำผักหมักจากพริกหวานสีแดงมีค่าพีเอชต่ำมากที่สุด ($p \leq 0.05$) ผลกระทบของชนิดของน้ำผักที่นำไปใช้เป็นซับสเตรตในการหมัก *L. plantarum* ในการทดลองครั้งนี้ น่าจะมีเหตุผลเนื่องจากองค์ประกอบสำคัญในซับสเตรตที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกที่แตกต่างกันของผักแต่ละ

ชนิด ยกตัวอย่างเช่น น้ำผักจากพริกหวาน มีค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าน้ำผักจากผักกาดขาวปลี ซึ่งน้ำตาลหรือวิตามินซึ่งเป็นของแข็งละลายได้ในน้ำเป็นสารประกอบที่แบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิกใช้ในการเจริญเติบโตก็ย่อมมีสัดส่วนที่สูงกว่า (Choi *et al*., 2019; Guan *et al*., 2020)

ความแตกต่างของค่าสีที่พบในการศึกษานี้ เป็นคุณสมบัติของลักษณะเฉพาะของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่มีรงควัตถุแตกต่างกัน และผลกระทบจากการเติมกล้าเชื้อ *L. plantarum* ที่ทำหน้าที่หมักและทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบต่างๆ ในเมทริกซ์ของน้ำผักหมักที่ย่อมส่งผลกระทบต่อค่าสีของตัวอย่างหลังการหมัก มีความแตกต่างกัน Ghareaghajlou *et al*. (2021) รายงานว่า การลดลงของค่าพีเอชทำให้รงควัตถุแอนโทไซยานินในกะหล่ำปลีม่วงมีความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า น้ำผักหมักจากกะหล่ำปลีม่วงมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.23 เป็นร้อยละ 0.49 และมีค่าพีเอชลดลงจาก 5.28 เป็น 3.87 จึงส่งผลกระทบต่อค่าสีของน้ำผักหมักจากกะหล่ำปลีม่วง โดยพบว่า ค่าความเป็นสีแดงของน้ำผักหมักจากกะหล่ำปลีม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวัตถุดิบน้ำผักเริ่มต้น

คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและพฤกษเคมีซึ่งเป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในพืช สารพฤกษเคมีเหล่านี้หลายชนิดถูกกล่าวอ้างว่ามีฤทธิ์ต่อต้านหรือป้องกันโรคบางชนิด รวมถึงโรคมะเร็งที่เชื่อว่าสารกลุ่มนี้ช่วยป้องกันได้ โดยตัวอย่างของสารพฤกษเคมี เช่น สารประกอบโพลีฟีนอล และสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Sosalagere *et al*., 2022) ซึ่งในการศึกษานี้ แสดงให้เห็นถึงผลกระทบอย่างเห็นได้ชัดของการเติมกล้าเชื้อ *L. plantarum* ในการหมักที่มีต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของน้ำผักหมักทั้ง 3 ชนิด โดยพบว่า การเติมกล้าเชื้อ *L. plantarum* ในการหมักทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของน้ำผักหมักมีค่าลดลงประมาณ 1-21.9 และ 1.7-2.6 เท่า ตามลำดับ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากเหตุผลหลายประการ เช่น สารประกอบเหล่านี้ทำปฏิกิริยากับสารประกอบอื่น ๆ ในน้ำผัก หรือมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเมื่อสัมผัสกับอากาศและแสง ทั้งนี้ การใช้น้ำผักที่เตรียมจากผักกาดขาวปลีในการหมักทำให้คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและพฤกษเคมีมีค่าลดลงมากที่สุด แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของการหมักที่มีต่อองค์ประกอบในวัตถุดิบผักที่มีความแตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

การใช้วัตถุดิบผักชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กะหล่ำปลีม่วง พริกหวานสีแดง และผักกาดขาวปลี ในการเตรียมน้ำผักแล้วนำไปหมักด้วยแบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิก *L. plantarum* สามารถสรุปได้ว่า *L. plantarum* สามารถเจริญและผลิตกรดทั้งหมดได้สูงที่สุดในน้ำผักที่เตรียมจากพริกหวานสีแดง และการเติมกล้าเชื้อ *L. plantarum* ในการหมักทำให้คุณสมบัติการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำผักมีค่าลดลง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการวิจัยและพัฒนาภาครัฐร่วมเอกชนในเชิงพาณิชย์ สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณวิจัย และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่เอื้อเฟื้อ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Alexandre, E.M.C., T.R.S., Brandão, and C.L.M. Silva, 2013. Impact of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality factor retention of frozen red bell peppers. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 17: 99-105.

Champagne, C.P., S. Moineau, S. Lafleur and T. Savard. 2017. The effect of bacteriophages on the acidification of a vegetable juice medium by microencapsulated *Lactobacillus plantarum*. **Food Microbiology** 63: 28-34.

Chávez-Mendoza, C., E. Sanchez, E. Muñoz-Marquez, J.P. Sida-Arreola and Flores-Cordova, M.A. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different grafted varieties of bell pepper. **Antioxidants** 4: 427-446.

Chomsri, N. and K. Manowan. 2020. Quality comparison of fermented oyster mushroom sausage produced from different processes. pp. 604-612. *In* Proceedings: The 4th Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Conference (4th RUSCON), Thailand, 15-16 July 2020. Phra Nakhon Si Ayutthaya: Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi.

Choi, Y., S. Yong, M. Lee, S. Park, Y. Yun, S. Park and M. Lee. 2019. Changes in volatile and non-volatile compounds of model kimchi through fermentation by lactic acid bacteria. LWT. **Food Science and Technology** 105: 118-126.

Choi, S., S. Yang, and K. Yoon. 2021. Lactic acid bacteria starter in combination with sodium chloride controls pathogenic *Escherichia coli* (EPEC, ETEC, and EHEC) in kimchi. **Food Microbiology** 100: 103868.

Chung, I., K. Rekha, G. Rajakumar, and M. Thiruvengadam. 2018. Production of bioactive compounds and gene expression alterations in hairy root cultures of Chinese cabbage elicited by copper oxide nanoparticles. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)** 134: 95-106.

Estrada Cortés-, E., T. Gallardo-Velázquez, G. Osorio-Revillab, E. Castañeda-Pérez, O. Meza-Márquez, M. López-Cortez, and D. Hernández-Martínez. 2020. Prediction of total phenolics, ascorbic acid, antioxidant capacities, and total soluble solids of *Capsicum annuum* L. (bell pepper) juice by FT-MIR and multivariate analysis. LWT. **Food Science and Technology** 125: 109285.

Gardner, N.J., T. Savard, P. Obermeier, G. Caldwell, and C.P Champagne. 2001. Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet and onion vegetable mixtures. **International Journal of Food Microbiology** 64: 261-275.

Ghareaghajlou, N., S. Nezhadi, and Z. Ghasempour. 2021. Red cabbage anthocyanins: stability, extraction, biological activities and applications in food systems. **Food Chemistry** 365(2021): 1-13.

Guan, Q., W. Zheng, T. Huang, Y. Xiao, Z. Liu, Z. Peng, D. Gong, M. Xie and T. Xiong, 2020. Comparison of microbial communities and physiochemical characteristics of two traditionally fermented vegetables. **Food Research International** 128: 108755.

Hutkins, W.R. and L.N. Nannen 1993. pH homeostasis in lactic acid bacteria. **Journal of Dairy Science** 76(8): 2354-2365.

Manowan, K., P. Wongputtisin, U. Tassanaudom, T. Sassa-Deepaeng. and N. Chomsri. 2020. Quality characteristics of fermented mushroom and vegetable product using a mixed starter of lactic acid bacteria. **Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering** 3(1): 25-31.

Moon, S.H., C.R. Kim, and H.C. Chang. 2018. Heterofermentative lactic acid bacteria as a starter culture to control kimchi fermentation. LWT. **Food Science and Technology** 88: 181-188.

Moore, J.F., R. DuVivier and S.D. Johanningsmeier. 2020. Formation of γ -aminobutyric acid (GABA) during the natural lactic acid fermentation of cucumber. **Journal of Food Composition and Analysis.** [Online]. Available https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103711 (5 May 2021).

Nadeem, M., F.M. Anjum, M.R. Khan, M. Saeed, and A. Riaz. 2011. Antioxidant potential of bell pepper (*Capsicum annum* L.)-A Review. **Pakistan Journal of Food Sciences** 21(1-4): 45-51.

Park, S., V. Arasu, N. Jiang, S. Choi, Y. Lim, J. Park, N. Al-Dhabi and S. Kim. 2014. Metabolite profiling of phenolics, anthocyanins and flavonols in cabbage *(Brassica oleracea* var. *capitata*). **Industrial Crops and Products** 60: 8-14.

Perez-Díaz. I., S.D. Johanningsmeier, K. Anekella, C.G. Pag´an-Medina, L. M´endez-Sandoval, C. Arellano, R. Price, K.V. Daughtry, M. Borges, C. Bream, L. Connelly, S.E. Dieck, M.T. Levi, E.K. McMurtrie, R.E. Smith, J.C. Theora, P. Wendland, F. G´omez-Rodríguez, and F. No´e Arroyo-L´opez, 2021. Genotypic and phenotypic diversity among *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus pentosus* isolated from industrial scale cucumber fermentations. **Food Microbiology** 94: 103652.

Poverenova, E., Y. Zaitsev, H. Arnon, R. Granit, S. Alkalai-Tuvia, Y. Perzelan, T. Weinber and E. Fallik. 2014. Effects of a composite chitosan–gelatin edible coating on postharvest quality and storability of red bell peppers. **Postharvest Biology and Technology** 96: 106-109.

Sharma, V. and H.N. Mishra. 2014. Unstructured kinetic modeling of growth and lactic acid production by *Lactobacillus plantarum* NCDC 414 during fermentation of vegetable juices. LWT. **Food Science and Technology** 59: 1123-1128.

Shawon, R.A., B.S. Kang, S.G. Lee, S.K. Kim, H.J. Lee, E. Katrich, S. Gorinstein, and Y.J. Ku. 2020. Influence of drought stress on bioactive compounds, antioxidant enzymes and glucosinolate contents of Chinese cabbage (*Brassica rapa*). **Food Chemistry** 308: 125657.

Shotorbani, N.Y., R. Jamei, and R. Heidari. 2012. Antioxidant activities of two sweet pepper *Capsicum annuum* L. varieties phenolic extracts and the effects of thermal treatment. **Avicenna Journal of Phytomedicine** 3(1): 25-34.

Sosalagere, C., B. Kehinde and P. Sharma. 2022. Isolation and functionalities of bioactive peptides from fruits and vegetables: A reviews. **Food Chemistry** 366: 130494.

Spinola, V., J. Pinto, and P.C. Castilho, 2015. Identification and quantification of phenolic compounds of selected fruits from Madeira Island by HPLC-DAD–ESI-MSn and screening for their antioxidant activity. **Food Chemistry** 173: 14-30.

Wongputtisin, P., C. Khanongnuch, P. Pongpiachan and S. Lumyoung. 2007. Antioxidant activity improvement of soybean meal by microbial fermentation. **Research Journal of Microbiology** 2(7): 577-583.

Xia, Y., X. Liu, G. Wang, H. Zhang, Z. Xiong, Y. Sun, and L. Ai. 2017. Characterization and selection of Lactobacillus brevis starter for nitrite degradation of Chinese pickle. **Food Control** 78: 126-131.

Yodin, K. 2017. Application of lactic acid bacteria in fermented foods. **Food Journal** 47(4): 76-82.

ผลของกรดซิตริกและแอสคอร์บิกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มพาสเจอไรส์บรรจุขวด

Effect of Citric and Ascorbic Acids on Quality of Pasteurized Northern Thai Green Chili Paste (Nam Prik Num) in Glass Container Product

รัชฎาภรณ์ ลิ้นฤษี[1] วิจิตรา แดงปรก[1] กนกวรรณ ตาลดี[1] วชิระ ชุ่มมงคล[2]
มธุรส ชัยหาญ[3] และธีระพล เสนพันธุ์[1*]

Ratchadaporn Linruesee[1], Wichittra Daengprok[1], Kanokwan Tandee[1], Vachira Choommongkol[2]
Mathurot Chaiharn[3] and Theeraphol Senphan[1*]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[3]สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[1]Program in Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[2]Chemistry Program, Faculty of Science, Maejo University Chiang Mai, Thailand 50290
[3]Division of Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
*Corresponding author: theeraphol_s@mju.ac.th

Abstract

Nam Prik Num is a local food in the northern part of Thailand that is very popular food but it's a short shelf life and perishable foods. Therefore, the objective of this research was to develop the pH adjustment of Nam Prik Num with citric acid and ascorbic acid as acidified food (pH=4.6) prior bottle containing and pasteurized for shelf-life extension and to analyze quality. pH-adjusted of Nam Prik Num with citric acid and ascorbic acid had higher a fine texture and syneresis more than the control. The pH adjustment of Nam Prik Num with both types of acids had no effect on the %yield, chemical compositions (moisture, protein, ash and fat) and color values (lightness (L*), redness values (a*), and yellowness value (b*)) but it had affected on the sensory acceptance by consumers. Therefore, pH adjustment of Nam Prik Num with citric acid and ascorbic acid as acidified food (pH=4.6) prior bottle containing and pasteurized can extend the shelf life of the product but the product had slightly sour taste, affecting on the sensory acceptance by consumers.

Keywords: citric acid, ascorbic acid, acidified food, sterilization

บทคัดย่อ

น้ำพริกหนุ่มเป็นเมนูอาหารประจำท้องถิ่นภาคเหนือที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน แต่มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นและเน่าเสียง่าย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อต้องการพัฒนา และศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปรับกรด (pH=4.6) การปรับค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มด้วยกรดซิตริกและแอสคอร์บิก ก่อนบรรจุขวดแล้วฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรส์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาพบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ปรับค่าพีเอชด้วยกรดกรดซิตริกและแอสคอร์บิก จะมีลักษณะปรากฏด้านเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียด และมีน้ำแยกออกจากผลิตภัณฑ์มากกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม อย่างไรก็ตามการปรับค่าพีเอชน้ำพริกหนุ่มด้วยกรดทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิตองค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน) และค่าสี (ความสว่าง (L*), ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*)) แต่จะมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคลดลง ดังนั้นการปรับค่าพีเอชด้วยกรดซิตริกและแอสคอร์บิกในผลิตภัณฑ์ของน้ำพริกหนุ่มก่อนบรรจุขวดฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรส์ จะทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์จะมีรสเปรี้ยวเล็กน้อยส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

คำสำคัญ: กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก อาหารปรับกรด กระบวนการพาสเจอไรส์

คำนำ

น้ำพริกหนุ่มเป็นอาหารพื้นบ้านของทางภาคเหนือของประเทศไทยที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ปัจจุบันมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มในเชิงพานิชย์กันอย่างแพร่หลาย ในรูปแบบของฝากหรือการซื้อเพื่อนำไปรับประทานทันที อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม คือ มีอายุการเก็บรักษาสั้นถ้าเก็บในอุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1–2 วัน หรือ ถ้าเก็บในตู้เย็นจะมีอายุเก็บรักษา 1 สัปดาห์เท่านั้น เนื่องจากน้ำพริกหนุ่มมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูงถึงร้อยละ 90 ทำให้จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียง่ายมาก ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ (Penwarat, and Nattinee 2021) ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการใช้เทคนิคหรือหลักการถนอมอาหารในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มให้มีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้นจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ ซึ่งเทคนิคหรือหลักการถนอมอาหารที่ว่าคือ การแปรรูปแบบผสมผสาน (hurdle technology) ซึ่งเป็นกรรมวิธีการแปรรูปที่ใช้วิธีการถนอมอาหารต่าง ๆ ร่วมกัน เช่น การปรับกรด การใช้ความร้อน การใช้บรรจุภัณฑ์ปิดสนิท ร่วมกับการฆ่าเชื้อเชิงการค้า (commercial sterilization) ในระดับที่เพียงพอในการทำลาย หรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย (*Clostridium botulinum*) จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคชนิดต่าง ๆ และจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ส่วนสปอร์จุลินทรีย์ที่เหลืออยู่นั้นต้องไม่เจริญภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค จากแนวคิดดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชนิดปรับกรดบรรจุขวดซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปโดยใช้เทคนิคการแปรรูปแบบผสมผสานเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น และต้องควบคุมให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร ทั้งทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ และด้านประสาทสัมผัส (Sevenich *et al*., 2015) มีรายงานว่า Saowakon *et al*. (2011) ศึกษาผลของ

ความร้อนและค่าความเป็นกรด-ด่างต่อการยับยั้งสปอร์ของเชื้อ *Clostridium sporogeneses* ในผลิตภัณฑ์หน่อไม้รวกต้มบรรจุถุงปิดสนิท พบว่า การปรับด้วยกรดซิตริกร้อยละ 0.3 จะทำให้หน่อไม้มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.5 และพบสปอร์ของ *C. sporogenes* มีแนวโน้มลดลงหลังการให้ความร้อน และการใช้ความร้อนร่วมกับการปรับกรดจะทำให้ค่า D (Decimal Reduction Time) และ TDT (Thermal death time) ลดลงถึงร้อยละ 40-50 ($p<0.05$) ซึ่งกรดอินทรีย์ที่นิยมใช้สำหรับปรับให้อาหารเป็นกรด ได้แก่ กรดซิตริก (citric acid) กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการใช้กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิกในการปรับให้เป็นกรดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มพาสเจอไรส์บรรจุขวด

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวด

นำพริกหนุ่มพันธุ์หยกสยาม ขนาด 14-16 เซนติเมตร อายุประมาณ 70 วัน จากตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแปรรูปผักและผลไม้ ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใน 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างทำความสะอาด ก่อนนำพริกหนุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในอัตราส่วนพริกหนุ่มต่อสารละลายเท่ากับ 1:5 เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำพริกหนุ่มมาตั้งทิ้งไว้บนตะแกรงเพื่อให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำพริกหนุ่มที่ผ่านการแช่สารละลาย $Na_2S_2O_5$ มาย่างในหม้ออบลมร้อน (Model CO-708, OTTO, Bangkok) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำพริกหนุ่มย่างมาลอกเปลือกนอกออก ก่อนนำพริกหนุ่ม 100 กรัมมาบดผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ ซีอิ๊วขาว 1.8 กรัม ผงปรุงรส 1.2 กรัม ผงชูรส 0.2 กรัม และเกลือป่น 0.5 กรัม ด้วยเครื่องบดผสม (Model FDP302SI, Kenwood, Tokyo) ปรับค่าพีเอชของน้ำพริกหนุ่มด้วยกรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก ให้มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.6 และเตรียมน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมตามวิธีการข้างต้นแต่ไม่ปรับค่าพีเอช จากนั้นบรรจุน้ำพริกหนุ่มทั้ง 3 ชุดการทดลองน้ำหนัก 180 กรัม ในขวดแก้วขนาด ก่อนปิดฝาขวดชนิดฝาลัก (lug cap) อย่างรวดเร็ว และคว่ำขวดลงบนพื้นโต๊ะนาน 15 นาที แล้วนำน้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวดไปต้มน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 20 นาที ก่อนทำให้เย็น จากนั้นนำน้ำพริกหนุ่มปรับกรดบรรจุขวดที่ได้ไปวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป 200 มิลลิลิตร นำน้ำพริกหนุ่มบรรจุขวดไปนึ่งในซึ้งปิดฝาที่อิ่มตัวไปด้วยไอน้ำร้อน (100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 นาที

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกบรรจุขวด โดยวิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และเยื่อใย ตามวิธีของ AOAC วิธีการที่ 927.05, 920.38B, 942.05, 984.13 และ 935.5 ตามลำดับ

วิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และผ่านกระบวนการปรับกรดด้วยกรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิกบรรจุขวด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter (Hunter Lab , ColorFlex® EZ. U.S.A.) ในระบบ CIE โดยวิเคราะห์ค่า L* -value (ค่าความสว่าง), a* -value (สีแดง/เขียว), b* -value (สีเหลือง/สีน้ำเงิน) และวัดค่าความต่างของสี ΔE^* โดยคำนวนด้วยสมการที่ 1

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2} + (\Delta E^*)^2 \qquad (1)$$

โดยที่ ΔL^*, Δa^* และ Δb^* คือ ความต่างระหว่างพารามิเตอร์สีของตัวอย่าง และพารามิเตอร์สีของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

วิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมและผ่านกระบวนการปรับกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกบรรจุขวดโดยใช้วิธีการทดสอบความชอบแบบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ใช้เกณฑ์ 1 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 60 คน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแต่ละปัจจัยที่ศึกษา วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อประมวลผลทางสถิติ SPSS (SPSS 10.0 for windows, SPSS lnc, Chicago IL USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมี

ค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมันของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มปรับกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกบรรจุขวด แสดงดัง Table 1 พบว่าค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมันของผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามค่าร้อยละปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันของน้ำพริกหนุ่มทั้งสามชุดการทดลองอยู่ในช่วงร้อยละ 82.04-82.93, 0.98-1.12 และ 0.29-0.32 ตามลำดับ ขณะที่ค่าร้อยละปริมาณเถ้าของน้ำพริกหนุ่มทุกสูตรมีค่าร้อยละปริมาณเถ้าเท่ากันคือร้อยละ 0.02

ลักษณะทางเคมีกายภาพ

ค่าสีของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มปรับกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกบรรจุขวด แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าน้ำพริกหนุ่มปรับกรดทุกสูตรมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความต่างของสี (∆E*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งน้ำพริกหนุ่มทุกสูตรจะมีค่า L* อยู่ในช่วง 40.83–40.87 ค่า a* อยู่ในช่วง -1.65 ถึง -1.66 และค่า b* อยู่ในช่วง 33.69–33.94 ค่า ∆E* ของน้ำพริกหนุ่มทุกสูตรที่อยู่ในช่วง 0.31–0.43

Table 1 Chemical composition of sterilized Nam Prik Num product using citric acid and ascorbic acid as acidity regulator

Chemical composition %)wet weight)	Control	Citric acid	Ascorbic acid
Moisture	$82.54 \pm 0.41^{*ns**}$	82.04 ± 0.68^{ns}	82.55 ± 0.13^{ns}
Protein	0.98 ± 0.07^{ns}	1.08 ± 0.16^{ns}	1.12 ± 0.10^{ns}
Ash	0.02 ± 0.01^{ns}	0.02 ± 0.01^{ns}	0.02 ± 0.01^{ns}
Fat	0.30 ± 0.03^{ns}	0.29 ± 0.02^{ns}	0.30 ± 0.01^{ns}

* Mean ± Standard deviation (*n*=3); ** ns means no statistical difference

Table 2 Color values of sterilized Nam Prik Num product using citric acid and ascorbic acid as acidity regulator

color values	Control	Citric acid	Ascorbic acid
L*	$40.86 \pm 0.13^{*\ ns**}$	40.83 ± 0.06^{ns}	40.87 ± 0.06^{ns}
a*	-1.66 ± 0.03^{ns}	-1.66 ± 0.03^{ns}	-1.66 ± 0.03^{ns}
b*	33.73 ± 0.26^{ns}	33.69 ± 0.23^{ns}	33.88 ± 0.22^{ns}
b*	33.73 ± 0.26^{ns}	33.69 ± 0.23^{ns}	33.88 ± 0.22^{ns}

*Mean ± Standard deviation (*n*=3); ** ns means no statistical difference.

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มปรับกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกบรรจุขวดแสดงดัง Table 3 พบว่าน้ำพริกหนุ่มสูตรที่มีการปรับกรดด้วยกรดซิตริกมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากที่สุด (6.27 คะแนน) ส่วนน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยแอสคอร์บิกมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏน้อยที่สุด (3.40 คะแนน) ขณะที่น้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยกรดซิตริกมีคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด (6.60 คะแนน) แต่น้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดด้วยแอสคอร์บิกมีคะแนนความชอบด้านสีน้อยที่สุด (4.03 คะแนน) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านกลิ่นพบว่าน้ำพริกหนุ่มปรับกรดซิตริกมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p > 0.05$) ส่วนน้ำพริกหนุ่ม

ปรับกรดด้วยกรดแอสคอร์บิกมีความชอบด้านกลิ่นน้อยกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านรสชาติพบว่าน้ำพริกหนุ่มทุกชุดการทดลองมีคะแนนความชอบด้านรสชาติต่ำกว่าชุดควบคุม ($p>0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสพบว่าน้ำพริกหนุ่มปรับกรดกรดซิตริกมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p>0.05$) ส่วนน้ำพริกหนุ่มปรับกรดแอสคอร์บิกมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสต่ำที่สุดเท่ากับ 5.13 คะแนน และคะแนนความชอบโดยรวมของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 7.03 คะแนน ส่วนสูตรที่มีคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือน้ำพริกหนุ่มปรับกรดแอสคอร์บิกซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 5.27

Table 3 Sensory characteristics of sterilized Nam Prik Num product using citric acid and ascorbic acid as acidity regulator

Samples	Sensory characteristics					
	Appearance	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
Control	$5.88\pm0.^{*}81^{b**}$	5.97 ± 0.75^{b}	6.40 ± 0.80^{a}	7.47 ± 0.62^{a}	6.53 ± 0.76^{a}	7.03 ± 0.71^{a}
Citric acid	6.27 ± 0.99^{a}	6.60 ± 0.88^{a}	6.37 ± 1.02^{a}	6.57 ± 0.55^{b}	6.87 ± 0.85^{a}	6.20 ± 0.70^{b}
Ascorbic acid	3.40 ± 0.76^{c}	4.03 ± 0.75^{c}	5.33 ± 0.87^{b}	6.23 ± 0.67^{b}	5.13 ± 0.67^{b}	5.27 ± 0.73^{c}

*Mean ± standard deviation (*n*=60)

** Different letters in the same row were statistically different at 95 percent confidence level ($p\leq0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม น้ำพริกหนุ่มปรับกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกบรรจุขวดจากตารางที่ 1 พบว่าการปรับกรดทั้งสองชนิดนี้ในผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกหนุ่ม เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่เติมเป็นกรดอ่อนที่อนุญาตให้ใช้ได้ในอุตสาหกรรมอาหารตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ได้ประกาศไว้ในข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหารซึ่งให้ใช้ได้ในอุตสาหกรรมแต่ละประเภทตามปริมาณที่กำหนดไว้ และเติมกรดในปริมาณน้อยจึงทำให้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ เมื่อพิจารณาถึงค่าสีของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มปรับกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกบรรจุขวด (Table 2) พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านการปรับกรดทั้งสองชนิดมีค่าไม่แตกต่างจากน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม เนื่องจากขั้นตอนเริ่มต้นของการผลิตน้ำพริกหนุ่มพาสเจอไรส์บรรจุขวดมีการใช้สารละลาย $Na_2S_2O_5$ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในการแช่พริกหนุ่มก่อนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปรับกรด เนื่องจาก $Na_2S_2O_5$ ทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) ไปรีดิวซ์ o-quinone กลับไปเป็น diphenol ซึ่งไม่มีสี หรือทำปฏิกิริยากับ o-quinone เปลี่ยนไปเป็นสารอื่นซึ่งไม่มีสีและค่อนข้างเสถียร นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการฟอกสีในผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่คงตัวอีกด้วย (Arrigoni and De Tullio, 2002)

ดังนั้นการปรับกรดจะไม่มีผลต่อคุณภาพสีในน้ำพริกหนุ่มปรับกรดพาสเจอไรส์บรรจุขวด และสอดคล้องกับการใช้วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช 293/2547 ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด การปรับปรุงคุณภาพสีในขั้นตอนการแช่พริกหนุ่มสามารถปรับปรุงคุณภาพสีให้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มมีสีที่น่ารับประทานขึ้น

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มปรับกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกบรรจุขวดแสดงดังตารางที่ 3 พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ปรับกรดทั้งสองชนิดมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และด้านสีที่ดีกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากกรดซิตริกสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ช่วยลดค่าพีเอช และมีความสามารถในการจับกับทองแดง (copper chelating agent) บริเวณที่เร่ง (active site) ของเอนไซม์ PPO (Ibrahim *et al*. 2004; Ahvenainen, 1996) ซึ่งทำให้สีของน้ำพริกหนุ่มมีสีที่น่ารับประทานยิ่งขึ้น ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติของน้ำพริกหนุ่มปรับกรดทั้งสองชนิดมีค่าน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมอาจมีกลิ่นกรดและมีรสชาติเปรี้ยวเล็กน้อย มีรายงานว่ารสเปรี้ยวของกรดอินทรีย์สามารถเรียงลำดับระดับความเปรี้ยวมากไปเปรี้ยวน้อยได้ดังนี้ กรดทาร์ทาริก กรดแลคติก กริดอะซิติก และ กรดซิตริก ตามลำดับ (Siwawej, 1992)

สรุปผลการวิจัย

กระบวนการปรับค่าพีเอชให้เป็นกรด (pH≤4.6) ด้วยกรดซิตริกในผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่มปรับกรดพาสเจอไรส์บรรจุขวดสามารถยืดอายุเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพด้านสีของน้ำพริกหนุ่มแต่จะมีผลต่อการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากสำนักงานสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท 2/2561 เลขที่สัญญา MSD62I0083 และห้างหุ้นส่วนจำกัด บ้านครัวไทย และขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology** 7: 179-187.

Arrigoni, O. and M.C. De Tullio. 2002. Ascorbic acid: much more than just an antioxidant. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects** 15(69): 1-9.

Ibrahim, R., A. Osman, N. Saari and R.A. Rahman. 2004. Effects of anti-browning treatments on the storage quality of minimally processed shredded cabbage. **Journal of Food Agriculture and Environment** 20: 54-62.

Penwarat, P. and S. Nuttinee. 2021. T he effectsof sterilization processon chemical and physical properties of bottled thai chili paste product. **Thai Society of Agricultural Engineering Journal** 27(2): 55-62.

Saowakon, T., T. Pravet and T. Karanee. 2011. Thermal and pH Inactivation of *Clostridium sporogenes* spores in boiled bamboo shoots in plastic bag. **Journal of Food Science** 12: 749-754.

Sevenich, R., P. Hecht, K. Reineke, A. Fröhling, O.K. Schlüter, C. Rauh and D. Knorr. 2015. Impact of different water activities (a_w) adjusted by solutes on high pressure high temperature inactivation of *Bacillus amyloliquefaciens* spores. **Frontiers in Microbiology** 6: 568-579.

Siwawej, S. 1992. Food additives. **Food and Agriculture Organization of the United Nations** 16(1): 158-164.

การออกแบบและทดสอบการใช้พลาสมาเย็นในการยับยั้งเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ในมะม่วงตัดแต่ง

Design and Test of Cold Plasma Equipment for Inhibiting Polyphenol Oxidase Enzyme in Fresh-cut Mango

ธีรชัย ปรมาพิจิตรวัฒน์ หยาดฝน ทนงการกิจ* ชนวัฒน์ นิทัศน์วิจิตร และกาญจนา นาคประสม

Teerachai Poramapijitwat, Yardfon Tanongkankit*, Chanawat Nitatwichit and Kanjana Narkprasom

วิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Food Engineering, Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University, Chiang mai, Thailand 50290

*Corresponding author: yardfon@mju.ac.th

Abstract

In this research design of cold plasma equipment for inhibiting polyphenol oxidase activity (PPO) was conducted. The cold plasma equipment consisted of 5 parts which were gas tank, variable transformer, neon transformer plasma jet head and other structure parts. For experiment of cold plasma treatment, effects of different cold plasma treatment times at 3, 4 and 5 min on PPO activity were performed. Argon gas with flow rate at 25 liter/min was used as medium gas. The results showed that PPO activity decreased when plasma treatment time was longer and remained constant after 4 min. Moreover, color presented in the terms of L^*, a^* and b^* values and appearance of the samples were observed hourly during storage at 4°C for determination of shelf life. It was observed that L^* and b^* values decreased while a^* value increased when storage time was longer for all samples. Overall results, it could be concluded that cold plasma treatment for 4 min was the best condition to inhibit PPO activity to 1.49±0.41% and extended its shelf life from 7 hr. to 48 hr.

Keywords: browning reaction, cold plasma, enzyme, fresh-cut mango, shelf life

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบเครื่องผลิตพลาสมาเย็นเพื่อใช้ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) โดยมีส่วนประกอบทั้งหมด 5 ส่วน ได้แก่ ถังก๊าซ หม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านีออน และหัวพลาสมาเจ็ท และส่วนประกอบอื่นซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้าง ในส่วนของการดำเนินการทดสอบการใช้พลาสมาเย็นในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ PPO ในมะม่วงตัดแต่งที่เวลา 3 4 และ 5 นาที โดยในการทดสอบนี้ใช้ก๊าซอาร์กอนที่อัตราการไหล 25 ลิตร/นาที ซึ่งผลการทดลองพบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ PPO จะลดลงเมื่อตัวอย่างใช้เวลาในการสัมผัสกับพลาสมาเย็นนานขึ้นและจะคงที่เมื่อเวลา 4 นาที นอกจากนี้ได้ทำการวัดค่าสีซึ่งแสดงผลในเทอมของค่า L^* a^* และ b^* และลักษณะปรากฏของมะม่วงตัดแต่งที่ไม่ผ่านและผ่านพลาสมาเย็นที่เวลาต่างๆ ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C ทุกชั่วโมง เพื่อศึกษาอายุการวางจำหน่าย โดยผลการศึกษาพบว่าค่า L^* และ ค่า b^* ลดลงในขณะที่ค่า a^* ของทุกตัวอย่างเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่า การใช้พลาสมาเย็นที่เวลา 4 นาทีเป็นเวลาที่เหมาะสมสำหรับการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ PPO ลงเหลือเพียงร้อยละ 1.49±0.41 และสามารถยืดอายุการวางจำหน่ายมะม่วงตัดแต่งจาก 7 ชม. เป็น 48 ชม.

คำสำคัญ: ปฏิกิริยาสีน้ำตาล มะม่วงตัดแต่ง พลาสมาเย็น อายุการวางจำหน่าย เอนไซม์

คำนำ

ในอุตสาหกรรมการแปรรูปผักผลไม้ตัดแต่งมักจะประสบปัญหาการเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีในผลิตภัณฑ์เป็นสีที่น้ำตาลและคล้ำลงเนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่ง ซึ่งส่งผลให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้นลงจึงอาจทำให้เกิดเป็นของเสียเหลือทิ้งมากและทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นในกระบวนการผลิตผลไม้ตัดแต่งจึงต้องมีกระบวนการเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเช่น การลวกน้ำร้อน การปรับให้เป็นกรดด้วยสารละลายกรดอินทรีย์และการแช่สาร reducing agent (Thaiphanit and Yamasa*.*, 2009) ซึ่งวิธีการเหล่านี้มักส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปเช่น เนื้อสัมผัสนิ่มลงเนื่องจากความร้อนจากการลวก รสชาติเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการปรับให้เป็นกรดหรือการสูญเสียสารอาหารที่ละลายน้ำได้หลังจากการแช่สาร ดังนั้นในปัจจุบันนี้ ได้มีการศึกษาการใช้เทคโนโลยีพลาสมาเย็นเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีออกซิเดสซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนสีในผักและผลไม้ตัดแต่ง โดยที่พลาสมาสามารถเกิดขึ้นได้โดยการให้สนามไฟฟ้าแก่ก๊าซที่มีประจุเป็นกลางเช่น ก๊าซอาร์กอนในปริมาณมาก เมื่อพลังงานที่ให้มีมากพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระชนกับอะตอมของก๊าซจนทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมและเกิดการแตกตัวเป็นไอออนอย่างรวดเร็วและกลายเป็นพลาสมาในที่สุด (Misra *et al.*, 2016) จากนั้นอนุภาคพลาสมาจะสามารถแพร่ซึมผ่านผนังเซลล์พืชไปทำให้โครงสร้างของโปรตีนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเอนไซม์เปลี่ยนแปลงหรือเกิดการเสียสภาพ (denaturation) ไป จึงส่งผลให้ให้กิจกรรมของเอนไซม์ลดลงและไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ได้ จากงานวิจัยทีผ่านมาได้มีการรายงานการใช้พลาสมาเย็นในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเช่น Dobrynin *et al.* (2009) รายงานว่า กิจกรรมของเอนไซม์ในเนื้อฝรั่งลดลง

ถึง 70% เมื่อใช้พลาสมา 2 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 5 นาที เนื่องจากการใช้พลาสมาสามารถทำลายพันธะของโปรตีนได้จึงส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ลดลง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Pankaj *et al.* (2013) พบว่า การใช้พลาสมาที่ 30 กิโลโวลต์ เป็นเวลา 5 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะเขือเทศจนเหลือน้อยกว่า 10% แต่อย่างไรก็ตามในประเทศไทยเทคโนโลยีการใช้พลาสมาเย็นนี้เป็นเทคโนโลยีที่ค่อนข้างใหม่จึงยังมีข้อจำกัดในหลายด้าน เช่น เครื่องมือที่ใช้ผลิตพลาสมาเย็นมีราคาสูงและส่วนใหญ่การใช้เทคโนโลยีนี้ยังอยู่ในขั้นของการทดลองในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบและสร้างเครื่องพลาสมาเย็นสำหรับใช้ในการทำลายเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในผลิตภัณฑ์มะม่วงตัดแต่งเพื่อยืดอายุการวางจำหน่าย เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการขยายสเกลในระดับอุตสาหกรรมในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบเครื่องพลาสมาเย็น

ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบและอุปกรณ์ของเครื่องพลาสมาเย็น จากนั้นทำการออกแบบและเขียนแบบอุปกรณ์เครื่องพลาสมาเย็นด้วยโปรแกรม SolidWorks *et al.* (2020) และสร้างเครื่องตามที่ได้ออกแบบไว้

การทดสอบเครื่องพลาสมาเย็นในการยับยั้งเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะม่วงตัดแต่ง

นำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุกจากตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งควบคุมปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำไว้ที่ 20-22 บริกซ์ Saritnum and Hong-in. (2018) มาล้าง ปอกเปลือกและหั่นให้มีขนาด 1.5x1.5x1.5 ซม. จากนั้นนำตัวอย่างสัมผัสกับพลาสมาเย็นเป็นเวลา 3 4 และ 5 นาที สำหรับด้านบนและด้านล่างของตัวอย่าง โดยพลาสมาเย็นใช้แรงดันไฟฟ้า 12.5 กิโลโวลต์ หัวเจ็ทมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. ระยะห่างระหว่างตัวอย่างกับหัวเจ็ทอยู่ที่ 10 มม. และอัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน 25 ลิตร/นาที และเก็บตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกโพลีเอทีลีน (PE) ที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อนำไปวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและค่าสี

การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

นำมะม่วงที่ผ่านพลาสมาเย็นที่เวลาต่างๆ จำนวน 200 กรัม มาปั่นรวมกับสารละลาย phosphate buffer pH 7.0 ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาณ 200 มล. ด้วยเครื่องปั่น (ยี่ห้อ Tefal รุ่น BL307, ฝรั่งเศส) นาน 25 วินาที นำไปหมุนเหวี่ยง ใน refrigerated centrifuge ที่อุณหภูมิ 4°C ความเร็ว 8,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำส่วนใสมาตกตะกอนโปรตีนด้วย saturation ammonium sulphate ความเข้มข้นร้อยละ 80 ที่อุณหภูมิ 0°C จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงใน refrigerated centrifuge (ยี่ห้อ SORVALL รุ่น RC 5C Plus, สหรัฐอเมริกา) ที่อุณหภูมิ 4°C ด้วยความเร็ว 8,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที และนำตะกอนที่ได้มาละลายด้วยสารละลาย phosphate buffer pH 7.0 ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 4 มล. เก็บ crude enzyme ไว้ที่อุณหภูมิ 0°C จากนั้นนำ crude enzyme มา 200 ไมโครลิตร มาทำปฏิกิริยากับสารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ในสารละลาย phosphate buffer pH 7.0 ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 2.80 มล. ที่อุณหภูมิ 25°C วัดการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสง

ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ยี่ห้อ Thermo scientific รุ่น Genesys 30, สหรัฐอเมริกา) และคำนวณอัตราเร็วเริ่มต้นจากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเวลา คำนวณกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส โดยให้เอนไซม์ 1 หน่วย (unit) เท่ากับการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง 0.001 หน่วยต่อนาที (Thaiphanit and Yamasa, 2009)

การวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของตัวอย่างจะใช้เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Hunterlab รุ่น MiniScan XE plus, สหรัฐอเมริกา) การวิเคราะห์สีจะวิเคราะห์ด้วยระบบ CIE โดยการวิเคราะห์วัดสีในเทอมของค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) -สีแดง ($+a^*$) และค่าความเป็นสีน้ำเงิน -(b^*) -สีเหลือง ($+b^*$) โดยทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design จากการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17.0

ผลการวิจัย

การออกแบบอุปกรณ์และเครื่องพลาสมาเย็น

ในการออกแบบเครื่องพลาสมาเย็นเพื่อใช้สำหรับยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสนี้ได้ใช้ก๊าซอาร์กอนเป็นตัวกลางในการทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระเพื่อเป็นอนุภาคของพลาสมาเย็น เนื่องจากเป็นธาตุที่มีโครงสร้างอะตอมที่มีอิเล็กตรอนวงนอกมากที่สุดคือ 8 ตัวและไม่ติดไฟ โดยเครื่องนี้มีอุปกรณ์หลักทั้งหมด 4 ส่วน ดังนี้

1. ถังก๊าซอาร์กอนขนาด 6 คิว (Figure 1A)
2. หม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้า ใช้สำหรับปรับแรงดันไฟฟ้าขาเข้าของหม้อแปลงไฟฟ้านีออน (Figure 1B)
3. หม้อแปลงไฟฟ้านีออนขนาด 12.5 กิโลโวลต์ ใช้สำหรับเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (Figure 1C)

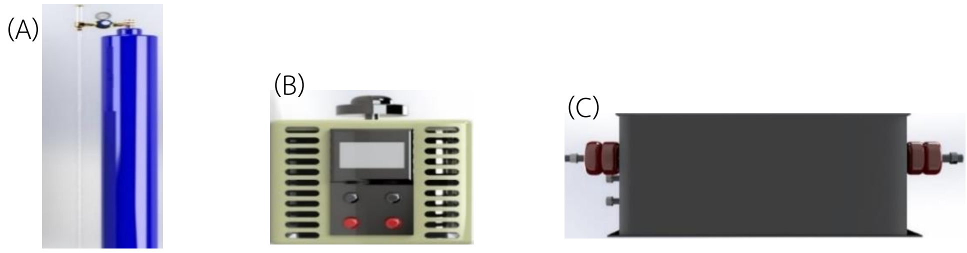


Figure 1 (A) 6 m^3 argon gas tank, (B) Variable transformer and (C) Neon transformer

4. ส่วนหัวพลาสมาเจ็ท (Figure 2) ซึ่งประกอบไปด้วย

- ตัวบอดี้ซึ่งเป็นวัสดุพลาสติกวิศวกรรมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ซม. ยาว 4 ซม. ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างสำหรับต่ออิเล็กโทรดทั้ง 2 ตัว และสายแก๊ส

- อิเล็กโทรดทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้า โดยใช้วัสดุที่สามารถนำไฟฟ้า 2 ตัว ได้แก่ ทองแดงซึ่งทำหน้าที่เป็นแอโนดและอะลูมิเนียมเป็นแคโทด โดยตัวทองแดงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 ซม. ความยาว 10 ซม. และอะลูมิเนียมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2.6 ซม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 ซม. มีความยาว 10 ซม.

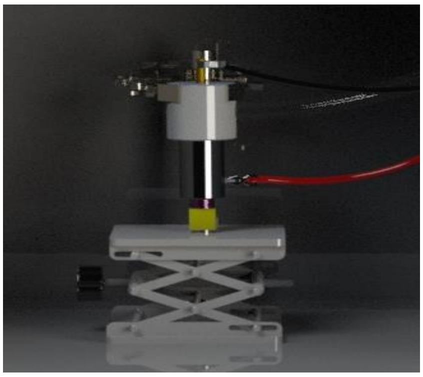


Figure 2 Plasma jet head

นอกจากนี้เครื่องพลาสมาเย็นยังมีส่วนประกอบอื่นซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้าง โดยแสดงใน Figure 3 ดังนี้

1. โครงตู้เครื่องพลาสมาขนาด 50x50x50 ซม. วัสดุที่ใช้เป็นสแตนเลส sus 304 ซึ่งมีความหนา 2 ซม. (Figure 3A) และมุมภายในตู้ ได้มีการออกแบบให้มีลักษณะโค้งเพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด (Figure 3B)

2. ประตูอะคริลิกตู้ของเครื่องพลาสมา ขนาด 50x50x2 ซม.

3. ฐานรองตัวอย่างถูกออกแบบให้สามารถปรับระดับความสูงได้โดยการหมุนวงล้อตรงกลาง โดยมีขนาดของแผ่นที่วางตัวอย่าง 15x15 ซม. และวัสดุที่ใช้เป็นสแตนเลส sus 304 (Figure 3C)

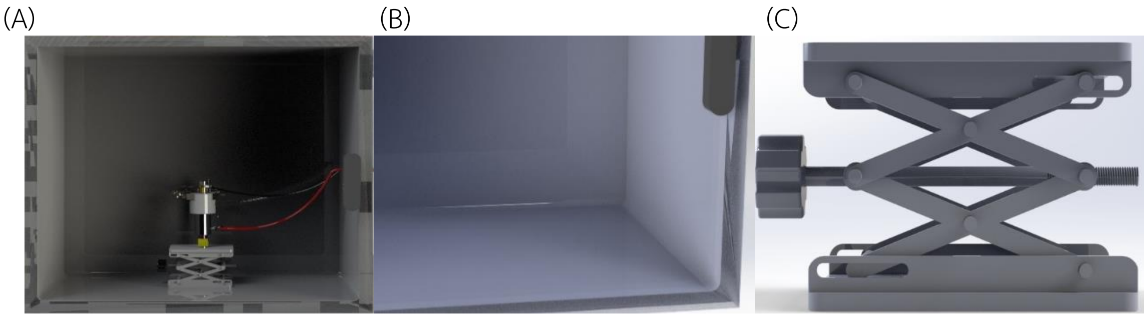
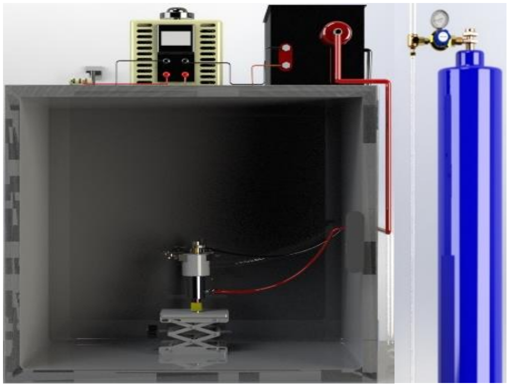


Figure 3 (A) Door and cold plasma cabinet (B) Round corner and (C) Sample stage

ในการประกอบเครื่องพลาสมาเย็น ถังก๊าซอาร์กอนจะถูกต่อเข้ากับส่วนบอดี้ของพลาสมาเจ็ทด้วยสายก๊าซและส่วนของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าขนาด 12.5 กิโลโวลต์ จากหม้อแปลงไฟนีออน (รับไฟฟ้ามาจากหม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้า) ต่อเข้ากับอิเล็กโทรดทองแดงและอะลูมิเนียมอย่างละขั้วด้วยสายไฟฟ้า Figure 4A

(A)



(B)

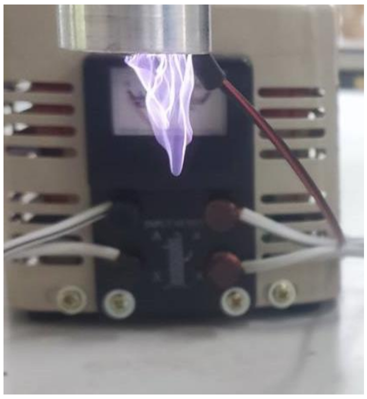


Figure 4 (A) Cold plasma equipment setup and (B) Cold plasma jet

ในการทำงานของเครื่องพลาสมาเริ่มจากการเปิดสวิตช์เพื่อให้กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่หม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้าเพื่อปรับขนาดแรงดันไฟฟ้าขาออกของหม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ที่ 220 โวลต์ จากนั้นจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่หม้อแปลงไฟฟ้านีออน ซึ่งจะเพิ่มแรงดันไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็น 12.5 กิโลโวลต์ ต่อสายไฟขาออกจากหม้อแปลงไฟฟ้านีออนไปยังแคโทดและแอโนด เมื่ออิเล็กโทรดทั้งสองตัวที่ได้รับกระแสไฟฟ้า จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่ระหว่างระยะห่างของอิเล็กโทรดทั้งสองตัว จากนั้นเปิดวาวล์แก๊สอาร์กอนที่อัตราการไหล 25 ลิตร/นาที ให้ไหลผ่านสนามไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างอิเล็กโทรดทั้ง 2 ตัว การให้สนามไฟฟ้าปริมาณมากแก่ก๊าซอาร์กอนที่เป็นกลาง เมื่อพลังงานส่งผ่านไปยังอิเล็กตรอนอิสระมากพอ จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระชนกับอะตอม และทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอม กระบวนการนี้เรียกว่ากระบวนการแตกตัวเป็นไอออน (ionization) ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากซึ่งจะทำให้ก๊าซแตกตัวและกลายเป็นพลาสมาในที่สุด (Figure 4B)

การทดสอบการใช้เครื่องพลาสมาเย็นในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ผลการศึกษาการใช้พลาสมาเย็นเพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะม่วงตัดแต่งที่เวลา 3 4 และ 5 นาที ซึ่งแสดงในตารางที่ 1 พบว่า เมื่อเวลาการใช้พลาสมาเย็นนานขึ้นส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดลงจนถึงที่เวลา 4 นาที หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีค่าคงที่ โดยที่สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะม่วงตัดแต่งที่ไม่ผ่านการทรีทเมนต์ด้วยพลาสมาลงจาก 273.33±46.11 หน่วย/นาที ลงเหลือ 4.08±1.12 หน่วย/นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 1.49±0.41

Table 1 Polyphenol oxidase activity and residual polyphenol oxidase activity in mango after different cold plasma treatment times

Sample	PPO activity (unit/min)	PPO residual activity (%)
Untreated	273.33±46.11[a]	-
3 min treated	9.58±2.60[b]	3.51±0.95[a]
4 min treated	4.08±1.12[c]	1.49±0.41[b]
5 min treated	5.63±0.98[c]	2.05±0.59[b]

Different letters in the same column are significantly different from each other (p<0.05).

นอกจากนี้เมื่อเก็บตัวอย่างมะม่วงตัดแต่งที่ไม่ผ่านพลาสมาเย็นและผ่านพลาสมาเย็นที่เวลาต่างๆ ไว้ในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทีลีน (PE) ที่อุณหภูมิ 4 °C ผลการศึกษาค่าสี ซึ่งแสดงค่าในเทอมของ *L** *a** และ *b** ของมะม่วงตัดแต่งโดยแสดงใน Figure 6 พบว่า ค่า *L** ซึ่งเป็นค่าความสว่างและ ค่า +*b** ซึ่งเป็นค่าความเป็นสีเหลืองของทุกตัวอย่างลดลงเมื่อเวลาการวางจำหน่ายนานขึ้น โดยตัวอย่างที่ไม่ผ่านพลาสมาเย็นมีการลดลงมากที่สุดและถัดมาเป็นตัวอย่างที่ผ่านพลาสมาเย็นเป็นเวลา 3 นาที ในขณะที่ตัวอย่างที่ผ่านพลาสมาเย็นเป็นเวลา 4 และ 5 นาที มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่า *a** ซึ่งจะแสดงค่าความเป็นสีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวกและเป็นสีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบนั้นพบว่า ค่า *a** ของทุกตัวอย่างในตอนเริ่มต้นเป็นค่าติดลบจากนั้นเมื่อเวลาการวางจำหน่ายเพิ่มมากขึ้น ค่า *a** จะเพิ่มขึ้นจนมีค่าเป็นบวก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในเวลาเริ่มต้นตัวอย่างมะม่วงมีค่าความเป็นสีเขียวแต่เมื่อเวลาการวางจำหน่ายนานขึ้นค่าความเป็นสีเขียวลดลงและตัวอย่างแสดงค่าความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น โดยตัวอย่างที่ไม่ผ่านพลาสมามีความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นมากที่สุดและถัดมาเป็นตัวอย่างที่ผ่านพลาสมาเย็นเป็นเวลา 3 นาที ในขณะที่ตัวอย่างที่ผ่านพลาสมาเย็นเป็นเวลา 4 และ 5 นาที มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาลักษณะปรากฏของมะม่วงตัดแต่งที่ไม่ผ่านและผ่านพลาสมาเย็นเวลาต่างๆ ในระหว่างการวางจำหน่าย ซึ่งแสดงไว้ใน Table 2 จะเห็นได้ว่ามะม่วงตัดแต่งที่ไม่ผ่านพลาสมาเย็นปรากฏสีน้ำตาลเมื่ออายุการวางจำหน่ายที่เวลา 7 ชม. ในขณะที่มะม่วงตัดแต่งที่ผ่านพลาสมาเย็นเป็นเวลา 3 นาทีจะปรากฏสีน้ำตาลเมื่ออายุการวางจำหน่าย 24 ชม. ส่วนมะม่วงตัดแต่งที่ผ่านพลาสมาเย็นเป็นเวลา 4 และ 5 นาทีจะปรากฏสีน้ำตาลเมื่ออายุการวางจำหน่าย 48 ชม. นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบอายุการวางจำหน่ายกับค่าสีที่ได้จาก Figure 7 พบว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านพลาสมาเย็นที่อายุการวางจำหน่าย 7 ชม. มีค่าสี *L** *a** และ *b** เท่ากับ 40.01±1.22 5.41±0.46 และ 27.92±4.19 ตามลำดับ ตัวอย่างผ่านพลาสมาเย็นเป็นเวลา 3 นาทีที่อายุการวางจำหน่าย 24 ชม. มีค่าสี *L** *a** และ *b** เท่ากับ 40.13±0.93 5.69±0.22 และ 36.71±0.90 ตามลำดับ และในส่วนของตัวอย่างผ่านพลาสมาเย็นเป็นเวลา 4 และ 5 นาทีที่อายุการวางจำหน่าย 48 ชม. มีค่าสี *L** *a** และ b* เท่ากับ 47.43.76±1.36 5.43±0.41 และ 38.83±0.63 และ 45.79±1.55 5.48±0.44 และ 37.62±0.92 ตามลำดับ ดังนั้นค่าสี *L** *a** และ *b** ที่วัดได้นี้สามารถใช้เป็นค่าสีที่บ่งบอกถึงอายุการวางจำหน่ายของมะม่วงตัดแต่งได้ โดยมะม่วงตัดแต่งจะหมดอายุการวางจำหน่ายหากมีค่า *L** อยู่ในช่วง 40-47 ค่า *a** อยู่ในช่วง 5.4-5.7 และ ค่า *b** อยู่ในช่วง 28-39

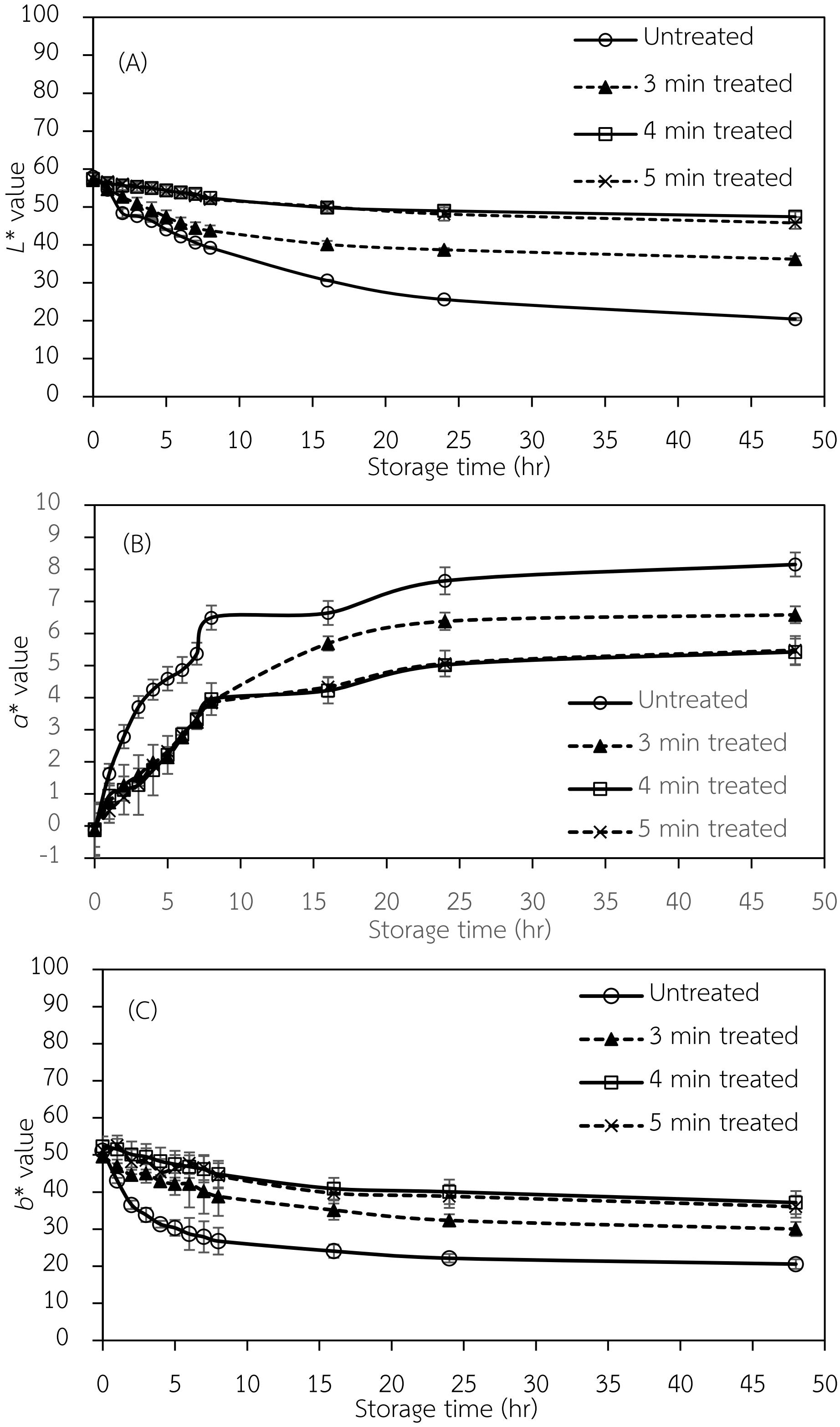
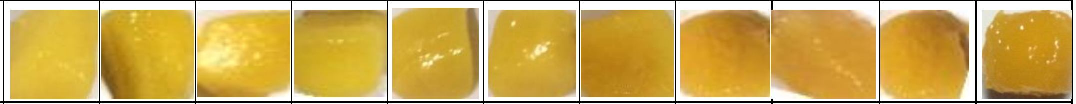
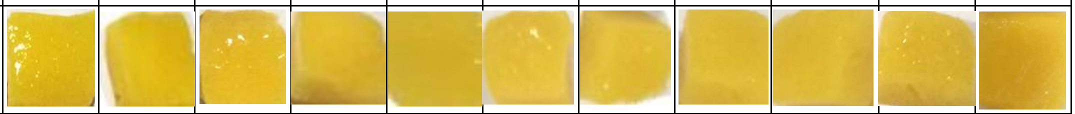


Figure 7 Changes of sample color in the terms of (A) *L** (B) *a** and (C) *b** values undergone different plasma treatment times

Table 2 Appearance of mangoes treated with different cold plasma treatment times during storage

Sample	Storage (hr)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	16	24	48
Untreated											
3 min treated											
4 min treated											
5 min treated											

วิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาผลการทดลองใน Table 1 พบว่าการใช้พลาสมาเย็นโดยมีก๊าซอาร์กอนเป็นตัวกลาง สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ เนื่องจากอนุภาคพลาสมาเข้าไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเอนไซม์จึงส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดลง (Misra *et al.*, 2016; Surowsky *et al.*, 2013) โดยกิจกรรมของเอนไซม์นี้จะลดลงได้มากขึ้นเมื่อเวลาที่ใช้พลาสมาเย็นนานขึ้นจนถึงเมื่อเวลาการใช้พลาสมาที่ 4 นาที กิจกรรมของเอนไซม์นั้นมีค่าคงที่ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากในช่วงแรกของการใช้พลาสมาเย็นนั้นเอนไซม์ที่อยู่บริเวณผิวหน้าของตัวอย่างจะถูกยับยั้งก่อน จากนั้นเมื่อเวลานานมากขึ้นอนุภาคพลาสมาที่สามารถทะลุผ่านเข้าไปในตัวอย่างจะไปยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่อยู่ภายในจนกระทั่งกิจกรรมของเอนไซม์ถูกยับยั้งจนหมดหรือจนกว่าอนุภาคของพลาสมาไม่สามารถทะลุผ่านได้เข้าไปในชิ้นตัวอย่างได้อีก ดังนั้นกิจกรรมของเอนไซม์จึงลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและค่อยๆ คงที่เมื่อเวลานานขึ้น โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Surowsky *et al.* (2013) ที่ได้รายงานว่าการใช้พลาสมาเย็นในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสใน *Agaricus bisporus* นั้นกิจกรรมของเอนไซม์จะลดลงอย่างรวดเร็วในจนเหลือร้อยละ 25 ใน 1 นาทีแรก จากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์จะลดลงอย่างช้าๆ จนถึงเวลา 3 นาที แล้วจากนั้นจะมีค่าคงที่ นอกจากนี้ในส่วนของค่าสีของตัวอย่างในระหว่างการวางจำหน่ายนั้น ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเหลืองลดลงและค่าความเป็นสีแดงของทุกตัวอย่างเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาการวางจำหน่ายนานขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างที่ไม่ผ่านพลาสมาเย็นมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีมากที่สุด ซึ่งมีสาเหตุเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ส่งผลให้ค่าสีของตัวอย่างมีสีน้ำตาล ดังนั้นค่าความสว่างและความเป็นสีเหลืองจึงลดลงและค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานผลการศึกษาของ Pankaj *et al.* (2013) ที่รายงานว่าการใช้พลาสมาเย็นสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์และลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแอปเปิลตัดแต่งและเมลอนตัดแต่ง

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบเครื่องพลาสมาเย็นมีส่วนประกอบหลักทั้งหมด 5 ส่วนได้แก่ ถังก๊าซ หม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านีออนขนาด 12.5 กิโลโวลต์ ส่วนหัวพลาสมาเจ็ทที่มีทองแดงซึ่งทำหน้าที่เป็นแอโนดและอะลูมิเนียมเป็นแคโทด และส่วนประกอบอื่น ๆ ซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนของโครงสร้างได้แก่ โครงตู้ ประตูตู้และฐานรองตัวอย่าง โดยใช้ก๊าซอาร์กอนที่อัตราการไหล 25 ลิตร/นาที เป็นก๊าซตัวกลาง ในส่วนของการทดสอบการใช้พลาสมาเย็นเพื่อยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอล พบว่า เวลาที่เหมาะสมสำหรับยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งคือ 4 นาที โดยสามารถลดกิจกรรมเอนไซม์เหลือร้อยละ 1.49±0.41 และสามารถยืดอายุการวางจำหน่ายจาก 7 ชม. เป็น 48 ชม. โดยพิจารณาจากค่าสี *L** *a** และ *b** ซึ่งมะม่วงตัดแต่งจะหมดอายุการวางจำหน่ายหากมีค่า *L** 40-47 ค่า *a** อยู่ในช่วง 5.4-5.7 และ ค่า *b** อยู่ในช่วง 28-39

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนงบประมาณการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Dobrynin, D., G. Fridman, G. Friedman, and A. Fridman. 2009. Physical and biological mechanisms of direct plasma interaction with living tissue. **New Journal of Physics** 11: 1367-2630.

Misra, N., S. Pankaj, A. Segat, and K. Ishikawa. 2016. Cold plasma interactions with enzymes in foods and model systems. **Trends in Food Science & Technology** 55: 39-47.

Pankaj, S.K., N.N. Misra and P.J. Cullen. 2013. Kinetics of tomato peroxidase inactivation by atmospheric pressure cold plasma based on dielectric barrier discharge. **Innovative Food Science & Emerging Technologies** 19: 153-157.

Saritnum, O. and U. Hong-in. 2018. Study of morphological characteristics and chemical compositions of various mango cultivars. **Agricultural Science** 49(2): 256-268. [in Thai]

Surowsky, B., A. Fischer, O. Schlueter and D. Knorr. 2013. Cold plasma effects on enzyme activity in a model food system. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 19: 146-152.

Thaiphanit, S. and T. Yamasa. 2009. Characterization of polyphenol oxidase (PPO) in banana (*Musa sapientum* Linn.). **Food Technology** 5(1): 54-63. [in Thai]

ผลของกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณสารพฤกษเคมี และกิจกรรมการยับยั้งไกลเคชันเอ็นโปรดักส์ และแอลฟากลูโคซิเดสของส่วนสกัดเครื่องแกง

Effect of Processing on Phytochemical Content and anti-Advanced Glycation End-product (AGEs) and α-Glucosidase Activities from Curry Pastes Extract

ธนากรณ์ ดำสุด[1*] ปณิธิ รักนาม[2] อภิรดี โพธิพงศา[2] สุรนาถ พิมพ์ศรี[3] สุนิตา สว่างวงศ์[3]
นภัสสร บุรารักษ์[3] และสายใจ แก้วอ่อน[4]

Thanakorn Damsud[1*], Panithi Raknam[2], Apiradee Pothipongsa[2], Suranard Phimsri[3]
Sunita Sawangwong[3], Napatson Bураruk[3] and Saichai Kaew-on[4]

[1]หน่วยวิจัยนวัตกรรมและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

[2]สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ความงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

[3]สาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

[4]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80240

[1]Innovation and Natural Product Research Unit, Faculty of Science and Technology
Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Sri Thammarat, Thailand 80110

[2] Program in Beauty Product Technology, Faculty of Science and Technology
Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Sri Thammarat, Thailand 80110

[3]Program of Applied Biology, Faculty of Science and Technology
Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Sri Thammarat, Thailand 80110

[4]Program of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry
Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Sri Thammarat, Thailand 80110

*Corresponding author: thanakorn.d@rmutsv.ac.th

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of processing on total phenolic, flavonoid contents and anti-advanced glycation end-product (AGEs) and α-glucosidase activities from curry pastes. The experiment was two factors included: pasteurization process and sterilization process. The results indicated that high sterilization process caused a decrease in the total phenolic content, total flavonoid content, and anti-advanced glycation end-product (AGEs) and α-glucosidase activities. The NSC extract showed the highest total phenolic content (195.34±5.41 g GAE/ 100 g sample), total flavonoid content (g QE/100 g sample) and α-glucosidase inhibitory activity against rat intestinal sucrose and maltase with an IC_{50} value of 1.26±0.63 and 1.69±0.72 mg/mL, respectively. In addition, the NRC extract revealed highest the highest anti-advanced glycation end-product (AGEs) of crude extracts in bovine serum albumin (BSA)/fructose system on 7 and 14 days with an IC_{50} value of 0.65±0.07 and 1.87±0.06 mg/mL, respectively. Thus, the results from the study indicate that curry pastes could be further developed as an anti-hyperglycemic remedy for diabetic therapy and its complications.

Keywords: curry pastes, processing, phytochemical, anti-advanced glycation end-product
α-glucosidase inhibitory activity

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแปรรูปต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด รวมถึงกิจกรรมยับยั้งไกลเคชันแอนโปรดักส์ และแอลฟากลูโคซิเดสของส่วนสกัดเครื่องแกง โดยใช้กระบวนการแปรรูป 2 วิธี คือ 1) การพาสเจอร์ไรส์เซชัน 2) การสเตอริไลซ์เซชั่น พบว่าการสเตอริไลซ์เซชัน ส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด รวมถึงกิจกรรมยับยั้งไกลเคชันแอนโปรดักส์ และแอลฟากลูโคซิเดสลดลง ส่วนสกัด NSC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด สูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 195.34±5.41 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมสารสกัด และ 55.85 ±5.41 มิลลิกรัมเควอซิทินต่อ 100 กรัมสารสกัด อีกทั้งการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสทั้งชนิด มอลเทส และซูเครส สูงที่สุดโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.26±0.63 และ 1.69±0.72 มิลลิกรัมกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ในขณะที่ส่วนสกัด NRC มีฤทธิ์การต้านไกลเคชันโดยใช้อัลบูมินจากวัวและน้ำตาลฟรุกโตสสูงที่สุดในวันที่ 7 และ วันที่ 14 โดยมีค่าเท่ากับ 0.65±0.07 และ 1.87±0.06 มิลลิกรัมกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นตัวยาลดระดับน้ำตาลในกระแสเลือดสำหรับการรักษาโรคเบาหวาน และโรคแทรกซ้อนต่าง ๆ ต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องแกง การแปรรูป สารพฤกษเคมี การยับยั้งไกลเคชันแอนโปรดักส์ การยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดส

คำนำ

โรคเบาหวานชนิดที่สอง (Type II diabetes) เป็นเบาหวานชนิดหนึ่งที่พบได้มากถึงร้อยละ 90 สามารถพบได้ทั่วไปในผู้สูงอายุ หรือผู้ป่วยเด็กที่รับประทานอาหารที่มีแป้งและน้ำตาลมากเกินไป ที่เกิดจากสภาวะที่ร่างกายดื้ออินซูลิน (insulin resistance) ส่งผลให้อินซูลินซึ่งทำหน้าที่ลดระดับน้ำตาลในเลือดทำงานได้ไม่ดี หรือไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้น หากผู้ป่วยไม่สามารถคุมรักษาระดับน้ำตาลให้อยู่ในสภาวะปกติ จะส่งผลให้เกิดโรคแทรกซ้อนต่าง ๆ เช่น โรคหลอดเลือดและหัวใจ โรคไต และโรคเกี่ยวกับตา เป็นต้น (Chatterjee *et al*., 2017) แนวทางการรักษาโรคเบาหวานนั้นมีด้วยกันหลายวิธี และพบว่าวิธีการควบคุมระดับน้ำตาลในกระแสเลือดหลังรับประทานอาหาร (postprandial glucose) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม โดยการลดการดูดซึมของกลูโคสบริเวณลำไส้จากการทำงานของแอลฟากลูโคซิเดส ตัวยาที่ออกฤทธิ์ผ่านกลไกดังกล่าวตามท้องตลาดได้แก่ อะคาร์โบส (acarbose) โวกลิโบส (voglibose)

และไมกลิทอล (miglitol) มีรายงานการศึกษาว่าถ้าผู้ป่วยรับประทานยาในกลุ่มดังกล่าวจะส่งผลข้างเคียงเช่น อาการท้องอืด แน่นท้อง ผายลมบ่อย ถ่ายเหลว และปวดท้อง (Breuer *et al*., 2003) นอกจากนี้การยับยั้งการทำงานของแอลฟากลูซิเดสในบริเวณลำไส้ อาจพบน้ำตาลที่หลงเหลือจนสามารถถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ หากมีการสะสมน้ำตาลในร่างกายเป็นระยะยาวจะเกิดปฏิกิริยาไกลเคชัน (Glycation) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการร่วมตัวกันระหว่างน้ำตาล และโปรตีน ไขมัน และกรดนิวคลีอิก ส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า advanced glycation end-product (AGEs) เป็นสารที่สามารถสร้างขึ้นอย่างช้า ๆ ในร่างกาย แต่ถ้าเกิดขึ้นจะมีความเสถียรและยากต่อการกำจัดออกจากร่างกาย เมื่อเกิดการสะสมจะส่งผลให้เกิดโรคแทรกซ้อนต่าง ๆ จนทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ การรักษาและป้องกันการเกิดปฏิกิริยาไกลเคชันในปัจจุบันมีการใช้ยาอะมิโนกวานดีน (aminoguanidine) แต่ผลจากการใช้ยาดังกล่าวส่งผลต่อการเกิดอาการแทรกซ้อนที่ไต (Nowotny *et al*., 2015) ดังนั้นการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชัน และแอลฟากลูโคซิเดสจากสมุนไพรหรืออาหาร นับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษา เพื่อเป็นการส่งเสริมและลดการใช้ยาในผู้ป่วย และเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาและป้องกันโรคเบาหวาน รวมถึงโรคแทรกซ้อนต่อไป

เครื่องแกงหรือพริกแกง (curry paste) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเครื่องเทศและสมุนไพรต่าง ๆ เช่น พริกสด พริกแห้ง หัวหอม กระเทียม ข่า ตะไคร้ ผิวมะกรูด บดผสมให้เข้ากันอาจมีส่วนประกอบอื่นเช่นกะปิ น้ำตาล น้ำปลา เกลือ แล้วอาจผสมกับกะทิหรือน้ำมันบริโภคตามส่วนประกอบของน้ำพริกแกงแต่ละชนิดและอาจนำไปให้ความร้อนหรือไม่ก็ได้ นำไปประกอบอาหารได้ทันที เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่คู่ครัวไทยมาช้านาน พริกแกงส้ม (SC) และ แกงคั่ว (RC) คือพริกแกงที่นิยมบริโภคกันแพร่หลายในภาคใต้โดยมีส่วนประกอบที่เหมือนกันได้แก่ พริกสด พริกแห้ง กระเทียม ขมิ้น และเกลือ และส่วนประกอบที่มีในเฉพาะพริกแกงคั่ว คือ พริกไทย และตะไคร้ เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของสมุนไพรในผลิตภัณฑ์เครื่องแกงดังที่กล่าวมา มีรายงานสนับสนุนถึงองค์ประกอบว่ามีประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์ และต้านอนุมูลอิสระเช่น สารในกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) และแคปไซซินอยด์ (capsaicinoids) ในขมิ้น และพริกตามลำดับ และสามารถพบสารพฤกษเคมีอื่น ๆ หลายชนิดที่สามารถแสดงฤทธิ์ทางชีวภาพได้ จนสามารถใช้ในการป้องกันโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน และความดันโลหิตสูง เป็นต้น (Settharaksa *et al*., 2021)

กระบวนการแปรรูปเครื่องแกงโดยการใช้ความร้อน เป็นวิธีที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา โดยการลดปริมาณของน้ำ และจำนวนจุลินทรีย์ให้น้อยลง เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถป้องกันการสูญเสียของผลิตภัณฑ์เครื่องแกงก่อนถึงผู้บริโภค แต่การแปรรูปโดยการใช้ความร้อนอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น รสชาติ สี คุณค่าทางอาหาร (Maskan, 2000) โดยเฉพาะสารพฤกษเคมีต่างๆ จากองค์ประกอบของเครื่องแกง มีรายงานการศึกษาว่าการให้ความร้อนส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และอนุพันธ์ของฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (Szabo *et al*., 2021) ผลจากการเปลี่ยนแปลงสารพฤกษเคมีดังกล่าวจะต้องเลือกความร้อนสำหรับการแปรรูปที่เหมาะสมต่อการรักษาสมบัติ การคงตัวทางกายภาพ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาส่วนสกัดเครื่องแกง ได้แก่ แกงส้ม และแกงคั่ว ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป และผ่านกระบวนการแปรรูป ((วิธีพาสเจอร์ไรส์เซชัน (Pasteurization process) และวิธีสเตอริไลซ์เซชั่น (Sterilization process)) ต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และศึกษาฤทธิ์การยับยั้งการเกิดไกลเคชัน และการชะลอการย่อยคาร์โบไฮเดรตผ่านการ

ยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสจากลำไส้เล็กของหนู (มอลเทส และซูเครส) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการแปรรูปที่เหมาะสมและการบริโภคเครื่องแกงที่สามารถเป็นโภชนเภสัชที่สามารถป้องกัน และรักษาโรคเบาหวาน และโรคแทรกซ้อนต่างๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแปรรูปเครื่องแกงเพื่อยืดการเก็บรักษา

การเตรียมตัวอย่างเครื่องแกง ได้แก่ SC และ RC จากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านผลิตเครื่องแกงบ้านหนองตาม อำเภอนาบอน จังหวัดนครศรีธรรมราช ทำการแปรรูปโดยการใช้ความร้อน 2 วิธีด้วยกัน คือ 1. วิธีพาสเจอร์ไรส์เซชันที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที และ 2. วิธีสเตอริไลซ์เซชั่น การใช้ความร้อนจากหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำส่วนสกัดที่ได้ไปอบที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนเหลือปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 6 แล้วจึงนำไปสกัดด้วยตัวทำละลายในขั้นตอนถัดไป

2. การสกัดเครื่องแกงด้วยตัวทำละลาย

การเตรียมส่วนสกัดหยาบจาก SC และ RC โดยนำตัวอย่างจากข้อที่ 1 แช่แบบหมัก (maceration) ด้วยตัวทำละลาย 99.9 เปอร์เซ็นต์เมทานอล ปริมาตร 800 มิลลิลิตร แช่เป็นเวลา 3 วัน และสกัด จำนวน 3 ครั้ง จะได้เป็นส่วนสกัดหยาบ จากเครื่องแกงไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปได้แก่ส่วนสกัด NSC และ NRC และผ่านกระบวนการแปรรูปโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์เซชันได้แก่ส่วนสกัด PSC และPRC กระบวนการแปรรูปโดยวิธีสเตอริไลซ์เซชันได้แก่ส่วนสกัด SSC และ SRC นำส่วนสกัดหยาบที่ได้มากรองด้วยผ้าขาวบาง และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นระเหย ตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator) นำสารสกัดหยาบจากชั้นเมทานอล เก็บไว้ในขวดสีชา เพื่อป้องกันไม่ให้ถูกแสง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปทดสอบ

3. การหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic)

การศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงมาจากวิธีของ Damsud *et al*. (2018)) โดยเตรียม Folin Cioculteu reagent ผสมกับน้ำกลั่น ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร กับสารสกัดเครื่องแกงละลายในสารละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัม ต่อมิลลิลิตรปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติม Folin Cioculteu reagent ปริมาตร 125 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที เติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1.25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 90 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid equivalent; GAE) ในรูปมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมสารสกัด

4. การหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid content)

วิเคราะห์โดยวิธี Aluminium chloride colorimetric method (ดัดแปลงมาจากวิธีของ Dangubon *et al*. 2007) โดยนำสารสกัดเครื่องแกงปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมโซเดียมไนไตร์ท ($NaNO_3$) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมอะลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3$) ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที และเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 โมลลาร์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 650 ไมโครลิตร ทำการผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร คำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจากกราฟ มาตรฐานของเควอซิทิน (quercetin equivalent; QE) ในรูปมิลลิกรัมเควอซิทินต่อ 100 กรัมสารสกัด

5. การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชัน

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชัน (ดัดแปลงมาจากวิธีของ Damsud *et al*., 2018) โดยเตรียมส่วนสกัดเครื่องแกงที่ความเข้มข้น (0.50, 0.75, 1, 1.5 และ 2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ที่ละลายในสารละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (Dimethylsulfoxide; DMSO)) จำนวน 10 ไมโครลิตร ผสมกับ BSA ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และน้ำตาลฟรุกโตส ความเข้มข้น 500 มิลลิโมลาร์ ที่ละลายในสารละลายฟอสเฟสบัพเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 7.4 ที่มี 0.02 เปอร์เซ็นต์ sodium azide ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นตั้งปฏิกิริยาเป็นระยะเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน วัดค่าการดูดกลืนแสงฟลูออเรสเซนต์โดยสเปกโทรฟลูออโรมิเตอร์ความยาวคลื่น excitation wavelength เท่ากับ 355 นาโนเมตร และ emission wavelength เท่ากับ 460 นาโนเมตร โดยใช้อะมิโนกลัวนิดีน (Aminoguanidine) เป็นตัวควบคุมเชิงบวก (positive control) คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดไกลเคชัน โดยใช้สูตรดังที่กล่าวดังสมการ และค่า IC_{50} ของการยับยั้ง

$$\% \text{ inhibition} = [(A_0\text{-}A_1)/A_0] \times 100$$

เมื่อ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงฟลูออเรสเซนต์ของปฏิกิริยาที่ไม่มีสารสกัด

A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงฟลูออเรสเซนต์ของปฏิกิริยาที่มีสารสกัด

6. การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสจากลำไส้เล็กของหนู

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสจาก ลำไส้เล็กของหนู (ดัดแปลงมาจากวิธีของ Damsud *et al*. (2018)) โดยเตรียมจากเอนไซม์อย่างหยาบ (rat intestinal acetone power Sigma-Aldrich. (St. Louis, MO, USA)) ซึ่งประกอบด้วยมอลเทสและซูโครส โดยชั่งเอนไซม์อย่างหยาบ หนัก 1 กรัม เติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.9 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ปิเปตต์สารละลายส่วนบน เก็บแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ เตรียมส่วนสกัดเครื่องแกงที่ความเข้มข้น (0.1, 1 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ละลายในสารละลายไดเมธิลซัลฟอกไซด์ ปริมาตร 10 ไมโครลิตร เติมสารละลายเอนไซม์ปริมาตร 20 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภมิู 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติมซับสเตรตโดยใช้ มอลโตสความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ และซูโครส ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ ที่ละลายในสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 6.9 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร วัดความเข้มข้นของกลูโคส โดยการทำปฏิกิริยากับเอนไซม์กลูโคสออกซิเดส โดยใช้ glucoskit (Sigma-Aldrich) 100 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 492 นาโนเมตร โดยใช้อะคาร์โบสเป็นตัวควบคุมเชิงบวก คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งโดยใช้สูตรดังสมการ และค่า IC_{50} ของการยับยั้ง

$$\% \text{ inhibition} = [(A0 - A1) / A0] \times 100$$

เมื่อ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาที่ไม่มีสารสกัด

A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาที่มีสารสกัด

7. การประเมินผลทางสถิติ

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสจากลำไส้เล็กของหนู และฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชัน แสดงเป็นค่าข้อมูล IC_{50} วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Graph Pad Prism 6.05 (Graph Pad Software ,San Diego, California, USA) ในรูปค่าเฉลี่ย mean±S.E.M โดยทดลองจำนวน 3 ครั้ง และวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย one-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS version 20.0 (IBM SPSS, IBM Corp., Armonk, New York).

ผลการวิจัย

1. การสกัดส่วนสกัดหยาบจากเครื่องแกง

จากการศึกษาเครื่องแกง SC RC ที่ผ่าน และไม่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์เซชัน และสเตอริไลซ์เซชัน จากนั้นสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล ได้ส่วนสกัดทั้งหมดจำนวน 6 ส่วนสกัด ได้แก่ NSC NRC PSC PRC SSC และ SRC ซึ่งลักษณะของสารสกัดหยาบ NSC และ NRC มีลักษณะสีส้ม และสีน้ำตาล ตามลำดับ ในขณะที่ PSC และ PRC มีลักษณะคล้ายกับ NSC และ NRC นอกจากนี้ SSC และ SRC มีลักษณะสีน้ำตาลเข้ม และสีดำเข้ม ตามลำดับ

2. การหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

การหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดนั้นหาได้ด้วยวิธี Folin Cioculteu จากกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก สมการของกราฟคือ y= 0.0034x+0.0021, R^2 = 0.985 พบว่าส่วนสกัด NSC และ NRC มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงที่สุดเท่ากับ 195.34±5.41 และ 188.21±11.21 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ รองลงมาคือส่วนสกัด PRC และ PSC เท่ากับ171.28±3.25 และ 160.54±12.41 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ในขณะที่ส่วนสกัด SSC และ SRC ปริมาณสารฟีนอลิกต่ำที่สุดเท่ากับ 153.41±4.32 และ 142.78±14.75 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ดัง Table 1

3. การหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoid content; TFC) เปรียบเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานเควอซิทิน มีสมการเส้นตรง คือ y = 0.1176x+0.0025 มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9933 พบว่าส่วนสกัด NSC และ NRC มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 55.85±1.25 และ 50.32±9.54 มิลลิกรัมเควอซิทินต่อ 100 กรัมสารสกัด ตามลำดับ รองลงมาคือส่วนสกัด PSC และ PRC เท่ากับ 44.87±3.53 และ 24.12±8.4 มิลลิกรัมเควอซิทินต่อ 100 กรัมสารสกัด ตามลำดับ ในขณะที่ส่วนสกัด SRC และ SSC มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดต่ำที่สุดเท่ากับ 15.65±6.21 และ 11.32±3.78 มิลลิกรัมเควอซิทินต่อ 100 กรัมสารสกัด ตามลำดับ ดัง Table 1

Table 1 Total phenolic and flavonoid contents of curry extract

Sample	Total phenolics (g GAE/ 100 g sample)	Flavonoids (g QE/100 g sample)
NSC	195.34±5.41[a]	55.85±1.25 [a]
NRC	188.21±11.21[b]	50.32±9.54 [b]
PSC	160.54±12.41[d]	44.87±3.53[c]
PRC	171.28±3.25[c]	24.12±8.4 [d]
SSC	153.41±4.32[e]	11.32±3.78[f]
SRC	142.78±14.75[f]	15.65±6.21[e]

Values are means of three replicate determinations ± standard deviations.

[a-f] means with a column with the different letter are significantly different.

4. การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชัน

จากการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชัน ที่เหนี่ยวนำโดยการใช้น้ำตาลฟรุกโตส โดยใช้ความเข้มข้นของส่วนสกัดเครื่องแกงที่ความเข้มข้น 0.50, 0.75, 1, 1.5 และ 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าส่วนสกัด NRC มีฤทธิ์ยับยั้งได้ดีตั้งแต่วันที่ 7 ภายหลังการเริ่มปฏิกิริยาโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.65±0.07 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นเมื่อปล่อยให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไป ยังมีความประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดไกลเคชันได้เช่นกัน แต่ประสิทธิภาพการยับยั้งลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยาในทุกส่วนสกัดเครื่องแกง อย่างไรก็ตามการยับยั้งมีค่าที่น้อยกว่าอะมิโนกวานิดีน ดัง Table 2

5. การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสจากลำไส้เล็กของหนู

จากการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสจากลำไส้เล็กของหนู (มอลเทส และซูเครส) โดยการใช้ มอลโทส และซูโครสเป็นซับสเตรต พบว่าทุกส่วนสกัดเครื่องแกงมีฤทธิ์ในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสจากลำไส้เล็กของหนู โดยส่วนสกัด NSC ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งได้ดีทั้งชนิดมอสเทส และซูเครส โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.26±0.63 และ 1.69±0.72 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือส่วนสกัด NRC โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.38±0.39 และ 1.89±0.67 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และพบว่าทุกส่วนสกัดมีฤทธิ์ยับยั้งที่ต่ำว่าอะคาร์โบส ดัง Table 2

Table 2 Anti-glycation (AGEs) and α-glucosidase inhibitory activity of curry extract

Sample	Anti-glycation (AGEs)				α-glucosidase inhibitory	
	IC_{50} (µg/mL)					
	Day 7	Day 14	Day 21	Day 28	Maltase	Sucrase
NSC	1.94±0.04*	>2.00	>2.00	>2.00	1.26±0.63*	1.69±0.72
NRC	0.65±0.07*	1.87±0.06*	>2.00	>2.00	1.38±0.39*	1.89±0.67
PSC	2.94±0.80*	>2.00	>2.00	>2.00	7.56±2.85*	9.38±0.45*
PRC	1.53±0.12*	>2.00	>2.00	>2.00	6.14±2.21*	11.31±3.45*
SSC	3.23±0.05*	>2.00	>2.00	>2.00	12.65±0.65*	24.65±2.87*
SRC	3.54±0.37*	>2.00	>2.00	>2.00	13.54±2.87*	10.54±1.54*
Acarbose	-	-	-	-	0.59±0.02	1.59±0.12
Aminoguanidine	0.32±0.08	0.55±0.03	0.72±0.01	0.84±0.04	-	-

Significantly difference when compared with standard Acarbose and Aminogluanidine

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาเครื่องแกง SC และ RC ที่ไม่ผ่าน และผ่านการแปรรูปโดยการใช้ความร้อนด้วยวิธีพาสเจอร์ไรส์เซชันและสเตอริไลซ์เซชั่น จากนั้นสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลได้สารสกัดจำนวน 6 ส่วนสกัด โดยทุกส่วนสกัดสามารถตรวจเจอสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ดังตารางที่ 1 ได้ศึกษาสารประกอบฟีนอลิกจาก หอมแดง พริก และขมิ้น โดยเฉพาะในหอมแดงจะมีปริมาณของฟีนอลิกถึง 17.18±1.88 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง นอกจากนี้ Kantangkul *et al*. (2015) ศึกษาสารประกอบฟีนอลิกในพริกพบปริมาณแตกต่างกันโดยอยู่ในช่วง 0.965±0.007 ถึง 1.031±0.01 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ของน้ำหนักแห้ง ในขณะที่สารฟลาโวนอยด์สามารถพบได้ในองค์ประกอบของสมุนไพรในเครื่องแกงทุกชนิดดังรายงานของ Dangubon *et al*. (2007) ที่วิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในอาหารไทย โดยพบในในช่วง 0.07 ถึง 48.81 มิลลิกรัมของน้ำหนักเปียก เมื่อนำเครื่องแกงทั้ง 2 ชนิดมาผ่านกระบวนการแปรูปโดยการใช้ความร้อน ของส่วนสกัด SSC และ SRC พบลักษณะของส่วนสกัดที่เข้ม มีการเปลี่ยนแปลงของ สี กลิ่นรส เกิดจากการให้ความร้อนที่สูง การเปลี่ยนแปลงของสีนั้นอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ที่สามารถมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของเครื่องแกง มีรายงานว่าเมื่อเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะส่งผลต่อสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ โดยที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะส่งผลให้เกิดสารประกอบ ฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ที่มีขนาดเล็กลง (Boateng and Yang, 2021) นอกจากนี้มีรายงานการศึกษาของ Zhang *et al*. (2020) พบว่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองดังตารางที่ 1 การสูญเสียสารประกอบฟีนอลิกนั้นเกิดจากอุณหภูมิที่สูง ส่งผลให้เกิดการสลายของพันธะที่กรดฟีนอลิกจับกับองค์ประกอบอื่นเช่น โปรตีน หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกรดฟีนอลิกส่งผลให้ไม่สามารถสกัดหรือ

วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกได้ และยังพบอีกว่าสารประกอบฟีนอลิกที่ตรึง (bound phenolic form) หรือติดกับโมเลกุลอื่นจะมีการเสื่อมที่สูงกว่าฟีนอลิกที่อยู่ในรูปอิสระ (free phenolic) (Concha-Meyer *et al*., 2021) ในขณะที่ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลง ดังตารางที่ 1 ฟลาโวนอยด์แต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของฟลาโวนอยด์ชนิดนั้นๆ เช่น คาเตชิน เอพิคาเตชิน รูติน และแกลโลเตชิน มีประสิทธิภาพในการทนความร้อนได้ดี (Loannou *et al*., 2020)

การยับยั้งปฏิกิริยาไกลชันนั้นเป็นกลไกที่สามารถหยุดการพัฒนาการเกิดโรคแทรกซ้อนที่เกิดจากร่างกายมีน้ำตาลในกระแสเลือดเป็นระยะเวลายาวนาน หากร่างกายมีการสะสมผลิตภัณฑ์ไกลเคชัน (AGEs) จะทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อ จากการศึกษาพบว่าเครื่องแกง SC และ RC พบว่าทั้งผ่าน และไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการใช้ความร้อน พบว่าทุกส่วนสกัดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดไกลเคชันที่เหนี่ยวนำโดยการใช้น้ำตาลฟรุกโตสได้ดีตั้งแต่วันที่ 7 ภายหลังจากการเริ่มปฏิกิริยา แต่มีประสิทธิภาพน้อยลงเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการใช้ความร้อน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่มีค่าที่ลดลง แต่ประสิทธิภาพนั้นน้อยกว่าอะมิโนกวานิดีน มีรายงานการศึกษาสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์หลายชนิดสามารถลดปริมาณฟรุกโตซามีนได้ (Khan *et al*., 2020) สอดคล้องกับผลการทดลองนี้พบว่าส่วนสกัดเครื่องแกงมีส่วนประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สามารถลดปริมาณฟรุกโตซามีนได้ จึงอาจเป็นไปได้ว่า สารสกัดจากเครื่องแกงมีผลต่อกระบวนการไกลเคชันในช่วงการเกิดสาร amadori product หรือ early glycation โดยส่งผลให้ลดปริมาณ amadori product ของปฏิกิริยา

การยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสช่วยให้กระบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวช้าลง ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานหลังรับประทานอาหารนั้นไม่สูงขึ้นทันที จากการศึกษาพบว่าเครื่องแกง SC และ RC พบว่าทั้งผ่าน และไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการใช้ความร้อน มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของแอลฟากลูโคซิเดส แต่ประสิทธิภาพนั้นน้อยกว่าอะคาร์โบส สอดคล้องกับรายงานของ Prangthip *et al.* (2012) ที่ศึกษาเครื่องแกงเผ็ด (red curry paste) ในหนูทดลองพบว่าสามารถลดน้ำตาลในกระแสเลือดภายในระยะเวลา 2 สัปดาห์ นอกจากนี้สามารถป้องกันการถูกทำลายของตับ ลดภาวะที่มีอินซูลินในเลือดสูงที่เกิดมากจากการเป็นมะเร็งที่ตับอ่อน (hyperinsulinemia) และภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชัน (oxidative stress) หากพิจารณาถึงองค์ประกอบของสมุนไพรที่สามารถเจอได้ในเครื่องแกงทั้ง SC และ RC องค์ประกอบที่มีในปริมาณสูง ได้แก่ พริก และขมิ้น จากการศึกษาของ Kim *et al*. (2018) ได้ศึกษาพริกที่สกัดด้วยเมทานอลพบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดส โดยสารที่ออกฤทธิ์การยับยั้งได้แก่สารในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ ชนิด เควอซิทิน ไมริเซติน และ ลูทีโอลิน โดยเฉพาะสารเควอซิทินมีการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งทั้งแอลฟากลูโคซิเดสจากยีสต์ ลำไส้เล็กของหนู ทั้งชนิดมอลเทส และซูเครส สมุนไพรอีกชนิดที่เป็นองค์ประกอบได้แก่ ขมิ้น ที่พบว่าสามารถยับยั้งการทำงานของแอลฟากลูโคซิเดส โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Damsud *et al*. (2021) ที่ได้ศึกษาสมุนไพรที่ลดอาการท้องอืดจำนวน 13 ชนิด พบว่าส่วนสกัดของขมิ้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสทั้งชนิดมอลเทส และซูเครส อีกทั้งมีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ร่วมกับอะคาร์โบส (Damsud *et al*., 2021) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพต่อการลดระดับน้ำตาลในร่างกายของผู้ป่วยเบาหวาน

การศึกษาในครั้งนี้กล่าวได้ว่าการแปรรูปเครื่องแกงโดยการใช้ความร้อน ส่งผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และความสามารถในการยับยั้งไกลเคชันแอนโปรดักส์ และแอลฟากลูโคซิเดสลดลง ดังนั้น

การใช้ความร้อนที่สูงโดยวิธีสเตอริไลซ์เซชั่น อาจไม่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเครื่องแกง ในขณะที่การไม่ผ่านหรือผ่านกระบวนการแปรรูปแบบโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์เซชันน่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสมในการแปรรูปเครื่องแกงในครั้งนี้ แต่อาจต้องใช้วิธีอื่นควบคู่ในการควบคุมจุลินทรีย์เพื่อให้มีประสิทธิภาพการยืดอายุการเก็บที่ดีขึ้น ในส่วนของฤทธิ์การยับยั้งไกลเคชันแอนโปรดักส์ และแอลฟากลูโคซิเดสอาจเกิดมาจากการออกฤทธิ์ร่วมกัน (synergistic effect) ของสมุนไพรที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องแกงที่มีหลายชนิดที่พบสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ โดยสารดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งไกลเคชันแอนโปรดักส์ และแอลฟากลูโคซิเดส

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาส่วนสกัดเครื่องแกง SC และ RC ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป และผ่านกระบวนการแปรรูป พบว่าส่วนสกัด NRC มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาไกลชัน ในขณะที่ส่วนสกัด NSC มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสจากลำไส้เล็กของหนู (มอลเทส และซูเครส) ซึ่งการศึกษานี้เป็นการศึกษาครั้งแรก และกระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีพาสเจอร์ไรส์เซชัน เป็นวิธีที่สามารถรักษาคุณสมบัติของเครื่องแกงไว้ได้ และการศึกษาในครั้งนี้จะต้องมีการศึกษาต่อในสัตว์ทดลอง เพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์ด้านโภชนเภสัช และการส่งเสริมการบริโภคเครื่องแกงในการรักษาเบาหวาน และโรคแทรกซ้อนอื่น ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากการวิจัยเพื่อพัฒนาเชิงพื้นที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ประจำปี พ.ศ.2561 และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย (วิทยาเขตนครศรีธรรมราช)

เอกสารอ้างอิง

Boateng, I.D., and Yang X.M. 2021. Thermal and non-thermal processing affect Maillard reaction products, flavor, and phytochemical profiles of *Ginkgo biloba* seed. **Food Bioscience** 41: 101044.

Breuer, H.W. 2003. Review of acarbose therapeutic strategies in the long-term treatment and in the prevention of type 2 diabetes. **I nternational Journal of Clinical Pharmacology and Therapeutics** 41(10): 421-440.

Chatterjee, S., K. Khunti and M.J. Davies, 2017. Type 2 diabetes. **The Lancet** 389(10085): 2239-2251.

Concha-Meyer, A.A., G. Sepúlveda, R. Pérez-Díaz, and C.A. Torres. 2021. Effect of preservation processing on quality attributes and phenolic profile of maqui (*Aristotelia chilensis* mol.Stuntz) fruit. **LWT** 149(2021) 111920. DOI:10.1016/j.lwt.2021.111920

Damsud, T., T. Chanwun, C. Sukkrong and T. Tedphum. 2018. Anti-advanced glycation end-product and α-Glucosidase activities from shoot of *Anacardium occidentale* Linn. Extract. **Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal** 4(2): 30-39. [in Thai].

Dangubon, P. 2007. **Flavonoid Content and Free Radical Scavenging Activity of Herbs Commonly Used in Thai Dishes**. Doctoral Dissertation. Mahidol University. 256 p. [in Thai].

Damsud, T., S. Tongwijit, and V. Jitkamnueng. 2021. α-amylase and α-glucosidase inhibitory activities of selected herbs and their synergistic effects with acarbose for primary health care as flatulence inhibitory treatments. **Burapha Science Journal** 26(2): 1016-1028. [in Thai]

Kantangkul, T., S. Siripongvutikorn, and C. Sae-Wong. 2015. A study of the antioxidant and anti-inflammatory properties of Thai yellow curry (Keang-hleung) paste with finger chili and bird chili and its consumer acceptability. **International Food Research Journal** 22(2): 625-630.

Khan, M., H. Liu, J. Wang, and B. Sun. 2020. Inhibitory effect of phenolic compounds and plant extracts on the formation of advance glycation end products: A comprehensive review. **Food Research International** 130: 108933.

Kim, Y.C., D. Choi, J.H. Lee, and S. Lee 2018. Alpha-glucosidase inhibitory activity in different pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.). **Horticultural Science and Technology** 36(3): 444-450.

Loannou, I., L. Chekir and M. Ghoul. 2020. Effect of Heat Treatment and Light Exposure on the Antioxidant Activity of Flavonoids. **Processes** 8(9): 1078.

Maskan, M. 2000. Microwave/air and microwave finish drying of banana. **Journal of Food Engineering** 44(2): 71-78.

Nowotny, K., T. Jung, A. Höhn, D. Weber, and T. Grune. 2015. Advanced glycation end products and oxidative stress in type 2 diabetes mellitus. **Biomolecules** 5(1): 194-222.

Prangthip, P., S. Charoenkiatkul, A. Kettawan, M. Okuno, and T. Okamoto. 2012. Thai red curry paste lowers glucose, oxidative stress and insulin levels in type II diabetic rats. **International Food Research Journal** 19(2): 623-627.

Settharaksa, S., A. Jongjareonrak, P. Hmadhlu, W. Chansuwan, and S. Siripongvutikorn. 2012. Flavonoid, phenolic contents and antioxidant properties of Thai hot curry paste extract and its ingredients as affected of pH, solvent types and high temperature. **International Food Research Journal** 19(4): 1581-1587.

Szabo, K., F.V. Dulf, B. E. Teleky, P. Eleni, C. Boukouvalas, M. Krokida, and D.C. Vodnar. 2021. Evaluation of the bioactive compounds found in tomato seed oil and tomato peels influenced by industrial heat treatments. **Foods** 10(1): 110.

Zhang, J., C. Zhang, X. Chen, and S.Y. Quek. 2020. Effect of spray drying on phenolic compounds of cranberry juice and their stability during storage. **Journal of Food Engineering** 269: 10974.

ผลของรูปแบบโครงสร้างระดับโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวชนิดที่มีค่าเฮชแอลบีสูงและอัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิวร่วม ในการเกิดไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน

Effect of Molecular Geometry of High HLB Surfactants and Co-surfactant Ratio for Water-in-oil Microemulsion Formation

นนทชัย มากรด วรพรรณ ภู่มณี กนกวรรณ เกียรติสิน และชฎารัตน์ อัมพะเศวต*

Nontachai Magrode, Worrapan Poomanee, Kanokwan Kiattisin and Chadarat Ampasavate*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Department of Pharmaceutical Sciences, Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, 50200

*Corresponding author: chadarat.a@cmu.ac.th

Abstract

Critical parameters for microemulsion (ME) formation are optimal compositions of the oil phase, water phase, surfactant system and co-surfactant. Theoretically, the formation of water-in-oil (W/O) emulsion can be achieved by selection of a surfactant mixture (S_{mix}) with the HLB value below 7 with a suitable co-surfactant. In this study, microemulsion formation was evaluated using water titration into caprylic/capric triglyceride as an oil phase in the presence of S_{mix} and a ternary phase diagram plot. The ratios of Cremophor RH40 and Span 20 or Span 80 which served as surfactants were varied to achieve the HLB values of 7, 9, 11 and 13. In addition, the ratios of water to co-surfactant; ethanol (EtOH) or propylene glycol (PG) were varied from 1:1, 2:1 and 3:1, instead of the ratios of S_{mix} to co-surfactant. The largest microemulsion area was formed when S_{mix} was Cremophor® RH40 and Span® 20 at the HLB of 13 with the water to PG of 1:1, followed by the the water to EtOH of 2:1. The phase behavior of the single-phase ME area can be formed both W/O and O/W microemulsions, depending on the content of an aqueous phase. The PG as co-surfactant was selected due to the limitation of evaporable of EtOH. ME characterization using electrical conductivity and dye diffusion tests showed the electrical conductivity and dye diffusion pattern aligned with a continuous phase. The w/o microemulsion was successfully developed with the Cremophor® RH40 and Span® 20 with PG or EtOH as a co-surfactant. The critical role of the surfactant system with critical packing parameter (CPP) greater than 1 with a proper co-surfactant ratio can yield larger ME area, despites having recommended surfactant HLB values for the water-in-oil microemulsion formation.

Keywords: microemulsion, co-surfactant, water-in-oil, surfactant geometry

บทคัดย่อ

องค์ประกอบของวัฏภาคน้ำมัน วัฏภาคน้ำ ระบบของสารลดแรงตึงผิว และสารลดแรงตึงผิวร่วม ที่เหมาะสมเป็นพารามิเตอร์สำคัญในการทำให้เกิดไมโครอิมัลชันที่คงตัว ในทางทฤษฎีการเตรียมอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (W/O) สามารถทำได้โดยการคัดเลือกส่วนผสมในระบบของสารลดแรงตึงผิวให้มีค่า Hydrophilic-Hydrophobic Balance (HLB value) ต่ำกว่า 7 โดยมีสารลดแรงตึงผิวร่วมที่เหมาะสม ในการศึกษานี้ได้พัฒนาตำรับไมโครอิมัลชันโดยการไทเทรตน้ำลงในส่วนประกอบของวัฏภาคน้ำมัน ชนิดแคปรีลิค/และแคปริค ไตรกลีเซอไรด์ ที่มีส่วนผสมของสารลดแรงตึงผิว และการพล๊อตแผนภูมิไตรภาค (ternary phase diagram) ในการศึกษาได้นำสารลดแรงตึงผิวหลัก ได้แก่ Cremophor® RH40 (HLB =15) มาเตรียมร่วมกับสารลดแรงตึงผิว 2 ชนิด ระหว่าง Span® 20 (HLB=8.6) หรือ Span® 80 (HLB=4.3) เพื่อให้ได้ค่า HLB ของระบบสารลดแรงตึงผิวที่ 7, 9, 11 และ 13 และศึกษาปัจจัยระหว่างอัตราส่วนของน้ำ ต่อ สารลดแรงตึงผิวร่วม 2 ชนิด ได้แก่ เอทานอล (EtOH) หรือ โพรพีลีน ไกลคอล (PG) ที่อัตราส่วน 1:1, 2:1 และ 3:1 แทนการใช้อัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิวต่อสารลดแรงตึงผิวร่วม พบว่า ระบบที่ใช้ Cremophor® RH40 ร่วมกับ Span® 20 ซึ่งมี HLB เท่ากับ 13 ร่วมกับน้ำต่อ PG ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 หรือ ร่วมกับ น้ำต่อEtOH ในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 ทำให้เกิดไมโครอิมัลชันมากกว่าระบบที่ไม่มีสารลดแรงตึงผิวร่วม จากการศึกษาลักษณะของไมโครอิมัลชันโดยการวัดการนำไฟฟ้า และการแพร่ของสีทั้งที่ละลายน้ำ และละลายน้ำมัน มีความสัมพันธ์กับชนิดของวัฏภาคภายนอกของไมโครอิมัลชัน พบว่า ลักษณะของการเกิดเป็นไมโครอิมัลชันที่ใสเป็นเนื้อเดียวเป็นได้ทั้งชนิด W/O และ O/W ขึ้นกับปริมาณของวัฏภาคน้ำ อย่างไรก็ตามในการศึกษาได้เลือกใช้ PG เป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม เนื่องด้วยข้อจำกัดของเอทานอลที่สามารถระเหยได้ จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของโครงสร้างของสารลดแรงตึงผิวที่มีแนวโน้มว่าจะมีค่า critical packing parameter (CPP) มากกว่า 1 ซึ่งมีสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมที่เหมาะสม ทำให้ได้สัดส่วนที่ทำให้เกิดเป็นไมโครอิมัลชันได้ดี แม้จะมีการแนะนำค่า HLB ที่เหมาะสมของระบบสารลดแรงตึงผิวสำหรับการทำให้เกิดไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันก็ตาม

คำสำคัญ: ไมโครอิมัลชัน สารลดแรงตึงผิวร่วม น้ำในน้ำมัน โครงสร้างทางเรขาคณิตของสารลดแรงตึงผิว

คำนำ

ในระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมามีการพัฒนาและวิจัยสารสำคัญสำหรับแก้ปัญหา หรือรักษาสภาวะของผิวหนังให้มีความปกติสมบูรณ์ เช่น อนุพันธ์ของวิตามินซีชนิดต่าง ๆ ที่ออกฤทธิ์ต่อเซลล์เมลาโนไซท์เพื่อยับยั้งการผลิตเม็ดสีเมลานิน (Rattanapipatpong *et al*., 2020) หรือ ออกฤทธิ์ต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์เพื่อกระตุ้นให้มีการสร้างคอลลาเจน เป็นต้น โดยเซลล์เป้าหมายในการออกฤทธิ์ของสารสำคัญดังกล่าวอยู่ลึกเข้าไปใต้ผิวหนังชั้นหนังกำพร้า ซึ่งทำหน้าที่เป็นปราการสำคัญทางธรรมชาติในการปกป้องสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ไม่ให้เข้าสู่ร่างกายทางผิวหนัง ซึ่งในสภาวะปกติผิวหนังชั้นหนังกำพร้าจะมีความเป็นไขมันสูง ทำให้สารสำคัญหลายตัวไม่สามารถซึมผ่านผิวหนังไปออกฤทธิ์ตามวัตถุประสงค์ได้ (Bhatia *et al*., 2013)

การพัฒนาตำรับไมโครอิมัลชันซึ่งเป็นระบบนำส่งสารสำคัญเพื่อเพิ่มความสามารถในการซึมผ่านผิวหนังสำหรับสารสำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะสารที่ละลายน้ำได้ดี เช่น ตำรับไมโครอิมัลชัน ชนิดน้ำในน้ำมัน (water-in-oil, w/o) ซึ่งเป็นระบบที่ประกอบด้วย สารลดแรงตึงผิว สารลดแรงตึงผิวร่วม น้ำมันและน้ำ (Tartaro *et al*,. 2020) ซึ่งระบบไมโครอิมัลชันจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออัตราส่วนของสารประกอบแต่ละชนิดเหมาะสม ในการเกิดไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (o/w ME) โดยทั่วไปจะใช้ สารลดแรงตึงผิวชนิดที่มีค่า Hydrophilic-Hydrophobic Balance (HLB value) ที่ต่ำกว่า 7 (Pant *et al*., 2019) หรือ ใช้ระบบที่คำนึงถึงรูปแบบโครงสร้างของสารลดแรงตึงผิวเป็นสำคัญโดยกำหนดเป็นตัวแปรที่เรียกว่า critical packing parameter (CPP) ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ถึง รูปร่างในระดับโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว แบ่งเป็น cone, truncated cone และ inverted truncated cone (Dutt *et al*., 2017) (Figure 1)

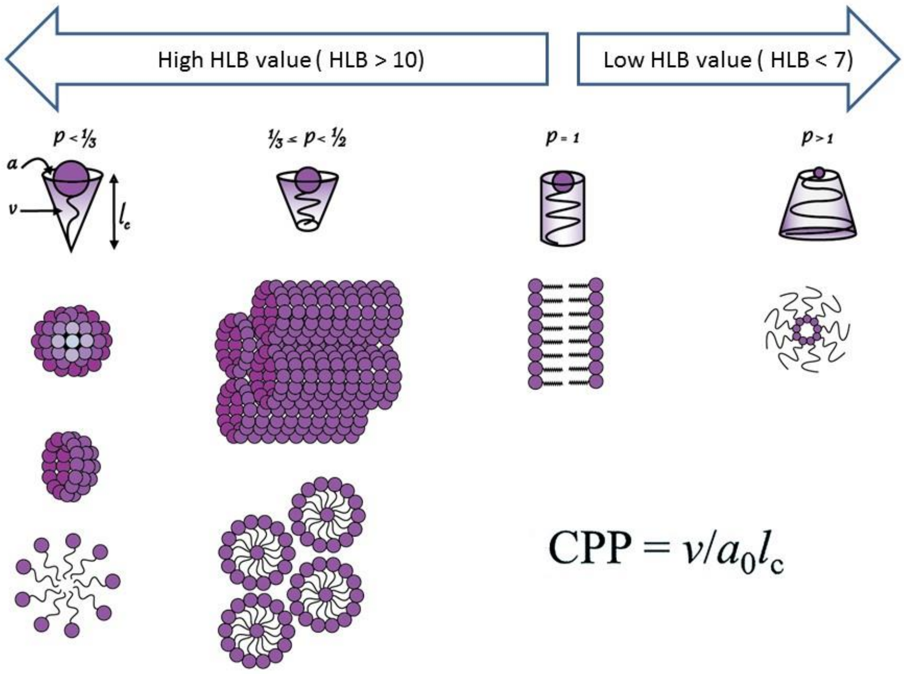


Figure 1 Scheme represents molecular shape of surfactant and micellization pattern (modified from Dutt *et.al*., 2017)

สารสำคัญที่จะนำมาใช้ในระบบนำส่งนี้เป็นสารกลุ่ม hydrophilic peptide ซึ่งมีค่าการละลายน้ำที่ดีและมีขนาดโมเลกุลใหญ่ ซึ่งสารในกลุ่มนี้เป็นสารใหม่ที่นิยมใช้ในทางเครื่องสำอาง เพราะมีผลการทดลองถึงประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ที่ดีในหลอดทดลอง แต่หากนำมาใช้จะมีการซึมผ่านชั้นผิวหนังได้น้อย การพัฒนาระบบนำส่งสำหรับสารกลุ่มนี้จึงมีความสำคัญและเนื่องจากต้องคำนึงถึงการหลีกเลี่ยงอุณหภูมิที่สูงระหว่างขั้นตอนผลิตการใช้ระบบไมโครอิมัลชัน ซึ่งเป็นระบบที่ใช้พลังงานต่ำจึงถูกเลือกสำหรับการศึกษาครั้งนี้ โดยการศึกษานี้ต้องการหาชนิดและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสร้างระบบนำส่งไมโครอิมัลชันชนิด w/o ME เพื่อนำส่งสารสำคัญที่ละลายน้ำได้ดีเข้าสู่ผิวหนัง โดยเลือกใช้องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เหมาะสม โดยมี caprylic/capric triglyceride เป็นวัฏภาคน้ำมัน และเปรียบเทียบสารลดแรงตึงผิวระหว่าง

Cremophor® RH40 ร่วมกับ Span® 80 หรือ Cremophor® RH40 ร่วมกับ Span® 20 (Figure 1.1) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ปรับให้มีค่า HLB เท่ากับ 7, 9, 11 และ 13 โดยดูการเกิด พื้นที่ไมโครอิมัลชันใส ภายในแผนภูมิไตรวัฏภาคเทียม จากนั้นนำระบบที่เกิดไมโครอิมัลชันที่เหมาะสม มาศึกษาการเกิดไมโครอิมัลชันเมื่อเพิ่มสารลดแรงตึงผิวร่วมระหว่าง ethanol และ propylene glycol ในอัตราส่วนต่าง ๆ กับปริมาณน้ำ ต่อไป ระบบไมโครอิมัลชันที่ประกอบด้วยชนิดและอัตราส่วนของสารประกอบต่าง ๆ ที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษานี้จะนำไปศึกษาการซึมผ่านของผิวหนังในอนาคต

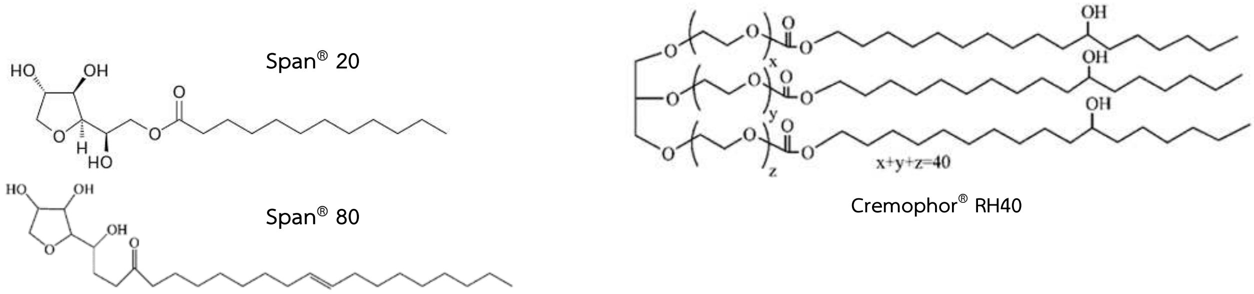


Figure 1.1 Schematic represents molecular structure of surfactants

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

ไมโครปิเปต เครื่องเขย่าสาร หลอดทดลอง เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า สารลดแรงตึงผิว เกรดเครื่องสำอาง เอทานอลเกรดสำหรับวิเคราะห์ และใช้น้ำปราศจากไอออน

การสร้างแผนภูมิไตรวัฏภาคเทียม

ผสมสารลดแรงตึงผิวให้ได้ค่า HLB ระหว่าง 7, 9, 11 และ 13 ผสมกับน้ำมันในอัตราส่วน 1:9 ถึง 9:1 ในหลอดทดลองที่อุณหภูมิห้อง ไตเตรทด้วยน้ำครั้งละ 10 ไมโครลิตร โดยใช้ไมโครปิเปต เขย่าหลอดทดลองด้วยเครื่องเขย่า นาน 15 วินาที ในแต่ละครั้งที่หยอดน้ำจดบันทึกปริมาณของน้ำที่ทำให้เกิดจุดใสในแต่ละการทดลอง จากนั้นนำไปสร้างแผนภูมิไตรวัฏภาคเทียม เพื่อพิจารณาปริมาณการเกิดไมโครอิมัลชันแต่ละตำรับ เลือกตำรับที่เหมาะสมนำไปศึกษาปัจจัยจากชนิดและอัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิวร่วมระหว่าง ethanol และ propylene glycol โดยศึกษาในอัตราส่วน 1:1 ถึง 3:1 ระหว่างน้ำและสารลดแรงตึงผิวร่วมจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแผนภูมิไตรวัฏภาคเทียมต่อไป

การประเมินคุณลักษณะของไมโครอิมัลชัน

ใช้เครื่องตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า (conductometer) เพื่ออ่านค่าการนำไฟฟ้าของวัฏภาคภายนอกของระบบนำส่งโดยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะมากกว่าน้ำมัน และใช้สีทั้งชนิดที่ละลายน้ำ (methylene blue) และชนิดละลายในน้ำมัน (Sudan III) เพื่อดูลักษณะการแพร่ของสีแต่ละชนิดในวัฏภาคภายนอกของระบบนำส่งซึ่งการแพร่ของสีแต่ละชนิดจะแปรผันตามชนิดของวัฏภาคภาคนอกเปรียบเทียบเวลาที่สีใช้เวลาแพร่ผ่านในแต่ละระบบ

ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า เกิดไมโครอิมัลชันระหว่าง Cremophor® RH40 ร่วมกับ Span® 80 หรือ Cremophor® RH40 ร่วมกับ Span® 20 ที่มีค่า HLB ระหว่าง 11 และ 13 เท่านั้น โดยอัตราการเกิดไมโครอิมัลชันสูงที่สุดในระบบที่ประกอบด้วย Cremophor® RH40 ร่วมกับ Span® 20 ที่มีค่า HLB 13 (Figure 2-4)

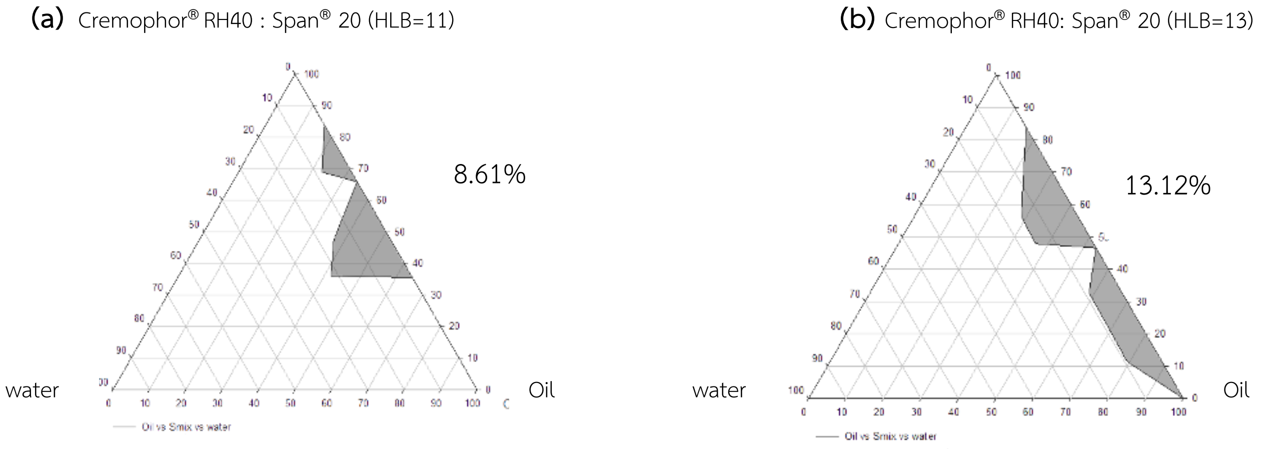


Figure 2 Microemulsion formation (a) 8.61%, (b) 13.12% in Cremophor® RH40:Span® 20 HLB 11 and 13, respectively.

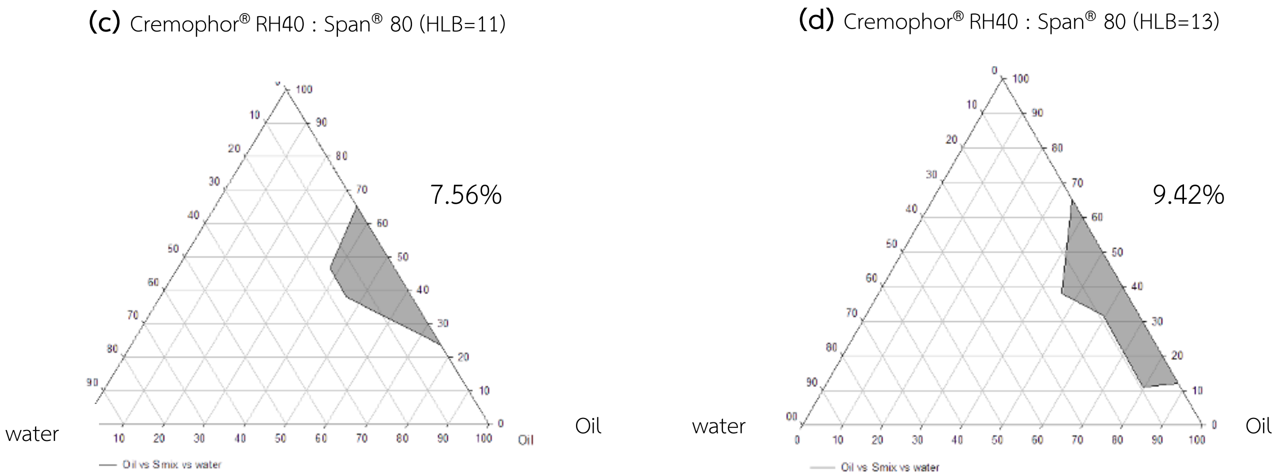


Figure 3 Microemulsion formation (c) 7.56%, (d) 9.42% in Cremophor® RH40:Span® 80 HLB 11 and 13, respectively

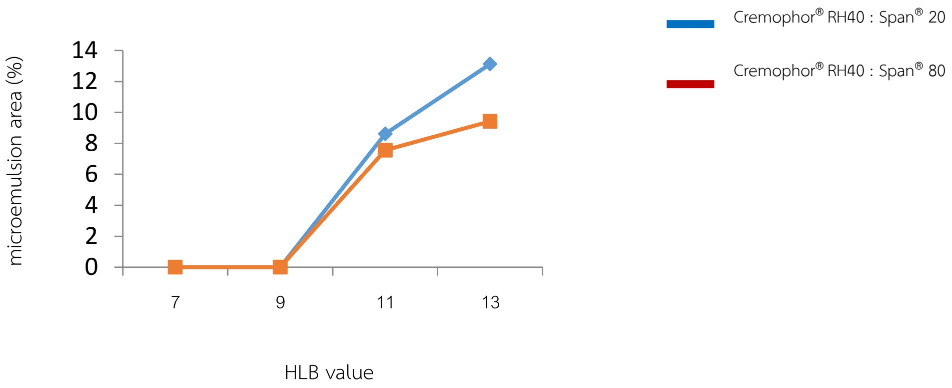


Figure 4 A comparative chart indicated highest microemulsion formation at system consist of Cremophor® RH40:Span® 20 (HLB 13) 13.12%

เมื่อนำระบบที่ประกอบด้วย Cremophor® RH40 ร่วมกับ Span® 20 ที่มีค่า HLB 13 มาศึกษาปัจจัยในการเกิดไมโครอิมัลชันจากสารลดแรงตึงผิวร่วมทั้งชนิดและอัตราส่วนระหว่างน้ำปราศจากไอออนกับ ethanol หรือ propylene glycol ในอัตราส่วน 1:1 ถึง 3:1 พบว่า การเกิดไมโครอิมัลชัน สูงสุดที่ น้ำ : เอทานอล (2:1) ร้อยละ 29.25 เปรียบเทียบกับ น้ำ : PG (1:1) ร้อยละ 23.3 (Figure 5 และ Figure 6) และได้นำผลการทดลองที่ได้ไปประเมิณคุณลักษะจากค่าการนำไฟฟ้า และการแพร่ผ่านของสี เพื่อสังเกตลักษณะทางกายภาพของวัฏภาคภายนอก (Figure 7) พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากน้อยไปมาก (a) ซึ่งในการการศึกษาการการน้ำไฟฟ้าทำโดยการเตรียมระบบนำส่งด้วย normal saline (NaCl 0.9%) แทนสัดส่วนของน้ำปราศจากอิออนจึงบ่งชี้อัตราการนำไฟฟ้าของวัฏภาคภายนอกของระบบนำส่งเนื่องจากหากเป็นน้ำมันจะไม่ทำการนำไฟฟ้า และการแพร่ของสีชนิดที่ชอบน้ำมันมีอัตราการแพร่ที่สอดคล้องกับค่าการนำไฟฟ้า (b) ซึ่งจะสังเกตุการอัตราการแพร่ของสีแต่ละชนิดได้เช่น ในตัวอย่าง A ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ จะมีการแพร่ของสีแดง คือ Sudan III ซึ่งเป็นสีที่ชอบน้ำมันจะแพรได้เร็วกว่า methylene blue ซึ่งเป็นสีที่มีความชอบน้ำ เป็นต้น ในแต่ละตัวอย่างของระบบนำส่งในแต่ละจุดสังเกตในแผนภูมิไตรวัฏภาคเทียม บ่งชี้ถึงการเกิดไมโครอิมัลชันชนิด w/o (A), bicontinuous (B) และ o/w (C) ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ในระบบนำส่งที่มีสัดส่วนของสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงร่วมได้แก่ EtOH หรือ PG ที่เหมาะสมส่งผลต่อชนิดของไมโครอิมัลชันโดยขึ้นกับปริมาณของวัฏภาคน้ำในระบบ

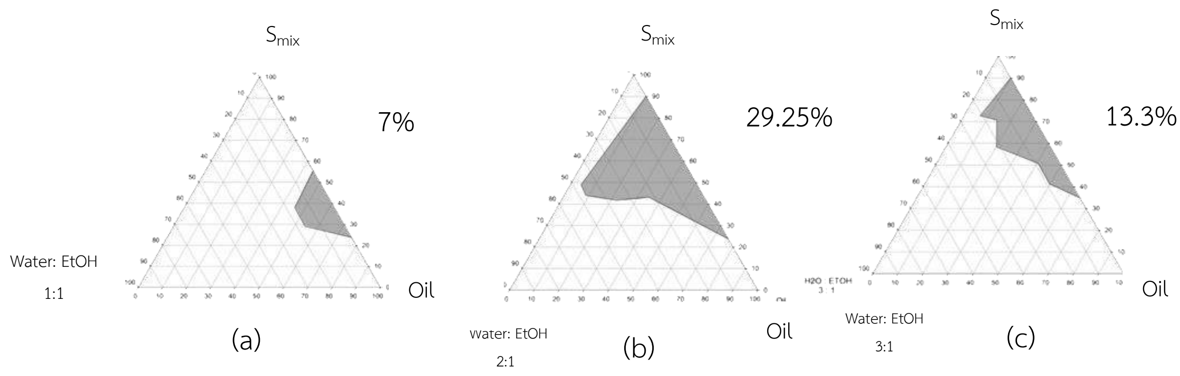


Figure 5 A comparative microemulsion formation between DI water : EtOH ratio (a) 1:1, (b) 2:1, (c) 3:1 are 7% , 29.25% and 13.3%, respectively.

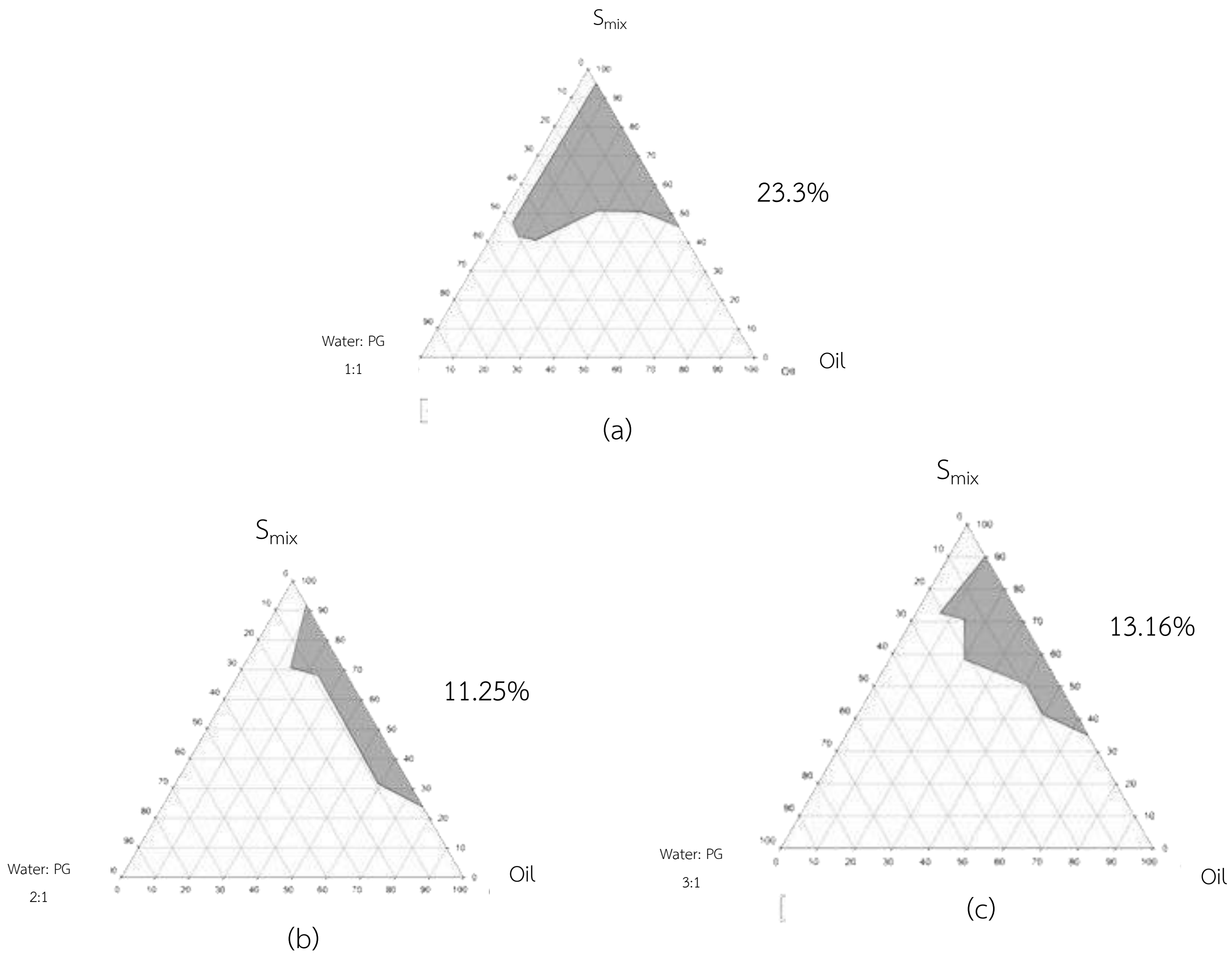


Figure 6 A comparative microemulsion formation between DI water : PG ratio (a) 1:1, (b) 2:1, (c) 3:1 are 23.3% , 11.25% and 13.16% respectively

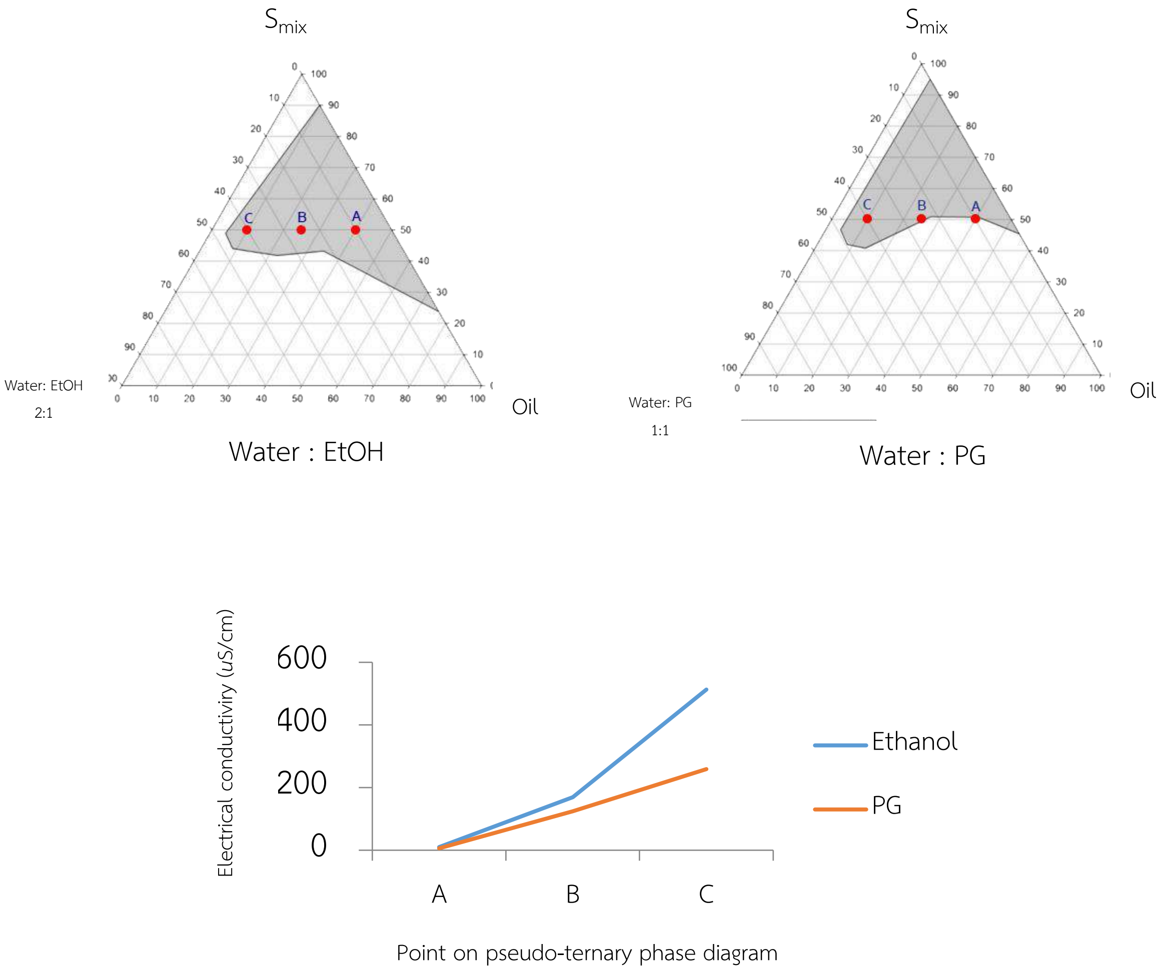
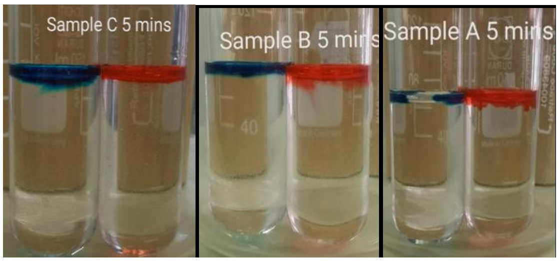
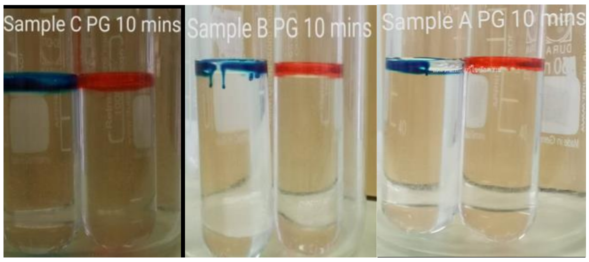


Figure 7(a) A comparative chart of electrical conductivity between Ethanol or PG as co-solvent shows phase behavior from (A) a continuous oil phase (w/o ME) to (C) a continuous water phase (o/w ME) due to conductivity value were higher relating to water phase content in ME system



Dye diffusion test of Water : EtOH



Dye diffusion test of Water : PG

Figure 7(b) Schematic comparative of dye diffusion test between ethanol at 5 min or PG at 10 min, as co-solvent shows phase behavior from (A) a continuous oil phase (w/o ME) to (C) a continuous water phase (o/w ME) due to faster diffusion rate of lipophilic dye (red) than hydrophilic dye (blue) for sample A in conversely of sample C

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงปัจจัยของสารลดแรงตึงผิวร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสารลดแรงตึงผิวหลัก โดยอัตราการเกิดไมโครอิมัลชันที่แปรผันตามค่า HLB ที่เพิ่มขึ้นถึงจุดที่เหมาะสม จะเห็นได้ว่าความชอบน้ำที่เพิ่มขึ้นของสารลดแรงตึงผิวร่วม แปรผันโดยตรงต่ออัตราการก่อตัวของไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในลดการประสานกันของสายไฮโดรคาร์บอนของ Cremophor® RH40 ส่งผลให้เมื่อใช้ Span® 20 ซึ่งมีความชอบน้ำมากกว่า Span® 80 มีอัตราการก่อตัวของไมโครอิมัลชันสูงกว่า แสดงให้เห็นว่า โครงสร้างของระบบสารลดแรงตึงผิวมีแนวโน้มที่จะเกิดโครงสร้างในรูปแบบที่มีพื้นที่ส่วนที่ชอบน้ำน้อยกว่าพื้นที่ของส่วนที่ชอบน้ำมัน (Figure 8a) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสารลดแรงตึงผิวแต่ละตัว ตัวอย่างเช่น Cremophor® RH40 มีสายไฮโดรคาร์บอนที่เป็นส่วนที่ชอบน้ำมันจำนวน 3 สาย หรือ สารลดแรงตึงผิวกลุ่มฟอสโฟลิปิด ที่มีสายไฮโดรคาร์บอนจำนวน 2 สาย เป็นต้น โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ (Weerapol *et al*., 2014) ที่ศึกษาถึงอิทธิพลของสารลดแรงตึงผิวร่วมต่อการเกิดระบบนำส่งยาระดับนาโนที่ก่อตัวขึ้นเองชนิดน้ำมันในน้ำ พบว่า การใช้ Span® 80 ซึ่งส่งผลให้เกิดการเข้ากันได้ดีของสายไฮโดรคาร์บอนมากกว่า Span® 20 โดยการทดลองในครั้งนี้ได้พัฒนาระบบนำส่งไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน พบว่าการใช้ Span® 20 ส่งผลให้อัตราการก่อตัวของไมโครอิมัลชันสูงกว่าการใช้ Span® 80 โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีสารลดแรงตึงผิวร่วมได้แก่ EtOH หรือ PG เนื่องจากสามารถช่วยลดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำจึงส่งผลให้ลดแรงตึงผิวของน้ำในระบบไมโครอิมัลชัน (Hoke and Patton, 1992) มีผลทำให้เกิดการประสานส่วนของวัฏภาคภายในขนาดเล็กในวัฏภาคภายนอกคือ ไมโครอิมัลชันทั้งชนิด w/o, bicontinuous และ o/w (Figure 8b) ตามสัดส่วนของวัฏภาคน้ำที่เพิ่มขึ้น แสดงถึงอิทธิพลของสารลดแรงตึงผิวร่วม ต่อการเปลี่ยนแปรงรูปทรงทางเลขาคณิตของระบบสารลดแรงตึงผิวว่าสามารถเกิดรูปแบบ cone และ inverted truncanted cone (Figure 1) ถึงแม้ว่าระบบสารลดแรงตึงผิวจะมีค่า HLB เท่ากับ 13 ทั้งนี้จากการประเมินคุณลักษณะของค่าการนำไฟฟ้าเป็นข้อบ่งชี้สำคัญเนื่องจากพบว่า ไม่มีการนำไฟฟ้าเมื่อระบบประเมินจากตัวอย่าง

(A) (Figure 7) ซึ่งแสดงถึงมีวัฏภาคภายนอกเป็นน้ำมัน และค่าการนำไฟฟ้าเริ่มสูงขึ้นที่จุด (B) บ่งบอกถึงการก่อตัวของ bicontinuous ME โดยค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดเมื่อวัฏภาคภายนอกเป็นน้ำ นอกจากนี้ผลการศึกษายังเป็นไปในแนวทางเดียวกับการศึกษาการเพิ่มความคงตัวของสารสกัดจากชาเขียวโดยใช้ระบบไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (Singhan and Indranupakorn, 2015) ซึ่งเปรียบเทียบการใช้สารลดแรงตึงผิวกลุ่ม Cremophor® ร่วมกับ Span® 80 พบว่า อัตราการเกิดไมโครอิมัลชันลดลงเมื่อใช้ค่า HLB เท่ากับ 7.54 นอกจากนี้อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารลดแรงตึงผิวร่วมและปริมาณน้ำยังแปรผันตรงกับอัตราการเกิดไมโครอิมัลชัน ทั้งนี้ผู้วิจัยไม่พบอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับสารลดแรงตึงผิวร่วมเมื่อทำการศึกษาโดยใช้อัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิวร่วมต่อสารลดแรงตึงผิวในระบบ

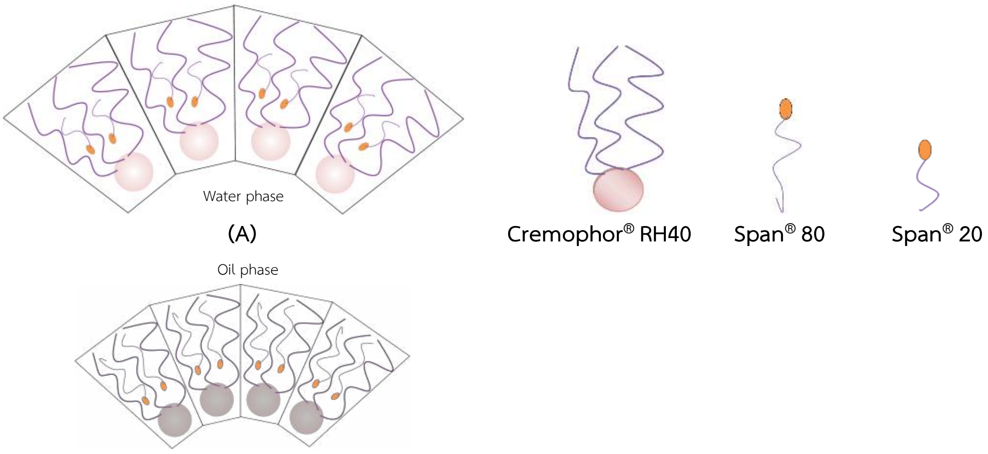


Figure 8(a) Illustrated schematically show the surfactant mixture (S_{mix}) molecular geometry of w/o ME; **(A)** S_{mix} of Cremophor® RH40/Span® 20 (preferred formulation), **(B)** S_{mix} of Cremophor® RH40/Span® 80

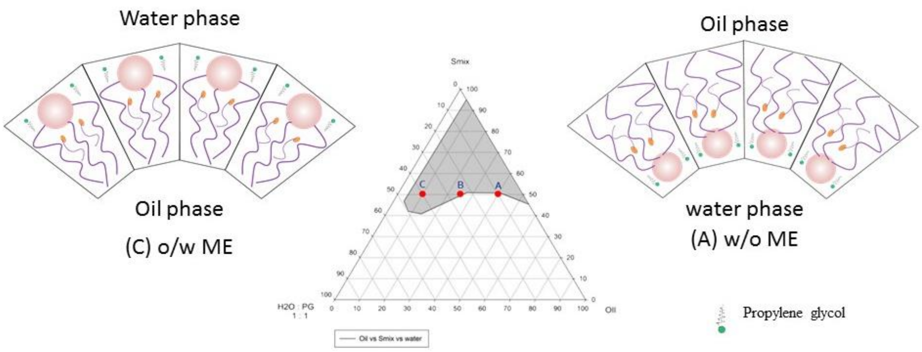


Figure 8(b) Illustrated schematically show the impact of co-surfactant (PG) on molecular geometry of w/o ME; **(A),** o/w ME **(C)** when the S_{mix} consist of Cremophor® RH40/Span® 20 at HLB 13

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า แสดงให้เห็นถึงปัจจัยของชนิดและโครงสร้างของระบบสารลดแรงตึงผิวที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไมโครอิมันชัน โดยเฉพาะไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน ซึ่งพบว่า การใช้ระบบสารลดแรงตึงผิวที่มีแนวโน้มว่าจะมีค่า critical packing parameter (CPP) มากกว่า 1 ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงรูปแบบโครงสร้างของสารลดแรงตึงผิวหลักอยู่ในรูปทรงที่มีพื้นที่ของส่วนที่มีขั้วน้อยกว่าพื้นที่ของส่วนที่ไม่มีขั้ว ทำให้เกิดโครงสร้างลักษณะที่เป็นรูปแบบ inverted truncated cone หรือ wedge และแสดงให้เห็นว่าค่า HLB ของระบบสารลดแรงตึงผิวไม่จำเป็นต้องอยู่ในช่วงที่จะทำให้เกิดไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันตามทฤษฎีค่า HLB ของระบบอิมัลชัน ทั้งนี้การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารลดแรงตึงผิวร่วมต่อวัฏภาคกระจายตัวเป็นส่วนที่สำคัญในการศึกษาอัตราการเกิดไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน และเพื่อให้ความเหมาะสมต่อการพัฒนาเครื่องสำอางเพื่อใช้ทางผิวหนัง ผู้ศึกษาจึงทำการเลือกใช้ PG เป็นสารช่วยลดแรงตึงผิวร่วมสำหรับทำการศึกษาเพื่อหาสัดส่วนของระบบนำส่งไมโครอิมัลชันซึ่งใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุซึ่งไม่เกิดความระคายเคืองสำหรับนำส่งสารสำคัญชนิดที่ละลายน้ำได้ดีเข้าสู่ผิวหนังต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้จากโครงการพัฒนาขีดความสามารถทางเทคโนโลยีและวิจัยของภาคเอกชนในพื้นที่ (IRTC) จากอุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตลอดถึงเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญการใช้งานเครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ให้คำแนะนำตลอดการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Bhatia., G.Y Y. Zhou and A.K Banga. 2013. Adapalene microemulsion for transfollicular drug delivery. **Journal of Pharmaceutical Science** (8): 2622-2631.

Dutt S., P.F. Sirilb and S. Remitacd. 2017. Swollen liquid crystals(SLCs): a versatile template for the synthesis of nano structured materials. **Royal Society of Chemistry** 2017(7): 5733-5750.

Hock B.C. and E.F. Patton. 1992. Surface tensions of propylene glycol+water 1992. **Journal of Chemicals and Engineering Data** (37): 131-133.

Pant, A., J. Kanupriya and S. Manisha. 2019 . Role of excipient's HLB value in microemulsion system. **IOSR Journal of Pharmacy and Biological Science** 2019(2): 01-06.

Rattanapipatpong P., R. Wanitphakdeedecha, A. Bumrungpert and M. Maiprasert. 2020. Anti-aging and brightening effects of topical trastment containing vitamin C, vitamin E and raspberry leaf cell culture extract: a split face, randomized controlled trial. **Journal of Cosmetic Dermatology** 2020(19): 671-676.

Singhan, A. and R. Indranupakorn. 2015. Microemulsion development for enhancing the stability of green tea (*Camellia sinesis*) extract. **Isan Journal of Pharmaceutical Science** 11(4): 40-56.

Tartaro, G., H. Mateos, D. Schirone, R. Angelico and G. Palazzo. 2020. Microemulsion microstructure(s): a tutorial review. **Nanomaterial** 2020(10): 1657.

Weerapol Y., S. Limmatvapirat, J. Nunthanid and P. Sriamornsak. 2014. Self-nanoemulsifying drug delivery system of nifedipine: impact of hydrophilic–lipophilic balance and molecular structure of mixed surfactants. **American Association of Pharmaceutical Scientists** 15(2): 456-464.

Session 10

ภาคโปสเตอร์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพร

Development of Kanom Sommanus from Coconut Residue Mixed with Herbs

อัจฉริยะกูล พวงเพ็ชร์* อัญชิสา ศรีสว่าง กัญญารัตน์ พุ่มไสว จินตนา สังโสภา และพรอริยา ฉิรินัง

Aschariyakul Puangphet*, Aunchisa Srisawang, Kanyarat Pumsahwi, Jintana Sangsopha and Pornariya Chirinang

สาขาวิชาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เพชรบุรี 76000

Department of Applied Food and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University Phetchaburi, Thailand 76000

*Corresponding author: aschariyakul.pua@mail.pbru.ac.th

Abstract

The objective of this research was to develop Kanom Sommanus from coconut residue mixed with Thai herbs. The basic formula consisted of egg white 16.5%, grated coconut 49.6%, fine sugar 33.1%, lime juice 0.4%, and salt 0.3%. The proper ratio of coconut residue for the production of Kanom Sommanus was studied by replacing grated coconut with coconut residue at 50 and 100%. The sensory evaluation was studied by using a paired preference test. The results showed that 33 of 50 panelists accepted the formula containing coconut residue instead of grated coconut at the level of 50% with significant differences ($p \leq 0.05$). The development of Kanom Sommanus from coconut residue mixed with Thai herbs, either sappan or butterfly pea or pandan leaves were investigated using sensory evaluation by 50 panelists. The results showed that mean scores of color, odor, taste, texture, and overall liking of Kanom Sommanus from coconut residue mixed with butterfly pea extract were significantly higher than those of other formula ($p \leq 0.05$). The studies of consumer satisfaction of Kanom Sommanus from coconut residue mixed with butterfly pea extract found that the mean score of taste and overall liking were found in the range of "like very much" and 84% of consumers decided to buy this product.

Keywords: Kanom Sommanus, coconut residue, herbs

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพร สูตรพื้นฐานขนมโสมนัสที่ได้รับการคัดเลือก คือ สูตรที่ประกอบด้วย ไข่ขาวร้อยละ 16.5 มะพร้าวขูดร้อยละ 49.6 น้ำตาลทรายป่นร้อยละ 33.1 น้ำมะนาวร้อยละ 0.4 และเกลือป่นร้อยละ 0.3 ศึกษาอัตราส่วนของกากมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับเติมทดแทนมะพร้าวขูดในขนมโสมนัสสูตรพื้นฐาน ประกอบด้วยกากมะพร้าวร้อยละ 50 และ 100 ของน้ำหนักมะพร้าวขูด จากการประเมินทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบ โดยใช้แบบทดสอบความชอบแบบคู่ (paired preference) ในผู้ทดสอบ 50 คน พบว่าผู้ทดสอบ 33 คน ให้การยอมรับขนมโสมนัสสูตรที่ใช้กากมะพร้าวทดแทนมะพร้าวขูดที่ระดับร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การพัฒนาขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพร ประกอบด้วยสมุนไพรพื้นบ้านไทย 3 ชนิด คือ ฝาง อัญชัน และใบเตย ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในผู้ทดสอบ 50 คน พบว่าขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมน้ำสมุนไพรอัญชัน ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรอัญชัน พบว่าคุณลักษณะด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง “ชอบมาก” และผู้บริโภคร้อยละ 84 ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: ขนมโสมนัส กากมะพร้าว สมุนไพร

คำนำ

ขนมโสมนัสเป็นขนมไทยโบราณ เกิดขึ้นตั้งแต่ในสมัยอยุธยา จากการที่ประเทศไทยได้มีการเจริญสัมพันธไมตรีกับต่างประเทศ ส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมทางด้านอาหารเกิดขึ้น ขนมโสมนัสเป็นหนึ่งในอาหารที่เกิดขึ้นจากการรับวัฒนธรรมด้านอาหารของต่างประเทศเข้ามาดัดแปลงให้สอดคล้องลักษณะการบริโภคของคนไทย เป็นขนมที่เกิดจากการนำไข่ขาวที่เหลือจากการทำขนม ทองหยอด ฝอยทอง มาทำการดัดแปลง โดยมีส่วนผสมและวิธีการทำเหมือนขนม macaroon ของประเทศฝรั่งเศส ขนมโสมนัสจึงมีชื่อภาษาอังกฤษว่า coconut macaroon จึงเกิดเป็นข้อสันนิษฐานว่าชื่อของขนมโสมนัสมาจากเสียงของคำว่าโคโคนัทในภาษาอังกฤษแล้วตัดคำส่วนท้ายออก โดยขนมโสมนัสมีส่วนผสมของไข่ขาว มะพร้าวขูดคั่วจนมีสีเหลืองหอม น้ำตาลทรายขาวป่น และน้ำมะนาว และอาศัยการขึ้นฟูโดยการตีอากาศเข้าไปในไข่ขาว จากนั้นนำไปทำการอบให้ขนมสุก ได้เป็นขนมโสมนัสมีสีสันสวยงาม รสชาติกรอบอร่อย และมีกลิ่นหอมจากมะพร้าวคั่ว (Phadungsilp and Tubbiyam, 2014)

มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชของประเทศไทย เนื่องจากคนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าวในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน เป็นพืชที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในหลายทาง เช่น น้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนใช้รับประทาน ในส่วนของกะลา มีการนำไปประดิษฐ์สิ่งของต่างๆ เช่น โคมไฟ ถ้วย ชามต่างๆ เนื้อมะพร้าวแก่นำไปขูดและคั้นทำกะทิสำหรับประกอบอาหารได้ทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน และในส่วนของกากมะพร้าวที่เป็นผล

พลอยได้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคั้นกะทินั้น ปัจจุบันพบว่าการใช้ประโยชน์จากการใช้กากมะพร้าวยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยเพื่อการเกษตร และการนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ (Thongsook and Chaijamrus, 2013) อย่างไรก็ตามมีรายงานการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่ากากมะพร้าวมีส่วนประกอบของโปรตีนประมาณร้อยละ 4 (Limmanee and Rumpagaporn, 2017) และใยอาหารที่ค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 60 (Trinidad *et al.,* 2006, Thongsook and Chaijamrus, 2013 และ Chinnasarn, *et al.*, 2014) โดยใยอาหารที่พบส่วนใหญ่เป็นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (Trinidad *et al.,* 2006) ซึ่งใยอาหารเป็นจัดเป็นสารอาหารที่ไม่ให้พลังงาน มีความสำคัญต่อร่างกาย ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะในส่วนของระบบทางเดินอาหาร นอกจากนั้นยังมีส่วนในการช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ อาทิ โรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น (Slavin, 2013)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการนำเอากากมะพร้าวที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการการผลิตกะทิ มาเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์ โดยนำมาพัฒนาเป็นส่วนผสมในขนมโสมนัส โดยใช้แทนที่ส่วนผสมของเนื้อมะพร้าวแก่ขูดในขนมโสมนัส เพื่อเป็นการลดปริมาณไขมันอิ่มตัวจากเนื้อมะพร้าวแก่ที่เป็นส่วนผสมเดิมในขนมโสมนัส ตลอดจนมีการเพิ่มสีสันให้กับขนมด้วยการใช้สมุนไพรไทยพื้นบ้าน 3 ชนิด ที่สามารถให้สีและมีส่วนประกอบของสารสารพฤษเคมีที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สมุนไพรฝาง (Nagai *et al.,* 1986 และ Namikoshi *et al.,* 1987) ใบเตย และอัญชัน (Halee and Rattanapun, 2017) เพื่อสร้างความแปลกใหม่ให้กับขนมโสมนัสและเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่รักสุขภาพในปัจจุบัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดเลือกสูตรพื้นฐานขนมโสมนัส

การคัดเลือกสูตรพื้นฐานขนมโสมนัสโดยใช้สูตรที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 สูตร (Table 1) ประกอบด้วย ไข่ขาว น้ำตาลทรายป่น มะพร้าวขูด เกลือ และน้ำมะนาว สูตรที่ 1 ดัดแปลงมาจาก FoodTravel.com (2011) สูตรที่ 2 จาก Partikornwong (2019) และสูตรที่ 3 จาก Tantasathien (2018) จากนั้นนำขนมโสมนัสที่ได้ทั้ง 3 สูตรไปทดสอบด้านความชอบของผู้บริโภค ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นผู้บริโภคทั่วไปภายในจังหวัดเพชรบุรี ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสหวาน เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-points hedonic scale)

Table 1 Materials and the ratios of Kanom Sommanus

Ingredients	Ingredient quantities (%)		
	1	2	3
Egg white	16.9	14.5	16.5
Powdered Sugar	40.5	48.5	33.1
grated coconut	39.8	37.1	49.6
Salt	-	-	0.3
Lime juice	2.8	-	0.4

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้กากมะพร้าวในขนมโสมนัส

ขนมโสมนัสสูตรพื้นฐานที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด นำมาพัฒนาขนมโสมนัสโดยใช้กากมะพร้าวแทนที่ปริมาณมะพร้าวขูด ที่อัตราส่วนร้อยละ 50 และที่อัตราส่วนร้อยละ 100 จากนั้นนำไปทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยใช้แบบทดสอบความชอบแบบตัวอย่างคู่ (Paired preference test) และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการของ Binomial test (O’ Mahony, 1985)

การเตรียมกากมะพร้าวผสมสมุนไพร

นำกากมะพร้าวมาล้างน้ำให้สะอาด นำไปต้มในน้ำเดือด 10 นาที จากนั้นบีบน้ำออกแล้วนำไปพักไว้ เตรียมน้ำสมุนไพร 3 ชนิด ประกอบด้วย น้ำอัญชัน น้ำใบเตย และน้ำฝาง การเตรียมน้ำอัญชันโดยนำดอกอัญชัน ในอัตราส่วน 15 กรัม : น้ำ 150 กรัม นำมาปั่น กรองกากออก แล้วนำมาพักไว้ การเตรียมน้ำใบเตย ใช้วิธีการเดียวกับการเตรียมน้ำอัญชัน ส่วนน้ำฝาง ใช้แก่นไม้ฝาง ในอัตราส่วนเดียวกัน นำมาต้มเดือดเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการกรอง แล้วนำมาพักไว้ การเตรียมกากมะพร้าวผสมสมุนไพร โดยนำกากมะพร้าวที่เตรียมไว้ ปริมาณ 100 กรัม แช่ในน้ำสมุนไพรแต่ละชนิดที่ได้เตรียมไว้แล้ว เป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นกรองกากมะพร้าวออก นำกากมะพร้าวที่ได้ มาทำการคั่วในกระทะทองเหลืองด้วยไฟอ่อน เป็นเวลา 30 นาที พักกากมะพร้าวที่คั่วแล้วให้เย็น จากนั้นนำไปพัฒนาเป็นขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรในขั้นต่อไป

การพัฒนาขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพร

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้กากมะพร้าวในขนมโสมนัส จะได้สูตรขนมที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากการใช้กากมะพร้าวทดแทนมะพร้าวขูด จากนั้นนำมาพัฒนาขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพร โดยการใช้กากมะพร้าวผสมสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด แทนที่มะพร้าวขูดตามอัตราส่วนที่ได้รับการยอมรับโดยวิธีทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคทั่วไป 50 คน โดยใช้แบบทดสอบด้านความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale)

การศึกษาการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพร

ขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุด ถูกนำมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค โดยทำการทดสอบกับผู้บริโภคทั่วไป 50 คน โดยใช้แบบทดสอบด้านความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale) และแบบทดสอบการตัดสินใจซื้อตามลำดับ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-points hedonic scale) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัย

การคัดเลือกสูตรพื้นฐานขนมโสมนัส

จากการคัดเลือกสูตรพื้นฐานขนมโสมนัส และศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูตรพื้นฐานขนมโสมนัสทั้ง 3 สูตร (Table 2) พบว่าขนมโสมนัสสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติ มากกว่าสูตรที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของขนมทั้ง 3 สูตร ได้รับคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 3 มาเป็นสูตรในการพัฒนาขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพร

Table 2 Sensory evaluation of three Kanom Sommanus formulas

Sensory Properties	Mean score		
	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Color^{ns}	7.58±1.28	7.46±1.31	7.52±1.40
Odor^{ns}	7.26±1.52	7.34±1.38	7.40±1.58
Taste	7.16±1.48^{b}	7.10±1.62^{b}	7.74±1.26^{a}
Texture ^{ns}	6.92±1.94	7.14±1.75	7.44±1.69
Overall liking^{ns}	7.14±1.43	7.46±1.43	7.56±1.72

Means with different letters within rows are significantly different ($p \leq 0.05$). ns means not significant.

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้กากมะพร้าวในขนมโสมนัส

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้กากมะพร้าวในขนมโสมนัส โดยการทดสอบความชอบแบบตัวอย่างคู่ (Paired preference test) ในผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน แสดงดัง Table 3 จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบ paired preference โดยใช้หลักการของ Binomial test (O' Mahony, 1985) พบว่าจำนวนที่ผู้ทดสอบที่เลือกตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่ง ที่จะแสดงความแตกต่างกันด้านความชอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับผู้ทดสอบ 50 คน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05, 0.01 และ 0.001 มีค่าเท่ากับ 33, 35 และ 37 คน ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า ผู้ทดสอบเลือกสูตรขนมโสมนัสที่ใช้กากมะพร้าวแทนที่ปริมาณมะพร้าวขูดในสูตรขนมโสมนัสพื้นฐาน ที่

อัตราส่วนร้อยละ 50 จำนวน 33 คน จากจำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน โดยมีความชอบมากกว่าขนมโสมนัสสูตรที่ใช้กากมะพร้าวทดแทนมะพร้าวขูดร้อยละ 100 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Table 3 The number of panelists who preferred Kanom Sommanus by replacing grated coconut with coconut residue at 50% and 100%

Treatments	Preference responses
50% coconut residue replaced the grated coconut	33**
100% coconut residue replaced the grated coconut	17

** significantly different ($p \leq 0.05$)

การพัฒนาขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพร

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด ประกอบด้วย สมุนไพรฝาง อัญชัน และใบเตย พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีของสูตรผสมน้ำอัญชันสูงสุดและไม่แตกต่างจากสูตรผสมน้ำใบเตย ในขณะคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของสูตรผสมน้ำอัญชันสูงกว่าทุกสูตรอย่างมีในนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรฝางและใบเตยได้รับคะแนนความชอบทางด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

Table 4 Sensory evaluation of Kanom Sommanus from coconut residue mixed with Three herbs

Sensory properties	Types of Herbs		
	Sappan	Butterfly pea	Pandan leaves
Color	6.80 ± 1.07^{b}	7.92 ± 0.85^{a}	7.56 ± 1.23^{a}
Odor	6.54 ± 0.86^{b}	7.88 ± 0.94^{a}	6.80 ± 0.93^{b}
Taste	6.84 ± 0.89^{b}	7.82 ± 0.92^{a}	7.00 ± 0.90^{b}
Texture	6.78 ± 0.93^{b}	7.72 ± 0.88^{a}	7.04 ± 0.95^{b}
Overall liking	6.90 ± 0.86^{c}	8.14 ± 0.81^{a}	7.36 ± 0.96^{b}

Means with different letters within rows are significantly different ($p \leq 0.05$)

การศึกษาการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรอัญชัน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบที่มีต่อขนมโสมนัสผสมกากมะพร้าวผสมสมุนไพรอัญชัน (Table 5) เมื่อทำการวิเคราะห์คะแนนความชอบที่ระดับต่างๆ พบว่าคะแนนความชอบที่มีต่อขนมโสมนัสผสมกากมะพร้าวผสมสมุนไพรอัญชันที่มีต่อคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง “ชอบปานกลาง” ในขณะที่คุณลักษณะด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม มีค่ามีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง “ชอบมาก” และในส่วนของการศึกษาการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคนั้นพบว่าหากผลิตภัณฑ์มีการวางจำหน่ายผู้บริโภคร้อยละ 84 ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ผู้บริโภคส่วนที่เหลือยังไม่แน่ใจ เนื่องจากต้องการเห็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบที่สมบูรณ์พร้อมบรรจุภัณฑ์ก่อนการตัดสินใจ

Table 5 Liking score of consumers on Kanom Sommanus mixed with butterfly pea extract

Sensory properties	Kanom Sommanus mixed with butterfly pea extract	
	Score ($\bar{x}$±S.D.)	Liking levels
Color	6.70±1.25	Like Moderately
Odor	6.78±1.28	Like Moderately
Taste	7.46±1.23	Like Very Much
Texture	7.04±1.31	Like Moderately
Overall liking	7.42±1.13	Like Very Much

วิจารณ์ผลการวิจัย

การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมโสมนัส พบว่าขนมโสมนัสทั้ง 3 สูตรได้รับคะแนนความชอบในแต่ละด้านที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นในด้านรสชาติ ที่พบว่าขนมโสมนัสสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากในสูตรที่ 3 มีการเพิ่มส่วนผสมของเกลือเข้าไปในสูตร ซึ่งอาจส่งผลให้ช่วยทำให้รสชาติของขนมมีความกลมกล่อมมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 3 มาเป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพร

ในส่วนของการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้กากมะพร้าวในขนมโสมนัส พบว่าการทดแทนมะพร้าวขูดด้วยกากมะพร้าวในขนมโสมนัสที่อัตราส่วนร้อยละ 50 ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าร้อยละ 100 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งนี้เป็นผลมาจากในเนื้อมะพร้าวมีน้ำและไขมันมันเป็นองค์ประกอบ (Teangpook, 2015) เมื่อนำเนื้อมะพร้าวมาขูดทำเป็นขนมโสมนัสแล้ว จึงทำให้ขนมมีความหอมมันและมีเนื้อสัมผัสที่คงยังความชุ่มชื่นอยู่ ในขณะที่กากมะพร้าวเป็นส่วนที่ผ่านการบีบเอาส่วนของกะทิออกแล้ว จึงมีลักษณะที่ค่อนข้างแห้งและร่วน ซึ่งการใช้กากมะพร้าวทดแทนมะพร้าวขูดข้าวในขนมโสมนัสที่อัตราส่วนร้อยละ 100 ส่งผลให้ขนมมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ร่วน แห้ง และความหอมมันที่ลดลง อาจเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ชอบ อย่างไรก็ตามการทดแทนมะพร้าวขูดบางส่วนด้วยกากมะพร้าวในขนมโสมนัสนั้น นอกจากเป็นการเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์ให้กับกากมะพร้าว ที่เป็นวัสดุที่เหลือจาก

การคั้นกะทิแล้ว ยังเป็นการช่วยลดปริมาณไขมันในขนมโสมนัสลง ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อมะพร้าวมีส่วนประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวที่ค่อนข้างสูง (Amarasiri and Dissanayake, 2006) นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มใยอาหารให้กับขนม เนื่องจากในกากมะพร้าวยังมีองค์ประกอบของใยอาหารประเภทเซลลูโลส ซึ่งเป็นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ และไม่สามารถถูกย่อยได้ในร่างกายมนุษย์ ดังนั้นจึงประโยชน์ต่อร่างกายในแง่ของการช่วยเพิ่มมวลของอุจจาระ ทำให้อุจาระนิ่ม ช่วยให้ให้ขับถ่ายได้สะดวก ตลอดจนลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่ (Chinnasarn, *et al.*, 2014 และ Prosky and DeVries, 1992)

ในส่วนของการพัฒนาขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรโดยการคัดเลือกสมุนไพรไทยพื้นบ้านทั้ง 3 ชนิด ที่ประกอบด้วยสมุนไพรฝาง ใบเตย และอัญชัน พบว่าขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรอัญชัน ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p≤0.05$) ทั้งอาจเป็นผลมาจากกากมะพร้าวที่ผสมสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ที่นำมาทำขนมโสมนัสนั้น ส่งผลต่อลักษณะปรากฏ กลิ่น สี และรสชาติของขนมที่แตกต่างกัน โดยในด้านสีพบว่ากากมะพร้าวที่แช่ในน้ำสมุนไพรอัญชันและใบเตย ให้กากมะพร้าวมีสีม่วง และสีเขียวที่เข้มตามลำดับ และเมื่อนำกากมะพร้าวทั้ง 2 ไปคั่วแล้ว สีของกากมะพร้าวยังคงความสด มีการเปลี่ยนแปลงของสีเพียงเล็กน้อย ในขณะที่กากมะพร้าวที่แช่ในน้ำสมุนไพรฝาง จะมีลักษณะออกสีส้มอ่อน เมื่อนำกากมะพร้าวไปคั่วพบว่ามีสีคล้ายกับกากมะพร้าวคั่วทั่วไป ซึ่งเมื่อนำมาทำขนมโสมนัสแล้วจึงไม่มีความโดดเด่นในด้านของสีเท่ากับขนมโสมนัสที่ทำจากกากมะพร้าวที่แช่ในน้ำสมุนไพรอัญชันและใบเตย ในด้านของกลิ่นพบว่าขนมโสมนัสที่ทำจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรใบเตย ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นว่ามีกลิ่นของใบเตยเข้มข้นมากจนเกินไป ทำขนมมีลักษณะของกลิ่นเหม็นเขียวเกิดขึ้น ในขณะที่ด้านรสชาตินั้นพบว่าขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรฝางจะมีรสชาติเฝื่อนเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสารแทนนินที่เป็นองค์ประกอบในสมุนไพรฝาง (Kankamol, 2020) ซึ่งเป็นสารที่มีรสฝาด (astringent) (Srisaikham, 2009) ที่อาจส่งผลต่อด้านรสชาติของขนมโสมนัสได้ โดยลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสใน Table 4

สรุปผลการวิจัย

สูตรพื้นฐานขนมโสมนัสที่ได้รับการคัดเลือก คือสูตรที่ประกอบด้วย ไข่ขาวร้อยละ 16.5 มะพร้าวขูดร้อยละ 49.6 น้ำตาลทรายป่นร้อยละ 33.1 น้ำมะนาวร้อยละ 0.4 และเกลือป่นร้อยละ 0.3 อัตราส่วนของกากมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับเติมลงในขนมโสมนัส ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับขนมโสมนัสสูตรที่ใช้กากมะพร้าวทดแทนมะพร้าวขูดที่ระดับร้อยละ 50 ขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรอัญชัน ได้รับคะแนนความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรฝางและใบเตย โดยความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมโสมนัสจากกากมะพร้าวผสมสมุนไพรอัญชัน ในด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง “ชอบมาก” และผู้บริโภคร้อยละ 84 ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์หากมีผลิตภัณฑ์วางจำหน่าย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเพิ่มน้ำในขั้นตอนของการเตรียมน้ำสมุนไพรใบเตย เพื่อลดความเข้มข้นของใบเตยที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเขียวในขนมลง

2. ควรมีการศึกษาวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากกากมะพร้าวให้มีความหลากหลาย เพื่อเป็นเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากกากมะพร้าว ตลอดจนเป็นการลดปริมาณวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมการแปรรูปมะพร้าว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโรงเรียนการอาหารนานาชาติเพชรบุรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ ตลอดจนวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Amarasiri, W. and A. Dissanayake. 2006. Coconut fats. **The Ceylon Medical Journal** 51(2): 47-51.

Chinnasarn, S., B. Turapan, and W. Prompradit. 2014. Effect of pretreatment on properties of cellulose powder from coconut residue and the application as oil reduction substance in doughnut. **Agricultural Sci. J.** 45(2)(Suppl.): 393-396. [in Thai].

FoodTravel.com. 2011. **Kanom Sommanus.** [Online]. Available http://www.foodtravel.tv/ recipeindex. aspx?searchtags=%E0%B8%AA%E0%B8%B9%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8% 82%E0%B8%99%E0%B8%A1%E0%B9%82%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%99%E0% B8% B1%E0%B8%AA (9 September 2021).

Halee, A. and B. Rattanapun. 2017. Study of antioxidant efficacies of 15 local herbs. **KMUTT Research and Development Journal** 40(2): 283-293. [in Thai].

Kankamol, C. 2020. Antibacterial, antioxidant and anticancer activities of the *Caesalpinia sappan L.* extract. **Thai Science and Technology Journal** 29(2): 308-317. [in Thai].

Limmanee, M. and P. Rumpagaporn. 2017. Preparation of coconut residue for chemical modification and addition in food products. pp. 809-816. *In* **Proceedings of The 55th Kasetsart University Annual Conference, 31 Jan-3 Feb 2017.** Bangkok: Kasetsart University. [in Thai].

Namikoshi, M., H. Nakata, and T. Saitoh. 1987. Homoisoflavonoids from *Caesalpinia sappan*. **Phytochemistry** 26: 1831-1833.

Nagai, M,S., S., Nagumo, S.M., Lee, I. Eguchi and K.I. Kawai. 1986. Protosappanin A, a novel biphenyl compound from sappan lignum, **Chemical and Pharmaceutical Bulletin** 34: 1-6.

O' Mahony, M. 1985. **Sensory Evaluation of Food: Statistical Methods and Procedures**. New York and Basel: Marcel Dekker, Inc. 487 p.

Partikornwong, T. 2019. **Kanom Sommanus.** [Online]. Available https://www.wongnai.com/recipes/coconut-meringue (9 September 2021).

Phadungsilp, P. and Tubbiyam, P. 2014. **The development of zuek in khanom sōmmanat**. 39 p. *In* Research Report. Nakhon Ratchasima: Rajamangala University of Technology Isan. [in Thai]

Prosky, L. and J.W. DeVries. 1992. **Controlling Dietary Fiber in Food Product**. New York: Van Nostrand Reinhold. 161 p.

Slavin, J. 2013. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. **Nutrients** 5(4): 1417-1435.

Srisaikham. S. 2009. Effects of Neem (*Azadrirachta indica* A. Juss. Var. Siamensis Valeton). Foliage Utilization in Meat Goat Diets on Rumen Fermentation and Productive Performances. Master Thesis. Suranaree University of Technology. 155 p. [in Thai].

Tantasathien, P. 2018. **Sommanut.** [Online]. Available https://www.pholfoodmafia.com/recipe/sommanut-%e0%b8%82%e0%b8%99%e0%b8%a1%e0%b9%82%e0%b8%aa%e0%b8%a1%e0%b8%99%e0%b8%b1%e0%b8%aa/ (9 September 2021).

Teangpook, C. 2015. Coconut juice: the best natural food: Academic Article. **Food Journal**. 45(2): 37-42. [in Thai].

Thongsook, T. and S. Chaijamrus. 2013. **Process development of fiber supplements from modified copra meal and applications in food products**. 45 p. *In* Research Report. Phisanulok: Naresuan university. [in Thai].

Trinidad, P.T., A.C. Mallillin, D.H. Valdez, A.S. Loyola, F.C. Askali-Mercado, J.C. Castillo, R.R. Encabo, Masa, D.B., Maglaya, A.S. and Chua. M.T. 2006. Dietary fiber from coconut flour: a functional food. **Innovative Food Science & Emerging Technologies** 7(4): 309-331.

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลำไยอินทรีย์อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา
Quality Changes of Dried Organic Longan During Storage

ธัญนันท์ ฤทธิ์มณี*

Thanyanun Rithmanee*

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

Department of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

Chiang Mai, Thailand, 50300.

*Corresponding author: thanyanun@hotmail.com

Abstract

The study of quality changes of dried organic longan during storage was investigated with the drying process using heat pump dryer at 60°C. Then, storage in packaging with polyethylene terephthalate bag at room temperature and 4°C. Quality values of chemical, physical and microbiology properties were analyzed every 15 days for 3 months. The study found that moisture content and water activity of dried organic longan stored at room temperature and 4°C were increased when it has been stored for a longer time. However, firmness, toughness and L*, a* and b* decreased. And total soluble solids, pH and titratable acidity of dried organic longan kept both conditions had little changed. The changing of quality for microbial of dried organic longan at room temperature had total microbial content increased more than 4°C but the quality was still within the standard.

Keywords: dried organic longan, drying, storage, quality, heat pump dryer

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยอินทรีย์อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา โดยการนำลำไยอินทรีย์มาเข้าสู่กระบวนการการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำมาเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบถุงพลาสติกใสชนิด PET (polyethylene terephthalate) ที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา ทุก 15 วัน เป็นเวลา 3 เดือน ผลการศึกษาพบว่า ลำไยอินทรีย์อบแห้งซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้น และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น แต่มีค่าความแน่นเนื้อ ความเหนียว และค่าสี L*, a*, และ b* ลดลง ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่า pH และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลำไยอินทรีย์อบแห้งที่เก็บรักษาทั้ง 2 สภาวะ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเทานั้น การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของลำไยอินทรีย์อบแห้งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นมากกว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

คำสำคัญ: ลำไยอินทรีย์ การอบแห้ง การเก็บรักษา คุณภาพ เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน

คำนำ

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจของไทยที่มีการผลิตและสงออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก ในปี 2560 มีพื้นที่ปลูกลลำไยทั่วประเทศทั้งสิ้น 1,172,272 ไร เป็นพื้นที่ปลูกที่ให้ผลผลิตแลว 1,090,605 ไร และมีปริมาณผลผลิต 1,027,493 ตัน (Office of Agricultural Economics, 2017) ซึ่งในภาคเหนือนั้นลำไยถือเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของหลายจังหวัด โดยเฉพาะจังหวัดลำพูนและจังหวัดเชียงใหม่นั้น ซึ่งมีพื้นที่ในการปลูกลำไยมากที่สุดในประเทศไทย ที่ถือได้ว่าเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่ตลาดโลกยอมรับว่าของประเทศไทยมีคุณภาพที่ดี

ปัจจุบันการผลิตลำไยอินทรีย์กำลังได้รับความนิยมจากตลาดและผู้บริโภค เนื่องด้วยผู้คนให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม และความปลอดภัยในการบริโภคอาหารที่ปลอดสารพิษมากขึ้น การผลิตลำไยอินทรีย์คือ การปลูกลำไยโดยงดเว้นสารเคมีทุกชนิด ทั้งปุ๋ยเคมี สารเร่ง และสารเคมีกำจัดแมลงทุกขั้นตอน แล้วทดแทนโดยการใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักบำรุงดิน ตัดแต่งกิ่งให้แข็งแรง สมบูรณ์ พร้อมติดดอกเมื่อถึงเวลาที่เหมาะสม ผู้บริโภคต่างประเทศให้ความสำคัญกับสินค้าเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี (Jaroenkit, 2010) โดยในแต่ละปีได้มีการส่งออกลำไยไปยังประเทศเพื่อนบ้านจำนวนมากทั้งในรูปผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป ได้แก่ ลำไยอบแห้ง ลำไยแช่แข็ง ลำไยกระป๋อง ลำไยฟรีซดราย เป็นต้น การนำลำไยอินทรีย์มาผ่านกระบวนการอบแห้งเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตการเกษตร ซึ่งถือเป็นผลิตภัณฑ์หลักของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพัฒนาผลิตภัณฑ์พืชผักสมุนไพรและผลไม้ ตำบลบ้านโฮ่ง อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน แต่เมื่อพิจารณาถึงขอบเขตของผลผลิตการเกษตรอินทรีย์เมื่อนำมาแปรรูปยังอยู่ในวงค่อนข้างจำกัด ซึ่งหนึ่งในปัญหานั้นก็คือ การเปลี่ยนแปลงในการเก็บรักษาที่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านคุณภาพ อีกทั้งเกิดเชื้อราขึ้นได้ จึงทำให้เกิดปัญหากับตัวผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมีใด ๆ ในกระบวนการผลิตเพราะจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในลักษณะของสินค้าเกษตร

อินทรีย์ ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ลำไยอินทรีย์อบแห้ง จึงมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาของลำไยอินทรีย์อบแห้งด้วยการนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้ลำไยอินทรีย์พันธุ์ดอ เกรด AA ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพัฒนาผลิตภัณฑ์พืชผักสมุนไพรและผลไม้ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างลำไยอินทรีย์อบแห้งมาบรรจุในถุงพลาสติกใสชนิด PET (polyethylene terephthalate) เพื่อเป็นไปตามลักษณะการวางจำหน่ายของวิสาหกิจชุมชนฯ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาในระหว่างการเก็บรักษา ทุก 15 วัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน ดังนี้

1) การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1.1) ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter ชั่งเนื้อลำไยอบแห้ง 10 กรัม เติมน้ำกลั่นประมาณ 50 มิลลิลิตร นำมาปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่น แล้ววัดค่า pH ด้วยเครื่องมือ pH meter (pH meter: 510, Eutech Instruments, Singapore)

1.2) ปริมาณความชื้น (AOAC, 2016)

1.3) ค่า water activity (aw) ด้วยเครื่อง Water activity meter (Aqua Lab model series 3, Decagon Device Inc., USA)

1.4) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) ปั่นเนื้อลำไยอบแห้งเป็นเนื้อเดียวกัน นำมาคั้นเอาน้ำออกจากส่วนเนื้อวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง hand refractometer (PAL-α, Atago, Japan)

1.5) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity; TA) (AOAC, 2016)

2) การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

2.1) ค่าสี L*, a* และ b* ด้วยเครื่องมือ Color-meter (Color-meter: CR-300, Minolta, Japan)

2.2) ลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแน่นเนื้อ ความเหนียว โดยเครื่อง Texture analyzer ด้วยเครื่อง Rapid visco amylograph; RVA (RVA 4500, Perten Instruments, Spain)

3) การวิเคราะห์สมบัติทางจุลชีววิทยา

3.1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี Pour plate (AOAC, 2016)

3.2) ปริมาณยีสต์และรา โดยวิธี Pour plate (AOAC, 2016)

4) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำค่าที่ได้จากการทดลองสมบัติทางเคมีและกายภาพมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยมีการวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละการทดลองด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลำไยอินทรีย์อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา ในบรรจุภัณฑ์แบบถุงพลาสติกใสชนิด PET (polyethylene terephthalate) จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาในระหว่างการเก็บรักษา ทุก 15 วัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1-3 ซึ่งจากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของลำไยอินทรีย์อบแห้ง ได้แก่ ค่าความชื้น ปริมาณกรดที่ไทเทรตได ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ค่า pH ค่าความแน่นเนื้อ ความเหนียว และค่าสี L*, a*, และ b* พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งแตกต่าง ($p \leq 0.05$) จากค่าเริ่มต้น เช่นเดียวกันกับเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียสในระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น พบว่า ลำไยอินทรีย์อบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี พบว่า ค่าความชื้น และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียสมีค่าความชื้นอยู่ที่ 25.89% และ 24.69% ตามลำดับ และค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่ 0.59 และ 0.54 ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่า pH และปริมาณกรดที่ไทเทรตไดของลำไยอินทรีย์อบแห้งที่เก็บรักษาทั้ง 2 สภาวะ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กนอยเทานั้น โดยเมื่อเริ่มทำการเก็บรักษาลำไยอินทรีย์อบแห้งที่อุณหภูมิห้อง พบว่า มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ระหว่าง 7.83-6.89°Brix และค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้อยู่ระหว่าง 0.29-0.19 ส่วนลำไยอินทรีย์อบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ระหว่าง 7.83-7.07°Brix และค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้อยู่ระหว่าง 0.29-0.20 (Table 1)

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพในด้านค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวของลำไยอินทรีย์อบแห้ง พบว่าปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาลำไยอินทรีย์อบแห้งมีค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวลดลงจาก 3,896.68– 975.80 กรัม และ 17,222.89-1,187.31 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือนในอุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียส ส่วนค่าสี L*, a*, และ b* ลดลงเช่นเดียวกัน (Table 2)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเฉลี่ยเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณเฉลี่ยเชื้อยีสต์และรานั้น พบว่า การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของลำไยอินทรีย์อบแห้งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นมากกว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยเมื่อเก็บรักษาลำไยอินทรีย์อบแห้งที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณเฉลี่ยเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.0×10^2 - 4.7×10^3 CFU/g และ 2.5×10^2 - 4.1×10^3 CFU/g ตามลำดับ ปริมาณเฉลี่ยเชื้อยีสต์และรานั้นมีปริมาณ < 10 CFU/g ในการเก็บรักษาของทั้ง 2 สภาวะ (Table 3)

Table 1 Chemical properties of dried organic longan during storage

Chemical properties	Storage condition	Storage time (day)						
		0	15	30	45	60	75	90
%MC	Room temperature	19.39^{dA}±0.58	22.28^{bB}±0.17	21.17^{cB}±0.84	22.75^{bA}±1.44	23.45^{abA}±0.93	24.22^{aA}±0.64	25.89^{aA}±0.33
	4^{o}C	19.39^{cA}±0.58	23.09^{abA}±0.14	22.77^{bA}±0.46	22.09^{bA}±0.22	23.77^{aA}±0.27	24.47^{aA}±0.17	24.69^{aA}±0.24
%TA	Room temperature	..029^{aA}±0.00	.023^{aA}±0.00	0.19^{bA}±0.01	.025^{aA}±0.03	0.23^{aA}±0.01	0.22^{abA}±0.01	0.21^{abA}±0.01
	4^{o}C	.029^{aA}±0.01	.021^{abA}±0.01	0.20^{bA}±0.01	0.21^{abB}±0.01	0.20^{bB}±0.01	0.21^{abA}±0.01	0.20^{bA}±0.01
TSS (^{o}Brix)	Room temperature	7.83 ^{aA}±0.12	7.83^{aA}±0.14	6.81^{bA}±0.09	7.03^{abB}±0.18	7.01^{abB}±0.14	6.98^{bB}±0.07	6.89^{bB}±0.02
	4^{o}C	7.83^{aA}±0.12	7.07^{bB}±0.05	7.07^{bA}±0.00	7.13^{bA}±0.09	7.48^{abA}±0.13	7.12^{bA}±0.05	7.10^{bA}±0.01
a_w	Room temperature	0.48^{bA}±0.00	0.51^{bA}±0.00	0.54^{abA}±0.00	0.55^{aA}±0.00	0.56^{aA}±0.01	0.56^{aA}±0.01	0.59^{aA}±0.01
	4^{o}C	0.48^{bA}±0.00	0.50^{abA}±0.00	0.51^{aB}±0.00	0.53^{aB}±0.00	0.53^{aB}±0.00	0.54^{aB}±0.01	0.54^{aB}±0.01
pH	Room temperature	6.90^{aA}±0.05	6.83^{aA}±0.05	6.71^{abB}±0.02	6.65^{abB}±0.04	6.49^{bB}±0.01	6.44^{bB}±0.01	6.45^{bB}±0.01
	4^{o}C	6.90^{abA}±0.05	6.89^{abA}±0.08	6.99^{aA}±0.04	7.03^{aA}±0.03	6.74^{bA}±0.03	6.76^{bA}±0.01	6.69^{bA}±0.01

Means followed by the same small letter in the rows and capital letter within the columns bearing different letters are significantly different (P≤0.05).

Table 2 Physical properties of dried organic longan during storage

Physical properties	Storage condition	Storage time (day)						
		0	15	30	0	60	75	90
L*	Room temperature	44.32^{aA}±0.90	40.79^{bB}±2.93	36.37^{cB}±1.16	35.56^{cB}±1.95	33.23^{dB}±1.99	32.11^{dB}±1.01	31.89^{dB}±0.99
	4^{o}C	44.32^{aA}±0.90	42.20^{bA}±0.85	37.74^{cA}±1.32	37.59^{cA}±0.65	38.11^{cA}±1.09	37.69^{cA}±1.97	36.56^{cA}±0.86
a*	Room temperature	8.06^{aA}±0.81	8.03^{aA}±0.98	6.97^{bB}±0.48	7.01^{bB}±1.01	6.99^{bA}±0.99	5.67^{cB}±0.69	5.12^{dB}±0.41
	4^{o}C	8.06^{aA}±0.81	7.14^{bB}±0.73	7.96^{aA}±0.75	7.67^{abA}±0.68	6.43^{cB}±0.49	6.21^{cA}±0.68	6.13^{cA}±0.32
b*	Room temperature	16.40^{aA}±1.21	15.27^{bA}±3.27	14.75^{bA}±1.21	11.14^{cA}±1.69	8.20^{dB}±2.37	8.34^{dB}±2.11	7.89^{deB}±1.45
	4^{o}C	16.40^{aA}±1.21	14.39^{bcB}±0.92	14.48^{bA}±1.66	11.84^{cA}±1.22	11.98^{cA}±2.21	11.13^{cA}±1.43	10.45^{dA}±1.05
Firmness (g)	Room temperature	3,896.68^{aA}±422.03	2,656.57^{bB}±522.84	3,434.33^{aA}±287.22	2,166.23^{bA}±329.31	1,187.31^{cB}±234.34	1,004.46^{cB}±267.14	975.80^{dB}±245.67
	4^{o}C	3,896.68^{aA}±422.03	3,358.42^{abA}±638.44	3,341.22^{bB}±252.54	1,530.83^{cB}±221.61	1,341.22^{cdA}±294.02	1,666.90^{cA}±216.98	1,204.56^{dA}±199.32
Toughness	Room temperature	17,222.89^{aA}±1,505.94	14,100.33^{bB}±2,373.41	7,326.99^{cB}±782.52	6,567.84^{dB}±548.38	3,064.21^{eB}±411.51	2,159.66^{fB}±311.51	1,187.31^{gB}±198.51
	4^{o}C	17,222.89^{aA}±1,505.94	15,113.38^{abA}±1,829.16	13,713.65^{bA}±2,812.28	8,212.88^{cA}±252.41	4,212.88^{dA}±256.17	3,434.33^{eA}±246.15	1,513.38^{fA}±252.41

Means followed by the same small letter in the rows and capital letter within the columns bearing different letters are significantly different (P≤0.05).

Table 3 Microbiological analysis of dried organic longan during storage

Storage time (day)	Storage condition	Total plate count (CFU/g)	Yeast and mold (CFU/g)
15	Room temperature	4.5×10^2	< 10
	4°C	3.1×10^2	< 10
30	Room temperature	3.0×10^2	< 10
	4°C	2.5×10^2	< 10
45	Room temperature	4.6×10^3	< 10
	4°C	3.8×10^3	< 10
60	Room temperature	3.1×10^3	< 10
	4°C	2.2×10^3	< 10
75	Room temperature	4.3×10^3	< 10
	4°C	4.1×10^3	< 10
90	Room temperature	4.7×10^3	< 10
	4°C	3.9×10^3	< 10

วิจารณ์ผลการวิจัย

สมบัติทางเคมีของลำไยอินทรีย์อบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบถุงพลาสติกใสชนิด PET (polyethylene terephthalate) ที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเนื้อลำไยอบแห้ง (มผช.1385/2558) นั้นค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต้องไม่เกิน 0.6 เนื่องจากวอเตอร์แอกทิวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโต (Thai Industrial Standards Institute, 2015) ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า ลำไยอินทรีย์อบแห้งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิทั้ง 2 สภาวะมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีและค่าความชื้นเพิ่มขึ้น แต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rattanasakultham and Amaroek (2018) ซึ่งได้ทำการศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้อง (25-30 °C) นั้นเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ถุงพอลิโพรพิลีน ถุงสุญญากาศ และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์มีความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น และคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิ 4-8 °C ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดเช่นกัน มีความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

สมบัติทางกายภาพของลำไยอินทรีย์อบแห้งมีค่าความแน่นเนื้อ ความเหนียว และค่าสี L*, a*, และ b* ลดลง โดยค่า L* แสดงถึงค่าความสว่าง และค่าสี b* แสดงถึงความเป็นสีเหลืองของลำไยอินทรีย์อบแห้ง มีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นไปเรื่อยๆ สำหรับการเปลี่ยนแปลงด้านสีของลำไยอินทรีย์อบแห้งมีสาเหตุมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งพบมากในผลิตภัณฑ์อาหารแห้งและอาหารกึ่งแห้ง ปฏิกิริยานี้จะเกิดได้อย่างรวดเร็วในสภาวะที่มีน้ำและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีอยู่ในช่วง 0.2-0.8 (Rattanasakultham and Amaroek, 2018) และจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (Suppalakpanya, 2018) อีกทั้งเนื่องจากในกระบวนการผลิตไม่มีการใช้สารเคมีใด ๆ ในการอบแห้งลำไยอินทรีย์ ส่วนค่าความแน่นเนื้อมีค่าลดลง เนื่องจากลำไยอินทรีย์อบแห้งมีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลานานขึ้น

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของลำไยอินทรีย์อบแห้งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเนื้อลำไยอบแห้ง ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกวา 1×10^6 โคโลนีตอตัวอยาง 1 กรัม ยีสตและรา ต้องน้อยกวา 1×10^3 โคโลนีตอตัวอยาง 1 กรัม (Thai Industrial Standards Institute, 2015) ซึ่งปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมากกว่า 0.85 เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้ (Kanpairo *et al*., 2020) ซึ่งจากงานวิจัย พบว่า การวิเคราะห์ปริมาณเฉลี่ยเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณเฉลี่ยเชื้อยีสต์และราของลำไยอินทรีย์อบแห้งนั้นยังเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานดังที่ได้กล่าวไว้ อีกทั้งยังมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเนื้อลำไยอบแห้ง

สรุปผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยอินทรีย์อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียสนั้น ผลิตภัณฑ์ลำไยอินทรีย์อบแห้งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ยังคงมีสมบัติทางเคมีและกายภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตมาใหม่ โดยการเก็บรักษาลำไยอินทรีย์อบแห้งที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีและจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลำไยอินทรีย์อบแห้งเพื่อการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยการสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2016. **Offcial Methods of analysis of AOAC international.** 20th ed. Maryland: Association of Analytical Chemists. 3172 p.

Jaroenkit, T. 2010. Organic longan. **Longan Newsletter** 3(1): 4-16. [in Thai].

Kanpairo, K., A. Kacheng and K. Leanuh. 2020. Shelf-life extension of Chinese pie (Tao Sor). **Journal of Science and Technology** 5(2): 68-77. [in Thai].

Office of Agricultural Economics. 2017. **Longan**. [online]. Available https://www.oae.go.th//assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/longan%2060%20district.pdf (3 February 2019). [in Thai].

Rattanasakultham, C. and S. Amaroek. 2018. A study of package and storage conditions on dried litchi flesh quality. **Agricultural Science Journal** 49(1)(Suppl.): 617-621. [in Thai].

Suppalakpanya K. 2018. **Keeping phytochemical important of cashew apple dried**. 66 p. *In* research report. Nakhon Si Thammarat: Rajamangala University of Technology Srivijaya. [in Thai].

Thai Industrial Standards Institute. 2015. **Thai community product standard of dried longan**. [Online]. Available http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps1385_58(เนื้อลำไยอบแห้ง).pdf (26 September 2021). [in Thai].

การตรวจสอบผลึกแคลเซียมออกซาเลตในผักพื้นบ้านบางชนิดและการลดปริมาณออกซาเลตด้วยวัตถุดิบธรรมชาติที่มีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ

Calcium Oxalate Crystals Observation in Some Indigenous Vegetables and the Reduction of Oxalate by Treated with Natural Calcium Compounds

พรอนันต์ บุญก่อน ศาสตรา ลาดปะละ อังคณา เชื้อเจ็ดตน และหฤทัย ไทยสุชาติ

Pornanan Boonkorn, Sastra Ladpala, Angkhana Chuajedton and Haruthai Thaisuchat

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง 52100

Faculty of Science, Lampang Rajabhat University, Lampang, Thailand 52100

Corresponding author: pornananb@yahoo.com

Abstract

Oxalate is found in many leafy plants. Once consumed, it had been linked to kidney stones and osteoporosis in elder people. The purpose of this research was to study calcium oxalate crystals by using light microscope and the reduction of oxalate content in five indigenous vegetables including cabbage, elephant ear, long coriander, kaow-thong, and sweet basil by soaked in distilled water, steamed, boiled in distilled water, boiled in pasteurized milk, boiled in coconut milk or soaked in limewater, 10 minutes for each treatment. After that, plant samples were extracted and analyzed for total oxalate. The result showed that raphides and druses calcium oxalate crystals were found in elephant ear and kaow-thong, respectively. The significance reduction of oxalate content after being boiled in pasteurized milk, coconut milk and distilled water was found ($p<0.05$).

Keywords: oxalate reducing, indigenous vegetables, calcium

บทคัดย่อ

ออกซาเลตพบมากในผักใบเขียว เมื่อบริโภคเข้าสู่ร่างกายจะเป็นสาเหตุของนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะและโรคกระดูกพรุนในผู้สูงอายุ งานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบผลึกแคลเซียมออกซาเลตในเนื้อเยื่อพืชโดยใช้กล้องจุลทรรศน์และศึกษาการลดออกซาเลตในผักพื้นบ้านบางชนิดที่ชาวบ้านนิยมบริโภค ได้แก่ กะหล่ำปลี บอน ผักคาวตอง ผักชีฝรั่ง และโหระพา โดยวิธีการแช่ในน้ำกลั่น การนึ่ง การต้มในน้ำกลั่น การต้มในน้ำนม การต้มในน้ำกะทิ และการแช่ในน้ำปูนใส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในเนื้อเยื่อพืช ผลการวิจัยพบผลึกแคลเซียมออกซาเลตในบอนและผักคาวตอง ซึ่งเป็นผลึกรูปเข็มและรูปดาว ตามลำดับ และพบว่าการต้มพืชในน้ำกลั่นและในสารที่มีส่วนประกอบของแคลเซียม ได้แก่ น้ำนมและน้ำกะทิ สามารถลดออกซาเลตในพืชทั้ง 5 ชนิดลงได้สูงกว่าวิธีการอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ: การลดปริมาณออกซาเลต ผักพื้นบ้าน แคลเซียม

คำนำ

ออกซาเลตเป็นองค์ประกอบสำคัญของก้อนนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะและอาจนำไปสู่ภาวะเสี่ยงต่อโรคกระดูกพรุน เนื่องจากสามารถรวมกับแคลเซียมในร่างกายทำให้มวลกระดูกลดลงในผู้สูงอายุ ออกซาเลตส่วนใหญ่มาจากพืชผักที่รับประทานเข้าไป แบ่งออกเป็น 2 รูป ได้แก่ ออกซาเลตที่ละลายน้ำ (soluble oxalate) และออกซาเลตที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble oxalate) ซึ่งส่วนใหญ่จะเก็บสะสมในเนื้อเยื่อพืชในรูปของผลึกแคลเซียมออกซาเลต การรวมตัวระหว่างออกซาเลตในรูปที่ละลายน้ำได้กับแคลเซียมในร่างกายมนุษย์กลายเป็นผลึกแคลเซียมออกซาเลตเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะ ส่วนผลึกแคลเซียมออกซาเลตบางรูป (form) สามารถก่อการระคายเคืองกับอวัยวะภายในได้ ปัจจุบันมีรายงานว่าสามารถลดปริมาณออกซาเลตในพืชลงได้โดยใช้วิธีการปรุงอาหารที่เหมาะสม เช่นการต้มสุกหรือการลวก (Oscarsson and Savage, 2007) รวมทั้งการใช้สารละลายที่มีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากแคลเซียมสามารถตกตะกอนกับออกซาเลตในพืชกลายเป็นแคลเซียมออกซาเลตซึ่งอยู่ในรูปที่เป็นพิษน้อยกว่าออกซาเลตในรูปที่ละลายน้ำหากร่างกายได้รับเข้าไป ดังเช่นรายงานวิจัยของ Brogren and Savage (2003) และ Savage and Radek (2008) ที่พบว่าเมื่อใบผักโขมหรือใบเผือกพร้อมกับน้ำนมหรือผลิตภัณฑ์จากนม สามารถลดปริมาณออกซาเลตในรูปที่ละลายน้ำลงไปได้อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการลดออกซาเลตในผักที่คนในแถบภาคเหนือนิยมนำมาบริโภคโดยตรงหรือผ่านการปรุง ได้แก่ กะหล่ำปลี บอน ผักคาวตอง ผักชีฝรั่ง และโหระพาโดยเปรียบเทียบวิธีการปรุงแบบต่าง ๆ ที่ใช้กันโดยทั่วไป ซึ่งผลการวิจัยจะเป็นข้อมูลในการเลือกวิธีปรุงพืชผักเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดโรคนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะและภาวะเสี่ยงต่อโรคกระดูกพรุนในผู้สูงอายุต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองในเดือน เมษายน พ.ศ. 2562–กันยายน พ.ศ. 2562 โดยนำพืช 5 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี บอน ผักคาวตอง ผักชีฝรั่ง และโหระพา ซึ่งซื้อมาจากตลาดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง นำมาเฉือนเป็นชิ้นบาง ๆ ตามยาว (long section) และตามขวาง (cross section) และลอกผิวใบ เพื่อตรวจผลึกแคลเซียมออกซาเลตภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่กำลังขยาย 400 เท่า ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผลึกแคลเซียมออกซาเลตและวัดขนาดของผลึกโดยทำการสุ่มนับจำนวน 30 ซ้ำ ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ USB 2.0 Camera

การศึกษาการลดปริมาณออกซาเลต พืชแต่ละชนิดถูกนำมาทำการทดลอง ประกอบด้วย 7 ชุดการทดสอบ ได้แก่ ชุดควบคุม (ไม่ผ่านการปรุง) แช่ในน้ำกลั่น นึ่ง ต้มในน้ำกลั่น ต้มในน้ำนม ต้มในน้ำกะทิ หรือแช่ในน้ำปูนใส โดยปูนแดงและน้ำกะทิคั้นสดซื้อมาจากตลาดในท้องถิ่น ส่วนน้ำนมเป็นน้ำนมโคแท้ 100% รสจืด พาสเจอร์ไรซ์ ซื้อมาจากร้านสะดวกซื้อในท้องถิ่น ทุกชุดการทดสอบใช้เวลา 10 นาที โดยในชุดที่ต้มหรือนึ่งนั้นทำการใส่พืชลงไปเมื่อน้ำเริ่มเดือดแล้วจึงเริ่มต้นจับเวลา แต่ละชุดทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำชิ้นเนื้อเยื่อพืชไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (total oxalate) ในเนื้อเยื่อพืชตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Abdel-Moemin (2014) โดยนำตัวอย่างพืชที่ผ่านการอบแห้งและบดเป็นผงมา 0.1 กรัม ผสมกับสารละลาย 1M HCl 30 มิลลิลิตร นำไปเขย่าในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นเติมสารละลาย 5%CaCl 0.5 มล. เพื่อทำการตกตะกอนแคลเซียมออกซาเลตลงมา นำสารที่ได้ไปเหวี่ยงที่ 800g นาน 15 นาที เก็บตะกอนที่ได้ออกมาล้างด้วยสารละลาย 0.35M NH_4OH จากนั้นนำตะกอนที่ได้ไปละลายใหม่ในสารละลาย 0.5M H_2SO_4 นำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน 0.1M $KMnO_4$ ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนถึงจุดยุติ จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณออกซาเลตทั้งหมดในหน่วย มก. ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg/100 g DW)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) วิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยวิธี One-Way ANOVA และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p<0.05$

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผักที่ใช้ในการตรวจผลึกแคลเซียมออกซาเลตมีจำนวนทั้งหมด 5 ชนิด ซึ่งพบผลึกแคลเซียมออกซาเลต จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ผักคาวตอง พบผลึกแคลเซียมออกซาเลตรูปดาว (druse) ขนาดเฉลี่ย 15.23 x 13.02 ไมโครเมตร โดยพบในชั้นมีโซฟิลล์ของใบเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่บอน พบผลึกรูปเข็ม (raphide) ขนาดเฉลี่ย 1.90 x 27.02 ไมโครเมตร มักพบบรรจุอยู่ในถุงในลักษณะของมัดเข็ม (bundle of raphide) แทรกอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของใบและก้านใบ (Figure 1) ส่วนในพืชอีก 3 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี โหระพา และผักชีฝรั่ง ไม่พบผลึกแคลเซียมออกซาเลตในส่วนที่ใช้รับประทานแต่อย่างใด

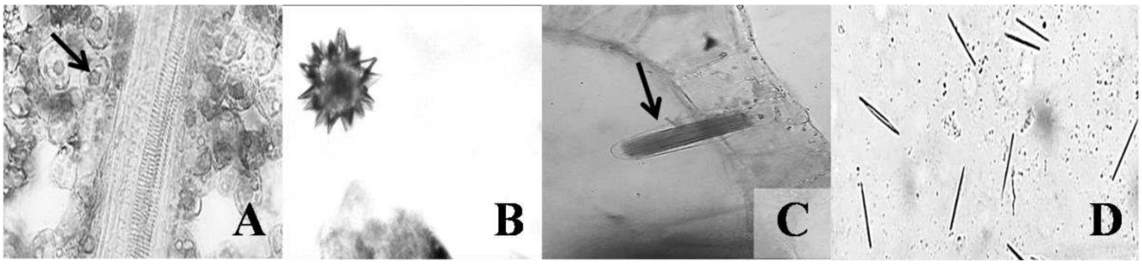


Figure 1 Calcium oxalate in druse form founded in kaow-thong plant (A, B) and raphide form founded in elephant ear plant (C, D)

จากการทดสอบวิธีปรุงผักแบบต่าง ๆ พบว่าสามารถลดปริมาณออกซาเลตได้แตกต่างกันออกไป (Table 1) โดยการต้มในน้ำนมและน้ำกะทิคั้นสดสามารถลดออกซาเลตในเนื้อเยื่อพืชลงได้ สอดคล้องกับรายงานของ Oscarsson and Savage (2007) ที่ทดสอบนำใบเผือกไปประกอบอาหารร่วมกับนมสดหรือผลิตภัณฑ์นม พบว่าสามารถช่วยลดปริมาณออกซาเลตในรูปที่ละลายน้ำได้ลง ขณะที่ Savage and Radek (2008) รายงานว่าเมื่ออบใบเผือกสายพันธุ์เมารีและใบเผือกสายพันธุ์ญี่ปุ่นพร้อมกับน้ำนมสดหรือน้ำกะทิทำให้ปริมาณออกซาเลตทั้งหมดและปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ลดลง ส่วน Brogren and Savage (2003) รายงานว่าการเติมผลิตภัณฑ์นมจะช่วยการลดปริมาณออกซาเลตในผักโขมอบได้ และการดูดซึมออกซาเลตจะลดลงหากรับประทานร่วมกับผลิตภัณฑ์นม เนื่องจากนมสดและน้ำกะทิมีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณสูง โดยแคลเซียมจะไปรวมกับออกซาเลตกลายเป็นแคลเซียมออกซาเลตซึ่งอยู่ในรูปที่ร่างกายไม่ดูดซึมและถูกขับถ่ายออกมาพร้อมกับกากอาหาร เห็นได้ว่าการปรุงด้วยน้ำกะทิและน้ำนมมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณออกซาเลตใกล้เคียงกัน แม้ว่าในน้ำกะทิมีแคลเซียมเพียง 33.4 มก. ขณะที่น้ำนมมีแคลเซียมถึง 140.3 มก. (Savage *et al.*, 2009) ซึ่งชี้ว่าปริมาณแคลเซียมในน้ำกะทิอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการรวมตัวกับออกซาเลตในผักแล้ว

การต้มหรือนึ่งพืชสามารถลดออกซาเลตในเนื้อเยื่อพืชได้อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน สอดคล้องกับรายงานของ Emmanuel *et al.* (2006) ที่ศึกษาวิธีการเตรียมที่มีผลต่อระดับของออกซาเลตในใบพืชบางชนิดในประเทศไนจีเรีย ซึ่งรายงานไว้ว่า การต้มและการทิ้งน้ำที่ใช้ในการต้มผักสามารถลดปริมาณของออกซาเลตได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Savage and Dubois (2006) ที่รายงานว่าการต้มใบเผือกด้วยน้ำสามารถลดออกซาเลตลงได้ 36 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Chai and Liebman (2005) รายงานว่า ก้านรูบาร์บ ใบสวิสชาร์ดสีเขียว ใบสวิสชาร์ดสีแดง แครอท กะหล่ำปลี และบร็อคโคลี่ เมื่อนำไปต้มสามารถลดออกซาเลตที่ไม่ละลายน้ำลง 15-74 เปอร์เซ็นต์ และการนึ่งแครอทและใบสวิสชาร์ดสีแดง สามารถลดออกซาเลตที่ไม่ละลายน้ำได้ 42 และ 36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งการที่นำพืชไปต้มหรือนึ่งด้วยไอน้ำร้อนส่งผลให้เซลล์พืชถูกทำลาย เยื่อหุ้มเซลล์เกิดการรั่วไหล ออกซาเลตจึงถูกละลายออกมาในสารละลายที่ใช้ต้มและนึ่งนั้น ขณะที่การแช่พืชในน้ำอุณหภูมิปกติสามารถลดออกซาเลตได้เช่นกันเมื่อเทียบกับชุดควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Savage and Dubois (2006) ที่รายงานว่า การแช่ใบเผือกในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที สามารถลดออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ 6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการแช่น้ำข้ามคืนสามารถลดได้ 26 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Ologhobo (1989) รายงานว่าออกซาเลตในเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณลดลงเมื่อนำไปแช่น้ำแล้วนำไปเพาะให้งอก โดยออกซาเลตที่ละลายน้ำได้บางส่วนจะถูกละลายออกจากเซลล์บริเวณใกล้ ๆ ผิวของเนื้อเยื่อลงในน้ำที่ใช้แช่นั้น อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการต้ม การนึ่ง และการแช่ในน้ำกลั่นสามารถลด

ออกซาเลตในเนื้อพืชลงได้ แต่ออกซาเลตยังคงละลายอยู่ในน้ำนั้นซึ่งยังคงเป็นอันตรายหากรับเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นในการประกอบอาหารจึงจำเป็นต้องเทน้ำต้มผักในครั้งแรกทิ้งไปก่อน แล้วจึงค่อยนำผักนั้นไปประกอบอาหารต่อจึงจะสามารถลดความเสี่ยงจากการได้รับออกซาเลตลง

Table 1 The reduction of oxalate content in five indigenous vegetables with various methods for 10 minutes

	Total oxalate content (mg/100 g DW)				
	Cabbage	Elephant ear	Kaow-thong	Long coriander	Sweet basil
control	50.18 a	345.84 a	243.62 a	233.85 a	136.72 a
Soaked in water	44.97 ab	280.72 b	229.55 b	225.39 b	121.09 b
Steamed	47.58 ab	272.92 bc	226.04 c	224.74 bc	103.52 c
Boiled in water	40.42 b	249.48 d	220.18 d	220.18 d	62.50 d
Boiled in pasteurized milk	40.42 b	246.88 d	219.56 d	219.53 d	60.54 d
Boiled in coconut milk	41.07 b	249.35 d	221.48 d	219.53 d	64.45 d
Soaked in limewater	45.63 ab	265.12 c	227.99 bc	222.14 cd	117.19 b

Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

การปรุงอาหารโดยใช้กะทิถือเป็นภูมิปัญญาของไทยมาแต่โบราณ ซึ่งนอกจากช่วยเพิ่มรสชาติของอาหารแล้ว งานวิจัยนี้รวมถึงงานวิจัยต่าง ๆ ก่อนหน้านี้ชี้ว่าการเติมน้ำกะทิในอาหารยังสามารถลดปริมาณออกซาเลตได้อีกทางหนึ่งด้วย ขณะที่ในปัจจุบันผู้บริโภคเริ่มดูแลสุขภาพมากขึ้นโดยบริโภคกะทิน้อยลงและหันมาใช้น้ำนมและผลิตภัณฑ์จากน้ำนมที่มีปริมาณคอเรสเตอรอลต่ำกว่ากะทิมาใช้ทดแทน ซึ่งก็ถือว่าเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการปรุงอาหารในกลุ่มผู้รักสุขภาพ ซึ่งเมื่อแคลเซียมในน้ำนมหรือน้ำกะทิรวมตัวกับออกซาเลตให้อยู่ในรูปผลึกแคลเซียมออกซาเลต แม้ว่าจะยังคงตกค้างอยู่ในน้ำแกงหรือในอาหาร แต่ก็อยู่ในรูปที่เมื่อบริโภคเข้าไปแล้วมีความเป็นพิษน้อยมากเนื่องจากจะไม่ถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือดแต่อย่างใด โดยเกือบทั้งหมดจะถูกขับออกมาพร้อมกากใยอาหารทางอุจจาระ ขณะที่การต้มและการนึ่งก็เป็นอีกแนวทางการปรุงอาหารที่แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพในการลดออกซาเลตไม่สูงเท่าการปรุงด้วยน้ำกะทิหรือนมสด แต่ก็เป็นวิธีที่สามารถลดออกซาเลตได้ดี ซึ่งผู้วิจัยเสนอว่าเมื่อต้มหรือนึ่งผักแล้วควรทิ้งน้ำที่ใช้ต้มหรือนึ่งนั้นทิ้งไปก่อน เนื่องจากจะมีออกซาเลตละลายอยู่เป็นจำนวนมาก จากนั้นค่อยนำผักมาปรุงต่อ อย่างไรก็ตามการต้มผักแล้วเทน้ำทิ้งย่อมส่งผลให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางอาหารบางประการ เช่น วิตามินชนิดต่าง ๆ ดังนั้นวิธีการนี้จึงเหมาะสมกับบุคคลกลุ่มเสี่ยง เช่น ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยเกี่ยวกับโรคเลือดหรือกระดูกที่ชอบรับประทานผักแต่ต้องการหลีกเลี่ยงการสะสมออกซาเลตในร่างกาย สำหรับผักบางชนิดที่ไม่นิยมบริโภคแบบสุกหรือไม่ต้องการใช้ความร้อนในการปรุงเพราะเกรงจะสูญเสียรสชาติหรือสารสำคัญบางชนิด ก็สามารถใช้วิธีการแช่ผักหรือการล้างในน้ำที่กำลังไหลได้ เนื่องจากสามารถลดออกซาเลตลงได้

พอสมควร แต่อย่างไรก็ตามหากไม่สามารถหลีกเลี่ยงการบริโภคผักเหล่านี้ หรือใช้วิธีการปรุงดังที่กล่าวมาได้ ผู้บริโภคก็ควรรับประทานได้ไม่เกินวันละ 22 กรัมต่อน้ำหนักตัว 60 กก. หรือ 378 มก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก. (Chanapa, 2011)

สรุปผลการวิจัย

จากการนำกะหล่ำปลี บอน โหระพา ผักคาวตอง และผักชีฝรั่ง มาศึกษาการลดปริมาณออกซาเลตผ่านวิธีการปรุงที่นิยมปฏิบัติกันทั่วไปในพืชจำนวน 7 กรรมวิธี ได้แก่ แช่ในน้ำกลั่น นึ่ง ต้มในน้ำกลั่น ต้มในน้ำนม ต้มในน้ำกะทิ และแช่ในน้ำปูนใส พบว่าการต้มผักในน้ำกลั่น น้ำนมและน้ำกะทิ สามารถลดปริมาณออกซาเลตในผักได้สูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณและสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Abdel-Moemin, A.R. 2014. Oxalate content of Egyptian grown fruits and vegetables and daily common herbs. **Journal of Food Research** 3(3): 66-77.

Brogren, M. and G.P. Savage. 2003. Bioavailability of soluble oxalate from spinach eaten with and without milk products. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition** 12(2): 219-224.

Chai, W. and Liebman, M. 2005. Effect of different cooking methods on vegetable oxalate content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 53: 3027-3030.

Chanapa, P. 2011. The risk factors of kidney stones focusing on calcium and oxalate. **Songklanagarind Medical Journal** 29(6): 299-308. [in Thai].

Emmanuel, O.O. H. A. Makun, R.O. Bamigbade, A.O. Oyewaleand, J.A. Oladiran. 2006. The effect of processing and preservation methods on the oxalate levels of some Nigerian leafy vegetables. **Biokemistri** 18(2): 121-125.

Ologhobo, A.D. 1989. Improving the nutritive value of soybean (*Glycine max* (L.)Merr.) through processing: biochemical and protein quality studies. **Tropical Agriculture Trinidad Journal** 66: 290-296.

Oscarsson, K.V. and G.P. Savage. 2007. Composition and availability of soluble and insoluble oxalates in raw and cooked taro (*Colocasia esculenta* var. Schott) leaves. **Food Chemistry** 101(2): 559-562.

Savage, G.P. and M. Dubois. 2006. The effect of soaking and cooking on the oxalate content of taro leaves. **International Journal of Food Sciences and Nutrition** 57(5): 376-381.

Savage, G.P. and M. Radek. 2008. Oxalates in some Indian green leafy vegetables. **International Journal of Food Sciences and Nutrition** 59(3): 246-260.

Savage, G.P., L. Martensson. and J.R. Sedcole. 2009. Composition of oxalates in baked taro (*Colocasia esculenta* var.Schott) leaves cooked alone or with additions of cow's milk or coconut milk. **Journal of Food Composition and Analysis** 22(1): 83-86.

Session 11

ภาคบรรยาย

ไมโครนาโนบับเบิล: การไพรม์เมล็ดร่วมกับ *Trichoderma asperellum* ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หอมใหญ่

Micro Nanobubbles: Seed Priming Combined *Trichoderma asperellum* on Seed Quality of Onion (*Allium cepa*)

อรัญญา สิงโสภา และจักรพงษ์ กางโสภา*

Arunya Singsopa and Jakkrapong Kangsopa*

สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jakkrapong_ks@mju.ac.th

Abstract

The onion is an important crop that has a high demand. In the seedling system, there are often problems with inconsistent germination and low vigor of onion seeds. As a result, it is easy for diseases and insects to destroy the seedlings. In addition, consumers nowadays prefer products grown without the use of chemicals. Therefore, the nano-bubble seed priming technology is used together with microorganisms that prevent plant diseases and promote plant growth to improve the quality of onion seeds. This research aims to determine the ratio of *Trichoderma asperellum* suitable for priming onion seeds to achieve the highest germination and vigor when using nano-bubble technology to enhance the seed quality and the cultivation of onion seedlings. This experiment was conducted at the Seed Technology Laboratory, Agronomy Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. The 2x5 Factorial experiment as part of randomized complete block design was used. There are two main control factors. Factor A is the durations used for seed priming which are 6 and 12 hours, and factor B is different ratios of *Trichoderma asperellum* 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 grams - used for seed priming. The results showed that there was no statistically significant difference in seed priming durations compared to non-primed seeds. However, seeds primed with 0.1, 1.5, and 2 grams of *T. asperellum* showed a higher germination rate than seeds primed with the other ratios of *T. asperellum*. However, no difference was found when they were compared with non-primed seeds and those primed with 1 gram of *T. asperellum*. Additionally, the seeds primed with 0.1 gram of *T. asperellum* showed a higher speed of germination than those primed with other ratios of *T. asperellum*. When priming the seeds with 1.5 grams of *T. asperellum*, the shoot length was higher than those primed with other ratios of

T. asperellum, and the difference was statistically significant compared to non-primed seeds. In conclusion, priming seeds with 0.1 grams of *T. asperellum* for 6 hours is the recommended ratio and duration for priming onion seeds to reduce the production cost in the industrial system

Keywords: seed enhancement, onion seeds, organic seed, nano-bubble

บทคัดย่อ

หอมใหญ่เป็นพืชผักที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความต้องการสูง แต่ในระบบการเพาะกล้ามักประสบปัญหาเมล็ดหอมงอกไม่สม่ำเสมอ ความแข็งแรงต่ำ ทำให้โรคและแมลงเข้าทำลายต้นกล้าได้ง่าย อีกทั้งผู้บริโภคต้องการผลผลิตที่ปราศจากการใช้สารเคมีจึงได้มีการนำเทคโนโลยีการไพรม์เมล็ดพันธุ์ด้วยนาโนบับเบิลร่วมกับจุลินทรีย์ที่ป้องกันโรคพืชและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเข้ามาช่วยยกระดับคุณภาพของเมล็ดหอมใหญ่ให้ดีขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนของการใช้ *Trichoderma asperellum* ที่เหมาะสมต่อการไพรม์เมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ด้วยวิธีนาโนบับเบิล เพื่อยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเพาะต้นกล้าหอมใหญ่ให้มีความงอกและความแข็งแรงสูงที่สุด โดยการทดลองนี้ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วางแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in Completely Randomized Design มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ระยะเวลาในการไพรม์เมล็ดพันธุ์ คือ 6 และ 12 ชั่วโมง ปัจจัย B คือ การไพรม์ร่วมกับ *Trichoderma asperellum* ในอัตราที่แตกต่างกัน คือ 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาในการไพรม์เมล็ดพันธุ์ทุกวิธีการไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ แต่เมล็ดที่ถูกไพรม์ด้วย *T. asperellum* อัตรา 0.1, 1.5 และ 2 กรัม มีความงอกสูงมากกว่าอัตราอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้ไพรม์และการไพรม์เมล็ดด้วย *T. asperellum* อัตรา 1 กรัม ส่วนการไพรม์เมล็ดด้วย *T. asperellum* อัตรา 0.1 กรัม มีความเร็วในการงอกที่สูงมากกว่าอัตราอื่น ๆ เมื่อตรวจสอบการไพรม์เมล็ดด้วย *T. asperellum* อัตรา 1.5 กรัม พบว่ามีความยาวต้นมากกว่าอัตราอื่นๆ และแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่ไพรม์ ดังนั้นสรุปได้ว่าการไพรม์เมล็ดร่วมกับ *T. asperellum* อัตรา 0.1 กรัม ในระยะเวลา 6 ชั่วโมง เป็นอัตราและระยะเวลาแนะนำสำหรับการไพรม์เมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ เพื่อลดต้นทุนการผลิตต้นกล้าหอมใหญ่ในระบบอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ เมล็ดผักอินทรีย์ นาโนบับเบิล

คำนำ

หอมใหญ่ เป็นพืชผักที่มีการปลูกอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะสาธารณรัฐประชาชนจีน และอินเดีย รองลงมาคือ สหรัฐอเมริกา อียิปต์ อิหร่าน ตุรกี ปากีสถาน บราซิล สหพันธรัฐรัสเซีย และสาธารณรัฐเกาหลี (Pareek *et al.*, 2018) อีกทั้งหอมใหญ่เป็นพืชที่นิยมบริโภคกันทั่วโลก และยังมีสารสำคัญหลายชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอล และ

ฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระ (Assatarakul and Himasuttidach, 2017) สำหรับประเทศไทยมีแหล่งผลิตหอมใหญ่ที่สำคัญคือ จังหวัดกาญจนบุรี และเชียงใหม่ จากความสำคัญดังกล่าวยังคงทำให้หอมหัวใหญ่เป็นพืชที่ยังมีความต้องการต่อผู้บริโภคสูง อย่างไรก็ตามการเพาะปลูกหอมใหญ่ทั้งในระดับเกษตรกรหรืออุตสาหกรรมมักประสบปัญหาเรื่องราคาเมล็ดพันธุ์ที่ค่อนข้างสูง ทำให้เกษตรกรนำเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีคุณภาพมาปลูก จึงส่งผลต่อคุณภาพของต้นกล้ามีการงอกไม่สม่ำเสมอ ความแข็งแรงน้อย ทำให้โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย นอกจากนี้เมล็ดพันธุ์ที่ใช้ยังเสื่อมคุณภาพง่าย ทำให้เกิดปัญหาทั้งราคาสูง และเพิ่มต้นทุนการใช้เมล็ดพันธุ์เพิ่มสูงขึ้น (Department of Agricultural Extension, 2008)

จากปัญหาดังกล่าวในการแก้ปัญหาในทางเมล็ดพันธุ์สามารถนำวิธีการ การไพรม์เมล็ดพันธุ์ มาช่วยให้เมล็ดหอมใหญ่มีการงอกที่สม่ำเสมอและเพิ่มความแข็งแรงให้กับต้นกล้าได้ โดยการไพรม์เมล็ดพันธุ์เป็นเทคนิคการให้ความชื้นกับเมล็ดเพื่อกระตุ้นการเกิดกระบวนการเมทาบอลิซึมต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อกระบวนการงอกเมล็ดพันธุ์ สามารถลดเวลาการงอกของเมล็ดพันธุ์และเพิ่มความสม่ำเสมอในการงอกของเมล็ดพันธุ์ได้ (Rhaman *et al.*, 2020) โดยอีกหนึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของเมล็ดพันธุ์คือ ออกซิเจน ซึ่งการไพรม์เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำนาโนบับเบิล ที่มีฟองอากาศออกซิเจนอยู่ในน้ำจะส่งผลให้เมล็ดมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ย่อยสลายพลังงานมาใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมมากขึ้น เป็นการเพิ่มความสามารถในการงอกของเมล็ดได้มากขึ้น (Naenfan and Pagamas, 2020) ยกตัวอย่างการรายงานของ Sritontip *et al*. (2018) พบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์คะน้าในน้ำไมโครนาโนบับเบิล 5 นาที สามารถเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดคะน้าและต้นกล้าคะน้ามีความสูงต้น ความยาวรากมากกว่าเดิม นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มสารออกฤทธิ์ที่ควบคุมการงอกและการเจริญเติบโต หรือจุลินทรีย์บางชนิดที่มีส่วนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและควบคุมการเกิดโรคในระยะต้นกล้าได้ เช่น การเพิ่ม *Trichoderma asperellum* ซึ่งมีความสามารถในการควบคุม และป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ ยกตัวอย่างเช่น มีการใช้ *Trichoderma asperellum* เพื่อควบคุมโรคเน่าระดับดินในมะเขือเทศ และสามารถลดโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้ (Intana *et al*., 2016; Chamswarng *et al*., 2016) นอกจากนี้การใช้ *Trichoderma* spp. ยังสามารถเพิ่มการงอก และดัชนีการงอกของกระเจี๊ยบเขียวได้ (Irum, 2008)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนของการใช้ *Trichoderma asperellum* ที่เหมาะสมต่อการไพรม์เมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ด้วยวิธีนาโนบับเบิล เพื่อยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเพาะต้นกล้าหอมใหญ่ให้มีความงอกและความแข็งแรงสูงที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

การไพรม์เมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ด้วยน้ำไมโครนาโนบับเบิลร่วมกับ *Trichoderma asperellum*

เตรียมน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นทำให้เป็นน้ำนาโนบับเบิลด้วยเครื่อง Nano Bubble Generator จากสาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นเวลา 2 นาที ตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำก่อนการทำนาโนบับเบิล พบว่ามีค่าออกซิเจนคือ 7.22 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำหลังการทำนาโนบับเบิล พบว่ามีค่าออกซิเจนเพิ่มขึ้นคือ 18.47 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้นนำน้ำนาโนบับเบิลที่ได้มาทำการไพรม์เมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ (ปีการผลิต 2562) ที่มีส่วนผสมของสารชีวภัณฑ์ *Trichoderma asperellum* (บริษัทแอพพลายเค็ม

(ประเทศไทย) จำกัด) (ความเข้มข้นของจำนวนเชื้อ $2x10^8$ cfu/g) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยการทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A คือ ระยะเวลาในการไพรม์เมล็ดพันธุ์ คือ 6 และ 12 ชั่วโมง ปัจจัย B คือการไพรม์ร่วมกับ *Trichoderma asperellum* ในอัตราที่แตกต่างกัน คือ 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม ต่อเมล็ดพันธุ์ 3.5 กรัม เมื่อครบกำหนดเวลานำเมล็ดพันธุ์ออกมาล้างด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นซับน้ำที่ผิวเมล็ด และนำไปลดความชื้นในสภาพอุณหภูมิห้อง (มีพัดลมเป็นเครื่องช่วยลดความชื้นเมล็ด) จนความชื้นเมล็ดใกล้เคียงหรือเท่ากับความชื้นเริ่มต้นคือ 7% แล้วนำเมล็ดที่ผ่านการไพรม์มาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพเรือนทดลอง

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพเรือนทดลอง

การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์

สุ่มเมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ที่ผ่านการไพรม์ และไม่ไพรม์ จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด มาทดสอบความงอก โดยเพาะในถาดเพาะกล้า ใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ ประเมินต้นกล้าปกติโดยทำการนับความงอกครั้งแรก (First count) หลังจากเพาะ 6 วัน และนับครั้งสุดท้าย (Final count) หลังเพาะ 12 วัน จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอก

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์} = \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

การทดสอบความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์

ตรวจนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติในทุก ๆ วัน นับครั้งแรกหลังจากเพาะ 6 วัน จนถึงวันที่ 12 หลังเพาะ ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกของเมล็ดจากสูตร Czabator (1962)

$$\text{ความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

การทดสอบการโผล่พ้นดิน

ประเมินการโผล่พ้นดินของ Coleoptile หอมใหญ่ที่โผล่พ้นดินขึ้นมาจากหลุมเพาะต้นกล้า โดยประเมินในวันที่ 1 และวันที่ 5 หลังเพาะ ในแต่ละกรรมวิธี ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์การโผล่พ้นดินของต้นกล้าหอมใหญ่

$$\text{เปอร์เซ็นต์การโผล่พ้นดิน} = \frac{\text{จำนวนของ Coleoptile ที่โผล่พ้นดิน}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

การทดสอบความเร็วในการโผล่พ้นดิน

สุ่มตรวจนับการงอกของ Coleoptile หอมใหญ่ที่โผล่พ้นดินขึ้นมาทุกวัน ตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 5 หลังการเพาะ จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการโผล่พ้นดินของเมล็ดจากสูตร

$$\text{ความเร็วในการโผล่พ้นดิน} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวน Coleoptile ที่โผล่พ้นดินในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

การทดสอบเวลาเฉลี่ยในการงอก

ตรวจนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติตั้งแต่เริ่มเพาะจนถึงวันสุดท้าย โดยนับ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดจากสูตร Orchard (1977)

$$\text{เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)} = \frac{(G_1 \times D_1 + G_2 \times D_2 + \ldots + G_n \times D_n)}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด}}$$

เมื่อ $G_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกวันที่ 1, 2, ..., n (n = 12)

$D_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, ..., n (n = 12) หลังจากวันเพาะเมล็ด

การทดสอบความยาวลำต้น และน้ำหนักสดลำต้น

สุ่มต้นกล้าปกติที่อายุ 12 วัน จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น โดยการวัดความยาวลำต้นจะวัดตั้งแต่ส่วนรอยต่อของต้นกับรากไปจนถึงปลายสุดใบจริง โดยใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร และในส่วนของน้ำหนักสดลำต้นจะสุ่มต้นกล้าปกติที่อายุ 12 วัน จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น นำมาชั่งน้ำหนักสดลำต้นโดยใช้หน่วยเป็นกรัม

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ตามลักษณะต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม R โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 2x5 Factorial in Completely Randomized Design มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ระยะเวลาในการไพรม์เมล็ดพันธุ์ คือ 6 และ 12 ชั่วโมง ปัจจัย B คือการไพรม์ร่วมกับ *T. asperellum* ในอัตราที่แตกต่างกัน คือ 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัย

การโผล่พ้นดิน และการงอกของเมล็ดพันธุ์หอมใหญ่หลังการไพรม์เมล็ดด้วยน้ำไมโครนาโนบับเบิลร่วมกับ *Trichoderma asperellum*

เมื่อตรวจสอบการโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน และเวลาเฉลี่ยในการงอก พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งเวลาที่ใช้ในการไพรม์และอัตราความเข้มข้นของ *T. asperellum* แต่เมื่อตรวจสอบความงอก พบว่าเมล็ดที่ถูกไพรม์ด้วย *T. asperellum* อัตรา 0.1, 1.5 และ 2 กรัม มีความงอกสูงมากกว่าอัตราอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ถูกไพรม์ และเมล็ดที่ไพรม์ด้วย *T. asperellum* อัตรา 1 กรัม และเมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอก พบว่าเมล็ดที่ถูกไพรม์ด้วย *T. asperellum* อัตรา 0.1 กรัม มีความเร็วในการงอกที่สูงมากกว่าอัตราอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ถูกไพรม์ และเมล็ดที่ไพรม์ด้วย *T. asperellum* อัตรา 1, 1.5 และ 2 กรัม เมื่อพิจารณาเวลาในการ

ไพรม์เมล็ดที่ 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่า พบว่าเมล็ดที่ถูกไพรม์ทุกวิธีการทำให้การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน เวลาเฉลี่ยในการงอก ความงอก และความเร็วในการงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ (Table 1)

Table 1 Coleoptile emergence percentage (CE), speed of coleoptile emergence (SCE), germination percentage (GP), speed of germination (SG) and mean germination time (MGT) of onion seed after priming at different time and concentrations of *Trichoderma asperellum* tested under greenhouse condition

Treatment		Greenhouse condition				
		CE (%)	SCE (plants/day)	GP (%)	SG (plants/day)	MGT (day)
Time	6	55	12.03	73	12.07	6.98
	12	53	11.29	73	12.02	6.95
	F-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
	0	53	11.62	74 ab	12.13 ab	6.92
T. asperellum	0.1	55	11.83	76 a	12.55 a	7.23
	0.5	53	11.73	68 b	11.32 b	6.61
	1	50	10.99	69 ab	11.51 ab	6.61
	1.5	58	12.46	75 a	12.41 ab	7.3
	2	52	11.29	75 a	12.43 ab	7.07
	F-test	**ns**	**ns**	*	*	**ns**
	[1/]1	52	11.62	74	12.13	6.92
Time	2	56	12.2	75	12.4	7.21
x	3	50	11.08	66	10.98	6.26
T. asperellum	4	52	11.7	71	11.67	6.72
	5	61	13.18	77	12.67	7.55
	6	54	12	77	12.64	7.16
	7	54	11.45	77	12.69	7.25

Table 1 (Continued)

Treatment	Greenhouse condition				
	CE (%)	SCE (plants/day)	GP (%)	SG (plants/day)	MGT (day)
8	57	12.38	70	11.67	6.97
9	49	10.28	68	11.35	6.5
10	55	11.75	73	12.15	7.05
11	50	10.58	74	12.23	6.98
F-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
CV.%	**14.22**	**14.87**	**9.30**	**9.35**	**9.24**

ns, *: not significantly difference and significantly different at P≤0.05, respectively.

1/ 1 = Control, 2 = primed 12 hr. + *T. asperellum* 0.1 g., 3 = primed 12 hr. + *T. asperellum* 0.5 g., 4 = primed 12 hr. + *T. asperellum* 1 g., 5 = primed 12 hr. + *T. asperellum* 1.5 g., 6 = primed 12 hr. + *T. asperellum* 2 g., 7 = primed 6 hr. + *T. asperellum* 0.1 g., 8 = primed 6 hr. + *T. asperellum* 0.5 g., 9 = primed 6 hr. + *T. asperellum* 1 g., 10 = primed 6 hr. + *T. asperellum* 1.5 g. and 11 = primed 6 hr. + *T. asperellum* 2 g.

การเจริญเติบโตของต้นกล้าหอมใหญ่หลังการไพรม์เมล็ดด้วยน้ำไมโครนาโนบับเบิลร่วมกับ *Trichoderma asperellum*

จากการตรวจสอบน้ำหนักสด พบว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ และเมล็ดที่ไพรม์ด้วย *T. asperellum* อัตรา 0.1, 1 และ 1.5 กรัม มีน้ำหนักสดมากกว่าอัตราอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไพรม์ด้วย *T. asperellum* อัตรา 2 กรัม และจากการตรวจสอบความยาวต้น พบว่าเมล็ดที่ไพรม์ด้วย *T. asperellum* อัตรา 1.5 กรัม มีความยาวต้นมากกว่าอัตราอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไพรม์ด้วย *T. asperellum* อัตรา 0.1, 1 และ 2 กรัม และเมื่อพิจารณาถึงเวลาในการไพรม์ที่ 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดที่ถูกไพรม์ทุกวิธีการมีน้ำหนักสด และความยาวต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ (Table 2)

Table 2 Shoot fresh weight and shoot height of onion seed after priming at different time and concentrations of *Trichoderma asperellum* tested under greenhouse condition

Treatment		Greenhouse condition	
		Shoot fresh weight (g)	Shoot height (cm)
Time	6	0.35	7.44
	12	0.36	7.48
	F-test	ns	ns
	0	0.36 a	7.14 bc
T. asperellum	0.1	0.38 a	7.55 ab
	0.5	0.33 b	7.03 c
	1	0.35 a	7.56 ab
	1.5	0.36 a	7.76 a
	2	0.34 ab	7.41 a-c
	F-test	*	*
	[1/]1	0.36	7.15
Time	2	0.39	7.47
x	3	0.3	6.87
T. asperellum	4	0.36	7.61
	5	0.39	7.99
	6	0.32	7.27
	7	0.38	7.64
	8	0.36	7.18
	9	0.34	7.5
	10	0.34	7.54
	11	0.36	7.55
	F-test	ns	ns
	CV.%	**5.6**	**5.51**

ns, *: not significantly difference and significantly different at P≤0.05, respectively.

[1/] 1 = Control, 2 = primed 12 hr. + *T. asperellum* 0.1 g., 3 = primed 12 hr. + *T. asperellum* 0.5 g., 4 = primed 12 hr. + *T. asperellum* 1 g., 5 = primed 12 hr. + *T. asperellum* 1.5 g., 6 = primed 12 hr. + *T. asperellum* 2 g., 7 = primed 6 hr. + *T. asperellum* 0.1 g., 8 = primed 6 hr. + *T. asperellum* 0.5 g., 9 = primed 6 hr. + *T. asperellum* 1 g., 10 = primed 6 hr. + *T. asperellum* 1.5 g. and 11 = primed 6 hr. + *T. asperellum* 2 g.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการตรวจสอบระยะเวลาในการไพรม์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการไพรม์กับอัตราของ *T. asperellum* ไม่พบการเปลี่ยนแปลงทั้งความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าหอมใหญ่เมื่อทดสอบในสภาพเรือนทดลอง อย่างไรก็ตามผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า การไพรม์เมล็ดด้วย *T. asperellum* 0.1, 1.5 และ 2 กรัม ทำให้เมล็ดมีความงอกมากกว่า แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้ไพรม์ และเมล็ดที่ไพรม์ด้วย *T. asperellum* 1 กรัม และเมล็ดที่ไพรม์ด้วย *T. asperellum* 0.1 กรัม ทำให้มีความเร็วในการงอกมากกว่า แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้ไพรม์ และเมล็ดที่ไพรม์ด้วย *T. asperellum* 1, 1.5 และ 2 กรัม และการไพรม์เมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ไม่ได้ทำให้การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน และเวลาเฉลี่ยในการงอกมีความเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ไพรม์

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หอมส่วนใหญ่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ไพรม์ ทั้งนี้ล็อตของเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีความงอกเริ่มต้นที่ 74% ซึ่งมีความคาดหวังจะสามารถยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้สูงเพิ่มขึ้นได้ แต่ด้วยเมล็ดพันธุ์หอมใหญ่เป็นเมล็ดที่มีอายุสั้น โดยทั่วไปจะสูญเสียความมีชีวิตอย่างรวดเร็ว ซึ่งเมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ที่เก็บไว้นานเกินระยะเวลา 2 ปีจะส่งผลให้เมล็ดมีความชื้นสูงมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่พึ่งเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดการดูดซึมน้ำ และออกซิเจนได้น้อย ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายพลังงานในกระบวนเมทาบอลิซึมได้ช้า และทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้ช้า (Amjad and Anjum, 2002) อีกทั้งเมล็ดหอมใหญ่มีเปลือกหุ้มเมล็ดที่หนา ทำให้การแช่เมล็ดในระยะเวลา 6-12 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ไม่เพียงพอต่อการช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้ ทั้งเปลือกเมล็ดและเนื้อเยื่อของหอมไม่สามารถรับปริมาณออกซิเจน (Gulliver and Heydecker, 1973; Chanprasert, 2010) ที่เพิ่มเข้าไปผ่านวิธีการไพรม์เมล็ดด้วยวิธีนาโนบับเบิลได้ อีกทั้งการไพรม์ร่วมกับ *T. asperellum* ที่มีความเข้มข้นต่างกันยังส่งผลต่อทั้งความงอก และการเจริญเติบโตได้ จากการรายงานของ Tančić Živanov *et al.* (2020) พบว่าการไพรม์เมล็ดพันธุ์พริกไทยด้วยเชื้อ *Trichoderma* ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันเมื่อความเข้มข้นมากขึ้นจะไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพริกไทย แต่จะมีผลต่อความยาวและน้ำหนักของต้นกล้าพริกไทย ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อไพรม์เมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ด้วย *T. asperellum* 1.5 กรัม ทำให้ความยาวต้นยาวมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ไพรม์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไพรม์ด้วย *T. asperellum* 0.1, 1 และ 2 กรัม เนื่องจาก *T. asperellum* เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถผลิต phytohormone จำพวก Gibberellins (GA) ที่มีความสามารถในการช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชให้ยาวมากขึ้นโดยเฉพาะการยืดยาวของลำต้น อีกทั้งยังสามารถช่วยสลายธาตุอาหารในดินซึ่งง่ายต่อการดูดซึมของพืช โดยเฉพาะไนโตรเจนที่มีความสำคัญในการกระตุ้นปฏิกิริยาต่าง ๆ ภายในเมล็ด และมีส่วนช่วยเสริมให้ต้นกล้ามีการเพิ่มจำนวนเซลล์และการเจริญเติบโตของเซลล์มากขึ้น ทำให้ต้นกล้าหอมใหญ่ให้มีความสูงเพิ่มขึ้น (Yamaguchi, 2008; Kaewkham, 2017) เช่นเดียวกับการรายงานของ Campos *et al.* (2020) ที่กล่าวว่า เชื้อ *Trichoderma* spp. ส่งผลดีต่อความสูงของต้นกล้าปาล์มอาซาอิได้ และเช่นเดียวกับการรายงานของ Asaduzzaman *et al.* (2010) พบว่า *T. harzianum* และ *T. viridi* สามารถเพิ่มความยาวต้นของต้นกล้าพริกได้ แต่เมื่อพิจารณาน้ำหนักสด พบว่าไม่มีความแตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ได้ไพรม์ ยกเว้นการไพรม์เมล็ดพันธุ์ด้วย *T. asperellum* 0.5 กรัม

สรุปผลการวิจัย

1. เวลาในการไพรม์ที่ 6 และ 12 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าหอมใหญ่ในเรือนทดลอง

2. การไพรม์เมล็ดร่วมกับ *T. asperellum* อัตรา 0.1 กรัม ส่งผลให้มีความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าหอมใหญ่ในสภาพเรือนทดลอง แต่ไม่แตกต่างกับการไพรม์เมล็ดร่วมกับ *T. asperellum* อัตรา 1.5 และ 2 กรัม

ดังนั้นการไพรม์เมล็ดร่วมกับ *T. asperellum* อัตรา 0.1 กรัม ในระยะเวลา 6 ชั่วโมง เป็นปริมาณและระยะเวลาที่แนะนำสำหรับการไพรม์เมล็ดพันธุ์หอมใหญ่ เพื่อลดต้นทุนในผลิตต้นกล้าหอมใหญ่ในระดับอุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ และห้องปฏิบัติการไบโอเทคโนโลยี สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับการสนับสนุนพื้นที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Amjad, M. and M.A. Anjum, 2002. Evaluation of physiological quality of onion seed stored for different periods. **Int. J. Agri. Biol.** 4(3): 365-369.

Asaduzzaman, M., M.J. Alam and M.M. Islam. 2010. Effect of *Trichoderma* on seed germination and seedling parameters of chili. **J. Sci. Foundation** 8(1): 141-150.

Assatarakul, K. and N. Himasuttidach. 2017. Antioxidant and antibacterial activities of onion extract and applications in mixed fruit and vegetable juice. **Journal of Food Technology, Siam University** 12(1): 71-83. [in Thai]

Campos, F.B., A.J.C., Araújo, C.A., Felsemburgh, T.A. Vieira, and D.C. Lustosa. 2020. *Trichoderma* contributes to the germination and seedling development of açaí palm. **Agriculture** 10: 1-16.

Chamswarng, C., W. Intanoo, and W. Chewapanich. 2016. Efficacy of *Trichoderma asperellum* and potassium dihydrogen phosphate on growth promotion and root rot reduction of hydroponically grown lettuce. **Agricultural Sci. J.** 47(3): 363-374. [in Thai]

Chanprasert, W. 2010. **Seed Physiology**. Bangkok Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University. 167 p. [in Thai].

Czabator, F.J. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. **Forest Science** 8(4): 386-395.

Department of Agricultural Extension. 2008. **Onion.** [Online]. Available https://www.arda.or.th/kasetinfo/north/plant/onion.html (13 August 2021). [in Thai]

Gulliver, R.L. and W. Heydecker. 1973. Establishment of seedlings in a changeable environment. pp. 433-462. *In* W. Heydecker. **Seed Ecology**. London: Butterworth

Intana, W., A. Promwee and P. Yenjit. 2016. Using combination of wild type and mutant strains of *Trichoderma asperellum* for increasing the efficiency to control damping-off disease of tomato. **Agricultural Sci. J.** 47(3): 351-362. [in Thai]

Irum, M. 2008. Influence of *Trichoderma* species on seed germination in okra. **Mycopath** 6(1&2): 47-50

Kaewkham, T. 2017. Seed enhancements with plant growth promoting bacteria. **KHON KAEN AGR. J.** 45(1): 197-208. [in Thai]

Kaewsorn, P., P. Boonyuen and P. Chulaka. 2014. Preliminary study of physical characteristic and imbibition of some cucurbit seeds. **Agricultural Sci. J.** 45(2): 549-552. [in Thai]

Naenfan, S. and P. Pagamas. 2020. Effect of nano-bubble priming on seed germination and seedling growth of France marigold. **KHON KAEN AGR. J.** 48(3): 515-526. [in Thai]

Orchard, T. 1977. Estimating the parameters of plant seedling emergence. **Seed Science and Technology**. 5: 61-69.

Pareek, S., N.A., Sagar, S. Sharma, and S. Kumar. 2018. Onion (*Allium cepa* L.). **Fruit and Vegetable Phytochemicals** 2(2): 1145-1161.

Rhaman, M.S., F. Farjana Rauf, S.S. Tania and M. Khatun. 2020. Seed priming methods: application in field crops and future perspectives. **Asian Journal of Research in Crop Science** 5(2): 8-19.

Sritontip, C., W. Phonsaeng, V. Thonglek, C. Dechthummarong and K. Yoshikawa. 2018. The application of micro/nano bubbles to seed germination and seedling growth of chinese kale. **Agricultural Sci. J.** 49(1): 31-41. [in Thai]

Tančić-Živanov, S., S.M. Medić, D. Danojević and D. Prvulović. 2020. Effect of *Trichoderma* spp. on Growth Promotion and Antioxidative Activity of Pepper Seedlings. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 63: 1-12.

Yamaguchi, S. 2008. Gibberellin metabolism and its regulation. **Annual Review of Plant Biology** 59: 225-251.

อิทธิพลของการแช่เมล็ดร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมอินทรีย์

Influence of Seed Soaking with Plant Growth Promoting Bacteria on Seed Quality of Organic Lettuce (*Lactuca sativa*)

เพชรรัตน์ จี้เพชร จุฑามาศ อาจนาเสียว และจักรพงษ์ กางโสภา*

Phetcarat Jeephet Chuthamat Atnaseo and Jakkrapong Kangsopa*

สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jakkrapong_ks@mju.ac.th

Abstract

Lettuce is a very popular leafy vegetable, especially among health lovers due to its high nutrition and vitamin count. However, the small size and the flattened shape of the lettuce seeds can result in low accumulation of food inside the seeds. Therefore, lettuce seedlings have low and irregular germination. In addition, recently consumers have had higher demand in consuming lettuce grown without the use of chemical substances. Hence, the problem is addressed by the application of a seed preparation technique which is soaking the seeds with microorganisms that promote plant growth. The experiment was conducted at the Seed Technology Laboratory and Biotechnology Laboratory, Agronomy Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. The Completely Randomized Design was used as the experimental design. including 17 treatments that are using 1) non-treated seeds and the rest are those treated with different ratios of seed soaking solutions respectively: $1x10^6$, $1x10^7$ and $1x10^8$ CFU/mL as follows, 2) seeds soaked with *Bacillus subtilis*, 3) seeds soaked with *Stenotrophomonas* sp., 4) seeds soaked with *Bacillus* sp., 5) seeds soaked with *Burkholderia* sp., and 6) seeds soaked with *Enterobacter* sp. The results showed that seeds soaked with $1x10^8$ CFU/mL of *B. subtilis* had higher radicle emergence percentage, germination percentage and speed of germination. The differences were statistically significant compared to the non-treated seed. Additionally, seeds soaked with $1x10^6$ CFU/mL of *Bacillus* sp. had a higher root length and seedling length. The differences were statistically significant when compared to non-treated seeds.

Keywords: seed soaking, seed enhancement, lettuce seed, organic seed

บทคัดย่อ

ผักกาดหอมเป็นผักกินใบที่ได้รับความนิยมมากโดยเฉพาะในกลุ่มของผู้รักสุขภาพ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการและวิตามินสูง อย่างไรก็ตามจากปัญหาด้านการเพาะปลูกที่มีสาเหตุมาจากขนาด และรูปร่างที่แบนบางของเมล็ดพันธุ์ อาหารสะสมภายในเมล็ดน้อย ส่งผลให้การอนุบาลต้นกล้ามีความงอกต่ำ และมีการงอกที่ไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งผู้บริโภคต้องการผลผลิตที่ปราศจากการใช้สารเคมี จึงแก้ปัญหาดังกล่าวโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ร่วมกับจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโน โลยีเมล็ดพันธุ์ และห้องปฏิบัติการไบโอเทคโนโลยี สาขาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) กรรมวิธีทดลองทั้งหมดมี 17 กรรมวิธี ประกอบด้วย เมล็ดที่ไม่แช่ เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus Subtilis* เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus* sp. เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Burkholderia sp*. และเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Enterobacter* sp. ที่อัตรา $1x10^6$, $1x10^7$ และ $1x10^8$ CFU/mL ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า เมล็ดที่ผ่านการแช่ร่วมกับ *B. subtilis* $1x10^8$ CFU/mL มีการงอกราก ความงอกและความเร็วในการงอกสูงกว่า และแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการแช่ ส่วนการแช่เมล็ดร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/mL ความยาวราก และความยาวต้นกล้าสูงมากกว่า และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่

คำสำคัญ: การแช่เมล็ดพันธุ์ การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม เมล็ดผักอินทรีย์

คำนำ

ผักกาดหอม (*Lettuce sativa*) เป็นผักเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ที่ในประเทศไทยมีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมปริมาณ 22.15 ตัน คิดเป็นมูลค่า 24.53 ล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2020) เนื่องจากมีการบริโภคผักกาดหอมเพิ่มมาก เพราะคุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอมที่สูง อีกทั้งยังประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน (Norahim, 2018) จึงทำให้เป็นที่นิยมนำมารับประทานสด แต่ในด้านการเพาะปลูกผักกาดหอม ยังประสบปัญหาในเรื่องขนาดของเมล็ด ที่มีรูปร่างเล็ก และมีลักษณะที่แบนบาง เป็นสาเหตุให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพได้เร็ว และเมล็ดความงอกและความแข็งแรงต่ำ อีกทั้งต้นกล้ายังเจริญเติบโตไม่พร้อมกัน (Hill, 1999; Smith and Miller, 1987)

ซึ่งวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการยกระดับคุณภาพของเมล็ดอย่างง่าย ที่เป็นการนำเมล็ดพันธุ์มาแช่ร่วมกับน้ำ ทำให้เมล็ดที่แช่น้ำมีกระบวนการดูดน้ำเข้ามาภายในเมล็ด ซึ่งน้ำจะช่วยในการย่อย และสลายสารอาหารต่าง ๆ ภายในเมล็ด อีกทั้งช่วยให้เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อกระบวนการงอกเมล็ดพันธุ์ (Bradford, 1986) จึงทำให้เมล็ดที่ผ่านการแช่ หลังนำไปปลูก เมล็ดพันธุ์จะมีความงอก ความแข็งแรง และงอกได้สม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น อีกทั้งการแช่เมล็ดพันธุ์ ยังสามารถแช่ร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะ *Stenotrophomonas* sp, *Bacillus* sp, *Burkholderia* sp และ *Enterobacter* sp.ที่มีความสามารถในการผลิต indole-3- acetic acid (IAA) (Boonnadakul *et al.,* 2019) ซึ่งมีบทบาทในการกระตุ้นการเจริญที่ปลายรากต้นกล้า อีกทั้งยังเป็นสารสำคัญที่ควบคุม

กระบวนการทางสรีระวิทยา ทำให้ต้นกล้ามีพื้นผิวสัมผัสเพิ่มขึ้น เพิ่มความสามารถในการลำเลียง ธาตุอาหารและดูดซึมสารต่าง ๆ (Yang *et al.,* 2009) ซึ่งมีการรายงานจาก Widnyana *et al.* (2018) พบว่า การแช่เมล็ดมะเขือเทศร่วมกับ *Pseudomonas* spp. และ *Bacillus* sp. ที่ 8×10^5 CFU ทำให้มีความสูงของต้น ความยาวราก จำนวนใบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการแช่ อีกทั้ง ยังพบว่า การแช่เมล็ดปาล์มซาบาลร่วมกับ *Pseudomonas alcaligenes* ช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดให้มีความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้น 25% สามารถเพิ่มจำนวนใบ ความยาวลำต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งลำต้นที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่เมล็ดพันธุ์ร่วมกับ *Bacillus subtilis, Stenotrophomonas* sp., *Bacillus* sp., *Burkholderia* sp. และ *Enterobacter* sp. โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงของความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม เพื่อเป็นหนึ่งในวิธีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้มีคุณภาพสูงขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

แบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษามีทั้งหมด 5 ชนิดได้แก่ *Bacillus subtilis* (แบคทีเรียที่มาจากผลิตภัณฑ์ทางการค้า), *Stenotrophomonas* sp. (แบคทีเรียที่มาจากดินรอบรากคะน้า), *Bacillus* sp (แบคทีเรียที่มาจากเมล็ดคะน้า), *Burkholderia* sp. (แบคทีเรียที่มาจากดินศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้) และ *Enterobacter* sp. (แบคทีเรียที่มาจากดินศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้) โดยจะนำเชื้อที่ได้มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB (trypticase soy broth) (HiMedia®) ก่อนนำไปไว้ที่ตู้บ่มเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาเขี่ยเชื้อลงในหลอดแก้วที่มีสารละลาย NaCl 0.85 %แล้วเขย่าจนเชื้อแตกเป็นเนื้อเดียวกันกับสารละลาย จึงนำไปวัดค่า OD_{600} (Optical density) ที่ค่าการดูดกลืนแสง ความยาวคลื่นที่ 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer ก่อนจะนำ *B. subtilis* มาปรับความเข้มข้นให้ได้ 3 ระดับคือ 1×10^6, 1×10^7 และ 1×10^8 CFU/mL

การแช่เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

ใช้เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม (พันธุ์เร็ดโอ๊ค) ในพื้นที่แปลงผลิตเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ฤดูกาลผลิตปี 2563 โดยผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน ดำเนินการทดลองโดยนำเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมาล้างทำความสะอาดด้วย Sodium hypochlorite (NaClO) ที่ความเข้มข้น 1 % เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำเมล็ดมาล้างผ่านน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้ออีก 3 ครั้ง แล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ก่อนนำไปแช่ในหลอดแก้วที่มีเชื้อจุลินทรีย์จากการเตรียมในขั้นตอนแรก โดยจะทำการแช่เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในสภาพอุณหภูมิห้อง (29 ± 5) เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำเมล็ดพันธุ์ไปตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ

การบันทึกข้อมูล

ทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยทำการสุ่มเมล็ดจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำ ละ 50 เมล็ด เพาะทดสอบความงอกโดยวิธี Top of paper (TP) ในกล่องพลาสติกใสขนาด 11 x 6 เซนติเมตร จากนั้นนำกล่องเพาะเมล็ดไปไว้ที่ตู้เพาะความงอก ที่อุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ความเข้มแสง 180 μE ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งในการทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มีวิธีการดังนี้

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

1. การทดสอบการงอกราก ทำการประเมินการงอกรากเมล็ดพันธุ์ โดยประเมินจากเมล็ดพันธุ์ที่มีความยาวรากมากกว่า 2 มิลลิเมตรในทุก ๆ กรรมวิธี ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จึงนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกราก

$$\text{การงอกราก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกราก} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

2. การทดสอบความเร็วในการงอกราก การทดสอบความเร็วในการงอกราก จะทำการตรวจนับทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 3 หลังการเพาะ ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด แล้วนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกรากของต้นกล้าผักกาดหอม

$$\text{ความเร็วในการงอกราก (ราก/วัน)} = \text{ผลรวมของ} \frac{\text{(จำนวนรากที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

3. การทดสอบความงอก ตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติครั้งแรกในวันที่ 4 (First count) และนับครั้งสุดท้าย 7 วันหลังเพาะ (Final count) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด และประเมินผลความงอกตามวิธีของ ISTA (2004)

$$\text{ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (\%)} = \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

4. การทดสอบความเร็วในการงอก ตรวจนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ นับทุกวัน (First count) จนถึงวันสุดท้าย (Final count) ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด แล้วนำผลการนับมาคำนวณหาความเร็วในการงอก

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \text{ผลรวมของ} \frac{\text{(จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม

การตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้า จะทำโดยการตรวจสอบความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าในสภาพห้องปฏิบัติการ ซึ่งการตรวจสอบความยาวต้นและความยาวราก (เซนติเมตร) โดยประเมินที่ 7 วัน หลังเพาะในสภาพห้องปฏิบัติการ ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำ ละ 10 ต้น จากนั้นนำมาวัดความยาวต้นและความยาวราก แล้วนำมารวมกันเพื่อใช้ประเมินหาความยาวต้นกล้า

การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Arcsine transformation และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 95

ผลการวิจัย

การประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

ส่วนการประเมินความงอกพบว่า เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการแช่ร่วมกับ *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml มีความงอกที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้น $1x10^7$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. ที่ความเข้มข้น $1x10^6$ CFU/ml จากนั้นตรวจสอบการงอกราก เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการแช่ร่วมกับ *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml มีการงอกรากที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ แต่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้น $1x10^6$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. ที่ความเข้มข้น $1x10^7$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. ที่ความเข้มข้น $1x10^6$ และ $1x10^8$ CFU/ml จากนั้นพิจารณาความเร็วในการงอกราก การแช่เมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml มีความเร็วในการงอกรากที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Enterobacter* sp. ที่ความเข้มข้น $1x10^7$ CFU/ml และการประเมินความเร็วในการงอก เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml มีความเร็วในการงอกที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้น $1x10^6$ และ $1x10^7$ CFU/ml, *Stenotrophomonas* sp. ที่ความเข้มข้น $1x10^6$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. ที่ความเข้มข้น $1x10^6$ และ $1x10^7$ CFU/ml

การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม

ส่วนการประเมินความยาวต้นกล้าที่อายุ 7 วันหลังเพาะ เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการแช่ร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. ที่ความเข้มข้น $1x10^7$ CFU/ml และ *Burkholderia* sp. ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Burkholderia* sp. ที่ความเข้มข้น $1x10^7$ CFU/ml จากนั้นประเมินความยาวราก เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการแช่ร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^6$

CFU/ml มีความยาวรากที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับน้ำเพียงอย่างเดียว และเมื่อพิจารณาความยาวต้นกล้า เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการแช่ร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml มีความยาวต้นกล้าที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับน้ำเพียงอย่าง และ *Bacillus* sp. $1x10^8$ CFU/ml

Table 1 Radicle emergence percentage, speed of radicle emergence, germination percentage and speed of germination of lettuce seeds after soaking seed plant growth promoting bacteria, tested under laboratory condition

Seed soaking (CFU/ml)	Radicle emergence (%)	Speed of radicle emergence (roots/day)	Germination (%)	Speed of germination (plants/day)
Control	84 gh [1/2/]	20.92 n	83 ef	10.75 ef
H_2O	85 f-h	20.67 n	88 de	10.87 e
Bacillus subtilis $1x10^6$	98 ab	24.00 m	96 b-d	11.98 a-c
Bacillus subtilis $1x10^7$	96 bc	23.81 m	98 ab	12.13 ab
Bacillus subtilis $1x10^8$	99 a	24.67 lm	99 a	12.38 a
Stenotrophomonas sp. $1x10^6$	93 cd	25.52 kl	94 b-d	11.70 a-d
Stenotrophomonas sp. $1x10^7$	91 d-f	26.37 jk	89 de	11.13 de
Stenotrophomonas sp. $1x10^8$	75 i	27.22 ij	76 f	9.53 g
Bacillus sp. $1x10^6$	88 e-g	28.07 hi	82 ef	10.10 ef
Bacillus sp. $1x10^7$	93 c-e	28.92 gh	92 d	11.48 c-e
Bacillus sp. $1x10^8$	80 hi	29.77 fg	78 f	9.46 g
Burkholderia sp. $1x10^6$	91 d-f	30.62 ef	91 de	11.35 c-e
Burkholderia sp. $1x10^7$	98 ab	31.47 de	92 d	11.50 c-e
Burkholderia sp. $1x10^8$	91 d-f	32.32 cd	94 cd	11.73 a-d
Enterobacter sp. $1x10^6$	98 ab	33.18 bc	97 a-c	12.10 a-c
Enterobacter sp. $1x10^7$	94 cd	34.03 ab	94 b-d	11.68 a-d
Enterobacter sp. $1x10^8$	98 ab	34.88 a	92 d	11.50 b-d
F-test	**	**	**	**
CV.(%)	**4.97**	**2.24**	**6.56**	**4.12**

**: significantly different at P<0.01

[1/] Means within a column followed by the same letter are not significantly at P≤0.05 by DMRT.

[2/] Data are transformed by the arcsine before statistical analysis and back transformed data are presented.

Table 2 Shoot length, root length and total seedling of lettuce seeds after soaking seed plant growth promoting bacteria, tested under laboratory condition

Treatment [1/]	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Seedling length (cm)
Control	0.91 l [1/]	5.01 d	5.93 d
H_2O	1.13 ef	6.37 ab	7.50 ab
Bacillus subtilis $1x10^6$	1.01 fg	3.43 e	4.43 e
Bacillus subtilis $1x10^7$	1.09 fg	3.33 e	4.42 e
Bacillus subtilis $1x10^8$	1.06 g	3.37 e	4.43 e
Stenotrophomonas sp. $1x10^6$	1.21 b-d	5.76 bc	6.98 bc
Stenotrophomonas sp. $1x10^7$	1.29 a	4.86 d	6.14 d
Stenotrophomonas sp. $1x10^8$	1.21 b-d	5.06 cd	6.26 cd
Bacillus sp. $1x10^6$	1.10 fg	6.76 a	7.86 a
Bacillus sp. $1x10^7$	1.10 fg	5.89 b	6.99 bc
Bacillus sp. $1x10^8$	1.21 b-d	6.00 b	7.21 ab
Burkholderia sp. $1x10^6$	1.21 c-e	3.66 e	4.87 e
Burkholderia sp. $1x10^7$	1.24 ab	3.75 e	4.99 e
Burkholderia sp. $1x10^8$	1.31 a	3.23 e	4.53 e
Enterobacter sp. $1x10^6$	1.15 d-f	3.85 e	5.00 e
Enterobacter sp. $1x10^7$	1.17 c-f	3.64 e	4.81 e
Enterobacter sp. $1x10^8$	1.21 c-e	3.43 e	4.63 e
***F*-test**	**	**	**
CV.(%)	**4.22**	**10.95**	**8.76**

**: significantly different at P<0.01.

[1/] Means within a column followed by the same letter are not significantly at P≤0.05 by DMRT.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาการแช่เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับ *Bacillus subtilis, Stenotrophomonas* sp., *Bacillus* sp., *Burkholderia* sp. และ *Enterobacter* sp. ในอัตราที่แตกต่างกันกัน พบว่าการแช่เมล็ดร่วมกับ *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml มีการงอกรากที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ เนื่องจากกลไกในการตรึงไนโตรเจนอิสระ (Boonnadakul *et al.,* 2019) ที่สามารถเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจน ให้เป็นสารประกอบในรูปของแอมโมเนียและไนเตรท จึง

ทำให้ต้นกล้าสามารถนำไปใช้ได้ง่าย จึงมีการเจริญเติบโตได้เร็วมากยิ่งขึ้น (Herrera *et al.,* 2016) ส่วนการแช่เมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. ที่ความเข้มข้น 1x10^8 CFU/ml ทำให้มีความเร็วในการงอกรากที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ เป็นผลมาจาก การที่ *Enterobacter* sp มีความสามารถในการผลิตกรด Indole-3-acetic acid (IAA) (Jomkhame and Atnaseo, 2021) ซึ่งมีบทบาทกระตุ้นการเจริญที่ปลายรากต้นกล้า ทำให้มีพื้นผิวสัมผัสเพิ่มขึ้น เพิ่มความสามารถในการลำเลียง ธาตุอาหารและดูดซึมสารต่าง ๆ จึงมีผลทำให้ต้นกล้ามีการเจริญที่ปลายรากได้เร็วขึ้นจากเดิม (Yang *et al.,* 2009) จากนั้นประเมินความงอกและความเร็วในการงอก พบว่าเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้น 1x10^8 CFU/ml มีความงอก และความเร็วในการงอกที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ เนื่องจาก ยังมีกลไกที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ให้เปลี่ยนมาอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ง่าย (Khan, *et al.,* 2009; Hayat *et al.,* 2010) ซึ่งไนโตรเจนจะไปกระตุ้นให้เมล็ดเพิ่มปริมาณโปรตีน จึงทำให้เมล็ดมีความงอกที่ดี อีกทั้งการแช่เมล็ดพันธุ์ร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. ที่ความเข้มข้น 1x10^7 CFU/ml และ *Burkholderia* sp. ที่ความเข้มข้น 1x10^8 CFU/ml มีความยาวต้นที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ เนื่องจาก *Stenotrophomonas* sp. เป็นแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดจิบเบอเรลลิก (Boonnadakul *et al.,* 2019) ที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทั้งต้นได้โดยทำให้เกิดการยืดตัวของเซลล์พืช จึงทำให้ต้นกล้ามีความยาวต้นที่ดี ส่วน *Burkholderia* sp. เป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้าง IAA (Jomkhame and Atnaseo, 2021) ที่ทำหน้าที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์ และการยืดขยายที่ปลายรากของต้นกล้า ทำให้ต้นกล้าสามารถที่จะดูดซึม และลำเลียงธาตุอาหารได้ดีมากยิ่งขึ้น (Yang *et al.,* 2009) เป็นผลทำให้ต้นกล้าทีความยาวต้นที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ จากนั้นประเมินความยาวราก เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการแช่ร่วมกับ *Bacillus* sp. 1x10^6 CFU/ml มีความยาวราก และความยาวต้นกล้าที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ เนื่องจาก *Bacillus* sp. มีความสามารถในการรีดิวซ์อินทรีย์สารให้กลายเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ทำให้เมล็ดสามารถนำไปใช้ในกระบวนการการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้าได้ทันที (Glick, 1995) และเมื่อเมล็ดได้รับไนโตรเจน จะมีการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตทางลำต้นเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การแช่เมล็ดพันธุ์ร่วมกับ *B. subtilis* 1x10^8 CFU/mL จะส่งผลให้เมล็ดมีการงอกราก ความงอก และความเร็วในการงอกสูงกว่า และแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการแช่ ส่วนการแช่เมล็ดร่วมกับ *Bacillus* sp. 1x10^6 CFU/mL ทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก และความยาวต้นกล้าสูงมากกว่า และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ 2564 ที่ได้สนับสนุนเงินทุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ และห้องปฏิบัติการไบโอเทคโนโลยี สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับการสนับสนุนพื้นที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Boonnadakul, C., S. Cheunbarn, T. Cheunbarn, S. Klayraung, S. Aumtong. and P. Sintuya 2019. Study on the efficiency of free-living nitrogen fixing bacteria isolated from rice rhizosphere soil on auxin and gibberellin production. **The Journal of Applied Science** 18(1): 62-74. [in Thai]

Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **Horticultural Science** 21(5): 1105-1112.

Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. **J. Microbiol**. 41: 109-117

Hayat, R., S. Ali, U. Amara, R. Khalid and Ahmed. 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Annals of Microbiolog.** 60(2010): 579-598.

Herrera, C.M., M. Medrano and P. Bazaga. 2016. Comparative spatial genetics and epigenetics of plant populations: heuristic value and a proof of concept. **Molecular Ecology** 25(8): 1653-1664.

Hill, H.J. 1999. Advances in seed technology. **Original Journal of New Seeds** 1(1): 105-112.

ISTA. 2004. **International Rules for Seed Testing**. ISTA, Bassersdorf.

Jomkhame S. and C. Atnaseo. 2021. Effectiveness of PGPB from different origins on enhancing germination and seedling growth of *Oryza sativa* L. cv. KDML105. **KHON KAEN**. 48(1): 1011-1017. [in Thai]

Khan, M.S., A. Zaidi, P.A. Wani and M. Oves. 2009. Role of plant growth promoting rhizobacteria in the remediation of metal contaminated soils. **Environmental Chemistry Letters** 7(1): 1-19.

Norahim, U. 2018. **Pelling of Essential Oil on Organic Iceberg Lettuce Seeds for Protection Soft Rot Caused by *Pectobacterium Carotovorum* subsp. *Carotovorum***. Master Thammasat University. [in Thai].

Office of Agricultural Economics. 2020. **Import/export business**. [Online]. Available http://oaezone.oae.go.th /view/1/Home/EN-US. (12 September 2021). [in Thai]

Smith, A.E and R. Miller. 1987. Seed pellets for improved seed distribution of small seeded forages. **J. Seed Technol**. 11: 42-51.

Widnyana, I.K., M. Ngga, and P.L.Y. Sapanca. 2018. **The effect of seed soaking with rhizobacteria *Pseudomonas alcaligenes* on the growth of swamp cabbage (*Ipomoea reptans* Poir).** [Online]. Available https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/953/1/012007/pdf (12 September 2021).

Yang, O., C. Li, H. Li, Y. Li, and Yu. N. 2009. Degradation of synthetic reactive azo dyes and treatment of textile wastewater by a fungi consortium reactor. **Biochemical Engineering Journal** 43(3): 225-230.

การคัดกรองและการประเมินประสิทธิภาพของแบคทีเรียเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของห้อม (*Strobilanthes cusia* (Nees.). Kuntze.)

Screening and Efficiency Assessment of Bacteria for Growth Enhancement of Hom (*Strobilanthes cusia* (Nees). Kuntze.)

ณัฐพร จันทร์ฉาย* อัญศญา บุญประจวบ และณัฐนรี นาระกันทา

Nuttaporn Chanchay*, Ansaya Boonprajaub[1] and Nutnaree Naragunta

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

Agro-Industrial Biotechnology, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: nuttapornchanchay@gmail.com

Abstract

Increasing the production potential of local identity crops and wisdom in phrae ยrovince with bio-innovations from screening and evaluating the effectiveness of bacteria to promote the growth of the Hom. In this study, bacteria from Hom roots were isolated from three Hom planting sites, Ban Na Khuha, Ban Mae Lua, and Hom, large leaves and small leaves of Ban Na Tong with 10 isolates of bacteria. Nitrogen-fixing isolates RNH-2, RML-1, RNTB-1 and RNTS-1 were screened with the highest nitrogen-fixing capacity in each area. When screening for phosphate-dissolving microorganisms and production Indole-3-acetic acid (IAA it was found that RNH-2 exhibited highest ability in phosphate solubilization with value of 1.9980 mg P/L.) Evaluation of Indole-3-acetic acid (IAA) indicated that RNH-2 could produce highest amount of IAA. (85 μg/ml). When identifying the most effective strains of microorganisms in nitrogen fixation, phosphate solubilization and IAA production showed that the RNH-2 isolate was similar as *Pseudoxanthomonas spadix* 98 percent Which Sanger sequencing technique. From the assessment of the potential to promote the growth of Hom, it was found that endophytic bacteria *Pseudoxanthomonas spadix* strains can be used to promote the growth of Hom.

Keywords: Hom, nitrogen fixing bacteria, phosphate solubilizing bacteria, IAA *Pseudoxanthomonas spadix*

บทคัดย่อ

การเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชอัตลักษณ์ท้องถิ่น และภูมิปัญญาในจังหวัดแพร่ ด้วยชีวนวัตกรรมจากการคัดกรองและประเมินประสิทธิภาพของแบคทีเรียเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของห้อม ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการแยกแบคทีเรียจากรากห้อมจากพื้นที่ปลูกห้อม 3 พื้นที่ ได้แก่ บ้านนาคูหา บ้านแม่ลัว และห้อมใบใหญ่และใบเล็กของบ้านนาตอง ได้แบคทีเรียจำนวน 10 ไอโซเลท ทำการคัดกรองเชื้อที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจน พบว่า ไอโซเลท RNH-2, RML-1, RNTB-1 และ RNTS-1 มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนสูงที่สุดในแต่ละพื้นที่ เมื่อทำการคัดกรองเชื้อที่มีความสามารถในการย่อยละลายฟอสเฟตและการผลิต indole-3-acetic acid (IAA) พบว่า ไอโซเลท RNH-2 สามารถละลายฟอสเฟตได้สูงสุดถึง 1.9980 มก./ล. และผลิต IAA ได้สูงสุด 85×10^{-6} ก./มล. เมื่อทำการระบุสายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการตรึงไนโตรเจน การย่อยละลายฟอสเฟต และการผลิต IAA พบว่า ไอโซเลท RNH-2 เหมือนกับ *Pseudoxanthomonas spadix* 98 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเทคนิค Sanger sequencing จากการประเมินศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชทั้งหมดที่ได้ประเมินจึงสามารถใช้เอนโดไฟติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Pseudoxanthomonas spadix* ในการส่งเสริมการเจริญของต้นห้อมได้

คำสำคัญ: ห้อม แบคทีเรียตรึงไนโตรเจน แบคทีเรียย่อยละลายฟอสเฟต กรดอินโดล-3-แอซีติก *Pseudoxanthomonas spadix*

คำนำ

ห้อมในจังหวัดแพร่มี 3 สายพันธุ์ คือ *Strobilanthes cusia* (Nees.), *Baphicacanthus cusia* (Nees.) Bremek. และ *Strobilanthes auriculata* voucher (Chanchay, 2021) ห้อมเป็นพืชล้มลุก มีลักษณะเป็นไม้พุ่ม ชอบขึ้นในสภาพพื้นที่มีอากาศเย็น มีความชื้นสูง ใกล้แหล่งน้ำ และขึ้นตามพื้นที่สูง พื้นที่ปลูกห้อมที่สำคัญของจังหวัดแพร่ ได้แก่ ตำบลนาตอง นาคูหา แม่ลัว อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ในจังหวัดแพร่ห้อมเป็นพืชให้สีครามใช้สำหรับย้อมผ้า เรียกว่า “ผ้าหม้อห้อม” และถือเป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดแพร่ อย่างไรก็ตามปัจจุบันผ้าหม้อห้อมที่มาจากห้อมนั้นลดน้อยลง มีการใช้สีเคมีมาแทน เนื่องจากประสบกับปัญหาหลาย ๆ อย่าง เช่น มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ปลูกที่มีอากาศร้อนชื้น ต้นห้อมเจริญเติบโตช้า ทำให้วัตถุดิบต้นห้อมไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้ผลิต (Chai-ai, 2015) ดังนั้น การประยุกต์ใช้แบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของห้อม โดยการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียที่ช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือ เอนโดไฟติกแบคทีเรีย (Laskar and Sharma 2013) โดยแบคทีเรียจะตรึงไนโตรเจนในบรรยากาศ และในดินทั้งแบบพึ่งพาอาศัยกันและอิสระ ให้อยู่ในรูป NH_4^+ และ NO_3^+ ที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Mala, 2007) นอกจากนี้ยังช่วยผลิตฮอร์โมนกรดอินโดล-3-แอซีติก (IAA) และไซโตรไคนิน (Clay and Schardl, 2002) และสารปฏิชีวนะในการต่อต้านเชื้อก่อโรคด้วย (Saengsanga, 2014) ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ดี

สายพันธุ์ของเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่นำมาใช้ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช คือ *Klebsiella pneumonia* (Pramanik, 2017), *Paenibacillus kribbensis* (Han *et al*., 2011), *Microbacterium trichotecenolyticum* และ *Bacillus subtilis* (Schwyn and Neilands, 1987) Jumpathong and Masin (2018) พบเชื้อ *B. nealsonii* ที่ได้คัดแยกจากดิน ซึ่งมีคุณสมบัติในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตได้สูง Pananto *et al.* (2013) พบว่าเอนโดไฟติกแบคทีเรียไอโซเลต KJHSB-9 มีความสามารถในการผลิตสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช สามารถละลายฟอสเฟต ผลิตออกซิน และผลิตจิบเบอเรลลินได้ นอกจากนี้ยังพบว่าช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว โดยเพิ่มความสูง ปริมาณการแตกกอจำนวนรวงต่อกอ และผลผลิตเฉลี่ย Saengsanga (2015) พบว่าไอโซเลท NRRU-L11 ที่คัดแยกได้จากรากต้นยางพาราสามารถสร้าง IAA ได้สูง 607.67 ไมโครกรัม./มล. และ Chanchay (2021) พบว่า *T. saanensis* MJUP06 ที่คัดเลือกได้จากรากผักหวานป่าสามารถตรึงไนโตรเจนได้ เท่ากับ 0.0560% และสร้าง IAA ได้สูงถึง 25 ไมโครก./มล. นอกจากนี้ Suphan *et al*. (2016) กล่าวว่าเมื่อใช้แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนร่วมกับวัสดุตัวกลางชีวภาพสำหรับการปลูกคะน้า เช่น ฝุ่นข้าวโพด เปลือกข้าวโพด เป็นต้น สามารถช่วยให้ความสูง ความยาวของใบ และลำต้นเพิ่มขึ้นได้

ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาการคัดกรองและการประเมินประสิทธิภาพของแบคทีเรียเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของห้อมจากความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรีย การย่อยละลายฟอสเฟต และการผลิตฮอร์โมน IAA โดยคัดแยกแบคทีเรียจากรากต้นห้อมจนได้เชื้อบริสุทธิ์ นำเชื้อบริสุทธิ์ที่ได้ทั้งหมดมาเลี้ยงด้วยวิธี Point inoculation และตรวจสอบด้วยวิธี Agar well ในอาหารที่ปราศจากไนโตรเจน (N-free medium) เพื่อคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ดีที่สุด จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีเจลดาห์ ทำการทดสอบการย่อยละลายฟอสเฟต และทดสอบการสังเคราะห์สาร IAA โดยวิธีของ Shrivastava and Kumar (2011) นำเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงสุดไปทำการระบุสายพันธุ์ และนำผลที่ได้ประเมินประสิทธิภาพของแบคทีเรียเพื่อส่งเสริม การเจริญเติบโตของห้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดแยกแบคทีเรียจากรากห้อม

สุ่มเก็บรากของต้นห้อมจาก 3 พื้นที่ ได้แก่ บ้านนาคูหา บ้านแม่ลัว และบ้านนาตอง ของห้อมใบใหญ่และใบเล็ก โดยวิธีสุ่มเก็บตัวอย่าง 1 ตารางวา ต่อ 1 ต้น ในแปลงแต่ละพื้นที่ เก็บตัวอย่างจำนวน 4 ตัวอย่างในแต่ละพื้นที่ รวมทั้งหมด 16 ตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างรากมาล้างน้ำให้สะอาด นำไปฆ่าเชื้อบริเวณผิวโดยแช่ใน Sodium hypochlorite (NaOCl) 1.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที และล้างด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูปลอดเชื้อ นำรากมาตัดเป็นชิ้นขนาดเล็ก บดในโกร่งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วย NaOCl 0.85 เปอร์เซ็นต์ และนำรากที่บดเสร็จแล้วเจือจาง จากนั้นนำมาเกลี่ยลงบนอาหาร Nitrogen Free Agar (NFA) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ถึง 7 วัน และนำมาเลี้ยงบนอาหารผิวเอียง (Nutrient agar slant) (Hongrittipun *et al*., 2012)

การคัดกรองแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้

นำแบคทีเรียที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจน แต่ละไอโซเลทปริมาตร 0.02 มล. มาเลี้ยงด้วยวิธี Agar well diffusion method หยดลงบนอาหารที่ปราศจากไนโตรเจน เชื้อละ 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7-14 วัน คัดเลือกเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ดีและทำให้เกิดวงใสรอบโคโลนี (Clear zone) บนอาหาร NFA ได้มาก

การประเมินความสามารถเชิงปริมาณในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรีย

คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียที่เจริญได้ดีจากวิธี Agar well มาทำการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีเจลดาห์ โดยเลี้ยงเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่ได้ในอาหารเหลว จากนั้นเติม Mixed catalyst 2 กรัม และ H_2SO_4 15 มล. เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปย่อยใน Digestion block โดยค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิจนถึงจุดเดือดของกรด เสร็จแล้วเติมสารละลายกรดบอริก 10 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล. จำนวน 3 ขวด จากนั้นนำตัวอย่างที่ย่อยแล้วไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่น ก่อนเริ่มกลั่นเติมสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ลงไป 40 มล. และใช้กรดบอริกที่เตรียมไว้จับแก๊สแอมโมเนียที่เกิดขึ้น สีของอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเขียว นำกรดบอริกที่ได้ไปไทเทรตด้วยสารละลาย 0.025 M HCl จนสีของอินดิเคเตอร์เปลี่ยนกลับไปเป็นสีชมพู ความเข้มสีจะอ่อนลงกว่าเดิม เนื่องจากอินดิเคเตอร์เจือจางลง จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐาน Tris 10 มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มล. จำนวน 2 ใบ หยดอินดิเคเตอร์ลงไป 2 หยด แล้วไทเทรตด้วย 0.025 M HCl (AOAC, 2000)

การคัดกรองและประเมินความสามารถเชิงปริมาณในการละลายฟอสเฟตของแบคทีเรีย

นำเชื้อที่แยกได้ทั้งหมดมาเลี้ยงในอาหารเหลว Pikovskaya’s medium ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. ที่บรรจุอาหารเหลว PVK ปริมาตร 50 มล. จากนั้นนำไปเลี้ยงบนเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) ความเร็วรอบ 125 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบเวลาการบ่มแล้ว วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสโดยการนำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เพื่อแยกเอาเซลล์แบคทีเรียออกทำซ้ำจนกว่าจะได้น้ำเลี้ยงใสปราศจากเซลล์ บันทึกค่า pH และวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) โดยดูดสารละลายตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มล. เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 20 มล. แล้วเติมสารละลายไดโซเดียมฟอสเฟต (ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณ 4 มล. เขย่าให้เข้ากัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 25 มล. และเขย่าให้เข้ากันวางทิ้งไว้ เป็นเวลา 10 นาที แล้ววัดค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance (%T) ด้วยเครื่องดูดกลืนคลื่นแสง ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร การคำนวณหาปริมาณของฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้เป็นมิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร (Kanumnuay, 2012) ตามสูตร ดังนี้

ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่าง (mgP/L) = [Zxปริมาตรสุดท้าย(ml)] / ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ (ml)

*Z คือ ค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างที่คำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

การประเมินความสามารถในการผลิต Indole 3-acetic acid (IAA) ของแบคทีเรีย

นำแบคทีเรียจำนวนที่แยกได้มาทดสอบการสร้าง IAA บนอาหารแข็ง (Peptone 10 ก./ล. L-tryptophan 1 ก./ล. NaCl 5 ก./ล. Yeast extract 6 กรัม/ลิตร และวุ้น 15 ก./ล., pH 7.6) โดยนำ Bacterial suspension ปริมาตร

50 ไมโครลิตร หยดลงหลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มล. บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 1 คืน จากนั้นหยดสารละลาย Salkowski's reagent ปริมาตร 50 ไมโครลิตร บ่มในที่มืด 1 ชั่วโมง จะเห็น Halo zone สีชมพูส้มรอบ ๆ โคโลนีแบคทีเรียที่สร้าง IAA จากนั้นสังเกตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส ที่เกิดขึ้นรอบชิ้นวุ้นหรือโคโลนี และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีที่เจริญบนอาหารทดสอบ จากนั้นนำไปคำนวณหาอัตราส่วนการทางานของเอนไซม์ (อัตราส่วนการทำงานของเอนไซม์ = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส/ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี) (Shrivastava and Kumar, 2011)

การวิเคราะห์ปริมาณสาร IAA

นำแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการสร้าง IAA มาเลี้ยงในอาหารเหลวที่ประกอบด้วย Peptone 10 กรัม/ลิตร L-tryptophan 1 ก./ล. NaCl 5 ก./ล. Yeast extract 6 ก./ล. และปรับ pH เป็น 7.6 วัดการสร้าง IAA ตาม Salkowski's method โดยปั่นเซลล์แล้วนำส่วนใส (Supernatant) จำนวน 1.5 มล. เติม Orthophosphoric acid ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และ Salkowski's reagent ปริมาตร 3 มล. บ่มในที่มืด 1 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร ด้วย Spectrophotometer คำนวณปริมาณ IAA ที่แบคทีเรียสร้างเทียบกับกราฟมาตรฐานของ IAA (Saengsanga, 2015)

การระบุสายพันธุ์เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจน ย่อยละลายฟอสเฟต และสร้างสาร IAA ได้ โดยเทคนิค Sanger sequencing

นำจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน ย่อยละลายฟอสเฟต และสร้างสาร IAA มาระบุสายพันธุ์ของแบคทีเรียด้วยวิธีทางอณูชีววิทยา โดยวิธี Sanger sequencing โดยการสกัดดีเอ็นเอจากแบคทีเรีย และทำการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอ (DNA) ของยีนตำแหน่ง 16S rRNA ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอร์เรส (PCR) ไพรเมอร์ที่ใช้ คือ 27F: 5'-AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG-3'; 1429R: 5'-TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T-3'; 785F: 5'-GGA TTA GAT ACC CTG GTA-3'; 970R: 5'-CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT-3' หลังจากทำปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอร์เรส ได้ทำการตรวจสอบขนาดของดีเอ็นเอด้วยวิธีเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส (Gel electrophoresis) ตรวจสอบการเรืองแสงของดีเอ็นเอโดยการย้อมด้วย Ethidium bromide ส่องภายใต้รังสี UV ตรวจสอบขนาดของยีนโดยการเปรียบเทียบกับดีเอ็นเอมาตรฐานขนาด 1 kb^+ (GeneRuler 1 kb Plus DNA Ladder) และส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์หาลำดับเบสของชิ้นส่วนยีนที่ประมวลผลรหัส 16S rRNA gene โดยวิธี Direct sequencing ที่ Macrogen Inc., Korea

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่ง ทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (MRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 16.0 ระบุการวิเคราะห์สถิติและวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์

ผลการวิจัย

ศักยภาพในการตรึงไนโตรเจน และศักยภาพเชิงปริมาณในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียที่คัดแยกจากรากห้อม

การแยกแบคทีเรียจากรากห้อม และการคัดกรองแบคทีเรียที่มีศักยภาพในการตรึงไนโตรเจนจากรากห้อมทั้งหมด 3 พื้นที่ ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีบนอาหาร NF ทั้งหมด 10 ไอโซเลท (Table 1) และพบว่า มี 4 ไอโซเลท ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ดีที่สุด ด้วยวิธี Agar well diffusion method โดยสังเกตเห็นวงใสรอบโคโลนีได้มาก ได้แก่ ไอโซเลท RNH-2, RML-1, RNTB-1 และ RNTS-1 ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางวงใสได้กว้างที่สุด เท่ากับ 1.950±0.988, 1.550±0.714, 0.900±0.115 และ 1.625±0.479 มล. ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทางสถิติพบว่าแต่ละไอโซเลทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

จากนั้นจึงนำไอโซเลทที่ตรึงไนโตรเจนได้ดีที่สุด 4 ไอโซเลท ไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ด้วยวิธีเจลดาห์ พบว่า ไอโซเลท RNH-2, RNTB-1, RML-1 และ RNTS-1 สามารถตรึงไนโตรเจนได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.1120, 0.1036, 0.0672 และ 0.0644 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ทั้ง 4 ไอโซเลทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

Table 1 Nitrogen fixation potential and the quantitative potential for nitrogen fixation of bacteria

Species of plants	Area	Number of Isolates	Isolates	Clear Zone (mm)	Nitrogen content (%)
Strobilanthes cusia	Na Khuha	2	RNH-1	0.875±0.585^{h}	-
			RNH-2	1.950±0.988^{a}	0.1120^{a}
Strobilanthes cusia	Mae Lua	5	RML-1	1.550±0.714^{c}	0.0672^{c}
			RML-2	1.475±0.953^{d}	-
			RML-3	0.733±0.420^{i}	-
			RML-4	0.650±0.39^{j}	-
			RML-5	1.100±0.640^{e}	-
Baphicacanthus cusia	Na Tong (big leaves)	1	RNTB-1	0.900±0.115^{g}	0.1036^{b}
Strobilanthes auriculata	Na Tong (small leaves)	2	RNTS-1	1.625±0.479^{b}	0.0644^{d}
			RNTS-2	1.075±0.2500^{f}	-

a-j = Values in a column with the same lowercase superscript letter are not significantly different at the 95% significance level.

ศักยภาพเชิงปริมาณในการย่อยละลายฟอสเฟต และการผลิต IAA

นำไอโซเลทที่ตรึงไนโตรเจนได้ดีที่สุด จำนวน 4 ไอโซเลท มาทดสอบความสามารถเชิงปริมาณในการย่อยละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว PVK (Table 2) พบว่า ไอโซเลท RNH-2, RML-1, RNTB-1 และ RNTS-1 มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1.73, 2.67, 2.58 และ 2.37 ตามลำดับ และสามารถย่อยละลายฟอสเฟตได้สูงที่สุด เท่ากับ 1.9980, 1.4850, 1.4780 และ 1.4770 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไอโซเลท RML-1 และ RNTS-1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (p>0.05) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับไอโซเลท RNH-2 และ RNTB-1 (p<0.05) และไอโซเลท RNTB-1, RNH-2 และ RML-1 มีอัตราส่วนการทำงานของแบคทีเรียสูงที่สุด เท่ากับ 0.8000±0.6900, 0.7000±0.4000 และ 0.4000±0.2300 ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไอโซเลท RNH-2 และ RNTB-1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับไอโซเลท RML-1 (p<0.05)

จากการทดสอบความสามารถการสร้าง IAA บนอาหารแข็งที่มี L-tryptophan โดยวิธี Agar well (Table 2) พบว่า ไอโซเลท RNH-2, RNTB-1 และ RML-1 สามารถสร้าง Halo zone รอบ ๆ โคโลนีได้ แสดงว่าแบคทีเรียสามารถสังเคราะห์ IAA ได้ และสามารถสร้าง IAA ได้สูงถึง 85.00, 27.00 และ 8.15×10^{-6} ก./มล. เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติ พบว่าทั้ง 3 ไอโซเลทมีปริมาณ IAA แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

Table 2 The potential phosphate solubilization and IAA production of nitrogen-fixed bacteria

Area	Isolates	pH	Phosphate content (mg P/L)	Microbial activity ratio	Halo zone	IAA content (µg/ml)
Na Khuha	RNH-2	1.73	1.9980^{a}	0.7000±0.4000^{a}	+	85
Mae Lua	RML-1	2.67	1.4780^{c}	0.4000±0.2300^{b}	+	8.15
Na Tong (Big leaves)	RNTB-1	2.58	1.4850^{b}	0.8000±0.6900^{a}	+	27
Na Tong (Small leaves)	RNTS-1	2.37	1.4770^{c}	-	-	-

a-c = Values in a column with the same lowercase superscript letter are not significantly different at the 95% significance level.

การระบุสายพันธุ์แบคทีเรียด้วยวิธีการหาลำดับเบสของยีน 16S rRNA

จากการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน ย่อยละลายฟอสเฟต และสร้าง IAA พบว่า ไอโซเลท RNH-2 มีประสิทธิภาพสูงที่สุด จึงนำไอโซเลทนี้มาทำการระบุสายพันธุ์ด้วยวิธีการหาลำดับเบสของยีน 16S rRNA จากการเปรียบเทียบลำดับเบสของยีน 16S rRNA ของเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน ย่อยละลายฟอสเฟต และสร้างสาร IAA สูงที่สุดกับลำดับเบสของยีน 16S rRNA ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลที่มีความเหมือนมากที่สุด พบว่า ไอโซเลท RNH-2 มีความเหมือนกับ *Pseudoxanthomonas spadix* 98 เปอร์เซ็นต์

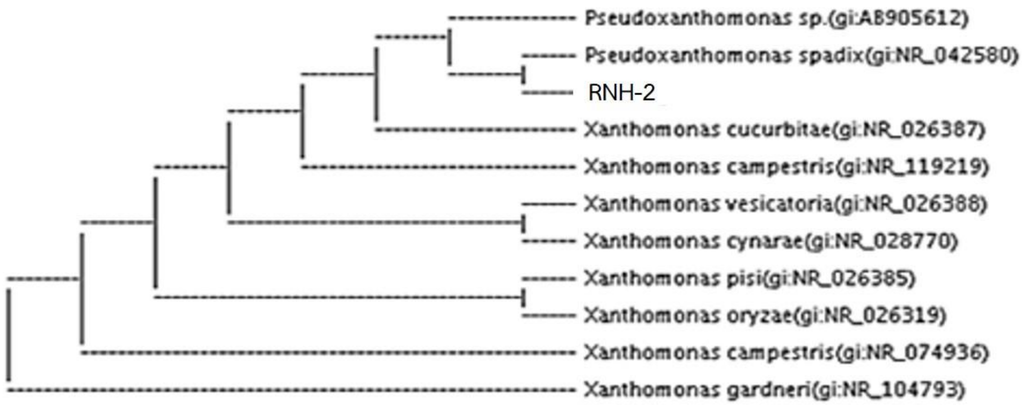


Figure 1 Phylogenetic tree chart bacteriological classification of bacteria isolated from RNH-2 isolates.

วิจารณ์ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการคัดเลือกแบคทีเรียจากรากห้อม 3 พื้นที่ บนอาหารปราศจากไนโตรเจน ได้เชื้อทั้งหมด 10 ไอโซเลท สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hongrittipun *et al.* (2012) ศึกษาการคัดแยกเอนโดไฟท์ติกแบคทีเรียที่ช่วยตรึงไนโตรเจนบนอาหารที่ปราศจากไนโตรเจน โดยจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญบนอาหารได้ แสดงว่ามีความสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้ โดยแบคทีเรียที่คัดแยกได้ ได้แก่ *Pseudomonas*, *Sulfidobacillus*, *Enterobacter*, *Enterobacter*, *Enterobacter*, *Bacillus* และ *Sulfidobacillus* ดังนั้น ไอโซเลททั้ง 10 ไอโซเลทที่คัดแยกบนอาหารที่ปราศจากไนโตรเจนสามารถตรึงไนโตรเจนได้ จากนั้นยืนยันการสร้างไนโตรเจนด้วยวิธี Agar well พบว่า ทุกไอโซเลทมีบริเวณวงใส (Clear zone) เกิดขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Kudsena *et al.* (2010) โดยวิธี Agar well บนอาหาร N-free medium โดยแบคทีเรียที่มีวงใสเกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่าสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศและเจริญได้ แต่แบคทีเรียที่ไม่มีวงใสเกิดขึ้นแสดงว่าไม่สามารถช่วยตรึงไนโตรเจนได้ และเมื่อเจริญได้ดีที่สุดหมายความว่ามีวงใสกว้างที่สุด อาจพบปริมาณไนโตรเจนมาก จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่จุลินทรีย์สามารถตรึงได้โดยวิธีเจลดาห์ พบว่า ไอโซเลท RNH-2 ให้ปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด

จากผลการศึกษาการย่อยละลายฟอสเฟต พบว่าแบคทีเรียไอโซเลท RNH-2 มีความสามารถในการย่อยละลายฟอสเฟตสูงสุดถึง 1.9980 มก./ล. สอดคล้องกับงานวิจัยของ El-Komy (2005) ซึ่งรายงานว่า *Pseudomonas* *fluorescens* และ *Bacillus megaterium* สามารถละลายฟอสเฟตได้เท่ากับ 126.6 และ106.5 มก./ล. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการแยกแบคทีเรียจากบริเวณรากมาส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากดินบริเวณไรโซสเฟียร์โดยทั่วไปจะมีความหลากหลายของกลุ่มประชากรจุลินทรีย์แปรผันมากกว่าดินที่ไม่มีการปลูกพืช (Marschner *et al*., 2001) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Eeadhed (2018) ได้ศึกษาประสิทธิภาพเชื้อแบคทีเรียย่อยละลายฟอสเฟตต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว พบว่าแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากรากสามารถย่อยละลายฟอสเฟตได้เท่ากับ 41.8 มก./ล. ซึ่งส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักแห้งให้แก่ข้าวเพิ่มขึ้น 300 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งของราก 52.71 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น แบคทีเรียที่สามารถย่อยละลายฟอสเฟตได้จึงมีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเช่นกัน

นอกจากความสามารถในการตรึงไนโตรเจนและย่อยละลายฟอสเฟตได้แล้ว แบคทีเรียไอโซเลทที่คัดเลือก (3 ไอโซเลท) ยังสามารถผลิตฮอร์โมนพืช IAA ได้ เมื่อมีการเติม L-tryptophan เป็นสารตั้งต้น โดยผลิตได้อยู่ในช่วง 8.15 และ 85 ไมโครก./มล. จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ มีการสร้างฮอร์โมน เช่น Indole-3-acetic acid (IAA) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญ และเป็นฮอร์โมนพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งในกลุ่มออกซิน (Auxin) ที่มีบทบาทสำคัญต่อการงอกของเมล็ด (Slavov *et al.,* 2003) การยืดยาวของราก (San-Francisco *et al.,* 2005) การยืดยาวของเซลล์ และการแบ่งเซลล์ (Cleland, 1990) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียทั้ง 3 ไอโซเลทนี้สามารถสร้าง IAA ผ่านวิถีการใช้ L-tryptophan สอดคล้องกับการศึกษาของ Ahmad *et al*. (2008) พบว่า เมื่อเพาะเลี้ยง *Azotobacter, Pseudomonas* และ *Bacillus* ในอาหารปราศจาก L-tryptophan จะไม่มีการสังเคราะห์ IAA โดยแบคทีเรียเหล่านี้ แต่เมื่อมี L-tryptophan ที่เพิ่มระดับความเข้มข้นจาก 50 ถึง 500 ไมโครก./มล. ปริมาณ IAA ก็จะเพิ่มมากขึ้น

จากการนำแบคทีเรียที่คัดแยกจากรากของห้อมในพื้นที่นาคูหาได้ คือ ไอโซเลท RNH-2 ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน ย่อยละลายฟอสเฟต และสร้างสาร IAA สูงที่สุด มาทำการระบุสายพันธุ์ โดยใช้ลำดับเบสของยีน 16S rRNA พบว่า ไอโซเลท RNH-2 มีความเหมือนกับ *Pseudoxanthomonas spadix* 98 เปอร์เซ็นต์จาก สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Omar *et al*. (2014) ที่ทำการคัดแยกเชื้อจากดินบริเวณรอบรากพืช และจำแนกได้ 12 ไอโซเลท ได้แก่ *Pseudomonas putida, P. fluorescens, P. areuginosa, Pseudomonas* sp., *Serratia marcences, Xanthomonas* sp., *Bacillus cereus, B. subtilis, B. megaterium, B. Amyloliquefaciencs, Microccoucs* sp และ *Staphylococcus* sp. และงานวิจัยของ Ahmad *et al*. (2006) ที่แยกเชื้อแบคทีเรียจากดินรอบรากพืช และจากปมรากพืช จำนวน 72 ไอโซเลท โดยจำแนกทางชีวเคมีและทดสอบการเป็นเชื้อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชพบว่าเชื้อส่วนใหญ่เป็นเชื้อ *Bacillus*, *Azotobacter*, *Pseudomonas* และ *Mesorhizobium* ซึ่งสามารถสร้าง IAA และแอมโมเนียได้ Chanchay (2021) ทดสอบการนำเชื้อ *T. saanensis* MJUP06 มาส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มอัตราการงอกของรากเมล็ดผักหวานป่า นอกจากนี้ Suphan *et al*. (2016) ใช้แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนร่วมกับวัสดุตัวกลางชีวภาพสำหรับการปลูกคะน้า เช่น ฝุ่นซัง และปลือกข้าวโพด โดยสามารถช่วยให้ความสูง ความยาวของใบ และลำต้นเพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาผลต่อการเจริญเติบโตในพืช เนื่องจากปริมาณไม่ได้บ่งบอกถึงการตอบสนองเชิงบวกของพืชเสมอไป

สรุปผลการวิจัย

จากการคัดเลือกแบคทีเรียจากดินบริเวณรากต้นห้อมในการทดลองครั้งนี้ พบว่าไอโซเลทส่วนใหญ่มีศักยภาพในการตรึงไนโตรเจนและย่อยละลายฟอสเฟต อย่างไรก็ตามมีเพียง 3 ไอโซเลทเท่านั้น คือ RNH-2, RML-1 และ RNTB-1 ที่ผลิต Indole-3-acetic acid (IAA) ได้ และพบว่าไอโซเลท RNH-2 มีประสิทธิภาพสูงสุดทั้งด้านการตรึงไนโตรเจน การย่อยละลายฟอสเฟต และการสร้าง IAA จึงได้นำไปประบุสายพันธุ์ พบว่ามีความเหมือน *Pseudoxanthomonas spadix* 98 เปอร์เซ็นต์ จากการประเมินประสิทธิภาพของแบคทีเรียชนิดดังกล่าวจึงสามารถนำแบคทีเรียสายพันธุ์นี้ไปส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นห้อมต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, AOAC International, Gaithersburg. **Journal of AOAC International** 85(4): 1187-1200.

Ahmad, F., I. Ahma and M.S. Khan. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. **Microbiol Res.** 163-(2): 173–181.

Ahmad, F., Ahmad I. and M.S. Khan. 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. **Microbiological Research** 163: 173-181.

Chai-ai, P. 2015. **Research and Development on *Strobilanthes cusia* (Nees.) Kuntze. Production in Phrae Province**. Phare: Phare Agricultural Research and Development Center. 57 p. [in Thai]

Chanchay, N. 2021. Endophytic bacteria (*Terriglobus saanensis* MJUP06) on qermination of Phak Wan Pa (*Melientha suavis* Pierre.). **Sci. Tech. Nakhon Sawan Raj. Uni. J.** 13(17): 1-11.

Clay, K. C. and Schardl. 2002. Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with qrasses. **The American Naturalist** 4(4): 99-127.

Cleland, R.E. 1990. Auxin and cell elongation. *In* P.J. Davies (Ed.). **Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 17 p.

Eeadhed, W. 2018. **Efficiency of Phosphate-solubilizing Bacteria on the Growth of Rice.** Master's Thesis Prince of Songkla University. 61 p. [in Thai]

El-Komy, H.M.A. 2005. Co-immobilization of *Azospirillum lipoferum* and *Bacillus megaterium* for successful phosphorus and nitrogen nutrition of wheat plant. **Food Technology Biotechnology** 43(1): 19-27.

Han, J., Y., Song, Z. Liu, and Y. Hu, 2011. Culturable bacterial community analysis in the root domains of two varieties of tree peony (*Paeonia osti)i*. **FEMS Microbiol Lett.** 322: 15-24.

Hongrittipun, P., B. Rerkasam and S. Youpensuk. 2012. Isolation and selection of nitrogen fixing endophytic bacteria in rice. p. 71-77. *In* **Proceedings of the 55th Kasetsart University Annual Conference 31 Jan-2 Fab 2012.** Bangkok: Kasetsart University. [In Thai]

Jumpathong J. and G. Masin. 2018. Screening for biological activities of bacteria isolated from agricultural soil in central area. **NSRU Science and Technology Journal** 10(11): 59-74. [in Thai]

Kanumnuay, N. 2012. **Study on Diversity and Efficacy of Bacillus sp. in Inorganic Phosphate solubility.** Bangkok: Kasetsart University. 10 p. [in Thai]

Kudsena N., J. Leesmidt, L. Sanongboon, K. Pabupapab, S. Sommayo and K. Nimanun 2010. Screening from Natural Source for Efficient Nitrogen-Fixing Bacteria. p.1925-1930. *In* **Proceedings of the 7th Kasetsart University Annual Conference.** Bangkok: Kasetsart University. [In Thai]

Laskar, F. and G.D. Sharma. 2013. Isolation and characterization+n of diazotrophic bacteria from rhizosphere of different rice cultivars of South Assam, India. Cur. **World Environ.** 8(1): 157-163.

Mala, T. 2007. **Organic Fertilizer and Biofertilizer: Production Techniques and Application 2nd ed**. Bangkok: Kasetsart University. 300 p. [in Thai]

Marschner, P., C.H. Yang, R. Lieberei and D.E. Crowley. 2001. Soil and plant specific effects on bacterial community composition in the rhizosphere. **Soil Biology and Biochemistry**. 33(11): 1437-1445.

Omar, A.A., T.T. Abdelmoneim, M.A. Hassan and A.A.M. Tarek. 2014. Enhancement of Maize growth using some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) under laboratory conditions. **Life Sci. J.** 11(11): 764-772.

Pananto, S., P. Tantachasatid, S. Jitacksorn, R. Kaveeta and K. Sajjaphan. 2013. Endophytic Bacteria and Their Effects on Improve Growth of Rice. **Khon Kaen Agriculture Journal** 41(4): 457-468. [in Thai]

Pramanik, S. 2017. Characterization of cadmium-resistant *Klebsiella pneumoniae* MCC 3091 promoted rice seedling growth by alleviating. **Phytotoxicity of Cadmium**. 24(31):. 24419-24437. [in Thai]

Saengsanga, T. 2014. PGPR: The role in promoting and protecting plant under stress conditions. **Thai Science and Technology Journal** 22(4): 553-570. [in Thai]

_______. 2015. Biosynthesis of Indole-3-acetic Acid (IAA) of Nitrogen Fixing Bacteria Isolated from Rubber Tree *Hevea brasiliensis* Mull-Arg. p. 1-6. *In* **Proceedings of the 7th National Science Research Conference 30-31 March 2015.** Phitsanulok: Naresuan University. [In Thai]

San-Francisco, S., F. Houdusse, A.M. Zamarreno, M. Garnica, E. Casanova and J.M. Garcia-Mina. 2005. Effects of IAA and IAA precursors on the development, mineral nutrition, IAA content and free polyamine content of pepper plants cultivated in hydroponic conditions. **Sci. Horti**. 106: 38-52.

Schwyn, B. and J.B. Neilands. 1987. Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. **Analytical Biochemistry** 160(1): 47-56.

Shrivastava, U.P. and A. Kumar. 2011. A simple and rapid plate assay for the screening of indole-3-acetic acid (IAA) producing microorganisms. Int. **J. Appl. Biol. Pharma. Technol**. 2: 120-123.

Slavov, S., H.V., Onckelen, R. Batchvarova, A. Atanassov, and E. Prinsen. 2003. IAA production during germination of *Orobanche* spp. seeds. **J. Plant Physiol**. 161: 847-853.

Suphan, S., P. Prajankett and S. Pongswat. 2016. Using nitrogen fixing bacteria with biological supporting media for promoting the plant qrowth. **Sci. & Tech. RMUTT J.** 6(2): 17-28. [in Thai]

การคัดเลือกและจำแนกชนิดของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ละลายฟอสเฟต จากข้าวมะลิแดงแปลงเกษตรอินทรีย์อายุ 1ปี

Selection and Identification of Phosphate Solubilizing Endophytic Bacteria from One Year Red Jasmine Organic Rice Farming

สมคิด ดีจริง* วีระพงศ์ พันธุมิตร และรุ่งทิพย์ กาวารี

Somkid Deejing*, Weerapong Pantumit and Rungthip Kawaree

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: kittydeejing@gmail.com

Abstract

Phosphate solubilizing endophytic bacteria live in various parts of plant tissues. It plays a role release not available forms of phosphate into plant available forms. Thus, the purpose of this study to isolate, screen and identify of phosphate solubilizing endophytic bacteria. The isolation of endophytic bacteria from stems, leaves and roots of red jasmine rice of one year organic rice farming were done on Plate Count Agar (PCA), Pikovskaya's medium (PVK), Tryptic Soy Agar (TSA) and International Streptomyces Projected 2 (ISP2) agar. Eighty four isolates bacteria were obtained. Primary screening results showed that 17 isolates gave clear zone on PVK agar. Phosphate solubilizing ability was examined in PVK broth. It was found that six bacteria PVKRS5, PVKRS10, PVKRL7, PVKRS7, PVKRS8 and PVKRL1 showed high phosphate solubility at 18.56, 17.94, 17.84, 17.52, 17.00 and 16.58 mg phosphate/L, respectively. Then, bacterium PVKRS5 from roots of red jasmine rice which highest phosphate solubilizing ability was identified. It was found that Gram negative, rod shape bacterium. The selected bacterium PVKRS5 was identified based on 16S rRNA gene sequencing as *Burkholderia glumae* BGR1 at 99% similarity. The best phosphate solubilizing bacterium in this study should be further applied to promote the growth and increase the efficiency of organic rice production.

Keywords: bacterial identification, endophytic bacteria, organic rice, phosphate solubilizing bacteria

บทคัดย่อ

แบคทีเรียเอนโดไฟต์ละลายฟอสเฟตอาศัยอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของเนื้อเยื่อพืช โดยมีบทบาทช่วยปลดปล่อยฟอสเฟตที่ใช้ไม่ได้ให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยก คัดเลือก และจำแนกชนิดของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่สามารถละลายฟอสเฟต การแยกเชื้อจากส่วนของลำต้น ใบ และรากของข้าวมะลิแดงจากแปลงข้าวที่ทำเกษตรอินทรีย์อายุ 1 ปี บนอาหาร Plate Count Agar (PCA), Pikovskaya's medium (PVK), Tryptic Soy Agar (TSA) และ International Streptomyces Projected 2 (ISP2) agar ได้แบคทีเรีย 84 ไอโซเลต และผลการคัดเลือกขั้นต้น มี 17 ไอโซเลต ที่เกิดวงใสบนอาหาร PVK agar และทดสอบการละลายฟอสเฟตในอาหาร PVK broth พบว่า มี 6 ไอโซเลต คือ แบคทีเรีย PVKRS5, PVKRS10, PVKRL7, PVKRS7, PVKRS8 และ PVKRL1 ที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ดีเท่ากับ 18.56, 17.94, 17.84, 17.52, 17.00 และ 16.58 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร ตามลำดับ และได้จำแนกชนิดของแบคทีเรีย PVKRS5 ที่แยกได้จากรากข้าวสามารถละลายฟอสเฟตได้ดีที่สุด พบว่าเป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อน และผลการหาลำดับเบสของยีน 16S rRNA ของแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ PVKRS5 มีความเหมือนกับ *Burkholderia glumae* BGR1 99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่ละลายฟอสเฟตได้ดีที่สุดจากงานวิจัยนี้ น่าจะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวอินทรีย์ได้

คำสำคัญ: การจำแนกชนิดของแบคทีเรีย แบคทีเรียเอนโดไฟต์ ข้าวอินทรีย์ แบคทีเรียละลายฟอสเฟต

คำนำ

จุลินทรีย์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการผลิตข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์ซึ่งเป็นการผลิตข้าวที่อาศัยธรรมชาติโดยไม่ใช้สารสังเคราะห์ใดๆ ซึ่งแบคทีเรียเอนโดไฟต์เป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชโดยไม่ก่อโรคจึงได้เปรียบกว่าจุลินทรีย์ที่อยู่ภายนอกต้นพืช ซึ่งแบคทีเรียเอนโดไฟต์มีบทบาทต่อพืช ได้แก่ ช่วยผลิตสารส่งเสริมการเจริญเติบโต ช่วยพืชเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม รวมทั้งยังช่วยผลิตสารป้องกันศัตรูพืชได้อีกด้วย ซึ่งฟอสฟอรัสเป็นธาตุหลักที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากและลำต้น ช่วยให้พืชแข็งแรง และฟอสฟอรัสยังช่วยในการแบ่งเซลล์ช่วงสร้างต้นอ่อน ช่วยการออกดอกของพืช ซึ่งในช่วงแรกของการเปลี่ยนจากการทำเกษตรทั่วไปเป็นระบบเกษตรอินทรีย์ มักจะได้ผลผลิตพืชต่ำ แต่หากประยุกต์ใช้แบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่ละลายฟอสเฟตได้ร่วมกับจุลินทรีย์อื่นๆ จะมีผลช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตต่อพืชได้ รวมทั้งการปรับปรุงบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ก็น่าจะช่วยเพิ่มผลผลิตพืชให้สูงขึ้นได้ ซึ่ง Rangjaroen *et al*. (2015) พบว่าแบคทีเรียโดไฟท์ที่แยกได้จากรากข้าวสามารถละลายฟอสเฟต ผลิตกรดอินโดลอะซิติก และผลิตไซเดอโรฟอร์ได้ ได้แก่ *Burkholderia, Klebsiella, Novosphingobium* และ *Sphingomonas* และน่าจะมีศักยภาพช่วยส่งเสริมการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่ง Deejing and Buntor (2019) คัดเลือกได้แบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Burkholderia cenocepacia* RSPVK-2 จากลำต้นของข้าวมะลิแดงอินทรีย์ที่ทำเกษตรอินทรีย์มานานมากกว่า 10 ปี สามารถละลายฟอสเฟตได้สูงสุด 191.78 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร โดย *Burkholderia vietnamensis* จะช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวได้ 5.6-12.16 เปอร์เซ็นต์ (Govindarajan *et al.,* 2008) และ Chung *et al.*

(2015) พบว่าแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากรากข้าว *Bacillus oryzicola* ผลิตสารยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียที่ก่อโรคในข้าวได้ และยังช่วยเพิ่มอัตราการงอกของข้าวและช่วยให้ข้าวแตกกอมากขึ้น และเชื้อนี้ใช้ควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อราในข้าวได้อีกด้วย และยังมีการค้นพบแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Burkholderia* sp. ที่มียีนผลิตสารปฏิชีวนะ และผลิตสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ ซึ่ง Tagele *et al*. (2019) พบว่า มีการใช้แบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Burkholderia cenocepacia* ละลายฟอสเฟตที่แยกได้จากข้าวสาลีเพื่อช่วยส่งเสริมเจริญเติบโตได้ ซึ่ง Shen *et al.* (2019) คัดเลือกได้แบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Bacillus aryabhattai* MN1 จากรากและลำต้นของต้นกล้าข้าวในไต้หวัน และนำไปใช้ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพ พบว่าแบคทีเรียนี้มีความสามารถละลายฟอสเฟต ผลิตกรดอินโดลอะซิติก ทนต่อสารต้านเชื้อรา จึงมีศักยภาพช่วยในการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้ นอกจากนี้ยังพบว่า มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่ผลิตขายทางการค้าในอินเดียซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus megaterium* (Thomas and Singh, 2019) และจากแบคทีเรียแกรมลบ *Azotobacter* sp. ในออสเตรเลีย (Adeleke *et al*., 2019) อีกด้วย และแบคทีเรียเอนโดไฟต์น่าจะมีศักยภาพในการประยุกต์เพื่อใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพเพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืชหากเจริญเติบโตอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม รวมทั้งช่วยป้องกันศัตรูพืชได้ (Kong and Hong, 2020)

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกและจำแนกชนิดของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ดีโดยแยกแบคทีเรียเอนโดไฟต์จากส่วนต่าง ๆ ของข้าวมะลิแดงจากแปลงข้าวเกษตรอินทรีย์อายุ 1 ปี ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ เพื่อการประยุกต์ใช้เชื้อที่คัดเลือกได้เป็นปุ๋ยชีวภาพร่วมกับจุลินทรีย์อื่น ๆ และยังมีแนวทางที่จะนำไปทดสอบหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งการใช้จุลินทรีย์มาช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช นอกจากจะช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวอินทรีย์แล้ว ยังช่วยลดการใช้สารเคมีซึ่งจะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศทางการเกษตรอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟต์ละลายฟอสเฟตขั้นต้นบนอาหารแข็ง

นำแบคทีเรียที่แยกได้จากส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าว ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ จำนวน 84 ไอโซเลต มาทำ Point inoculation บนอาหารแข็ง Pikovskaya (PVK) agar ประกอบด้วย (g/L) glucose (10), $Ca_3(PO_4)_2$ (5), $(NH_4)_2SO_4$ (0.5), KCl (0.2), $MgSO_4.7H_2O$ (0.1) และ วุ้น (15) ซึ่งในอาหาร PVK มีไตรแคลเซียมฟอสเฟต $(Ca_3PO_4)_2$ เป็นส่วนประกอบอยู่หากแบคทีเรียสามารถสร้างกรดอินทรีย์ออกมาละลายแคลเซียมฟอสเฟตได้จะเกิดวงใสรอบโคโลนี นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจผลโดยการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใส และคัดเลือกเชื้อที่เกิดบริเวณใสรอบโคโลนีไว้ศึกษาต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณการละลายได้ของฟอสเฟตในอาหารเหลว

นำแบคทีเรียที่เกิดวงใสจากผลการคัดเลือกขั้นต้น ไปเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Nutrient Broth (NB) บ่มบนเครื่องเขย่าความเร็ว 130 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อเป็นเชื้อเริ่มต้น จากนั้นเพาะเลี้ยงเชื้อเริ่มต้น 2 เปอร์เซ็นต์ ลงในอาหารเหลว PVK broth บ่มที่ความเร็ว 130 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง แล้วเก็บตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที ตามวิธีการที่ดัดแปลง

จาก Bray and Kurtz (1945) การวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายได้โดยนำส่วนใสทำปฏิกิริยากับน้ำยาให้เกิดสีแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร และหาปริมาณการละลายได้ของฟอสเฟตโดยนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และเลือกแบคทีเรียที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ดีไว้ศึกษาต่อไป

การจำแนกชนิดของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ละลายฟอสเฟต

การจำแนกชนิดของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ละลายฟอสเฟตที่คัดเลือกได้ ทำโดยนำแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ดี มาศึกษาคุณลักษณะการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อโดยดูลักษณะโคโลนี และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์แบคทีเรียโดยการย้อมสีแบบแกรม (Gram’s staining) แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ เพื่อดูรูปร่างเซลล์ การเรียงตัวของเซลล์และการติดสีแกรม และทดสอบคุณลักษณะทางสรีรวิทยาและชีวเคมี เช่น การผลิตเอนไซม์คะตะเลส ออกซิเดส รวมทั้งการใช้แหล่งคาร์บอนชนิดต่าง ๆ โดยเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวที่มีฟรุคโตส กาแลคโตส กลูโคส แลคโตส แมนนิทอล มอลโตส ซูโครส และไซลิทอล บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

การจำแนกชนิดของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ละลายฟอสเฟต โดยการหาลำดับเบสของ 16S rRNA ของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่ละลายฟอสเฟตได้ดี โดยการสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดสำเร็จรูป (Geneaid, Taiwan) และเพิ่มปริมาณยีน 16S rRNA โดยใช้ Universal primer คือ 27F ซึ่งมีลำดับนิวคลีโอไทด์ คือ 5’-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3’ และวิเคราะห์ผลลำดับเบสของ 16S rRNA เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใน GenBank

ผลการวิจัย

ผลการคัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟต์ละลายฟอสเฟตขั้นต้นบนอาหารแข็ง PVK agar พบว่าเกิดวงใสรอบโคโลนีจำนวน 17 ไอโซเลต และผลการทดสอบการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว PVK broth ของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ พบว่ามีแบคทีเรีย 6 ไอโซเลต ได้แก่ PVKRS5, PVKRS10, PVKRL7, PVKRS7, PVKRS8 และ PVKRL1 ที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ดีเท่ากับ 18.56, 17.94, 17.84, 17.52, 17.00 และ 16.58 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแบคทีเรียเอนโดไฟต์ PVKRS5, PVKRS10, PVKRS7 และ PVKRS8 เป็นแบคทีเรียที่แยกได้จากส่วนลำต้นข้าวมะลิแดงอินทรีย์ ส่วนแบคทีเรีย PVKRL7 และ PVKRL1 เป็นแบคทีเรียที่แยกได้จากส่วนใบของข้าวมะลิแดงอินทรีย์ ซึ่งพบว่า แบคทีเรีย PVKRS5 สามารถละลายฟอสเฟตได้ดีที่สุดเท่ากับ 18.56 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร (Table 1)

ผลการศึกษาลักษณะการเจริญของแบคทีเรียบนอาหาร Nutrient Agar (NA) พบว่าแบคทีเรียเอนโดไฟต์ละลายฟอสเฟตทั้ง 6 ไอโซเลต ได้แก่ PVKRS5, PVKRS10, PVKRL7, PVKRS7, PVKRS8 และ PVKRL1 มีโคโลนีสีครีม รูปร่างโคโลนี กลม ขอบเรียบ นูนเล็กน้อย และพบว่าแบคทีเรียทั้ง 6 ไอโซเลต เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อน เซลล์เดี่ยว (Table 2) โดยแสดงลักษณะโคโลนีและรูปร่างและการจัดเรียงตัวของเซลล์แบคทีเรีย PVKRS5 ซึ่งเป็นแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่สามารถละลายฟอสเฟตได้มากที่สุด (Figure 1A และ 1B) ตามลำดับ

Table 1 Primary screening of phosphate solubilizing bacteria and phosphate content

Bacterial code	Clear zone on PVK agar (mm)	Phosphate content (mgP/L)	Sources
PVKRS5	7	18.56	stems
PVKRS10	10	17.94	stems
PVKRL7	4	17.84	leaves
PVKRS7	10	17.52	stems
PVKRS8	13	17.00	stems
PVKRL1	7	16.58	leaves

ผลการศึกษาลักษณะทางชีวเคมี ได้แก่ เอนไซม์คะตาเลส ออกซิเดส และหมักฟรุคโตส ซูโครส มอลโตส กลูโคส กาแลคโตส ไซลิทอล แลคโตส และแมนนิทอล ของแบคทีเรียทั้ง 6 ไอโซเลต ได้แก่ PVKRS5, PVKRS10, PVKRL7, PVKRS7, PVKRS8 และ PVKRL1 (Table 3)

ผลการหาลำดับเบสบน 16S rRNA ของแบคทีเรีย PVKRS5, PVKRS10, PVKRL7, PVKRS7, PVKRS8 และ PVKRL1 พบว่ามีความเหมือนกับแบคทีเรีย *Burkholderia glumae* BGR1, *Burkholderia cenocepacia* J2315, *Burkholderia glumae* BGR1, *Burkholderia cenocepacia* J2315, *Burkholderia glumae* BGR, *Ralstonia pickettii* 12J ที่ระดับความเหมือน 99, 99, 99, 99, 100 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4)

Table 2 Colony morphology, cell shape and cell arrangement and Gram's staining of selected phosphate solubilizing bacteria

Bacterial code	Colony morphology	Cell shape and cell arrangement	Gram 's staining
PVKRS5	creamy colony, entire, raise	rods, single	negative
PVKRS10	creamy colony, entire, raise	rods, single	negative
PVKRL7	creamy colony, entire, raise	rods, single	negative
PVKRS7	creamy colony, entire, raise	rods, single	negative
PVKRS8	creamy colony, entire, raise	rods, single	negative
PVKRL1	creamy colony, entire, raise	rods, single	negative

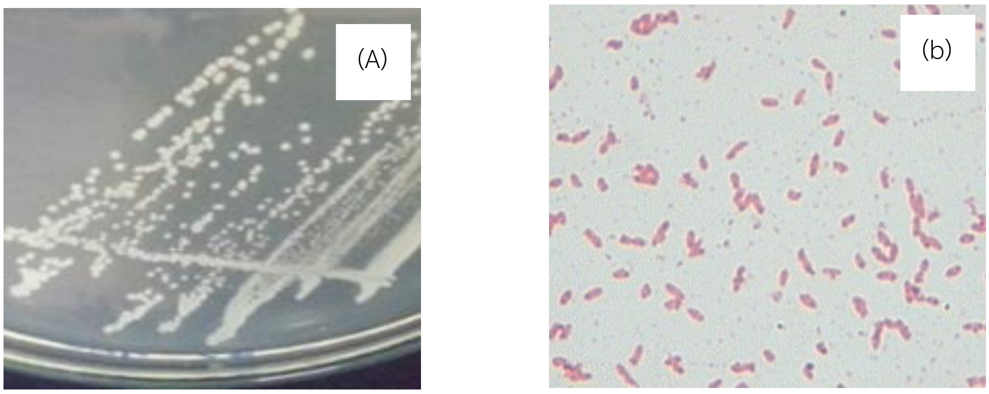


Figure 1 (A) Colony morphology of bacteria PVKRS5 and (B) Cell shape and cell arrangement of bacteria PVKRS5

Table 3 Physiological and biochemical characteristics and 16S rRNA base sequencing of phosphate solubilizing bacteria

Bacterial code	Physiological and biochemical characteristics										Bacteria	Similarity
	Test		Carbon sources									
	Catalase	Oxidase	F	S	M	G	Ga	X	L	Ma		%
PVKRS5	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	*Burkholderia glumae* BGR1	99
PVKRS10	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	*Burkholderia cenocepacia* J2315	99
PVKRL7	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	*Burkholderia glumae* BGR1	99
PVKRS7	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	*Burkholderia cenocepacia* J2315	99
PVKRS8	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	*Burkholderia glumae* BGR1	100
PVKRL1	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	*Ralstonia pickettii* 12J	99

F = Fructose, S = Sucrose, M = Maltose, G = Glucose, Ga = Galactose, X = Xylitol, L = Lactose, Ma = Mannitol
(+) = acid and gas production, + = positive, - = negative

Table 4 Percent similarities between selected bacteria 16S rRNA gene sequence and its closest relative in the NCBI database using the BLAST algorithm

Bacterial code	Bacteria	Accession number	Percent of sequence Identity (%)
PVKRS5	*Burkholderia glumae* BGR1	NC_012724.2	777/781 99)%(
PVKRS10	*Burkholderia cenocepacia* J2315	NC_011000.1	799/800 99)%(
PVKRL7	*Burkholderia glumae* BGR1	NC_012724.2	764/768)99%(
PVKRS7	*Burkholderia cenocepacia* J2315	NC_011000.1	829/831)99%(
PVKRS8	*Burkholderia glumae* BGR1	NC_012724.2	779/779 100)%(
PVKRL1	*Ralstonia pickettii* 12J	NC 010682.1	805/806)99%(

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการทดลองนี้แยกได้แบคทีเรียเอนโดไฟต์ PVKRS5 จากส่วนของลำต้นข้าวมะลิแดงที่ทำเกษตรอินทรีย์อายุเพียง 1 ปี สามารถละลายฟอสเฟตได้ปริมาณสูงที่สุด เท่ากับ 18.56 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร ซึ่ง Duangpaeng *et al.* (2012) พบว่าแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่แยกได้จากเนื้อเยื่อของต้นข้าวอินทรีย์อายุ 4 ปี สามารถละลายฟอสเฟตได้ระหว่าง 52.90 ถึง 98.90 มิลลิกรัมต่อลิตร และแยกได้แบคทีเรียเอนโดไฟท์จากลำต้นของข้าวมะลิแดงที่ทำเกษตรอินทรีย์อายุ 10 ปี ที่สามารถละลายฟอสเฟตได้สูงสุดเท่ากับ 191.78 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร (Deejing and Buntor, 2019) และDeejing and Pawong (2017) คัดเลือกได้แบคทีเรียเอนโดไฟต์จากส่วนของรากข้าวอินทรีย์อายุ 5 ปี สามารถละลายฟอสเฟตได้สูงสุดเท่ากับ 114.32 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร และจากรายงานของ Pananto *et al.* (2013) พบว่า แบคทีเรียเอนโดไฟต์จากรากข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี สามารถละลายฟอสเฟตได้สูงสุดเท่ากับ 421.7-465.9 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และแยกได้แบคทีเรียเอนโดไฟต์จากรากข้าวหอมมะลิแดงละลายฟอสเฟตได้สูงสุดเท่ากับ 191.02 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร และเมื่อเชื้อสร้างกรดปริมาณสูงขึ้นทำให้ละลายฟอสเฟตมากขึ้น (Chanrattanayothin, 2019) ในการเปลี่ยนจากการทำเกษตรทั่วไปมาทำระบบเกษตรอินทรีย์เพียงระยะเวลา 1 ปี อาจมีผลทำให้พบจำนวนและความหลาก หลายของจุลินทรีย์น้อยกว่าการทำระบบเกษตรอินทรีย์มาระยะเวลายาวนาน ซึ่ง Surekha *et al.* (2013) พบว่าการจัดการดินในระบบเกษตรอินทรีย์หลังระยะเวลา 5 ปี จะส่งผลช่วยปรับปรุงคุณภาพของดินทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีววิทยาของดิน และยังมีผลต่อจำนวนและความหลากหลายของจุลินทรีย์เอนโดไฟต์มากกว่าระบบเกษตรทั่วไป เนื่องจากมีการเติมอินทรียวัตถุลงในดินแปลงเกษตรอินทรีย์ระยะเวลายาวนาน ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำและลดความหนาแน่นของดิน มีผลช่วยส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินให้ดีขึ้น (Sihi *et al.*, 2017) นอกจากนี้ Zhang *et al.* (2013) รายงานว่าการเติมอินทรียวัตถุ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์ จะช่วยให้ดินมีการปลดปล่อยฟอสเฟตเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย ซึ่งในผลการทดลองครั้งนี้พบว่า แบคทีเรีย PVKRS5 ที่แยกได้จากส่วนของลำต้นข้าวสามารถละลายฟอสเฟตได้ดี ซึ่งการ

เข้าไปอาศัยอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืชได้โดยการเข้าสู่พืชผ่านทางบาดแผล หรือทางส่วนรากของพืช หากแบคทีเรียเข้าไปในพืชได้แล้วแบคทีเรียเอนโดไฟต์จะเคลื่อนที่โดยอาศัยแฟลกเจลลาไปตามทางท่อลำเลียงน้ำ (Xylem) และผ่านรูพรุนในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของพืช (Mandrell *et al*., 2005) จากนั้นจึงกระจายไปอาศัยอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของพืช นอกจากนี้แบคทีเรียเอนโดไฟต์ยังเข้าสู่พืชโดยผ่านทางปากใบได้อีกด้วย Senthilkumar *et al*., 2011 และ Chi *et al*. (2005) อธิบายว่า แบคทีเรียเอนโดไฟต์มีการเคลื่อนย้ายจากส่วนรากไปยังส่วนของลำต้น นอกจากนี้ แบคทีเรียเอนโดไฟต์ยังสามารถเคลื่อนย้ายไปยังโคนก้านใบ กาบใบ แล้วเข้าสู่ส่วนของใบพืช ซึ่งมีผลช่วยเพิ่มชีวมวลของรากและยอด อัตราการสังเคราะห์แสง ปากใบของพืช และช่วยในการสะสมกรดอินโดลอะซิติกและจิบเบอเรลลินให้แก่ต้นพืชได้อีกด้วย และในสภาพธรรมชาติเมื่อแบคทีเรียเอนโดไฟต์เข้าสู่รากพืชได้แล้วจะสามารถแพร่กระจายอย่างเป็นระบบเพื่อไปอาศัยอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของเนื้อเยื่อพืช จากนั้นแบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนอย่างหนาแน่นซึ่งอาจพบจำนวนแบคทีเรียในส่วนของลำต้นและใบพืชอยู่ระหว่าง 10^3–10^4 cfu/gfw (Compant *et al.*, 2010) ซึ่ง Pinjai *et al*. (2021) พบว่าจำนวนเซลล์แบคทีเรียที่เหมาะสมที่มีผลต่อการละลายฟอสเฟตได้ดีที่สุดมีจำนวนเซลล์อยู่เท่ากับ 10^8 CFU/ml ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.0-9.0 จะสามารถละลายฟอสเฟตได้ดีระหว่าง 212.50-787.50 µg/ml และหากค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.0 จะมีผลทำให้แบคทีเรียไม่สามารถเจริญและไม่เกิดการละลายฟอสเฟตออกมา จากที่กล่าวมาจึงน่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชมีความสามารถในการละลายฟอสเฟตได้ต่างกัน และกลไกในการละลายฟอสเฟตของแบคทีเรียนั้นเกิดโดยการเปลี่ยนฟอสเฟตในรูปสารอินทรีย์ให้เป็นสารอนินทรีย์ หรือให้อยู่ในรูปสารที่ละลายน้ำได้แล้วพืชนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยอาศัยเอนไซม์ต่าง ๆ ได้แก่ ไฟเตส ฟอสฟาเตส และมีการผลิตกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดแลคติก กรดกลูโคนิก กรดฟูมาริก กรดออกซาลิก กรดซิตริก และกรดซัคซินิค เป็นต้น (Alori *et al*., 2017) ซึ่ง Oliveira *et al.* (2018) กล่าวว่า พืชพวกหญ้ามีอัตราการเจริญเติบโตต่างกันมีการดูดซึมฟอสฟอรัส และประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสที่อยู่ในดินปริมาณฟอสฟอรัสมากน้อยไม่เท่ากัน และกิจกรรมของเอนไซม์ฟอสฟาเตสที่เกี่ยวข้องกับการละลายฟอสเฟตยังสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตของสายพันธุ์หญ้า และมีความแปรผันของรูปแบบทางชีวเคมีของฟอสฟอรัสที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืช และในสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง พืชมักจะมีธาตุอาหารพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอยู่ส่วนของใบในระดับความเข้มข้นกว่าส่วนอื่น ๆ ของพืช นอกจากนี้ ปัจจัยที่มีผลทำให้แบคทีเรียเอนโดไฟต์อาศัยอยู่ในต้นพืชขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของพืชกับสิ่งแวดล้อม (Ali *et al*., 2021) โดย Hallmann and Berg (2006) อธิบายว่าสภาพแวดล้อมที่พืชอยู่ อายุของต้นพืช ระยะการเจริญเติบโตของต้นพืช เช่น หากบริเวณที่แบคทีเรียเอนโดไฟต์เจริญอยู่มีสารอาหารอุดมสมบูรณ์ก็จะทำให้มีการเจริญเพิ่มจำนวนเซลล์แบคทีเรียอย่างหนาแน่น นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมของพืชที่เจริญอยู่ในสภาพภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อความหลากหลายของเอนโดไฟต์ในพืชด้วย และยังมีปัจจัยของสภาพภูมิอากาศก็ส่งผลต่อแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่อาศัยอยู่ภายในเนื้อเยื่อในส่วนต่าง ๆ ของพืชอีกด้วย และ Poorter *et al.* (2012) กล่าวว่า รูปแบบของการกระจายตัวของสารอาหารไปยังบริเวณต่าง ๆ ในพืช ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ ขึ้นอยู่กับ อิทธิพลของสภาพแวดล้อม ขนาดของพืช ประวัติวิวัฒนาการ และการแข่งขันในการเจริญเติบโตของพืชที่อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นอีกด้วย

ในการทดลองนี้ แบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่คัดเลือกได้สามารถละลายฟอสเฟตได้ไม่สูงมาก อาจเป็นผลมาจากสภาวะในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียยังอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญและการละลายฟอสเฟต เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่

มีผลต่อการละลายฟอสเฟต เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และปัจจัยอื่น ๆ อีกที่มีผลต่อการกิจกรรมของจุลินทรีย์ ตามรายงานของ Chen and Liu (2019) พบว่าแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตได้สูงที่สุดในอาหารที่มีแคลเซียมฟอสเฟต เลซิติน ในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7.0 และมีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนซึ่งทำให้แบคทีเรียมีกิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเตสสูงสุดเท่ากับ 6.94 ยูนิตต่อ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 วัน

ในการทดลองนี้ พบว่า แบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่ละลายฟอสเฟตได้ดีเป็นแบคทีเรียแกรมลบทั้ง 6 ไอโซเลต ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Son *et al.* (2005) ที่กล่าวว่าแบคทีเรียแกรมลบจะบทบาทช่วยละลายฟอสเฟตแคลเซียมไตรฟอสเฟต ไฮดรอกซีอะพาไตท์ และหินฟอสเฟต จะช่วยให้ฟอสเฟตละลายออกมาอยู่ในรูปที่จุลินทรีย์และพืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ต่อมา Song *et al.* (2008) พบว่าแบคทีเรีย *Burkholderia cepacia* DA23 ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบที่แยกได้จากดินแปลงเกษตรสามารถละลายแคลเซียมฟอสเฟตและไฮดรอกซีอะพาไตท์ได้ดี แต่ละลายอลูมิเนียมฟอสเฟตได้ต่ำ ซึ่งแบคทีเรีย *Burkholderia* sp. จะผลิตกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดทาร์ทาริก กรดซิตริก และกรดออกซาลิก เพื่อช่วยในการละลายฟอสเฟตออกมาได้ (Kong and Hong, 2020)

จากผลการจำแนกชนิดของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่แยกได้ในการทดลองนี้ พบว่าแบคทีเรีย PVKRS5 มีลำดับเบสของยีน 16S rRNA และมีคุณลักษณะเหมือนกับแบคทีเรีย *Burkholderia glumae* BGR1 ซึ่งแบคทีเรีย *Burkholderia* spp. เป็นแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับพืชโดยมีทั้งพวกที่ดำรงชีวิตอยู่อย่างอิสระหรือพวกที่อาศัยอยู่บริเวณผิวด้านนอก (Epiphyte) หรือที่อาศัยอยู่ภายในเนื้อเยื่อของพืช (Endophyte) (Janssen, 2006) ซึ่ง Xuan *et al.* (2016) ได้ประยุกต์ใช้แบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Burkholderia vietnamiensis* เป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับดินที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด มีผลทำให้ได้ผลผลิตของข้าวสูงขึ้น และ *Burkholderia pseudomallei* ที่แยกได้จากเนื้อเยื่อของข้าวสามารถผลิตกรดอินโดลอะซิติก และมีผลช่วยทำให้น้ำหนักแห้งของลำต้นและรากของข้าวเพิ่มสูงขึ้น (Gofar *et al.*, 2015) นอกจากนี้แบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Burkholderia* sp. ยังสามารถสร้างสารยับยั้งเชื้อรา *Fusarium oxysporum* ที่ก่อโรคพืชได้ (Midekssa *et al.*, 2015) และยังมีการผลิตสารชีวภาพลดแรงตึงผิว (Biosurfactant) จาก *Burkholderia cenocepacia* BSP3 เพื่อใช้เป็นส่วนผสมของสารกำจัดแมลงจึงส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Wattanaphon, 2008)

จากผลในงานวิจัยนี้ คัดเลือกได้แบคทีเรียเอนโดไฟต์ PVKRS5 จากส่วนของลำต้นข้าวจากข้าวเกษตรอินทรีย์อายุ 1 ปี ซึ่งน่าจะมีศักยภาพที่จะนำแบคทีเรียที่คัดเลือกไปประยุกต์ใช้วิธีการทางชีวภาพเพื่อการเปลี่ยนรูปของฟอสเฟตให้อยู่ในรูปละลายน้ำได้เพื่อให้พืชสามารถนำสารอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืชได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ อาจมีแนวทางที่นำแบคทีเรียเอนโดไฟต์ละลายฟอสเฟตที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปทำปุ๋ยชีวภาพในรูปแบบจุลินทรีย์ผสมร่วมกับจุลินทรีย์อื่น ๆ เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์ และการเกษตรทั่วไป ซึ่งแบคทีเรียเอนโดไฟต์มีความใกล้ชิดกับต้นพืชมากกว่าจุลินทรีย์ที่อยู่ภายนอกต้นพืช เนื่องจากเป็นพวกที่อาศัยอยู่ภายในโครงสร้างของต้นพืช จึงมีบทบาทช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืชได้เป็นอย่างดี ซึ่งก็มีรายงานการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตร่วมกับจุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอื่น ๆ ในรูปแบบจุลินทรีย์ผสม และไมคอร์ไรซา เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชให้ดียิ่งขึ้น (Khan and Joergensen 2009) และยังมีรายงานการประยุกต์ใช้แบคทีเรียในจีนัส *Burkholderia* sp. โดย Santos *et al. (*2018) รายงานว่าการนำแบคทีเรีย *Burkholderia* *silvatlantica*, *Herbaspirillum seropedicae, Bacillus* sp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียเอนโดไฟต์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณฟอสเฟตให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ และแบคทีเรียข้างต้นยังมีกิจกรรมของเอนไซม์ฟอสฟาเตสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องการละลายฟอสเฟตอีกด้วย ซึ่ง Yazdani *et al.* (2009) กล่าวว่าการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตกับพืชต่าง ๆ สามารถช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามแบคทีเรียเอนโดไฟท์ละลายฟอสเฟตที่คัดเลือกได้ในการทดลองนี้ มิได้มีเพียงแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านการเกษตรอย่างเดียว เนื่องจากมีรายงานการศึกษาอยู่มากมายว่าแบคทีเรียเอนโดไฟท์มีความสามารถในการผลิตสารเมแทบอไลท์ซึ่งอาจเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งน่าจะสามารถนำแบคทีเรียเอนโดไฟต์ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ เภสัชกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ รวมทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย (Taechowisan *et al.*, 2005)

สรุปผลการวิจัย

การคัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟต์ละลายฟอสเฟตที่แยกได้จากจากส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ราก ลำต้น และใบของข้าวมะลิแดงที่ทำเกษตรอินทรีย์อายุ 1 ปี พบว่า ได้แบคทีเรียเอนโดไฟต์ PVKRS5 ซึ่งแยกได้จากส่วนลำต้นของข้าวที่ละลายฟอสเฟตได้สูงที่สุดในอาหาร PVK broth เท่ากับ 18.56 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7.0 และพบว่า แบคทีเรีย PVKRS5 เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อนและมีลำดับเบสของยีน 16S rRNA เหมือนกับ *Burkholderia glumae* BGR1 ซึ่งแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่คัดเลือกได้ในงานวิจัยนี้ น่าจะนำไปประยุกต์เพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวที่เพาะปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์และเกษตรทั่วไปได้ ซึ่งถือว่าเป็นการใช้วิธีการทางชีวภาพเพื่อการเกษตรที่มีความปลอดภัย ซึ่งในปัจจุบันและอนาคตมีผู้บริโภคจำนวนมากมีแนวโน้มหันมาบริโภคข้าวอินทรีย์ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพของทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนวิจัยนี้ รวมทั้งขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Adeleke, R.A., A.R. Raimi, A. Roopnarain and S.M. Mokubedi. 2019. Status and Prospects of Bacterial Inoculants for Sustainable Management of Agroecosystems. pp. 137-172. *In* B.B Giri, R. Prasad, Q.S. Wu and A. Varma (eds.). **Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment.** Springer: Cham.

Ali, M., Q., Ali, M.A. Sohail, A.F. Ashraf, M.H. Saleem, S. Hussain and L. Zhou. 2021. Diversity and taxonomic distribution of endophytic bacterial community in the rice plant and its prospective. **International Journal of Molecular Sciences** 22: 1-28.

Alori, E.T., B.R. Glick and O.O. Babalola. 2017. Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. **Frontiers in Microbiology** 8: 1-8.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. **Soil Science** 59: 39-45.

Chanrattanayothin, P. 2019. **Isolation of potential phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of red brown rice.** 55 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [In Thai]

Chen, Q. and S. Liu. 2019. Identification and characterization of the phosphate-solubilizing bacterium *Pantoea* sp. S32 in reclamation soil in Shanxi, China. **Frontiers in Microbiology** 10(2171): 1-12.

Chi, F.S., H. Shen, H.P. Cheng, Y.X. Jing, Y.G. Yanni and F.B. Dazzo. 2005. Ascending migration of endophytic Rhizobia, from roots to leaves, inside rice plants and assessment of benefits to rice growth physiology. **Applied and Environmental Microbiology** 71(11): 7271-7278.

Chung, E.J., M.T. Hossain, A. Khan, K.H. Kim, C.O. Jeon and Y.R. Chung. 2015. *Bacillus oryzicola,* an endophytic bacterium isolated from the roots of rice with antimicrobial, plant growth promoting, and systemic resistance Inducing activities in rice. **Plant Pathology Journal** 31(2): 152–164.

Compant, S., C. Clément and A. Sessitsch. 2010. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. **Soil Biology and Biochemistry** 42: 669-678.

Deejing, S. and A. Buntor. 2019. Screening and identification of endophytic bacteria from organic red jasmine rice soil. **Journal of Agriculture** 35(1): 49-60.

Deejing, S. and W. Pawong. 2017. Isolation, screening and identification of phosphate solubilizing endophytic bacteria from five years organic rice farming. p. 144-151. *In* **Proceedings of the 55th Kasetsart University Annual Conference** (Poster). Bangkok. [in Thai]

Duangpaeng, A., P. Phetcharat, S. Chanthapho, N. Boonkantong and N. Okuda. 2012. The study and development of endophytic bacteria for enhancing organic rice growth. **Procedia Engineering** 32: 172-176.

Gofar, N., H. Widjajanti and N. Marlina. 2015. Stimulate the growth of rice using endophytic bacteria from lowland rice plant tissue. **Journal of Soil Science and Agroclimatology** 12(2): 45-52.

Govindarajan, M., J. Balandreau, S.W. Kwon, H.Y. Weon and C. Lakshminarasimhan. 2008. Effects of the inoculation of *Burkholderia vietnamensis* and related endophytic diazotrophic bacteria on grain yield of rice. **Microbial Ecology** 55(1): 21-37.

Hallmann, J. and G. Berg. 2006. Spectrum and population dynamics of bacterial root endophytes **Microbial Root Endophytes** 9: 15-31.

Janssen, P.H. 2006. Identifying the dominant soil bacteria taxa in libraries of 16S rRNA and 16S rRNA genes. **Applied and Environmental Microbiology** 72: 1719-1728.

Khan, K.S. and R.G. Joergensen. 2009. Changes in microbial biomass and P fractions in biogenic household waste compost amended with inorganic P fertilizers. **Bioresource Technology** 100: 303-309.

Kong, P. and C. Hong. 2020. Endophytic *Burkholderia* sp. SSG as a potential biofertilizer promoting Boxwood growth. **Peer J.** 8: 1-13.

Mandrell, R.E., L. Gorski and M. Brandl. 2005. Attachment of Microorganisms to Fresh Produce. pp. 12-32. *In* Sapers, G.M., J.R. Gorny and A.E. Yousef (eds.). **Microbiology of Fruits and Vegetables.** Francis: CRC Press.

Midekssa, M.J., C.R. Loscher, R.A. Schmitz and F. Assefa. 2015. Characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria isolated from lentil growing areas of Ethiopia. **African Journal of Microbiology Research** 9(25): 1637-1648.

Oliveira, L.B., A. Marques, F.L.F. Quadros and J.G.Farias. 2018. Phosphorus allocation and phosphatase activity in grasses with different growth rates. **Oecologia** 186: 633-643.

Pananto, S., T. Phakphoom, J. Siriluck, K. Rungsarid and S. Kannika. 2013. Endophytic bacteria and their effects on improve growth of rice. **Khon Kaen Agriculture Journal** 41(4): 457-468. [in Thai]

Pinjai, P., C. Tongponkaew and C. Thanasrirangkul. 2021. Studies on phosphorus availability and growth promotion of sugarcane by phosphate solubilizing bacteria under greenhouse condition for biofertilizer production. **King Mongkut's Agricultural Journal** 39(2): 109-118.

Poorter, H., K. J. Niklas, P.B. Reich, J. Oleksyn, P. Poot and L. Mommer. 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. **New Phytologist** 193(1): 30-50.

Rangjaroen, C., B. Rerkasem, N. Teaumroong, R. Noisangiam and S. Lumyong. 2015. Promoting plant growth in a commercial rice cultivar by endophytic diazotrophic bacteria isolated from rice landraces. **Annals of Microbiology** 65: 253-266.

Santos, M.L., D.L. Berlitz, S.L.F Wiest., R. Schünemann, K. Lidia and M. Fiuza. 2018. Benefits associated with the interaction of endophytic bacteria and plants. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 61: 50-62.

Senthilkumar, M., R. Anandham, M. Madhaiyan and V. Venkateswaran. 2011. Endophytic bacteria: perspectives and applications in agricultural crop production. **Bacteria in Agrobiology: Crop Ecosystems** 61-96.

Shen, F.T., J.H. Yen, C.S. Liao, W.C. Chen and Y.T. Chao. 2019. Screening of rice endophytic biofertilizers with fungicide tolerance and plant growth-promoting characteristics sustainability. **Sustainability** 11(4): 1-13.

Sihi, D., B. Dari, D.K. Sharma, H. Pathak, L. Nain and O.P. Sharma. 2017. Evaluation of soil health in Organic *vs*. conventional farming of basmati rice in North India. **Journal of Nutrition and soil science** 180(3): 389-406.

Son, H., G. Park, M. Cha and M. Heo. 2005. Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a novel salt and pH tolerant *Pantoea agglomerans* R-42 isolated from soybean rhizosphere. **Bioresource Technology** 97: 204-210.

Song, O.R., S.J. Lee, Y.S. Lee, S.C. Kim and K.K. Choi. 2008. Solubilization of insoluble inorganic phosphate by *Burkholderia cepacia* DA23 isolated from cultivated soil. **The Brazilian Journal of Microbiology** 39: 151-156.

Surekha, K., K.V. Rao, N.S. Rani, P.C. Latha and R.M. Kumar. 2013. Evaluation of organic and conventional rice production systems for their productivity, profitability, grain quality and soil health. **Agrotechnology** S11: 1-6.

Taechowisan, T., C. Lu, Y. Shen and S. Lumyong. 2005. Secondary metabolites from endophytic *Streptomyces aureofaciens* CMUAc130 and their antifungal activity. **Microbiology** 151: 1691-1695.

Tagele, S.B., S.W. Kim, H.G. Lee and Y.S. Lee. 2019. Potential of novel sequence type of *Burkholderia cenocepacia* for biological control of root rot of maize (*Zea mays* L.) caused by *Fusarium temperatum.* **International Journal of Molecular** 20: 1005.

Thomas, L. and I. Singh. 2019. Microbial Biofertilizers. pp. 1-19. *In* B. Giri and I. Singh (eds.). **Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment.** Switzerland: Springer Nature.

Wattanaphon, H.T., A. Kerdsin, C. Thammacharoen, P. Sangvanich and A.S. Vangnai. 2008. A biosurfactant from *Burkholderia cenocepacia* BSP3 and its enhancement of pesticide solubilization. **Journal of Applied Microbiology** 105(2): 416-423.

Xuan, L.N.T., T.V. Dung, N.N. Hung and C.N. Diep. 2016. Isolation and characterization of rice endophytic bacteria in acid bacteria in acid sulphate soil of Mekong delta Vietnam. **World Journal of Phamacy and Pharmaceutical Sciences** 5(8): 301-317.

Yazdani, M., M.A. Bahmanyar, H. Pirdashti and M.A. Esmaili. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). **World Academy of Science, Engineering and Technology** 49: 90-92.

Zhang, X., L. Chen, Q. Li, X. Qi and S. Yang. 2013. Increase in soil nutrients in intensively managed cash-crop agricultural ecosystems in the Guanting Reservoir catchment, Beijing, China. **Geoderma** 193-194: 102-108.

Session 11

ภาคโปสเตอร์

สัณฐานวิทยาของถั่วพุ่มและถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อยภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์
Morphological Characterization of Cowpea and Yard Long Bean in Organic System

แสงเดือน อินชนบท[1*] สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร[1] จันทร์เพ็ญ สะระ[2] และเอกชัย อินชนบท[3]

Sangduan Inchonbot[1*], Suthep Watcharawetsaringkharn[1]

Junpen Sara[2] and Akachai Inchonbot[3]

[1]สาขาวิชาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]บริษัทฮอทิเจนเนติคส์ รีเสิร์ช (เอส.อี.เอเชีย) จำกัด เชียงใหม่ 50290

[1]Division of Vegetable Technology, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[3]Hortigenetics Research (S.E. Asia) Limited, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: mjvt15@hotmail.com

Abstract

Nowadays, yardlong bean cultivated were breed and evaluated in chemical system. Therefore yardlong bean had not efficient in organic system. The aim of this study, yardlong bean evaluation for planting in organic system. Yardlong bean germplasm were collected and cultivated in organic system. The result showed that, totally 30 cultivars were stored (cowpea=15 cultivars and yardlong bean=15 cultivars). Cowpea found highly significant in pod length, pod weight, pod width and 50% days flowering. Yardlong bean showed highly significant in pod length, pod weight and pod width while 50% days flowering was non—significant. Qualitative trait of cowpea and yardlong bean were separated into two groups (deltoid & sub—hastate). The leaf color was green and dark green. All of flower were purple. The fresh pod color had light green, green, purple and dark purple and pod color at blossom end were green and purple. The pod surface texture was smooth and intermediate. Seed shape had kidney shape and rhomboid. Seed color was brown, black and cream. Pattern color of seed coat was plain and mottle.

Keywords: borphological characterization, cowpea, yardlong bean, organic system

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันถั่วฝักยาวพันธุ์ปลูกมีการปรับปรุงพันธุ์ และประเมินผลผลิตในระบบเกษตรเคมี ทำให้ยังไม่มีพันธุ์ถั่วฝักยาวที่เหมาะสมต่อการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่มและพันธุ์เลื้อยในระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่มีศักยภาพที่เหมาะสมต่อการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ โดยทำการเก็บรวบรวมพันธุ์แล้วนำมาปลูกทดสอบเพื่อทำการเก็บลักษณะต่างๆ ในระบบเกษตรอินทรีย์ พบว่าสามารถเก็บรวบรวมถั่วพุ่มได้จำนวน 15 พันธุ์ และถั่วฝักยาวจำนวน 15 พันธุ์ เมื่อทำการปลูกเพื่อเก็บลักษณะประจำพันธุ์ เมื่อเก็บข้อมูลเชิงปริมาณพบว่า ถั่วพุ่มมีน้ำหนัก ความกว้างและความยาวของฝัก รวมถึงอายุวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในขณะที่ถั่วฝักยาวมีน้ำหนัก ความกว้างและความยาวของฝักแสดง ความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่อายุวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และจากการเก็บข้อมูลลักษณะเชิงคุณภาพพบว่า ทั้งถั่วพุ่มและถั่วฝักยาวมีรูปร่างของใบแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สามเหลี่ยม และใบกึ่งรูปเงี่ยง โดยสีใบมีสีเขียวอ่อนและสีเขียวเข้ม ดอกมีสีม่วง ฝักมีสีเขียวอ่อน สีเขียว สีม่วง และสีม่วงเข้ม ปลายฝักมีสีเขียวและสีม่วง ลักษณะผิวฝักมีผิวฝักเรียบและผิวฝักเรียบปานกลาง ลักษณะรูปร่างเมล็ดมีลักษณะรูปไตและรูปคล้ายสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด สีเมล็ดมีสีน้ำตาล ดำ และครีม ซึ่งมีทั้งลายและไม่มีลายบนเมล็ด

คำสำคัญ: สัณฐานวิทยา ถั่วฝักยาว ถั่วพุ่ม ระบบเกษตรอินทรีย์

คำนำ

ถั่วฝักยาว มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Vigna unguiculata* var. *sesquipedalis* จัดเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย มีการนำมาใช้ในหลากหลายรูปแบบ เช่น ผักเครื่องเคียง ส้มตำ ปรุงเป็นอาหาร ผักอบกรอบ รวมถึงผักแช่แข็ง (Nunsri and Kuhapituktum, 2013) โดยถั่วฝักยาวเป็นพืชผักที่สามารถปลูกได้ทุกภูมิภาคของประเทศไทย ในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาว 538,124 ไร่ กระจายอยู่ในพื้นที่ปลูก 74 จังหวัด ผลผลิตรวม 71,748 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 960 กิโลกรัม (Department of Agriculture, 2020) แหล่งที่ปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัด ราชบุรี เพชรบุรี สุราษฎร์ธานี ปทุมธานี และกาญจนบุรี (Department of Agriculture, 2021) นอกจากการผลิตผักสดแล้ว ประเทศไทยยังได้มีการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวส่งออกขายต่างประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2563 มีปริมาณการส่งออก 203,133.14 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 63,949,886.65 บาท อย่างไรก็ตามการเพาะปลูกถั่วฝักยาวในปัจจุบันเกษตรกรมีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วฝักยาว สารเคมีดังกล่าวมีสารพิษตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม จากวิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วฝักยาวที่เกษตรกรต้องเก็บผลผลิตทุกวัน หรือวันเว้นวัน เมื่อการการเข้าทำลายของแมลงศัตรูเกษตรกรมีความจำเป็นต้องใช้สารเคมีเพื่อกำจัดแมลงศัตรูทำให้เป็นไปได้ยากที่จะไม่มีสารพิษตกค้างในผลผลิตถั่วฝักยาว เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ไม่สารพิษตกค้าง มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เกษตรกร และสิ่งแวดล้อม การผลิตถั่วฝักยาวในระบบเกษตรอินทรีย์จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสม แต่ถั่วฝักยาวพันธุ์ปลูกในปัจจุบันผ่านการปรับปรุงพันธุ์ และประเมินผลผลิตในระบบเกษตรเคมี ยังไม่มีพันธุ์ถั่วฝักยาวที่

เหมาะสมต่อการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่มและพันธุ์เลื้อยในระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่มีศักยภาพที่เหมาะสมต่อการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การรวบรวมพันธุ์ ทำการสำรวจ เก็บรวบรวมสายพันธุ์ถั่วฝักยาวทั้งสายพันธุ์พุ่มและสายพันธุ์เลื้อยในเขตภาคเหนือ (เชียงใหม่ ลำพูน แม่ฮ่องสอน) และนำมาจัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำฐานข้อมูลของถั่วฝักยาวที่รวบรวมได้

2. การปลูกศึกษาลักษณะประจำพันธุ์และการประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อพันธุกรรม นำตัวอย่างของถั่วฝักยาวทั้งหมดที่รวบรวมได้ปลูกศึกษาลักษณะประจำพันธุ์เบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะปราก ฏทางกายภาพและลักษณะทางการเกษตร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ (Replications) ปลูกตัวอย่างละ 15 ต้นต่อซ้ำ โดยใช้ระยะระหว่างต้น 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างแถว 1 เมตร ทำการบันทึกข้อมูลทุกต้นในระยะกำลังเจริญเติบโต ระยะกำลังให้ผลผลิต และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยบันทึกลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางการเกษตรต่างๆ ที่ปรากฏ ตามแนวทางแบบบันทึกข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ถั่วฝักยาวของกรมวิชาการเกษตรบางประการ เช่น ลักษณะใบ สีดอก ลักษณะการติดดอก อายุการติดฝัก ลักษณะฝัก สีฝัก สีปลายฝัก รูปร่างปลายผัก ความยาวฝัก ลักษณะเมล็ด สีเมล็ด และความยาวต่อ 100 เมล็ดในแต่ละพันธุ์ เป็นต้น ทำการบันทึกข้อมูลและบันทึกภาพเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเข้าสู่ระบบการจัดฐานข้อมูลของถั่วฝักยาวแต่ละสายพันธุ์ เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในด้านต่างๆ เช่น งานปรับปรุงพันธุ์ และคัดเลือกสายพันธุ์ ต่อไป

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. การรวบรวมพันธุ์

การรวบรวมพันธุ์ถั่วพุ่มและถั่วฝักยาวในเขตภาคเหนือ (เชียงใหม่ ลำพูน แม่ฮ่องสอน) พบว่าสามารถเก็บรวบรวมได้ทั้งหมดจำนวน 30 พันธุ์ โดยแยกเป็น ถั่วพุ่ม (ถั่วฝักยาวไร้ค้าง) จำนวน 15 พันธุ์ ได้แก่ Ysd01, Ysd02, Ysd03, Ysd04, Ysd05, Ysd06, Ysd07, Ysd08, Ysd10, Ysd11, Ysd12, Ysd14, Ysd15, Ysd17 และ Ysd18 และถั่วฝักยาว จำนวน 15 พันธุ์ ได้แก่ YSd29, YSd30, YSd31, YSd32, YSd33, YSd34, YSd35, YSd36, YSd37, YSd38, YSd39, YSd40, YSd41, YSd42 และ YSd43

2. การปลูกศึกษาลักษณะประจำพันธุ์และการประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อพันธุกรรม

2.1 ถั่วพุ่ม

ทำการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าน้ำหนักฝักของถั่วพุ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยแบ่งน้ำหนักฝักเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มีน้ำหนักฝักอยู่ระหว่าง 9.88-11.72 กรัม กลุ่มที่ 2 มีน้ำหนักฝักอยู่ระหว่าง 12.30-17.62 กรัม ความกว้างของฝักถั่วพุ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยแบ่งความกว้างฝักเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มีความกว้างฝักอยู่ระหว่าง 8.05-8.36 มิลลิเมตร มีจำนวน 8 ตัวอย่าง กลุ่มที่ 2 มีความกว้างฝักอยู่

ระหว่าง 8.55-8.87 มิลลิเมตร ความยาวของฝักถั่วพุ่มพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยแบ่งความยาวฝักเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 22.83-25.15 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 2 มีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 26.38-29.59 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 3 มีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 30.10-35.64 มิลลิเมตร และกลุ่มที่ 4 มีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 40.29-42.24 มิลลิเมตร อายุวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของถั่วพุ่ม พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยอายุวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 อยู่ระหว่าง 50-54 วัน กลุ่มที่ 2 อยู่ระหว่าง 56-59 วัน กลุ่มที่ 3 อยู่ระหว่าง 60-62 วัน และกลุ่มที่ 4 มีอยู่ระหว่าง 68-70 วัน (Table 1)

Table 1 Quantitative trait of 15 cowpea cultivars

Sample Code	Days flowering 50%	Pod length (cm)	Pod weight (gm)	Pod width (cm)
Ysd01	57^{bcd}	28.52^{g}	10.80^{de}	8.66^{abc}
Ysd02	54^{cde}	28.88^{f}	12.30^{d}	8.06^{e}
Ysd03	54^{cde}	30.10^{e}	14.50^{c}	8.72^{ab}
Ysd04	58^{bcd}	41.77^{a}	16.52^{ab}	8.66^{abc}
Ysd05	51^{ef}	29.59^{ef}	12.40^{d}	8.07^{e}
Ysd06	59^{bc}	42.24^{a}	17.62^{a}	8.55^{g}
Ysd07	52^{def}	33.38^{d}	15.77^{bc}	8.73^{ab}
Ysd08	56^{cd}	35.64^{c}	11.72^{de}	8.28^{de}
Ysd10	50^{ef}	40.29^{b}	15.3^{bc}	8.05^{e}
Ysd11	70^{a}	22.83^{i}	9.88^{e}	8.27^{de}
Ysd12	57^{bcd}	29.02^{ef}	12.62^{d}	8.36^{bcde}
Ysd14	57^{bcd}	25.15^{h}	11.43^{de}	8.36^{de}
Ysd15	59^{bc}	26.38^{gh}	11.33^{de}	8.78^{a}
Ysd17	62^{b}	23.25^{i}	11.18^{de}	8.34^{cde}
Ysd18	68^{a}	24.71^{i}	10.83^{de}	8.87
Mean	**57.58**	**30.78**	**12.95**	**8.45**
F-test	**	**	**	**
C.V.(%)	**4.22**	**2.54**	**7.98**	**2.32**

เมื่อทำการเก็บข้อมูลลักษณะเชิงคุณภาพพบว่า รูปร่างของใบแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ใบสามเหลี่ยม และใบกึ่งรูปเงี่ยง โดยสีใบมีสีเขียวอ่อนและสีเขียวเข้ม ดอกมีสีม่วง ฝักมีสีเขียวอ่อน สีเขียว สีม่วง และสีม่วงเข้ม ปลายฝักมีสีเขียวและสีม่วง ลักษณะผิวฝักมีผิวฝักเรียบและผิวฝักเรียบปานกลาง ลักษณะรูปร่างเมล็ดมีลักษณะรูปไตและรูปคล้ายสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด สีเมล็ดมีสีน้ำตาล ดำ และครีม ซึ่งมีทั้งลายและไม่มีลายบนเมล็ด (Table 2)

Table 2 Qualitative trait of 15 cowpea cultivars

Morphological characters	Accessions
Leaf characters	
deltoid	(Ysd14), (Ysd(15, (Ysd(17, (Ysd(18, (Ysd (01and (Ysd(10
sub-hastate	(Ysd11), (Ysd02), (Ysd03), (Ysd04), (Ysd05), (Ysd06), (Ysd07), (Ysd08) and (Ysd12)
Leaf color	
green	(Ysd08) and (Ysd10)
dark green	(Ysd11), (Ysd14), (Ysd15), (Ysd17), (Ysd18), (Ysd01), (Ysd02), (Ysd03), (Ysd04), (Ysd05), (Ysd06), (Ysd07) and (Ysd12)
Fresh pod color	
light green	(Ysd01), (Ysd02), (Ysd03), (Ysd04), (Ysd05), (Ysd07), (Ysd08), (Ysd10) and (Ysd12)
green	(Ysd06)
purple	(Ysd11), (Ysd14), (Ysd15) and)Ysd18)
dark purple	(Ysd17)
Pod color at blossom end	
green	(Ysd11), (Ysd14), (Ysd15), (Ysd17), (Ysd18), (Ysd04), (Ysd06), (Ysd08) and (Ysd10)
purple	(Ysd01), (Ysd02), (Ysd03), (Ysd05), (Ysd07) and (Ysd12)
Pod surface texture	
smooth	(Ysd11)
intermediate	(Ysd14), (Ysd15), (Ysd17), (Ysd18), (Ysd01), (Ysd02), (Ysd03), (Ysd04), (Ysd05), (Ysd06), (Ysd07), (Ysd08), (Ysd10) and (Ysd12)

Table 2 (Continued)

Morphological characters	Accessions
Seed shape	
kidney shape	(Ysd17), (Ysd18), (Ysd01), (Ysd02), (Ysd03), (Ysd05), (Ysd07), (Ysd08) and (Ysd12)
rhomboid	(Ysd11), (Ysd14), (Ysd15), (Ysd04), (Ysd06) and (Ysd10)
Seed color	
brown	(Ysd11), (Ysd14), (Ysd15), (Ysd18), (Ysd02), (Ysd03), (Ysd04), (Ysd05) (Ysd06), (Ysd07), (Ysd10) and (Ysd12)
black	(Ysd01)
cream	(Ysd17) and (Ysd08)
Pattern color of seed coat	
plain	(Ysd01)
mottle	(Ysd11), (Ysd14), (Ysd15), (Ysd17), (Ysd18), (Ysd02), (Ysd03), (Ysd04) (Ysd05), (Ysd06), (Ysd07), (Ysd08), (Ysd10) and (Ysd12)

2.2 ถั่วฝักยาว

ทำการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า น้ำหนักของถั่วฝักยาวมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยแบ่งน้ำหนักฝักเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มีน้ำหนักฝักอยู่ระหว่าง 15.13-17.93 กรัม กลุ่มที่ 2 มีน้ำหนักฝักอยู่ระหว่าง 18.08-19.82 กรัม และกลุ่มที่ 3 มีน้ำหนักฝัก 24.27 กรัม ความกว้างของถั่วฝักยาวมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยแบ่งความกว้างฝักเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มีความกว้างฝักอยู่ระหว่าง 6.84-7.87มิลลิเมตรและกลุ่มที่ 2 มีความกว้างฝักอยู่ระหว่าง 8.55-8.87 มิลลิเมตร ความยาวของถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อย มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยแบ่งความยาวฝักเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 36.08-37.01 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 2 มีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 40.49-41.95 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 3 มีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 44.3-46.43 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 4 มีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 50.34-53.81 มิลลิเมตร และกลุ่มที่ 5 มีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 54.14-55.22 มิลลิเมตร อายุวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของถั่วฝักยาว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3)

Table 3 Quantitative trait of 15 yardlong bean cultivars

Sample Code	Days flowering 50%	Pod length (cm)	Pod weight (gm)	Pod width (cm)
YSd29	58^{ab}	46.43^{c}	16.82^{def}	6.84^{d}
YSd30	57^{b}	40.49^{e}	18.08^{bcd}	7.24^{cd}
YSd31	57^{b}	54.14^{a}	24.47^{a}	7.09^{cd}
YSd32	59^{ab}	37.01^{f}	15.88^{ef}	8.94^{a}
YSd33	59^{ab}	41.05^{e}	17.18^{cde}	7.87^{bc}
YSd34	59^{ab}	40.9^{e}	16.82^{def}	8.43^{ab}
YSd35	57^{b}	41.82^{e}	15.6^{ef}	7.58^{cd}
YSd36	61^{a}	53.81^{a}	18.28^{bcd}	7.2^{cd}
YSd37	59^{ab}	41.95^{e}	17.93^{bcd}	7.36^{cd}
YSd38	61^{a}	55.07^{a}	19.67^{b}	7.16^{cd}
YSd39	60^{ab}	55.22^{a}	19.82^{b}	7.41^{cd}
YSd40	58^{ab}	51.21^{b}	18.82^{bc}	7.04^{cd}
YSd41	59^{ab}	50.34^{b}	18.17^{bcd}	7.25^{cd}
YSd42	59^{ab}	36.08^{f}	15.13^{f}	7.03^{cd}
YSd43	59^{ab}	44.3^{d}	16.47^{def}	7.26^{cd}
Mean	**58.79**	**46.52**	**18.04**	**7.42**
F-test	**ns**	**	**	**
c.v. %	**3.4**	**2.24**	**5.75**	**6.23**

เมื่อทำการเก็บข้อมูลลักษณะเชิงคุณภาพพบว่า รูปร่างของใบแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ มีลักษณะใบสามเหลี่ยมและใบกึ่งรูปเงี่ยง โดยใบมีสีเขียวอ่อนและสีเขียวเข้ม ดอกมีสีม่วง ฝักมีสีเขียงอ่อนและสีเขียว ปลายฝักมีสีเขียวและสีม่วง ลักษณะผิวฝักมีผิวฝักเรียบและผิวฝักเรียบปานกลาง ลักษณะรูปร่างเมล็ดมีลักษณะรูปไตและรูปคล้ายสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด สีเมล็ดมีสีน้ำตาล ดำ และครีม ซึ่งมีทั้งลายและไม่มีลายบนเมล็ด (Table 4)

Table 4 Qualitative trait of 15 yardlong bean cultivars

Morphological characters	Accessions
Leaf characters	
deltoid	(YSd(29, (YSd (38and (Ysd(43
sub-hastate	(YSd(30, (YSd(31, (YSd(32, (YSd(33, (YSd(34, (YSd(35, (YSd(36, (YSd(37, (YSd(39, (YSd(40, (YSd(41, (YSd (42and (YSd(44
Leaf color	
green	(YSd29), (YSd30), (YSd33), (YSd34), (YSd35), (YSd36), (YSd39), (YSd40), (YSd42), (YSd43) and (YSd44)
dark green	(YSd31), (YSd32), (YSd37), (YSd38) and (YSd41)
Fresh pod color	
light green	(YSd(35
green	(YSd29), (YSd30), (YSd31), (YSd32), (YSd33), (YSd34), (YSd36), (YSd37), (YSd38), (YSd39), (YSd40), (YSd41), (YSd42), YSd43) and (YSd44)
Pod color at blossom end	
green	(YSd(29, (YSd(31, (YSd(35, (YSd(36, (YSd(38, (YSd(40 and (YSd(44
purple	(YSd30), (YSd32), (YSd33), (YSd34), (YSd37), (YSd39), (YSd41), (YSd42) and (YSd43)
Pod surface texture	
smooth	(YSd(38, (YSd(40, (YSd(41 and (YSd(42
intermediate	(YSd(29, (YSd(30, (YSd(31, (YSd(32, (YSd(33, (YSd(34, (YSd(35, (YSd(36, (YSd(37, (YSd(39, (YSd (43and (YSd(44
Seed shape	
kidney shape	(YSd(34, (YSd(35, (YSd(38, (YSd (43and (YSd44)
rhomboid	(YSd(29, (YSd(30, (YSd(31, (YSd(32, (YSd(33, (YSd(36, (YSd(37, (YSd(39, (YSd(40, (YSd (41and (YSd42)

Table 4 (Continued)

Morphological characters	Accessions
Seed color	
brown	(YSd(30, (YSd(31, (YSd(32, (YSd(33, (YSd(34, (YSd(37, (YSd(42, (YSd (43and (YSd(44
black	(YSd40) and (YSd41)
cream	(YSd29), (YSd35), (YSd36), (YSd38) and (YSd39)
Pattern color of seed coat	
plain	(YSd(35, (YSd(40 and (YSd(41
mottle	(YSd29), (YSd30), (YSd31), (YSd32), (YSd33), (YSd34), (YSd36), (YSd37), (YSd38), (YSd39), (YSd42), (YSd43) and (YSd44)

จากการรวมรวมสายพันธุ์ถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มจากพื้นที่ภาคเหนือตอนบนและประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางลักษณะ พบว่าถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มของพื้นที่ภาคเหนือยังมีลักษณะของสายพันธุ์ดั้งเดิมอยู่แต่ในจำนวนที่ไม่สูงมากนัก เนื่องจากพื้นที่ภาคเหนือในปัจจุบันมีการคมนาคมขนส่งที่สะดวก พาหนะสามารถเข้าถึงพื้นที่ต่างๆ ได้ง่ายขึ้น เมื่อเกษตรกรนำผลผลิตลงมาจำหน่ายในตลาดทำให้พบเห็นสายพันธุ์ใหม่ๆ ที่แตกต่างไปจากสายพันธุ์เดิมในพื้นที่ และมีลักษณะตรงตามความต้องการของตลาดหรือผู้บริโภค จึงทำให้เกษตรกรบางคนนำสายพันธุ์การค้าขึ้นไปปลูกแทนสายพันธุ์ดั้งเดิมในพื้นที่ ซึ่งส่งผลทำให้ฐานพันธุกรรมแคบลงและความหลากหลายทางพันธุกรรมลดลงไป ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Samnanaik *et al.* (2021) ว่าปัจจุบันถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มที่ปลูกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน มีฐานพันธุกรรมค่อนข้างแคบลง เนื่องจากถูกแทนที่การปลูกด้วยถั่วฝักยาวสายพันธุ์การค้า จึงทำให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมอาจลดลงไปในที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การเก็บรวบรวมพันธุ์เพื่อทำการเก็บลักษณะต่างๆ ในระบบเกษตรอินทรีย์ พบว่าสามารถเก็บรวบรวมถั่วพุ่มได้จำนวน 15 พันธุ์ และถั่วฝักยาวจำนวน 15 พันธุ์ เพื่อทำการปลูกเพื่อเก็บลักษณะประจำพันธุ์ เมื่อเก็บข้อมูลเชิงปริมาณพบว่าถั่วพุ่มมีน้ำหนัก ความกว้างและความยาวของฝัก รวมถึงอายุวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในขณะที่ถั่วฝักยาวมีน้ำหนัก ความกว้างและความยาวของฝัก แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่อายุวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากทำการเก็บข้อมูลลักษณะเชิงคุณภาพ พบว่าทั้งถั่วพุ่มและถั่วฝักยาวมีรูปร่างของใบแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สามเหลี่ยม และใบกึ่งรูปเงี่ยง โดยสีใบมีสีเขียวอ่อนและสีเขียวเข้ม ดอกมีสีม่วง ฝักมีสีเขียวอ่อน สีเขียว สีม่วง และสีม่วงเข้ม ปลายฝักมีสีเขียวและสีม่วง

ลักษณะผิวฝักมีผิวฝักเรียบและผิวฝักเรียบปานกลาง ลักษณะรูปร่างเมล็ดมีลักษณะรูปไตและรูปคล้ายสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด สีเมล็ดมีสีน้ำตาล ดำ และครีม ซึ่งมีทั้งลายและไม่มีลายบนเมล็ด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำไปใช้ในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวในระบบเกษตรอินทรีย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการ การรวบรวมศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วฝักยาวและการประเมินลักษณะที่ดีทางการเกษตรเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์ภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กสว.): งบประมาณด้าน ววน. Concept Proposal ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 (ผ่านหน่วยงาน PMU) มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Department of Agriculture. 2020. **Import-export data of commercial controlled seeds.** [Online]. Available https://www.doa.go.th/ard/?page_id=1428&fbclid=IwAR2S0Xiaz9mTnD-Vj7vEOZoZ96-1e2EeijcfVOYHmKrDk-QVmRd4_8nt3Pk (30 August 2021). [in Thai]

_______. 2021. **Plant production data of district For 2562/2563**. [Online]. Available http://www.agriinfo.doae.go.th/year63/plant/rortor/veget/%E0%B8%96%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%9D%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%A7.pdf (30 August 2021). [in Thai]

Nunsri, J. and M. Kuhapituktum. 2013. **Genetic diversity of *Vigna unguiculata* and evaluation of resistant to blackeye cowpea mosaic virus (BICMV)**. 65 p. *In* Research Report. Songkhla: Prince of Songkla University. [in Thai]

Samnanaik, R.D., V. Rathod, K.N. Chinthan, T.N. Lakshmidevamma. G. Deepashree, N. Shilpashree, M. Anjanappa and D.C. Manjunathagowda. 2021. Morphological Characterization, Trait Variability and their Association, and Diversity Analysis Among Yard Long Bean *(Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. Sesquipedalis (L.) Verdc.) Genotypes. [Online]. Available file:///C:/Users/ASUS/ Downloads/Morphological_Characterization_Trait_Variability_a.pdf (30 August 2021).

การสร้างประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 ระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อยกับพันธุ์พุ่ม
Development of F_1 Population between Cowpea and Yardlong Bean

สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร[1*] แสงเดือน อินชนบท[1] จันทร์เพ็ญ สะระ[2] และเอกชัย อินชนบท[3]

Suthep Watcharawetsaringkharn[1*] Sangduan Inchonbot[1],

Junpen Sara[2] and Akachai Inchonbot[3]

[1]สาขาวิชาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]บริษัทฮอทิเจนเนติคส์ รีเสิร์ช (เอส.อี.เอเชีย) จำกัด เชียงใหม่ 50290

[1]Division of Vegetable Technology, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[3]Hortigenetics Research (S,E,Asia) Limitted, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: mjvt15@hotmail.com

Abstract

The aim of this study, to develop F_1 generation between cowpea and yardlong bean bush yardlong bean breeding program by backcrossing method. Eleven yardlong bean (recurrent) varieties were crossed with two cowpea (doner) cultivars. The result showed that, sixteen F_1 hybrids were generated from cowpea x yardlong bean; (Ysd02xYSd02)F_1, (Ysd02x YSd05)F_1, (Ysd02xYSd07)F_1, (Ysd02xYSd18)F_1 (Ysd02xYSd21)F_1, (Ysd02xYSd23)F_1, (Ysd02xYSd38)F_1, (Ysd02xYSd39F_1, (Ysd02xYSd40)F_1, (Ysd02xYSd53)F_1 (Ysd08xYSd02)F_1, (Ysd08xYSd07)F_1, (Ysd08 x YSd17)F_1, (Ysd08 x YSd18)F_1, (Ysd08xYSd38)F_1 and (Ysd08xYSd40)F_1. Number of F_1 hybrids seed is 10, 12, 12, 6, 10, 22, 20, 7, 5, 13, 20, 11, 46, 5, 11, and 33, respectively. Yardlong bean pollination technique found period time for emasculation between 15.00-17.00 p.m. Flower stage of mother plant was one day before flower blooming. In addition, in summer and rainy season were pollinated about 06.00-09.00 a.m. while in winter season was crossed at 07.00-09.00 a.m. The golden time for pollination at 07.00-09.00 a.m. for successful pollination and high seed number. F_1 progenies plant grow indeterminate as yardlong bean. Therefore, indeterminate characteristic was regulated by dominant gene while bush phenotype was controlled by recessive gene.

Keywords: yardlong bean, cowpea, population, pollination

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 ระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อยกับถั่วพุ่มเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่ม โดยทำการผสมข้ามระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อย (พันธุ์รับ) จำนวน 11 พันธุ์ กับถั่วพุ่ม (พันธุ์ให้) จำนวน 2 พันธุ์ จากการทดลองพบว่าสามารถสร้างเมล็ดของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 ได้จำนวน 16 คู่ผสม คือ (Ysd02xYSd02)F_1, (Ysd02x YSd05)F_1, (Ysd02xYSd07)F_1, (Ysd02xYSd18)F_1, (Ysd02xYSd21)F_1, (Ysd02xYSd23)F_1 (Ysd02xYSd38)F_1, (Ysd02xYSd39F_1, (Ysd02xYSd40)F_1, (Ysd02xYSd53)F_1, (Ysd08xYSd02)F_1, (Ysd08xYSd07)F_1 (Ysd08 x YSd17)F_1, (Ysd08 x YSd18)F_1, (Ysd08xYSd38)F_1, และ(Ysd08xYSd40)F_1 ได้จำนวนเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 แต่ละคู่ผสม คือ 10, 12, 12, 6, 10, 22, 20, 7, 5, 13, 20, 11, 46, 5, 11, และ 33 เมล็ด ตามลำดับ ส่วนเทคนิคที่ใช้ในการผสมข้ามพันธุ์ถั่วฝักยาว พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการตอนดอก อยู่ในช่วงเวลา 15.00-17.00 น. อายุดอกของพันธุ์แม่ที่เหมาะสมต่อการตอนดอก เพื่อใช้ในการผสมพันธุ์ในวันถัดไปเป็นดอกที่มีอายุ 1 วันก่อนดอกบาน นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผสมพันธุ์ในฤดูร้อน และฤดูฝนอยู่ในช่วงเวลา 06.00-09.00 น. ส่วนในฤดูหนาวดอกเริ่มบานในเวลา 07.00 น. ดังนั้นในช่วงเวลา 07.00-09.00 น. จึงเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดต่อการผสมพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้มีโอกาสผสมพันธุ์ติด และได้จำนวนเมล็ดต่อฝักสูง และจากการปลูกลูกผสมชั่วที่ 1 พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบเลื้อย แสดงว่ายีนควบคุมลักษณะการเจริญเติบโตแบบเลื้อยข่มยีนควบคุมการเจริญเติบโตแบบพุ่ม

คำสำคัญ: ถั่วฝักยาว ถั่วพุ่ม ประชากร ผสมพันธุ์

คำนำ

ถั่วฝักยาวเป็นพืชผักที่มีความต้องการทางตลาดสูง มีการบริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ มีถิ่นกำเนิดมาจากแถบแอฟริกาตะวันตกต่อมาแพร่กระจายไปสู่อียิปต์ อาหรับ อินเดีย และหมู่เกาะเวสต์อินดิสตะวันตก ปลูกมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย จีน ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ และญี่ปุ่น ในประเทศไทยมีการนำถั่วฝักยาวมาใช้ในการประกอบอาหารได้หลากหลายชนิด ทั้งการบริโภคเป็นฝักสด รวมถึงการใช้เป็นวัตถุดิบในด้านอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋องแช่แข็ง โดยในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาว 538,124 ไร่ กระจายอยู่ในพื้นที่ปลูก 74 จังหวัด ผลผลิตรวม 71,748 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 960 กิโลกรัม ราคาขายต่อกิโลกรัม 46.28 บาท (Department of Agriculture, 2020) แหล่งที่ปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดราชบุรี เพชรบุรี สุราษฎร์ธานี ปทุมธานี กาญจนบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี สงขลา พิจิตร และ นครศรีธรรมราช (Department of Agriculture, 2021) นอกจากนี้ในปีพ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาว 203,133.14 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 63,949,886.65 บาท การเพาะปลูกถั่วฝักยาวที่ผ่านมาเกษตรกรปลูกถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อย ซึ่งมีความจำเป็นต้องทำค้างเพื่อให้ต้นถั่วได้ยึดเกาะ แต่ในปัจจุบันไม้ค้างมีราคาสูงส่งผลให้การเพาะปลูกถั่วฝักยาวมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ส่วนพันธุ์ถั่วพุ่มที่มีการปลูกในปัจจุบันยังมีลักษณะฝัก รวมถึงรสชาติที่ยังไม่เป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีผสมกลับโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก Sangtong *et al.* (2011) กล่าวว่าการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีผสมกลับโดยใช้เครื่องหมาย

โมเลกุลช่วยในการคัดเลือกในกรณีถ่ายทอดยีนด้อย จะช่วยลดระยะเวลาของการปรับปรุงพันธุ์ลงครึ่งหนึ่งเพราะไม่ต้องผสมตัวเองภายหลังการผสมกลับในแต่ละชั่ว และการคัดเลือกไม่ขึ้นกับสภาพแวดล้อมเพราะเป็นการคัดเลือกที่ยีนหรือยีโนไทป์ไม่ใช่ฟีโนไทป์จึงไม่ขึ้นกับสภาพแวดล้อม โดยทำการผสมข้ามระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อย (พันธุ์รับ) กับถั่วพุ่ม (พันธุ์ให้) เพื่อปรังปรุงพันธุ์ให้ได้สายพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่มที่มีลักษณะทางการเกษตรดี มีรสชาติตรงกับความต้องการของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ถั่วฝักยาวที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วยถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อยและถั่วพุ่ม ที่ปลูกประเมินสายพันธุ์ในระบบเกษตรอินทรีย์

อุปกรณ์ผสมพันธุ์ถั่วฝักยาว

1. ปากคีบปลายแหลม
2. แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์
3. ถุงไขครอบดอก
4. สำลี
5. ป้ายแทก

วิธีการ

การสร้างประชากรระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อย (พันธุ์รับ) กับถั่วพุ่ม (พันธุ์ให้)

1. การคัดเลือกถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อยใช้เป็นพันธุ์ (Recurrent parent) และถั่วพุ่มใช้เป็นพันธุ์ให้ (Donor parent) ที่มีลักษณะทางการเกษตรดี ให้ผลผลิตสูง

2. การสร้างประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) โดยทำการผสมพันธุ์ระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อย (พันธุ์รับ) กับถั่วพุ่ม (พันธุ์ให้) ขั้นตอนการผสมพันธุ์ถั่วฝักยาวเริ่มจากการเตรียมดอกของพันธุ์แม่และพ่อ โดยต้องเลือกดอกของสายพันธุ์แม่ที่มีอายุก่อนดอกบาน 1 วัน จากนั้นทำการตอนดอก (Emasculation) โดยใช้ปากคีบปลายแหลมเปิดกลีบดอกชั้นในแล้วทำการคีบเกสรตัวผู้ทั้ง 10 อันออกให้หมด และต้องทำการตรวจซ้ำเพื่อให้แน่ใจว่ากำจัดเกสรตัวผู้ออกหมดจริง แล้วคลุมด้วยถุงไข พับปากถุงให้แน่นเพื่อป้องกันการผสมข้ามจากแมลง จากนั้นเลือกดอกของสายพันธุ์พ่อที่มีอายุก่อนดอกบาน 1 วันเช่นกัน จากนั้นทำการคลุมด้วยสำลีเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของละอองเกสรจากถั่วฝักยาวต้นอื่น ที่มีสาเหตุจากแมลง ขั้นตอนนี้ทำในเวลา 15.00-18.00 น. หลังจากนั้นในวันถัดมาทำการเก็บดอกจากสายพันธุ์พ่อที่เตรียมล่วงหน้า 1 วัน ในตอนเช้าเวลาประมาณ 06.00-09.00 ทำการผสมพันธุ์ โดยการใช้ปากคีบปลายแหลมเปิดกลีบดอกของพันธุ์พ่อ แล้วใช้ปากคีบปลายแหลมคีบอับละอองเกสรที่เปิดอยู่ และขูดลงบนก้านชูเกสรตัวเมียเพื่อให้ได้ละอองเกสรตัวผู้ในปริมาณมากที่สุด จากนั้นนำละอองเกสรตัวผู้ที่อยู่ปลายปากคีบปลายแหลมไปแตะบนยอดเกสรตัวเมีย เมื่อผสมพันธุ์เสร็จแล้ว นำถุงไขมาคลุมไว้เหมือนเดิมพับปากถุงให้แน่น ทำการเขียนป้ายผสมโดยระบุชื่อพันธุ์แม่และพ่อ วันที่ผสม เวลาผสมพันธุ์ และผู้ทำการผสมพันธุ์ นำไปแขวนไว้ที่ก้านดอก (Figure 1)

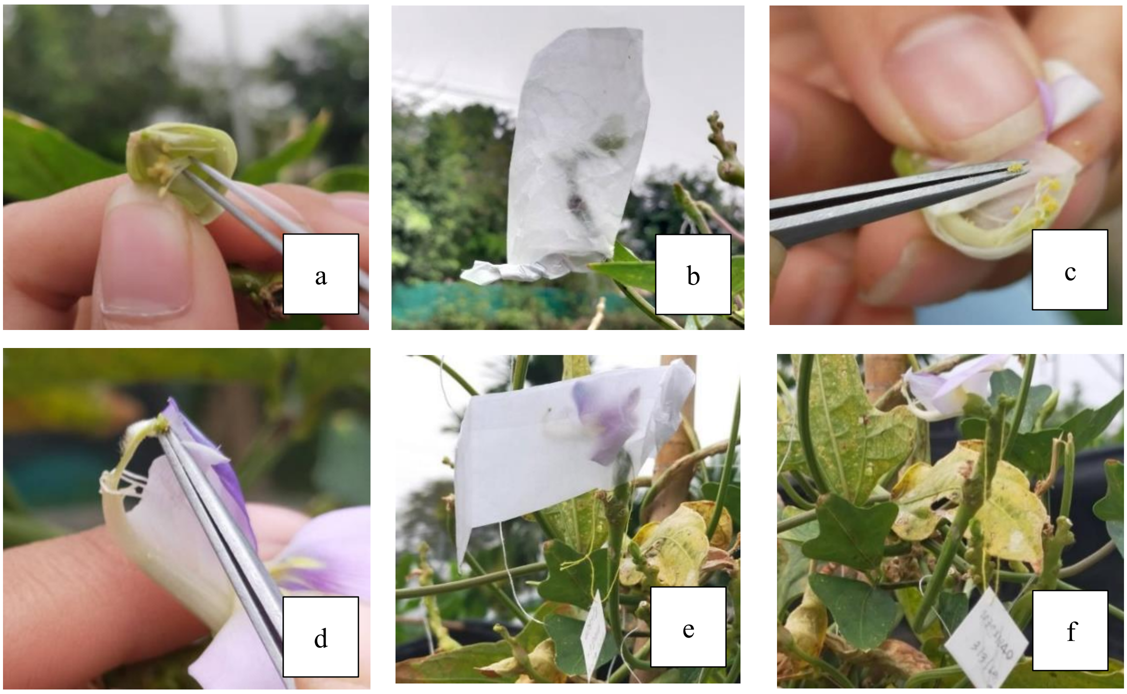


Figure 1 Cross pollination method in yardlong bean (a) emasculation (b) flower covering (c) anther collection (d) pollination (e) label tracking (f) pod development

ผลการวิจัย

การสร้างประชากรรระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อย (พันธ์รับ) กับถั่วฝักยาวพันธ์พุ่ม (พันธุ์ให้)

1. ผลการคัดเลือกพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อนำมาใช้ในการสร้างประชากร พบว่าสามารถคัดเลือกพันธุ์ถั่วฝักยาวที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตดี ประกอบไปด้วยถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อยที่ใช้เป็นพันธุ์รับ จำนวน 11 พันธุ์ คือ YSd02, YSd05, YSd07, YSd17, YSd18, YSd21, YSd23, YSd38, YSd39, YSd40 และ YSd53 และพันธุ์ถั่วพุ่มใช้เป็นพันธุ์ให้จำนวน 2 พันธุ์คือ Ysd02 และ Ysd08

2. การสร้างประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) โดยทำการผสมพันธุ์ระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อย (พันธุ์รับ) จำนวน 11 พันธุ์ กับถั่วพุ่ม (พันธุ์ให้) จำนวน 2 พันธุ์ จากการศึกษาเทคนิคผสมพันธุ์ถั่วฝักยาว พบว่าลักษณะดอกที่เหมาะสมต่อการตอนดอก (Emasculation) เพื่อใช้ในการผสมพันธุ์ในวันถัดไปเป็นดอกที่มีอายุก่อนดอกบาน 1 วัน (Figure 2) ส่วนช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผสมพันธุ์ในฤดูร้อน และฤดูฝนอยู่ในช่วงเวลา 06.00-09.00 น. นอกจากนี้พบว่าในฤดูร้อนและฤดูฝนดอกของถั่วฝักยาวบางพันธุ์จะมียอดเกสรตัวเมียโผล่พ้นกลีบดอก ดังนั้นในขั้นตอนของการเตรียมดอกในพันธุ์แม่หากพบดอกที่มีลักษณะดังกล่าว จะไม่ใช้ในการผสมพันธุ์ (Figure 3) ส่วนในฤดูหนาว ดอกเริ่มบานในเวลา 07.00 น. ในช่วงเวลา 07.00-09.00 น.จึงเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดต่อการผสมพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้มีโอกาสผสมพันธุ์ติด และได

จำนวนเมล็ดต่อฝักสูง และจากการทดลองพบว่าสามารถผสมข้ามเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ได้ 16 คู่ผสม (Table 1)

Figure 2 Flowering pattern; (a) 6 days before flowering, (b) 5 days before flowering, (c) 4 days before Flowering, (d) 3 days before flowering, (e) 2 days before flowering, (f) 1 days before flowering and (g) date of flowering

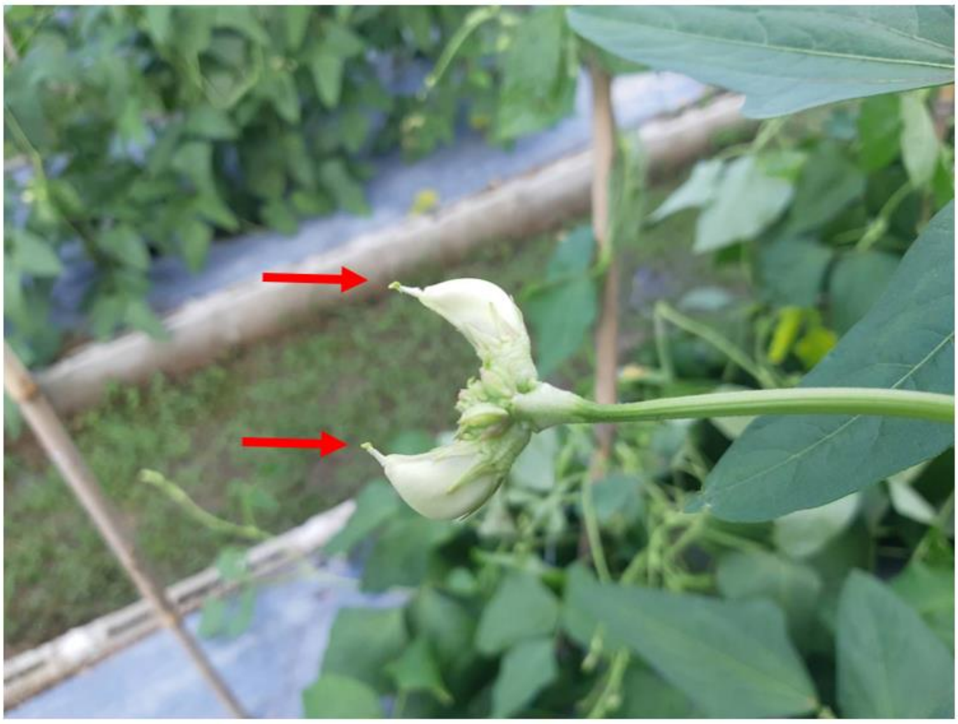


Figure 3 Stigma of yardlong bean flower in summer season

จากการปลูกลูกผสมชั่วที่ 1 ที่ได้จากการผสมข้ามระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อย (พันธุ์รับ) กับถั่วพุ่ม (พันธุ์ให้) พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบเลื้อย (Figure 4)

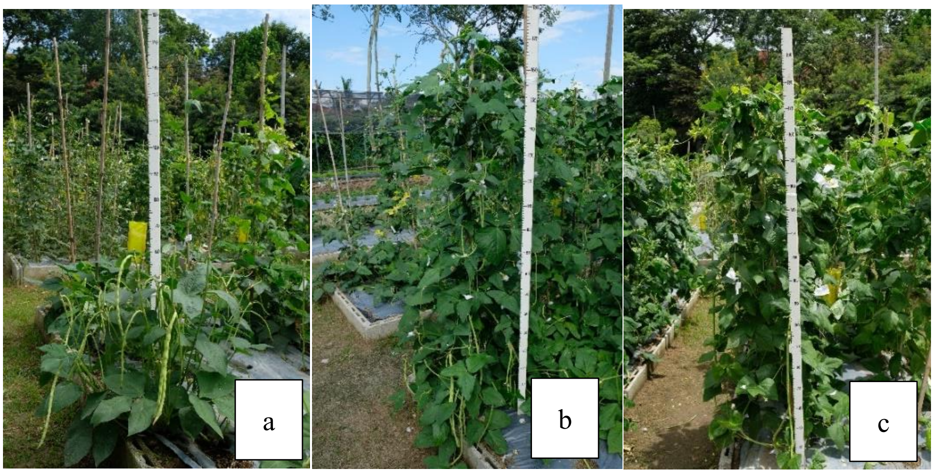


Figure 4 Yardlong bean plant; (a) donor parent, (b) F_1 hybrid and (c) recurrent parent

Table 1 List of yardlong bean hybrids and seed number of F_1

Order	Pedigree	Number of seed
1	(Ysd02xYSd02)F_1	10
2	(Ysd02x YSd05)F_1	12
3	(Ysd02xYSd07)F_1	12
4	(Ysd02xYSd18)F_1	6
5	(Ysd02xYSd21)F_1	10
6	(Ysd02xYSd23)F_1	22
7	(Ysd02xYSd38)F_1	20
8	(Ysd02xYSd39F_1	7
9	(Ysd02xYSd40)F_1	5
10	(Ysd02xYSd53)F_1	13
11	(Ysd08xYSd02)F_1	20
12	(Ysd08xYSd07)F_1	11
13	(Ysd08xYSd17)F_1	46
14	(Ysd08 x YSd18)F_1	5
15	(Ysd08xYSd38)F_1	11
16	(Ysd08xYSd40)F_1	33

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการผสมพันธุ์ถั่วฝักยาวระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อยกับถั่วพุ่มเพื่อสร้างประกกรลูกผสมชั่วที่ 1 พบว่าช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผสมพันธุ์ในฤดูร้อนและฤดูฝนอยู่ในช่วงเวลา 06.00-09.00 น. เนื่องจากในเวลา 06.00 น. ของฤดูกาลดังกล่าวดอกของถั่วฝักยาวบานเร็ว อับละอองเกสรเปิดเพื่อปลดล่อยละอองเกสร และการผสมพันธุ์ไม่ควรเกิน 09.00 น. เนื่องจากอากาศร้อนละอองเกสรตัวผู้แห้งเร็วความมีชีวิตลดลง เช่นเดียวกันกับเกสรตัวเมียของพันธุ์แม่บริเวณยอดเกสรตัวเมียจะแห้ง โอกาสของการผสมติดมีน้อยมาก ดังนั้นในช่วงเวลา 06.00-09.00 น. จึงเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดต่อการผสมพันธุ์ถั่วฝักยาว ส่วนในฤดูหนาวพบว่าช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผสมพันธุ์อยู่ในช่วงเวลา 07.00-09.00 น. แตกต่างจากฤดูร้อนและฤดูฝน เนื่องจากในฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำการบานของดอกรวมถึงการเปิดของอับละอองเกสรตัวผู้ช้า ดอกเริ่มบานในเวลา 07.00 น. ในเวลาดังกล่าวจึงเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดต่อการผสมพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้มีโอกาสผสมพันธุ์ติด และได้จำนวนเมล็ดต่อฝักสูง สอดคล้องกับ Kunothai (1980) ที่ทำการผสมข้ามในถั่วฝักยาวด้วยมือ (Artificial hybridization) พบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมในการตอนเกสรตัวผู้ออกจากดอก คือ ช่วง 15.00-17.00 น. แล้วจึงทำการผสมข้ามในเช้าวันถัดไป 6.00-8.00 น. ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การติดฝักเป็นเมล็ดดีที่สุด นอกจากนี้การเก็บดอกตัวผู้ที่ใช้ผสมในตอนเช้า ถ้าเก็บในตอนเช้าที่ทำการผสมพันธุ์เลยโอกาสในการผสมติดจะมากกว่าเก็บไว้ข้ามคืน

และจากการปลูกลูกผสมชั่วที่ 1 พบว่ามีการเจริญเติบโตแบบเลื้อย (Indeterminate) แสดงว่ายีนควบคุมความสูงต้นแบบเลื้อยเป็นลักษณะเด่นข่มความสูงต้นแบบพุ่มที่เป็นลักษณะด้อย สอดคล้องกับ Benchasri (2011) ศึกษาความดีเด่นของลูกผสมระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อยกับถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่ม พบว่าลักษณะการเลื้อยพันค้างของถั่วฝักยาวพันธุ์คัด – ม.อ. และพันธุ์ SR00– 863 มีลักษณะเลื้อยพันตามค้าง (Indeterminate growth) พันธุ์ IT82E – 16 พันธุ์เขาหินซ้อน และพันธุ์สุรนารี 1 มีลักษณะพุ่ม (Determinate growth) ส่วนลูกผสมชั่ว ที่ 1 ทั้ง 4 คู่ผสมมีลักษณะเลื้อย แสดงว่ายีนควบคุมลักษณะการเจริญเติบโตแบบเลื้อยพันตามค้างข่มยีนควบคุมการเจริญเติบโตแบบพุ่ม

สรุปผลการวิจัย

จากการสร้างประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 ระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อยกับถั่วพุ่มเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่ม โดยทำการผสมข้ามระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อย (พันธุ์รับ) จำนวน 11 พันธุ์ กับถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่ม (พันธุ์ให้) จำนวน 2 พันธุ์ จากการทดลองพบว่าสามารถสร้างเมล็ดของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 ได้จำนวน 16 คู่ผสม ส่วนเทคนิคที่ใช้ในการผสมข้ามพันธุ์ถั่วฝักยาว พบว่าลักษณะดอกที่เหมาะสมต่อการตอนดอก (Emasculation) เพื่อใช้ในการผสมพันธุ์ในวันถัดไปเป็นดอกที่มีอายุก่อนดอกบาน 1 วัน ส่วนช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผสมพันธุ์ในฤดูร้อน และฤดูฝนอยู่ในช่วงเวลา 06.00-09.00 น. ส่วนในฤดูหนาว ดอกเริ่มบานในเวลา 07.00 น. ในช่วงเวลา 07.00-09.00 น.จึงเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดต่อการผสมพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้มีโอกาสผสมพันธุ์ติด และได้จำนวนเมล็ดต่อฝักสูง และจากการปลูกลูกผสมชั่วที่ 1 พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 ที่ผ่านการตรวจสอบด้วยเครื่องหมายโมเลกุลว่าเป็นลูกผสมชั่วที่ 1 จริงมีลักษณะการเจริญเติบโตแบบเลื้อย แสดงว่ายีนควบคุมลักษณะการเจริญเติบโตแบบเลื้อยข่มยีนควบคุมการเจริญเติบโตแบบพุ่ม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการ การสร้างประชากรระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อยกับพันธุ์พุ่มเพื่อพัฒนาสายพันธุ์ถั่วฝักยาวพุ่มในระบบเกษตรอินทรีย์ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กสว.): งบประมาณด้าน ววน. Concept Proposal ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 (ผ่านหน่วยงาน PMU) มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Benchasri, S. 2011. Study of heterosis on yardlong bean and cowpea hybrids. **The Journal of KMUTNB**. 21(2): 329-336. [in Thai]

Department of Agriculture. 2020. **Import-export data of commercial controlled seeds.** [Online]. Available https://www.doa.go.th/ard/?page_id=1428&fbclid=IwAR2S0Xiaz9mTnD-Vj7vEOZoZ96-1e2EeijcfVOYHmKrDk-QVmRd4_8nt3Pk (30 August 2021). [in Thai]

_______. 2021. **Plant production data of district for 2019/2020**. [Online]. Available http://www.agriinfo.doae.go.th/year63/plant/rortor/veget/%E0%B8%96%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%9D%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%A7.pdf (30 August 2021). [in Thai]

Kunothai, A. 1980. **Inheritance of Seed Coat Color of Yardlong Bean.** Master Thesis. Kasetsart University. 32 p. [in Thai]

Nunsri, J. and M. Kuhapituktum. 2013. **Genetic diversity of *Vigna unguiculata* and evaluation of resistant to blackeye cowpea mosaic virus (BICMV)**. 65 p. *In* Research Report. Songkhla: Prince of Songkla University. [in Thai]

Sangtong, V., P. Pintanon, P. Yajai, P. Nuamsub and S. Thippituk. 2011. **Study of trait and yield trial of photoperiod-insensitive RD 6 glutinous rice.** pp. 160-171. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

การตรวจสอบถั่วฝักยาวลูกผสมด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอ
Verification of Hybrids Yardlong Bean (*Vigna unguiculata* spp. *sesquipedalis*) using DNA Markers

จันทร์เพ็ญ สะระ[1*] แสงเดือน อินชนบท[2] และสุเทพ วัชรเวชศฤงคาร[2]

Junpen Sara[1*], Sangduan Inchonbot[2] and Suthep Watcharawetsaringkharn[2]

[1]สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาวิชาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Division of Vegetable Technology, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: junpen_s@mju.ac.th

Abstract

Yardlong bean (*Vigna unguiculata* spp. *sesquipedalis*) and cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) has high essential nutrients. In Thailand the yardlong bean has value more than cowpea however, the yardlong bean cultivation has highly cost because it needs a trellises or poles to climb up. In this study, bush yardlong bean breeding program by backcrossing method was generated. Cross pollination between cowpea (Ysd02) and eight yardlong bean varieties (YSd02, YSd05, YSd07, YSd18, YSd21, YSd23, YSd38 and YSd39) were verified with DNA markers. The result showed that, DNA amplification of cowpea and eight yardlong bean varieties with twelve SSR markers. Only VuUGM05 primer was found DNA polymorphic bands between cowpea and eight yardlong bean varieties. Thirty-two seedlings of F_1 progenies from 8 yardlong bean hybrids were distinguished by VuUGM05 marker. Heterozygous of DNA band was showed in two seedlings of (Ysd02 x YSd39)F_1 hybrids which indicated cross pollination while thirty seedlings were generated from self-pollination. These two F_1 hybrids will be further used in a backcross with recurrent parent for yardlong bean breeding program.

Keywords: verification, yardlong bean, hybrids, DNA markers

บทคัดย่อ

ถั่วฝักยาว (*Vigna unguiculata* spp. *sesquipedalis*) และถั่วพุ่ม (Cowpea; *Vigna unguiculata* (L.) Walp) เป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ในประเทศไทยถั่วฝักยาวได้รับความนิยมสูงกว่าถั่วพุ่ม แต่การเพาะปลูกถั่วฝักยาวมีต้นทุนในการปลูกสูงกว่าการปลูกถั่วพุ่มเนื่องจากต้องใช้ไม้ค้างช่วยพยุงต้น จึงมีแนวคิดในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวไร้ค้างด้วยวิธี Backcrossing โดยการผสมข้ามระหว่างถั่วพุ่มจำนวน 1 พันธุ์ และถั่วฝักยาวจำนวน 8 พันธุ์ แล้วใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอมาตรวจสอบลูกผสม จากการศึกษาพบว่า จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม จำนวน 9 พันธุ์ ด้วยไพรเมอร์ SSR จำนวน 12 ไพรเมอร์ มีเพียงไพรเมอร์ VuUGM05 สามารถใช้จำแนกถั่วพุ่มพันธุ์ออกจากถั่วฝักยาวทั้ง 8 พันธุ์ได้ เมื่อนำไพรเมอร์มาตรวจสอบถั่วฝักยาวลูกผสม จำนวน 8 คู่ผสม ซึ่งมีต้นถั่วฝักยาวลูกผสมทั้งหมด 32 ต้น พบว่ามีเพียงคู่ผสมเดียว คือ (Ysd02 x YSd39)F_1 จำนวน 2 ต้น มีแถบดีเอ็นเอที่เป็น Heterozygous สามารถสรุปได้ว่า เกิดจากการผสมข้าม (Cross pollination) ส่วนคู่ผสมอื่นๆ มีแถบดีเอ็นเอเหมือนต้นแม่ สามารถสรุปได้ว่า ลูกผสมจำนวน 30 ต้น เกิดจากการผสมตัวเอง ซึ่งลูกผสมที่ผ่านการตรวจสอบด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอแล้วจะนำไปทำการผสมกลับกับพันธุ์รับ (Recurrent parent) เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวต่อไป

คำสำคัญ: การตรวจสอบ ถั่วฝักยาว ลูกผสม เครื่องหมายดีเอ็นเอ

คำนำ

ถั่วฝักยาว (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*) มีสารอาหารต่างๆ เช่น โปรตีน ไฟเบอร์ ไทเอมีน และไรโบฟารีน เป็นต้น (Benchasri, 2552) มีลำต้นเถาเลื้อยพันตามค้าง ความสูงประมาณ 2-4 เมตร ฝักยาวประมาณ 30-40 เซนติเมตร ในบางพันธุ์อาจยาวถึง 1 เมตร (Nunsri and Kuhapituktum, 2013) เป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่ชาวเอเชียนิยมบริโภคในรูปฝักสด อย่างไรก็ตามถั่วฝักยาวยังสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด นอกจากถั่วฝักยาวเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารแล้ว ยังพบว่าถั่วฝักยาวสามารถช่วยปรับปรุงดินให้ดีขึ้น ด้วยเนื่องจากรากของถั่วฝักยาวสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาสะสมในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ (Benchasri, 2011) และถั่วพุ่ม (Cowpea; *Vigna unguiculata* (L.) Walp) มีโปรตีนที่อุดมไปด้วยกรดอะมิโน ไลซีน และโพรไบโอติก ในหลายพื้นที่ใช้ถั่วพุ่มเป็นอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพสูง (Panruen, 2515) สำหรับการปลูกถั่วพุ่มในประเทศไทยพบว่าส่วนใหญ่นิยมปลูกเพื่อการบริโภคในครัวเรือนทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ (Benchasri, 2011) นับได้ว่ามูลค่าทางการตลาดของถั่วฝักยาวมีสูงกว่าถั่วพุ่ม ในปัจจุบันการปลูกถั่วฝักยาวยังคงใช้ไม้ค้างเพื่อพยุงลำต้น ทำให้มีต้นทุนในการปลูกสูงกว่าการปลูกถั่วพุ่ม อันเนื่องมาจากค่าแรงที่เพิ่มขึ้น ค่าไม้ค้าง ซึ่งหลังจากไม้ค้างหมดอายุการใช้งานแล้วยังต้องกำจัดทิ้ง โดยส่วนใหญ่จะเลือกวิธีการกำจัดด้วยการเผา ซึ่งจะส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศ จึงมีแนวคิดในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวไร้ค้างด้วยวิธี Backcrossing

การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวที่เกิดจากการนำถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มผสมกันมีหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์น่าน 1 (Linwattana *et al.* 2550) ถั่วฝักยาวไร้ค้างพันธุ์ มข. 25 (Laosuwan *et al*., 1996) โดยลักษณะเลื้อยของถั่วฝักยาว

จะข่มความเป็นพุ่มของถั่วพุ่ม (Benchasri, 2011) ในการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธี backcrossing ถ้าจะคัดเลือกจากลักษณะฟีโนไทป์จะต้องทำการผสมตัวเองเพื่อให้ลักษณะแบบเลื้อยและแบบพุ่มกระจายตัวออกมาก่อน จะทำให้เสียเวลาในการผสมตัวเอง จึงมีแนวคิดในการใช้เครื่องหมายโมเลกุลมาช่วยในการคัดเลือกในงานปรับปรุงพันธุ์พืช โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR ที่ถูกพัฒนามาจากถั่วพุ่ม (Gupta and Gopalakrishna, 2010) ซึ่งจะนำเครื่องหมายเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบความเป็นลูกผสมระหว่างถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มเพื่อช่วยย่นระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ และทำให้การคัดเลือกพืชมีความถูกต้องแม่นยำ เนื่องจากเป็นการคัดเลือกในระดับดีเอ็นเอ ซึ่งอิทธิพลของสภาพแวดล้อมไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังสามารถคัดเลือกลักษณะที่ต้องการได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า ทำให้ประหยัดทรัพยากรและเวลา (Mongkonphon, 2005)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ตัวอย่างพืชที่ใช้ในการวิจัย

พันธุ์ถั่วฝักยาวที่นำมาสร้างคู่ผสมประกอบไปด้วยถั่วพุ่มจำนวน 1 พันธุ์ คือ Ysd02 และถั่วฝักยาวพันธุ์เลื้อยจำนวน 8 พันธุ์ ได้แก่ YSd02, YSd05, YSd07, YSd18, YSd21, YSd23, YSd38 และ YSd39 และถั่วฝักยาวลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างถั่วพุ่ม Ysd02 (ต้นแม่) กับพันธุ์เลื้อยทั้งหมด (ต้นพ่อ) จำนวน 8 คู่ผสม มีต้นถั่วฝักยาวลูกผสมทั้งหมด 32 ต้น (Table 1)

Table 1 List of F_1 progenies of yardlong bean

No.	F_1 progenies	code	No.	F_1 progenies	code	No.	F_1 progenies	code
1	(Ysd02xYSd07)F_1	1177	12	(Ysd02xYSd39F_1	1195	23	(Ysd02xYSd02)F_1	1211
2	(Ysd02xYSd07)F_1	1178	13	(Ysd02xYSd39)F_1	1196	24	(Ysd02xYSd02)F_1	1212
3	(Ysd02xYSd07)F_1	1179	14	(Ysd02xYSd18)F_1	1199	25	(Ysd02xYSd02)F_1	1213
4	(Ysd02xYSd07)F_1	1180	15	(Ysd02xYSd18)F_1	1200	26	(Ysd02xYSd02)F_1	1214
5	(Ysd02xYSd07)F_1	1181	16	(Ysd02xYSd18)F_1	1201	27	(Ysd02xYSd05)F_1	1222
6	(Ysd02xYSd07)F_1	1182	17	(Ysd02xYSd18)F_1	1202	28	(Ysd02xYSd05)F_1	1223
7	(Ysd02xYSd38)F_1	1189	18	(Ysd02xYSd21)F_1	1203	29	(Ysd02xYSd23)F_1	1227
8	(Ysd02xYSd38)F_1	1191	19	(Ysd02xYSd21)F_1	1204	30	(Ysd02xYSd23)F_1	1228
9	(Ysd02xYSd38)F_1	1192	20	(Ysd02xYSd21)F_1	1205	31	(Ysd02xYSd23)F_1	1231
10	(Ysd02xYSd38)F_1	1193	21	(Ysd02xYSd02)F_1	1209	32	(Ysd02xYSd23)F_1	1232
11	(Ysd02xYSd38)F_1	1194	22	(Ysd02xYSd02)F_1	1210			

2. การสกัดดีเอ็นเอ

นำใบอ่อนของถั่วพุ่มและถั่วฝักยาวประมาณ 0.5 กรัม มาบดในสารละลาย mCTAB เพื่อสกัดดีเอ็นเอ โดยใช้วิธี CTAB ดัดแปลง (Hwang and Kim, 2000) ตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอด้วยการทำ 0.5% อะกาโรสเจล อิเล็กโทรฟอรีซิส ในสารละลาย TBE ความเข้มข้น 0.5 เท่า ใช้กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ เป็นเวลา 30 นาที ย้อมชิ้นส่วนดีเอ็นเอด้วย RedSafeTM Nucleic Acid Staining Solution (iNtRON Biotechnology, Korea) เก็บสารละลายดีเอ็นเอไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้งาน

3. การคัดเลือกไพรเมอร์ SSR

นำดีเอ็นเอที่สกัดได้มาเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค PCR ด้วยไพรเมอร์ SSR (Gupta and Gopalakrishna, 2010) จำนวน 12 ไพรเมอร์ (Table 2) โดยปฏิกิริยาประกอบด้วย ดีเอ็นเอประมาณ 20 นาโนกรัมต่อปฏิกิริยา บัฟเฟอร์สำเร็จรูป 1 เท่า MyTaqTM Red Mix (BIOLINE, USA) ใช้ไพรเมอร์ความเข้มข้นสุดท้าย 0.5 ไมโครโมลาร์ สภาวะที่ใช้ คือ 94 องศาเซลเซียส 4 นาที สำหรับขั้นตอนการ Denaturing จากนั้นทำ 35 รอบของ Denaturing ที่ 94 องศาเซลเซียส 30 วินาที, annealing 55 องศาเซลเซียส 60 วินาที และ extension 72 องศาเซลเซียส 90 วินาที ตามด้วย Final extension 72 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที วิเคราะห์ผลผลิต PCR ด้วย 3% อะกาโรสเจล อิเล็กโทรฟอรีซิสในสารละลาย TBE ความเข้มข้น 1 เท่า ใช้กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ เป็นเวลา 60 นาที ย้อมชิ้นส่วนดีเอ็นเอด้วย RedSafeTM Nucleic Acid Staining Solution (iNtRON Biotechnology, Korea)

4. การตรวจสอบถั่วฝักยาวลูกผสม

เปรียบเทียบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของถั่วพุ่มและถั่วฝักยาวทั้ง 9 พันธุ์ ที่ได้จากเทคนิค SSR แล้วคัดเลือกไพรเมอร์ที่แสดง Polymorphic DNA band ระหว่างพันธุ์ถั่วพุ่มและถั่วฝักยาวที่ใช้เป็นต้นแม่และพ่อ แล้วนำมาใช้ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของถั่วฝักยาวลูกผสม จำนวน 32 ต้น (Table 1) ด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์ โดยใช้สภาวะเดียวกันกับข้อ 3 จากนั้นคัดเลือกต้นที่แสดง Heterozygous

Table 2 The SSR primers sequences used for DNA amplification in this study

Primer name	Forward sequence (5’ to 3’)	Reverse sequence (5’ to 3’)
VuUGM01	AACAAGATGTGGCATGCTGA	TGAAAACGGAAAAGGGATCA
VuUGM02	GAAACTAGCACCAAATCCAACA	GAGCAAAAGCCTCCATCACT
VuUGM03	GCACCCAATCAAACACACAC	GAAGCGGATTTGAGAGTTGG
VuUGM05	GCGGGATTCTATTCCAGTGA	TCCATTGGGTTTCTCAACCT
VuUGM10	TCAAAACTTCAACCCAGACA	AAAAAGGAAGTCCATTGCTC
VuUGM19	AGAACCCAGCATACCTGCAT	CCTCGCCAATGATTCTGAG
VuUGM22	CAATCACCATTCACCAAACA	TATTGGGACTCAGGTCTTGG

Table 2 (Continued)

Primer name	Forward sequence (5' to 3')	Reverse sequence (5' to 3')
VuUGM27	TCCATCCACCATTTTCCATC	ATGGGAATGCCCGAGAGT
VuUGM31	TGGTTCACTTCCCATATTGTCA	AGGCAGAGACGAAGGAGTGA
VuUGM33	AAAGGTGGGGGATTATGAGG	TGTCCAATCCTGATGGATGA
VuUGM39	CGAAAAAGCATGATCAACCA	CCCCTTTCGCTAAAATTTCC
VuUGM71	TTCACAACCTGTCCACCTCA	GGCGTCCCAACAGATAAGAA

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. การคัดเลือกไพรเมอร์ SSR

จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของถั่วพุ่มและถั่วฝักยาว จำนวน 9 พันธุ์ ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ SSR จำนวน 12 ไพรเมอร์ พบว่า ไพรเมอร์ VuUGM31 ไม่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ (Non-amplification) มีไพรเมอร์จำนวน 4 ไพรเมอร์ คือ VuUGM01, VuUGM02, VuUGM03 และ VuUGM71 มีแถบดีเอ็นเอที่ไม่แสดงความแตกต่าง (Monomorphic DNA band) ระหว่างถั่วพุ่มและถั่วฝักยาว ส่วนไพรเมอร์อื่นๆ มีแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างระหว่างถั่วพุ่มและถั่วฝักยาว โดยเฉพาะไพรเมอร์ VuUGM05 สามารถใช้จำแนกถั่วพุ่มพันธุ์ Ysd02 ออกจากถั่วฝักยาวทั้ง 8 พันธุ์ได้ (Figure 1) ในขณะที่บางไพรเมอร์สามารถจำแนกถั่วพุ่มและถั่วฝักยาวออกจากกันได้เป็นบางพันธุ์เท่านั้น (Table 3) ซึ่งจากรายงานของ Gupta and Gopalakrishna (2010) พบว่าการไพรเมอร์ VuUGM05 เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของถั่วพุ่มนั้น ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอถึง 6 แถบ อาจเกิดเนื่องมาจากไพรเมอร์นี้ถูกออกแบบมาจากถั่วพุ่ม ทำให้มีบริเวณที่ไพรเมอร์สามารถจับได้แตกต่างกันออกไป (Kate-ngam, 2003)

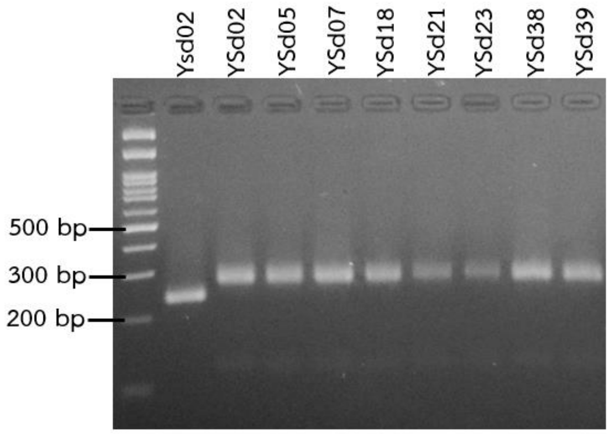


Figure 1 DNA amplification with VuUGM05 marker of cowpea and yardlong bean

Table 3 DNA amplification with VuUGM05 marker of cowpea and yardlong bean

Variety	DNA fragments (bp)											
	VuUGM01	VuUGM02	VuUGM03	VuUGM05	VuUGM10	VuUGM19	VuUGM22	VuUGM27	VuUGM31	VuUGM33	VuUGM39	VuUGM71
Ysd02	200	180	210	250	180	280	200	170	-	300	190	250
YSd02	200	180	210	300	190	250	200	180	-	250	200	250
YSd05	200	180	210	300	180	280	190	170	-	300	200	250
YSd07	200	180	210	300	180	280	200	170	-	300	190	250
YSd18	200	180	210	300	180	280	200	170	-	300	190	250
YSd21	200	180	210	300	180	280	200	170	-	250	190	250
YSd23	200	180	210	300	180	280	200	180	-	250	190	250
YSd38	200	180	210	300	180	280	200	170	-	300	190	250
YSd39	200	180	210	300	180	280	200	170	-	300	190	250

2. การตรวจสอบถั่วฝักยาวลูกผสม

จากการตรวจสอบถั่วฝักยาวลูกผสมด้วยเครื่องหมาย VuUGM05 จำนวน 8 คู่ผสม ซึ่งมีต้นถั่วฝักยาวลูกผสมทั้งหมด 32 ต้น พบว่า คู่ผสม (Ysd02 x YSd02)F_1 มีต้นลูกผสมจำนวน 6 ต้น เกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 250 bp เหมือนต้นแม่ (Figure 1A) คู่ผสม (Ysd02 x YSd05)F_1 มีต้นลูกผสมจำนวน 2 ต้น เกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 250 bp เหมือนต้นแม่ (Figure 1B) คู่ผสม (Ysd02 x YSd07)F_1 มีต้นลูกผสมจำนวน 6 ต้น เกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 250 bp เหมือนต้นแม่ (Figure 1C) คู่ผสม (Ysd02 x YSd18)F_1 มีต้นลูกผสมจำนวน 4 ต้น เกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 250 bp เหมือนต้นแม่ (Figure 1D) คู่ผสม (Ysd02 x YSd21)F_1 มีต้นลูกผสมจำนวน 3 ต้น เกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 250 bp เหมือนต้นแม่ (Figure 1E) คู่ผสม (Ysd02 x YSd23)F_1 มีต้นลูกผสมจำนวน 4 ต้น เกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 250 bp เหมือนต้นแม่ (Figure 1F) คู่ผสม (Ysd02 x YSd38)F_1 มีต้นลูกผสมจำนวน 5 ต้น เกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 250 bp เหมือนต้นแม่ (Figure 1G) และ คู่ผสม (Ysd02 x YSd39)F_1 มีต้นลูกผสมจำนวน 2 ต้น เกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 250 bp และ 300 bp เหมือนต้นแม่และพ่อ (Figure 1H) โดยต้นถั่วฝักยาวลูกผสมที่มีแถบดีเอ็นเอเหมือนต้นแม่จำนวน 30 ต้น เกิดจากการผสมตัวเองไม่ใช่การผสมข้าม ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากถั่วฝักยาวมีเปอร์เซ็นต์การผสมตัวเองสูงมาก และจากลักษณะเลื้อยของถั่วฝักยาวจะข่มความเป็นพุ่มของถั่วพุ่ม (Benchasri, 2011) ซึ่งสามารถตรวจสอบความเป็นลูกผสมได้ด้วยลักษณะฟีโนไทป์ เนื่องจากใช้พันธุ์พุ่มเป็นต้นแม่ หากต้นลูกถั่วฝักยาวเจริญเติบโตขึ้นมามีลักษณะเลื้อยเหมือนถั่วฝักยาว จะสามารถยืนยันได้ว่าต้นลูกเหล่านี้เกิดจากการผสมข้าม แต่อย่างไรก็ตามการคัดเลือกด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอสามารถคัดเลือกได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า ทำให้ประหยัดทรัพยากรและเวลา (Mongkonphon, 2005) ในการปลูกดูแลรักษา

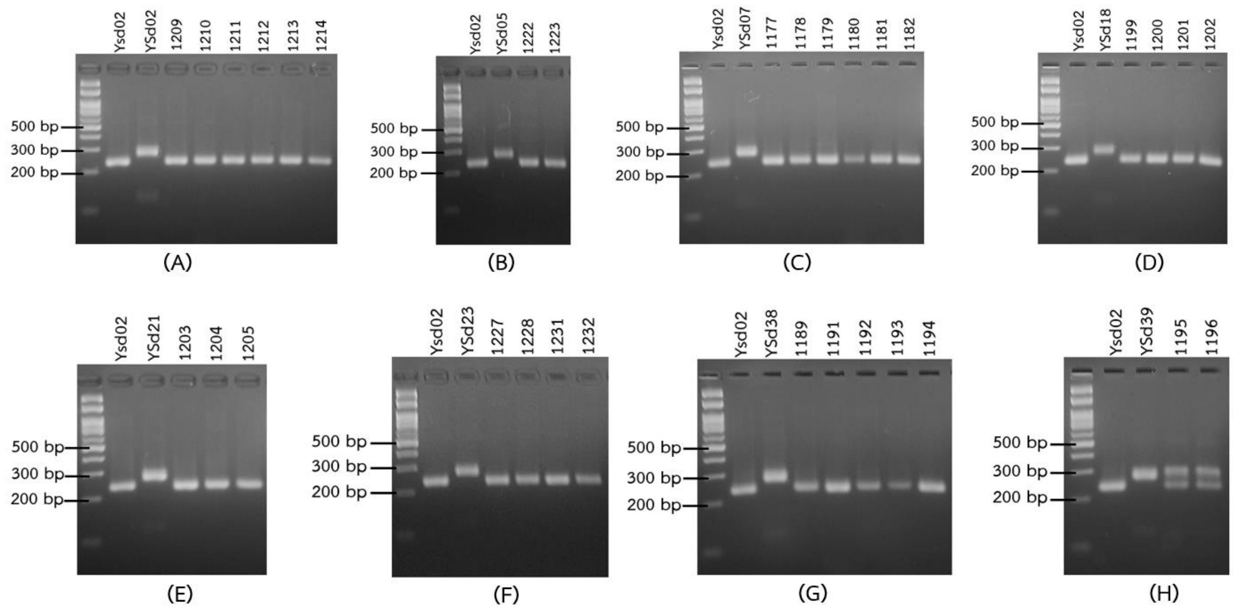


Figure 2 DNA amplification with VuUGM05 marker for verification of F_1 progenies

สรุปผลการวิจัย

จากการคัดเลือกไพรเมอร์ SSR เพื่อใช้ในการตรวจสอบถั่วฝักยาวลูกผสม โดยเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอต้นพ่อแม่พันธุ์ พบเครื่องหมายดีเอ็นเอ VuUGM05 สามารถจำแนกถั่วพุ่ม (Ysd02) ออกจากถั่วฝักยาวได้ จึงนำมาตรวจสอบลูกผสม จำนวน 8 คู่ผสม 32 ต้น พบว่ามีเพียงคู่ผสมเดียว คือ (Ysd02 x YSd39)F_1 จำนวน 2 ต้น มีแถบดีเอ็นเอที่เป็น Heterozygous สามารถสรุปได้ว่าเกิดจากการผสมข้าม (Cross pollination) ส่วนคู่ผสมอื่นๆ มีแถบดีเอ็นเอเหมือนต้นแม่ สามารถสรุปได้ว่า ลูกผสมจำนวน 30 ต้น เกิดจากการผสมตัวเอง ซึ่งลูกผสมที่ผ่านการตรวจสอบด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอแล้วจะนำไปทำการผสมกลับกับพันธุ์รับ (Recurrent parent) เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการ การประยุกต์ใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวพุ่มเพื่อระบบเกษตรอินทรีย์ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กสว.): งบประมาณด้าน ววน. Concept Proposal ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 (ผ่านหน่วยงาน PMU) มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Benchasri, S. 2011. Study of heterosis on yardlong bean and cowpea hybrids. **The Journal of KMUTNB**. 21(2): 329-336. [in Thai]

Gupta, S.K. and T. Gopalakrishna. 2010. Development of unigene-derived SSR markers in cowpea (*Vigna unguiculata*) and their transferability to other Vigna species. **Genome** 53: 508-523.

Hwang, S.K. and Y.M. Kim. 2000. A Simple and reliable method for preparation of cross-contamination-free plant genome DNA for PCR-based detection of transgenees. **J Biochem Mol Biol**. 33: 537-546.

Kate-ngam, S. 2003. DNA markers in plant breeding. **Journal of Ubon ratchatani University** 5(2): 37-59. [in Thai]

Laosuwan, P., M. Nangmai and C. Saeng-Un. 1996. Yield trial of dwarf yard long bean. **Suranaree J.Sci. Technol**. 3: 147-150. [in Thai]

Linwattana, G., A. Bangka, A. Kong-isarow, S. Pe-artit, J. Dischaiwong, M. Tongchiam, P. Arnupone and S. Somsri. 2007. Breeding of string bean cv Nan 1. **Thai Agricultural Research Journal** 25(2): 142-156. [in Thai]

Mongkonphon, O. 2005. **Molecular Marker for Plant Breeding**. Bangkok: Jarunsanitwong Press. 95 p. [in Thai]

Nunsri, J. and M. Kuhapituktum. 2013. **Genetic diversity of *Vigna unguiculata* and evaluation of resistant to blackeye cowpea mosaic virus (BICMV)**. 65 p. *In* Research Report. Songkhla: Prince of Songkla University. [in Thai]

Panruen, J. 2015. **Critical Water Content and Water Stress Coefficient of Cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp) under Deficit Irrigation**. Bachelor Thesis. Kasetsart University. 46 p. [in Thai]

Session 12

ภาคบรรยาย

การใช้วัตถุดิบทางการเกษตรเป็นส่วนผสมในอาหารเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง
Utilization of Agricultural Materials as Ingredients in Culture Media for *Cordyceps militaris*

ญาณี ใจตั้ง* หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ และสุทิศา ชัยกุล

Yanee Jaitung*, Yardrung Suwannarat and Sutisa Chaikul

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี 22000

Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi, Thailand 22000

*Corresponding author: tantawan_1542@outlook.com

Abstract

The objective of this research was to study the effect of agricultural materials as ingredients in culture media for *Cordyceps militaris* on the growth and the active substance contents of *Cordyceps militaris*. The experiment was carried out in a Completely Randomized Design (CRD) using 3 varieties of rice (Sinlek, Mae Phaya Tongdam and Sangyod) and 3 protein sources (egg, silk worm and pupa) as culture medias, totally of 11 treatments with 3 replications. The *Cordyceps militaris* were conducted for 7 weeks at 20°C The fruiting body length, fruiting body number, fresh weight, dry weight, Cordycepin and Adenosine contents were recorded for data collection. The results showed that the culture media comprising of 30 g of Sinlek rice and 350 g of egg showed the highest fresh weight of *Cordyceps militaris*. While the culture media comprising of Sinlek rice with either pupa or glucose, yeast and peptone showed a trend of higher Cordycepin content than other treatments.

Keywords: *Cordyceps militaris*, cordycepin, adenosine, culture media

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของสูตรอาหารเพาะเลี้ยงถั่งเช่าที่ใช้วัตถุดิบทางการเกษตรต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดและปริมาณสารสำคัญของดอกเห็ดถั่งเช่าสีทอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้ข้าว 3 พันธุ์ (ข้าวสินเหล็ก ข้าวแม่พญาทองดำและข้าวสังข์หยด) ร่วมกับแหล่งโปรตีน 3 ชนิด (ไข่ไก่ หนอนไหม และดักแด้) รวม 11 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ เพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทองเป็นเวลา 7 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลของดอกเห็ดถั่งเช่าสีทอง ได้แก่ ความยาวดอก จำนวนดอก น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณสารคอร์ไดเซปินและอะดีโนซีน ผลการทดลองพบว่า สูตรอาหารที่ประกอบด้วย ข้าวสินเหล็ก 30 กรัม และไข่ไก่ 350 กรัม ทำให้น้ำหนักสดของดอกเห็ดถั่งเช่ามากที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้ข้าวสินเหล็กร่วมกับดักแด้ และการใช้ข้าวสินเหล็กร่วมกับกลูโคส ยีสต์ และเปปโตน มีแนวโน้มให้ปริมาณสารคอร์ไดเซปินมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

คำสำคัญ: เห็ดถั่งเช่า คอร์ไดเซปิน อะดีโนซีน อาหารเพาะเลี้ยง

คำนำ

เห็ดถั่งเช่าสีทอง *Cordyceps militaris* มีสรรพคุณช่วยปรับสมดุลของร่างกาย โดยสามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้หลายชนิด ซึ่งสารเหล่านี้มีประโยชน์ต่อร่างกาย รวมถึงระบบไหลเวียนโลหิตภูมิคุ้มกัน ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบทางเดินหายใจ และต่อมในร่างกายมนุษย์ (Akaki *et al.,* 2009) เช่น สารคอร์ไดเซปิน และกรดคอร์ไดเซปิกในเห็ดถั่งเช่าสามารถช่วยเพิ่มพลังงานภายในร่างกาย นิยมนำมาใช้ในการเพิ่มความแข็งแรงของนักกีฬา (Parcell *et al.,* 2004) ต่อต้านการแพร่กระจายของภูมิคุ้มกัน (Ma *et al.,* 2012) ต้านการอักเสบ (Mizuno *et al.,* 1999) การต่อต้านริ้วรอย ป้องกันระบบประสาทและคุณสมบัติการป้องกันเซลล์ (Patel and Ingalhalli, 2013) ใช้ในการป้องกันและรักษาโรคหลายชนิด เช่น โรคหอบหืด โรคไต โรคหัวใจ รวมถึงโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบ ไหลเวียนโลหิต ความดันโลหิตสูง ภาวะที่เม็ดเลือดขาวต่ำกว่าปกติ ลดระดับน้ำตาลในเลือด โรคเบาหวาน เพิ่มภูมิคุ้มกัน เพิ่มความแข็งแรงของร่างกายให้ต้านทานต่อแบคทีเรีย ไวรัส ต้านเซลล์มะเร็งและเซลล์ เนื้องอก (Kodama *et al.,* 2002; Lin and Tsai, 2007; Das *et al.,* 2010) ซึ่งการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่านั้นสามารถทำ โดยการเพาะด้วยหนอนหรือดักแด้ และการเพาะด้วยอาหารสังเคราะห์ การเลือกใช้วัตถุดิบที่จะเป็นแหล่งคาร์บอน และไนโตรเจนจึงน่าจะมีผลต่อการให้ผลผลิตของเห็ดถั่งเช่าสีทองโดยที่เห็ดถั่งเช่าสีทองจะผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ ยกตัวอย่างเช่น สายพันธุ์ วิธีการเพาะเลี้ยง อุณหภูมิ แสง วัสดุเพาะเลี้ยง สภาพแวดล้อม และอื่นๆ ซึ่งหากสามารถทำให้ได้สารออกฤทธิ์คอไดเซปินสูงกว่าการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารสังเคราะห์ น่าจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองได้เป็นอย่างดี ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตแล้วยังมีความปลอดภัยสูงต่อผู้บริโภค รวมทั้งผู้บริโภคจะสามารถซื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองในราคาที่ถูกลงกว่าท้องตลาดในปัจจุบัน ในงานวิจัยนี้มีแนวความคิดในการศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทองเพื่อให้ได้ ขนาดดอกเห็ดและสารออกฤทธิ์คอไดเซปินสูง โดยธัญพืชและ

วัสดุเพาะที่ใช้ในงานทดลองได้แก่ ข้าวพันธุ์สังข์หยด พันธุ์สินเหล็ก พันธุ์แม่พญาทองดำ ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นถิ่นที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นรวมทั้งยัง เป็นแหล่งคาร์บอนและให้สารอาหารที่สำคัญและแหล่งโปรตีนจากธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ ไข่ไก่ หนอนไหม และดักแด้

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้ได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 11 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้รายละเอียดขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทอง *(Cordyceps militaris)* ที่อ้างอิงจาก Tapingkae (2012) กรรมวิธีในการทดลอง ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Treatments of the experiment

Treatments		Ingredients for culture media				
1	Mae Phaya Tongdam 30 g	Potato 250 g	Corn 50 g	-	-	-
2	Mae Phaya Tongdam 30 g	Potato 250 g	Corn 50 g	Glucose 25 g	Yeast 5 g	Peptone 5 g
3	Mae Phaya Tongdam 30 g	Potato 250 g	Corn 50 g	Egg 350 g	-	-
4	Mae Phaya Tongdam 30 g	Potato 250 g	Corn 50 g	Silkworm 100 g	-	-
5	Mae Phaya Tongdam 30 g	Potato 250 g	Corn 50 g	Chrysalis 100 g	-	-
6	Sinlek 30 g	Potato 250 g	Corn 50 g	-	-	-
7	Sinlek 30 g	Potato 250 g	Corn 50 g	Glucose 25 g	Yeast 5 g	Peptone 5 g
8	Sinlek 30 g	Potato 250 g	Corn 50 g	Egg 350 g	-	-
9	Sinlek 30 g	Potato 250 g	Corn 50 g	Silkworm 100 g	-	-
10	Sinlek 30 g	Potato 250 g	Corn 50 g	Chrysalis 100 g	-	-
11	Sangyod 30 g	Potato 250 g	Corn 50 g	Glucose 25 g	Yeast 5 g	Peptone 5 g

วิธีการเขี่ยเชื้อและบ่มเชื้อเห็ดถั่งเช่า

นำเชื้อเห็ดถั่งเช่าที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Broth medium มาเขี่ยใส่ขวดอาหารเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าจากนั้นนำขวดอาหารเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าไปบ่มที่ปลอดแสงในอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 สัปดาห์ เชื้อเห็ดถั่งเช่าจะเจริญเติบโตเต็มขวด จากนั้นให้ปฏิบัติตามขั้นตอนการเปิดดอกเห็ดถั่งเช่า

การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลองในช่วงระหว่างการทดลอง ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 7 โดย นับจำนวนดอกเห็ด วัดความยาวดอกเห็ด ชั่งน้ำหนักสดดอกเมื่อครบสัปดาห์ที่ 7 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารคอร์ไดเซปินและอะดีโนซีน โดยวิธีทดสอบของ Huang *et al*. (2009) โดยการใช้เทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความยาวดอก จำนวนดอก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งดอกเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยวิธี Analysis of variance และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan Multiple Range’s Test (DMRT)

ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตของดอกเห็ดถั่งเช่า

ผลของการศึกษาการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันทั้งหมด 11 กรรมวิธี ในสัปดาห์ที่ 7 พบว่า สูตรอาหารที่ให้ความยาวของดอกเห็ดถั่งเช่าสีทองมากที่สุดได้แก่ กรรมวิธีที่ 2 ซึ่งเป็นการใช้ข้าวแม่พญาทองดำร่วมกับการใช้กลูโคส ยีสต์ และเปบโตน ซึ่งกรรมวิธีที่ 2 นี้ทำให้ความยาวของดอกเห็ดมากกว่าการใช้ข้าวแม่พญาทองดำโดยไม่ได้ใส่แหล่งโปรตีน (กรรมวิธีที่ 1) หรือใส่ไข่ไก่ (กรรมวิธีที่ 3) และ การใช้ข้าวสินเหล็กร่วมกับไข่ไก่ (กรรมวิธีที่ 8) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 2) อย่างไรก็ตาม กลับพบว่า สูตรอาหารที่ทำให้จำนวนดอกเห็ดถั่งเช่ามีจำนวนมากที่สุด ได้แก่ กรรมวิธีที่ 3 ซึ่งเป็นการใช้ข้าวแม่พญาทองดำร่วมกับการใส่ไข่ไก่ (Table 3)

เมื่อพิจารณาน้ำหนักสดของดอกเห็ดถั่งเช่าพบว่า การใช้ข้าวสินเหล็กร่วมกับไข่ไก่ (กรรมวิธีที่ 8) มีน้ำหนักสดของดอกเห็ดถั่งเช่ามากที่สุด และมากกว่าการใช้ข้าวแม่พญาทองดำโดยไม่ได้ใส่แหล่งโปรตีน (กรรมวิธีที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 4) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างทางสถิติต่อน้ำหนักแห้งของดอกเห็ดถั่งเช่าสีทอง

Table 2 The effect of the different agricultural materials of on the fruiting body length of *C. militaris*

Treatment	Fruiting body length (cm/bottle)[1]					
	at 2nd Week	at 3rd Week	at 4th Week	at 5th Week	at 6th Week	at 7th Week
1	1.30 ± 0.23^{b}	2.79 ± 0.32^{abcd}	4.68 ± 0.55^{b}	6.05 ± 0.54^{ns}	7.10 ± 0.88^{ns}	7.67 ± 0.78^{b}
2	1.57 ± 0.24^{b}	3.15 ± 0.38^{ab}	5.52 ± 0.09^{a}	6.46 ± 0.50	7.09 ± 1.92	8.97 ± 0.53^{a}
3	1.43 ± 0.31^{b}	2.72 ± 0.24^{bcd}	5.19 ± 0.35^{ab}	6.16 ± 0.38	7.21 ± 0.60	7.67 ± 0.55^{b}
4	1.38 ± 0.18^{b}	3.05 ± 0.19^{abc}	5.15 ± 0.27^{ab}	6.44 ± 0.30	7.62 ± 0.16	8.39 ± 0.16^{ab}
5	1.35 ± 0.30^{b}	2.92 ± 0.22^{abcd}	5.08 ± 0.19^{ab}	6.43 ± 0.10	7.83 ± 0.43	8.58 ± 0.46^{ab}
6	1.38 ± 0.29^{b}	2.58 ± 0.27^{cd}	5.04 ± 0.69^{ab}	6.50 ± 0.40	7.97 ± 0.36	8.65 ± 0.42^{ab}
7	1.77 ± 0.11^{ab}	3.27 ± 0.24^{a}	5.43 ± 0.46^{ab}	6.47 ± 0.68	7.53 ± 1.22	8.23 ± 1.24^{ab}

Table 2 (Continued)

Treatment	Fruiting body length (cm/bottle)[1]					
	at 2nd Week	at 3rd Week	at 4th Week	at 5th Week	at 6th Week	at 7th Week
8	1.25 ± 0.22^{b}	2.46 ± 0.18^{d}	5.16 ± 0.31^{ab}	5.91 ± 0.42	6.93 ± 0.38	7.73 ± 0.17^{b}
9	2.14 ± 0.73^{a}	3.03 ± 0.09^{abc}	5.17 ± 0.28^{ab}	6.33 ± 0.61	7.59 ± 0.13	7.59 ± 0.13^{ab}
10	1.40 ± 0.28^{b}	2.94 ± 0.16^{abc}	5.27 ± 0.48^{ab}	6.31 ± 0.36	7.61 ± 0.53	7.61 ± 0.53^{ab}
11	1.36 ± 0.21^{b}	2.65 ± 0.31^{cd}	4.91 ± 0.33^{ab}	6.33 ± 0.16	7.57 ± 0.23	7.57 ± 0.23^{ab}

[1]Means in a column followed by the different letters are significantly different (*P*<0.05) by DMRT, ^{ns} : not significantly different.

Table 3 The effect of the different agricultural materials on the fruiting body number of *C. militaris*

Treatment	Fruiting body number (per bottle)[1]					
	at 2nd Week	at 3rd Week	at 4th Week	at 5th Week	at 6th Week	at 7th Week
1	40.40 ± 13.43^{abc}	41.13 ± 13.84^{abc}	45.60 ± 11.36^{bcde}	45.60 ± 11.36^{bcde}	45.60 ± 11.36^{bcde}	45.60 ± 11.36^{bcde}
2	41.63 ± 15.05^{ab}	42.70 ± 14.64^{ab}	46.47 ± 13.70^{bcde}	46.47 ± 13.70^{bcde}	46.47 ± 13.70^{bcde}	46.47 ± 13.70^{bcde}
3	42.20 ± 6.02^{ab}	43.27 ± 7.46^{ab}	61.07 ± 4.29^{a}	61.07 ± 4.29^{a}	61.07 ± 4.29^{a}	61.07 ± 4.29^{a}
4	28.33 ± 0.95^{c}	31.33 ± 3.56^{bc}	33.47 ± 4.00^{ef}	34.93 ± 6.31^{ef}	34.93 ± 6.31^{ef}	34.93 ± 6.31^{ef}
5	28.07 ± 2.52^{c}	28.67 ± 2.81^{bc}	30.60 ± 2.12^{f}	31.13 ± 2.01^{f}	31.13 ± 2.01^{f}	31.13 ± 2.01^{f}
6	38.73 ± 4.55^{abc}	38.80 ± 4.52^{abc}	52.67 ± 9.29^{abc}	52.67 ± 9.29^{abc}	52.67 ± 9.29^{abc}	52.67 ± 9.29^{abc}
7	45.40 ± 2.62^{a}	46.07 ± 2.02^{a}	50.20 ± 2.31^{abcd}	50.20 ± 2.31^{abcd}	50.20 ± 2.31^{abcd}	50.20 ± 2.31^{abcd}
8	34.67 ± 5.19^{abc}	34.67 ± 5.19^{abc}	58.00 ± 10.73^{ab}	58.03 ± 10.79^{ab}	58.03 ± 10.79^{ab}	58.03 ± 10.79^{ab}
9	31.47 ± 2.04^{bc}	31.87 ± 2.20^{bc}	37.33 ± 2.41^{def}	37.47 ± 2.44^{def}	37.47 ± 2.44^{def}	37.47 ± 2.44^{def}
10	27.33 ± 1.67^{c}	27.87 ± 1.30^{c}	33.33 ± 1.53^{ef}	33.33 ± 1.53^{ef}	33.33 ± 1.53^{ef}	33.33 ± 1.53^{ef}
11	30.67 ± 3.21^{bc}	33.20 ± 5.50^{abc}	40.60 ± 3.14^{cdef}	40.93 ± 3.41^{cdef}	40.93 ± 3.41^{cdef}	40.93 ± 3.41^{cdef}

[1]Means in a column followed by the different letters are significantly different (*P*<0.05) by DMRT, ^{ns} : not significantly different.

Table 4 The effect of the different agricultural materials on fresh and dry weight of *C. militaris* at 7th week

Treatment	Fruiting body weight (g/bottle)[1]	
	Fresh weight	Dry weight
1	19.17 ± 1.80^{b}	3.63 ± 0.11^{ns}
2	22.54 ± 1.07^{ab}	3.93 ± 0.68
3	21.80 ± 1.73^{ab}	4.31 ± 0.19
4	21.20 ± 1.46^{ab}	3.80 ± 0.13

Table 4 (Continued)

Treatment	Fruiting body weight (g/bottle)[1]	
	Fresh weight	Dry weight
5	19.63 ± 3.89^{ab}	3.70 ± 0.35
6	21.60 ± 3.59^{ab}	3.89 ± 0.33
7	24.21 ± 1.50^{ab}	3.75 ± 0.33
8	25.81 ± 7.56^{a}	3.68 ± 0.42
9	23.55 ± 0.96^{ab}	3.93 ± 0.51
10	23.39 ± 2.45^{ab}	3.91 ± 0.22
11	23.12 ± 4.10^{ab}	4.20 ± 0.10

[1]Means in a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT, ^{ns} : not significantly different.

ปริมาณสารคอร์ไดเซปินและอะดีโนซีนของดอกเห็ดถั่งเช่า

จากการทดลองพบว่า การใช้ข้าวสินเหล็กร่วมกับดักแด้ (กรรมวิธีที่ 10) และกรรมวิธีที่ใช้ข้าวสินเหล็กร่วมกับกลูโคส ยีสต์ และเปบโตน (กรรมวิธีที่ 7) มีแนวโน้มให้ปริมาณสารคอร์ไดเซปินมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (Figure 1) โดยไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

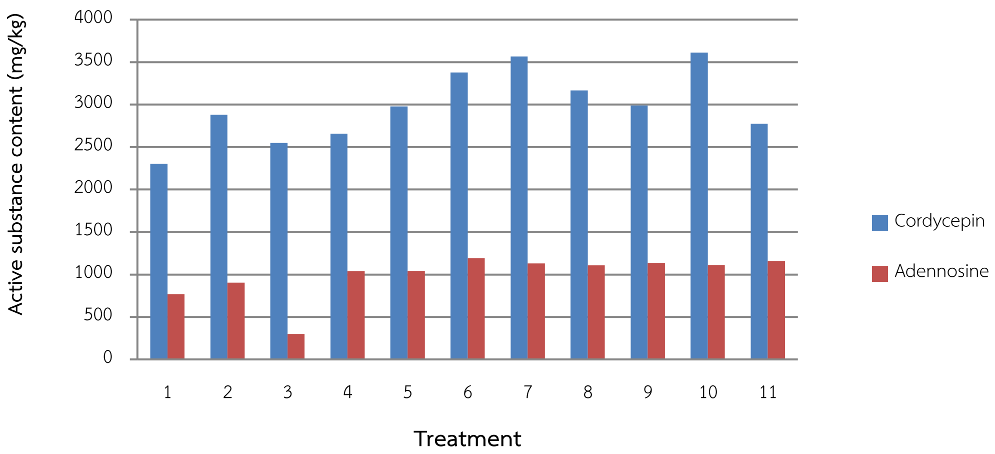


Figure 1 The effect of the different agricultural materials on Cordycepin and Adenosine contents of *C. militaris* at 7th week

วิจารณ์ผลการวิจัย

เห็ดถั่งเช่าสีทองสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อใช้ข้าวต่างพันธุ์กัน แม้ว่าการเจริญเติบโตด้านความยาวดอก จำนวนดอก และน้ำหนักสดของเห็ดถั่งเช่าสีทองจะแสดงผลออกมาไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบว่าการใช้ข้าวพันธุ์สินเหล็กร่วมกับไข่ไก่ (กรรมวิธีที่ 8) ทำให้เห็ดถั่งเช่ามีน้ำหนักสดมากกว่าการใช้ข้าวแม่พญาทองดำที่ไม่ใส่แหล่งโปรตีนใดๆ (กรรมวิธีที่ 1) ซึ่งน่าจะมาจากเห็ดถั่งเช่าต้องการโปรตีนสำหรับการเจริญเติบโต (Wen *et al.*, 2014) ดังนั้น เมื่อไม่ได้ใส่แหล่งโปรตีนลงในอาหารเพาะเลี้ยงจึงทำให้การเจริญเติบโตน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปริมาณสารคอร์ไดเซปินก็พบว่า การใช้ข้าวสินเหล็กโดยไม่ได้ใส่แหล่งโปรตีนอื่น (กรรมวิธี 6) หรือใส่ร่วมกับกลูโคส ยีสต์ และเปบโตน (กรรมวิธี 7) และใส่แหล่งโปรตีนอื่น (กรรมวิธีที่ 8–10) ก็แสดงแนวโน้มให้ปริมาณสารคอร์ไดเซปินมากกว่ากรรมวิธีที่ใช้ข้าวพันธุ์แม่พญาทองดำเมื่อใช้แหล่งโปรตีนชนิดเดียวกันทุกกรณี แม้ว่าจะไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจึงสามารถกล่าวได้ว่า การใช้ข้าวที่ต่างพันธุ์กันมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดถั่งเช่าสีทองซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sornprasert and Hambananda (2016) ที่พบว่า การใช้ข้าวหอมนิลทำให้ความยาวและน้ำหนักสดของ Stroma ของเห็ดถั่งเชามากกว่าการใช้ข้าวสังข์หยด ข้าวสาลีและลูกเดือยซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวได้อธิบายว่าข้าวหอมนิลมีปริมาณโปรตีนและโพแทสเซียมมากกว่าข้าวพันธุ์อื่น และมากกว่าลูกเดือย

ปริมาณสารคอร์ไดเซปินเฉลี่ยในกรรมวิธีที่ 6–10 เท่ากับ 3,342 มก./กก. ซึ่งพบว่ามีปริมาณมากกว่าปริมาณสารคอร์ไดเซปินที่พบได้จากการทดลองของ Tapingkae *et al*. (2013) ซึ่งพบว่า กรรมวิธีที่พบปริมาณสารคอร์ไดเซปินที่มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ นั้นมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 1,200 มก./กก. เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Sornprasert and Hambananda (2016) ที่ทดลองเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าในอาหารจากสูตรธัญพืชและจากแมลงในท้องถิ่นชนิดต่างๆ พบว่าดอกเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงโดยใช้เมล็ดข้าวพันธุ์หอมนิลผสมอาหารเสริมเพิ่มมีปริมาณสารคอร์ไดเซปินสูงสุดเฉลี่ย 2,094 มก./กก. ซึ่งพบว่าจากงานวิจัยทั้ง 2 ชิ้นดังกล่าว พบปริมาณสารคอร์ไดเซปินน้อยกว่าปริมาณสารคอร์ไดเซปินที่พบจากการทดลองนี้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทั้งสารอะดีโนซีนและคอร์ไดเซปิน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอยาง เชน สภาวะแวดลอมที่ใชเลี้ยงสายพันธุ อาหารเลี้ยงเชื้อ ความเปน กรด-เบสของอาหาร ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง ระยะเวลาการเก็บผลผลิต และขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสาร และอื่น ๆ (Tapingkae *et al*., 2014)

สรุปผลการวิจัย

การใช้ข้าวพันธุ์สินเหล็กร่วมกับไข่ไก่จะทำให้เห็ดถั่งเช่ามีน้ำหนักสดมากที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้ข้าวสินเหล็กร่วมกับดักแด้ และการใช้ข้าวสินเหล็กร่วมกับกลูโคส ยีสต์ และเปบโตน มีแนวโน้มให้ปริมาณสารคอร์ไดเซปินมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Akaki, J., Y. Matsui and H. Kojima. 2009. Structural analysis of monocyte activation constituents in cultured mycelia of *Cordyceps sinensis*. **Fitoterapia** 80: 182-7.

Das, ShK., M. Masuda, A. Sakurai and M. Sakakibara. 2010. Medicinal uses of the mushroom *Cordyceps militaris*: current state and prospects. **Fitoterapia** 81: 961-968.

Huang, L., Q. Li, Y. Chen, X. Wang and X. Zhou. 2009. Determination and analysis of cordycepin and adenosine in the products of *Cordyceps* spp. **African Journal of Microbiology Research** 3(12): 957-961.

Kodama, E.N., R.P. McCaffrey, K. Yusa and H. Mitsuya. 2002. Antileukemic activity and mechanism of action of cordycepin against terminal deoxynucleotidyl transferase-positive (TdT+) leukemic cells. **Biochem Pharmacol**. 59: 273-281.

Lin, W.H. and M.T. Tsai. 2007. Improvement of sperm production in subfertile Boars by *Cordyceps militaris* supplement. **Am J Chinese Med**. 35: 631-641.

Ma, L., H. Chen, Y. Zhang, N. Zhang and L. Fu. 2012. Chemical modification and antioxidant activities of polysaccharide from mushroom *Inonotus obliquus*. **Carbohydrate Polymers** 89(2): 371-378.

Mizuno, T., C. Zhuang, K. Abe, H. Okamoto, T. Kiho and S. Ukai. 1999. Antitumor and hypoglycemic activities of polysaccharides from the sclerotia and mycelia of *Inonotus obliquus* (Pers.:Fr.) Pil. (Aphyllophoromycetideae). **International J. Medical Mushrooms** 1(4): 301-316.

Parcell, A.C., J.M. Smith, S.S. Schulthies, J.W. Myrer and G. Fellingham. 2004. *Cordyceps sinensis* (CordyMax Cs-4) supplementation does not improve endurance exercise performance. **Int J Sport Nutr Exerc Metabol**. 14: 236-242.

Patel, K.J. and R.S. Ingalhalli. 2013. *Cordyceps militaris* an important medicinal mushroom. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry** 2(1): 315-319.

Sornprasert, R. and A. Hambananda. 2016. Cultivation of *Cordyceps militaris* using different cereal grains and local insects and inhibitory efficiency against *Trichophyton rubrum* and *Staphylococcus aureus*. **The Journal of KMUTNB**. 26(2): 244-247. [in Thai].

Tapingkae, T. 2012. **Cordyceps Mushrooms Cultivation**. Bangkok: Two Four Printing Company. 94 p. [in Thai].

Tapingkae, T., M. Yachai. and W. Tapingkae. 2013. Determination of Cordycepin in *Cordyceps militaris* Culture on Rice Media. Chiang Mai: Chiang Mai Rajabhat University. 10 p. [in Thai].

Tapingkae, T., M. Yachai., S. Srithiwong, K. Upalasilp, A. Pornpunnawit, A. Thongtub and W. Tapingkae. 2014. Study on the Cultivation and Utilization of Medicinal Mushrooms *Cordyceps militaris*. Chiang Mai: Chiang Mai Rajabhat University. 13 p. [in Thai].

Wen, T.C., G.R. Li, J. C. Kang and K.D. Hyde. 2014. Optimization of solid-state fermentation for fruiting body growth and cordycepin production by *Cordyceps militaris*. **Chiang Mai Journal of Science** 1(41): 858-872.

การประเมินความเป็นพิษของสารสกัดแบบหยาบของตีนตุ๊กแกต่อการแบ่งเซลล์ ด้วยวิธี *Allium cepa* test และผลต่อการงอกของหญ้ารูซี่

Assessment of Climbing Fig (*Ficus pumila*) Crude Extract Toxicity on Cell Division with *Allium cepa* Test and Its Effect on Germination of Ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis*)

นิรัชชา สุริยา และรัฐพร จันทร์เดช

Nirutcha suriya and Ruttapron chundet

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Biotechnology Department, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: Nirutchasuriya@gmail.com

Abstract

Currently, the use of herbicides affects the ecosystem directly and indirectly. Therefore, the application of natural herbicides is a safe alternative for consumers and the environment. For this reason, the researcher was interested in the study of the effects of climbing fig crude extract on germination of Ruzi grass and assess toxicity of crude extract on cell division with *Allium cepa* test. The result show that when increase concentration of crude extracts the percentages of Mitotic index will decrease while percentages of chromosomal aberration will increase. The result was consistent with the germination test of Ruzi grass seed soaked in crude extract compared with a control. The result show that in the crude extracts the seeds have germination rate 8%. While the controls have germination rate 76%. So, from all these results it could be concluded that crude extract of climbing fig could possibly be applied for weed management and compensate herbicide.

Keywords: climbing fig, *Allium cepa*, Ruzi grass, herbicides, weed management

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชได้ส่งผลเสียต่อระบบนิเวศทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้นการประยุกต์ใช้สารสกัดจากธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสารสกัดแบบหยาบจากต้นตีนตุ๊กแก โดยการประเมินความเป็นพิษต่อเซลล์บริเวณปลายรากหอมและทดสอบการยับยั้งการงอกของหญ้ารูซี่ จากการทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารสกัดแบบหยาบ ค่า Mitotic index (%MI) จะลดลง และค่า chromosomal aberration (%CA) เพิ่มขึ้น ในขณะที่เมล็ดหญ้ารูซี่ที่แช่ในสารสกัดแบบหยาบในแต่ละความเข้มข้นเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพบว่าเมล็ดของหญ้ารูซี่ที่แช่ด้วยสารสกัดแบบหยาบมีอัตราการงอกที่ 8% ในขณะที่เมล็ดชุดควบคุมมีอัตราการงอก 76% จากผลการทดลองทั้งหมดนี้สามารถสรุปได้ว่า สารสกัดแบบหยาบจากตีนตุ๊กแกมีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวัชพืชในแปลงและทดแทนสารเคมีกำจัดวัชพืชได้

คำสำคัญ: ต้นตีนตุ๊กแก *Allium cepa* หญ้ารูซี่ สารเคมีกำจัดวัชพืช การควบคุมวัชพืชในแปลง

คำนำ

จากปัญหาการลดลงของปริมาณและคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรพบว่า กว่า 30 เปอร์เซ็นต์เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของศัตรูพืชและความเป็นพิษของสารเคมี ในแต่ละปีเกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากในการกำจัดและควบคุมศัตรูพืชสูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของกำไรที่ได้จากการขายผลผลิต (Shaw, 1982) ทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งในสาเหตุหลักของการทำลายสิ่งแวดล้อม และ สิ่งมีชีวิตข้างเคียงรวมถึงสุขภาพมนุษย์ (Galloway and Handy, 2003) ด้วยผลกระทบอันร้ายแรงของการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชส่งผลให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากสารสกัดธรรมชาติเพื่อทดแทนสารเคมีและผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ โดย 70 เปอร์เซ็นต์ ของสารกำจัดศัตรูพืชมีส่วนผสมมาจากสารสกัดจากธรรมชาติอยู่ 8 เปอร์เซ็นต์ ของสารประกอบ และ มีเพียง 7 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดจากธรรมชาติที่เป็นที่ยอมรับจาก U.S. Environmental ว่าสามารถนำมาใช้เป็นสารกำจัดศัตรูพืชได้ (Cantrell *et al*., 2012)

ทั้งนี้ได้มีการศึกษาผลของสารสกัดจากต้นกร่าง (*Ficus benghalensis* L) ต่อการเจริญและการงอกของเมล็ดถั่วและทานตะวัน พบว่าสารสกัดจากต้นกร่างสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดถั่วและทานตะวันได้ (Namra *et al*.,2016) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลร่วมของสารสกัดมะจอเต๊ะ (*Ficus deltoidea*) และไทรย้อย *(Ficus microcarpa*) ต่อการยับยั้งการเจริญของพืชทดสอบ พบว่าผลร่วมของสารสกัดสามารถยับยั้งการเจริญของพืชทดสอบได้ (Jumiati *et al*., 2018) ซึ่งจากผลการทดลองที่ยกตัวอย่างมาอาจจะสรุปได้ว่า พืชสกุลโพ (Ficus) มีสารออกฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของพืชบางชนิด โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบผลของสารสกัดจากพืชสกุลโพเช่นกัน โดยได้ทำการทดสอบผลของสารสกัดจากต้นตีนตุ๊กแก (*F. pumila*) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการประเมินความเป็นพิษต่อการแบ่งเซลล์บริเวณปลายรากหอม และทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดแบบหยาบต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ดหญ้ารูซี่

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่างพืชและเตรียมสารสกัด

พืชที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ต้นตีนตุ๊กแก (*F. pumila*) (Figure 1) โดยนำใบตัวอย่างสดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น แล้วนำไปสกัดโดยใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออนเป็นตัวทำละลายในอัตราส่วน 5:100 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นเวลา 7 วัน กรองด้วยกระดาษ Whatman เบอร์ 1 เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียสเพื่อรอทดสอบในขั้นตอนต่อไป

Figure 1 Climbing fig *(F. pumila)*

2. การเตรียมรากหอมและสารสกัด

คัดเลือกหอมแดง (*Allium ascalonicum*) ที่มีลักษณะสมบูรณ์และขนาดเท่ากันมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำประปาแล้วพึ่งให้แห้ง ตัดรากเก่าทิ้งก่อนจะนำไปทดสอบกับสารสกัดแบบหยาบของต้นตีนตุ๊กแกที่ความเข้มข้น 10, 30 และ 50 mg/ml เทียบกับชุดควบคุมที่เป็นน้ำกลั่นปราศจากไอออน

3. ประเมินความเป็นพิษของสารสกัดด้วยเทคนิค *Allium cepa*.

ประเมินความเป็นพิษของสารสกัดด้วยเทคนิค *Allium cepa* test โดยแช่ปลายรากหอมแดงในสารสกัดแบบหยาบที่ความเข้มข้น 10, 30 และ 50 mg/ml เทียบกับชุดควบคุมที่เป็นน้ำกลั่นสะอาด เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ (Figure 2) หลังจากนั้นตัดปลายรากหอมที่มีความยาว 1-2 เซนติเมตร (นับตั้งแต่ปลายราก) ที่อยู่ในทุกความเข้มข้นมาแช่ในสารละลายหยุดการแบ่งเซลล์ (ethyl-alcohol : acetic acid) (3 : 1) เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนจะนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนและแช่ในสารละลาย 1N HCl 5-10 นาที เพื่อย่อยผนังเซลล์ จากนั้นตัดปลายรากหอมให้ได้ความยาวประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน 3 ครั้ง และหยด Aceto-orcein จำนวน 2-3 หยด ทิ้งไว้ 5 นาที ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้วจึงใช้หัวแม่มือกด (Squashes technique) ทำการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

กำลังขยาย 400 เท่า บันทึกผลที่ได้และนำไปคำนวณหาดัชนีการแบ่งเซลล์และความผิดปกติของโครโมโซม ก่อนนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS version 26 ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range test

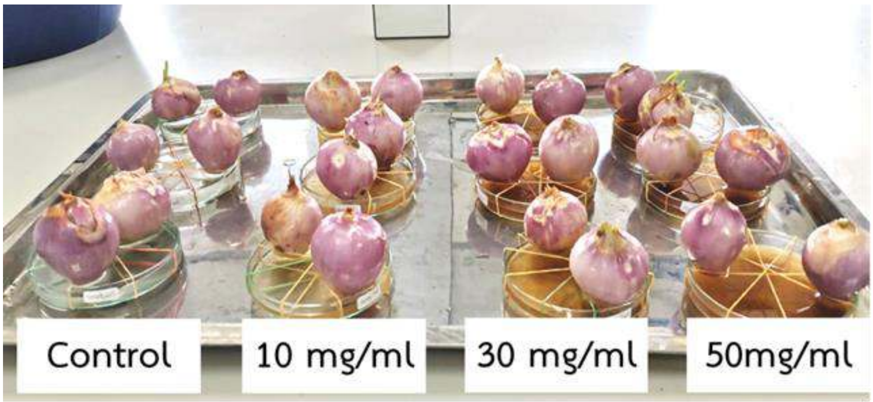


Figure 2 The extracts at different concentrations for examining *Allium cepa* test

คำนวณดัชนีการแบ่งเซลล์ (%MI)

ทำการสุ่มตรวจดูเซลล์โครโมโซมในปลายรากหอมเพื่อทดสอบผลของสารสกัดต่อการแบ่งเซลล์ โดยคำนวณดังนี้

Mitotic index (%) = [A/B]*100

A = จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวแบบไมโทซิส (ระยะโพรเฟส ระยะเมทาเฟส ระยะแอนนาเฟส และระยะเทโลเฟส)

B = จำนวนเซลล์ที่พบ

คำนวณความผิดปกติของโครโมโซม (%CA)

ทำการสุ่มตรวจดูเซลล์โครโมโซมในปลายรากหอมเพื่อทดสอบผลของสารสกัดต่อการกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์ผิดปกติ

Chromosomal aberration (%) = [A/B]*100

A = จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวแบบผิดปกติ (Laggard chromosome, Fragment chromosome, Chromosome bridge, Stickiness chromosome และ Disturbed chromosome)

B = จำนวนเซลล์ที่พบ

4. ทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดต่อการงอกของเมล็ดหญ้ารูซี่

คัดเลือกเมล็ดหญ้ารูซี่ (*Brachiaria ruziziensis*) ในน้ำประปาสะอาด คัดเลือกเมล็ดจมที่มีลักษณะสมบูรณ์มาวางบนจานเพาะเลี้ยงที่รองด้วยกระดาษชำระ 1 แผ่น โดยจะวางจานละ 30 เมล็ด 3 ซ้ำ ก่อนจะเติมสารสกัดความเข้มข้นต่าง ๆ (10, 30 และ 50 mg/ml) ลงไปให้ชุ่ม เป็นเวลา 7 วัน เทียบกับชุดควบคุม (น้ำกลั่นปราศจากไอออน) บันทึกผลการทดลองและนำไปคำนวณหาอัตราการงอก นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS version 26 ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range test

ผลการวิจัย

1. ผลประเมินความเป็นพิษของสารสกัดด้วยเทคนิค *Allium cepa* test

ผลการประเมินความเป็นพิษด้วย *Allium cepa* test ของสารสกัดแบบหยาบจากต้นตีนตุ๊กแกที่ระดับความเข้มข้น 10, 30 และ 50 mg/ml ต่อการแบ่งเซลล์ของปลายรากหอมที่ 72 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้ดัชนีของการแบ่งเซลล์ลดลง (% MI) อยู่ที่ 24.73, 15.63 และ 10.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งยังมีผลกระตุ้นให้เกิดความผิดปกติของโครโมโซม (%CA) ในบริเวณปลายรากหอมสูงถึง 38 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) และ เมื่อนำมาวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า แล้ว พบว่ามีการแบ่งเซลล์ผิดปกติหลายรูปแบบเช่น chromosome bridge (A), c-mitosis (B), sticky chromosomes (C) และ Binuclear (D) (Figure 3)

Table 1 Percentages of Mitotic index (% MI) and percent chromosomal aberration (% CA) of *Allium cepa* root cells were soaked in different concentration 0, 10, 30, and 50 mg/ml

Samples	Concentration (mg/ml)	% Mitotic index (% MI)	Chromosomal aberration (% CA)
1	0	28.57	0
2	10	24.73	25.3
3	30	15.63	37.5
4	50	10.43	38

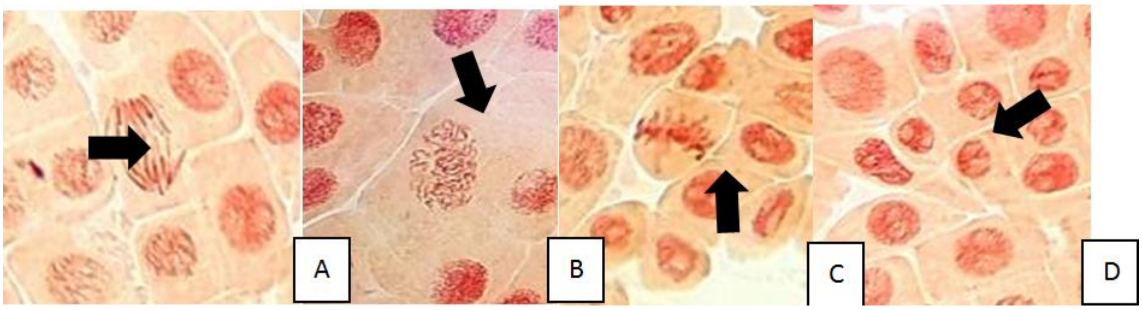


Figure 3 Extracts at different concentrations for examining Allium cepa root cell division under the microscope with 400 times magnification. chromosome bridge (A), c-mitosis (B), sticky chromosomes (C) and Binuclear (D)

1. ผลของสารสกัดต่อการงอกของเมล็ดหญ้ารูซี่

จากการนำเมล็ดของหญ้ารูซี่ที่แช่ในสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 10, 30 และ 50 mg/ml เป็นเวลา 7 วัน พบว่าอัตราการงอกของเมล็ดหญ้ารูซี่ที่แช่ในสารสกัดในความเข้มข้นที่ 10 mg/ml มีอัตราการงอกที่ 8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงถึง 76 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ไม่พบการงอกของเมล็ดหญ้ารูซี่ที่ความเข้มข้น 30 และ 50 mg/ml (Figure 4)

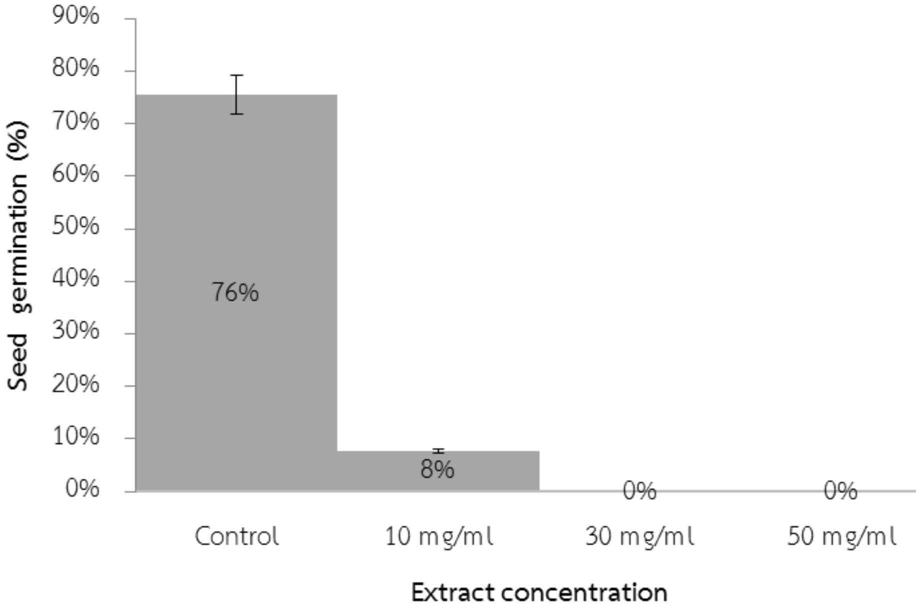


Figure 4 Percentages of Ruzi seeds germination after treated with difference concentration of climbing fig crude extract at 0, 10, 30, and 50 mg/ml

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าสารสกัดแบบหยาบของต้นตีนตุ๊กแกมีผลต่อการยับยั้งอัตราการแบ่งเซลล์และยังกระตุ้นให้เกิดความผิดปกติของโครโมโซมในบริเวณปลายรากหอม ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกของหญ้ารูซี่ ทั้งนี้กลไกการออกฤทธิ์ของสารกำจัดวัชพืชต่อการควบคุมหรือกำจัดศัตรูพืชที่มีการศึกษาอยู่แล้วมีอยู่หลายกลไก เช่น การยับยั้งหรือขัดขวางการสังเคราะห์กรดอะมิโนที่จำเป็นของพืช นอกจากนี้ยังมีการยับยั้งการแบ่งเซลล์ของพืช (Duke, 2012) โดยในงานวิจัยของ Chaemchaiyaporn *et al.* (2012) ได้มีการศึกษาผลของสารสกัดจากต้นหมอน้อย (*Vernonia cinereal* (L.) Less) ต่อการแบ่งเซลล์ในปลายรากหอม และการเจริญเติบโตของวัชพืชบางชนิด พบว่าสารสกัดของต้นหมอน้อยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการแบ่งเซลล์และการเจริญของวัชพืชทดสอบ ดังนั้นสารสกัดจากต้นตีนตุ๊กแกจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้พัฒนาเพื่อทดแทนสารเคมีกำจัดวัชพืชได้

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองการประเมินความเป็นพิษของสารสกัดแบบหยาบของต้นตีนตุ๊กแกต่อการแบ่งเซลล์ในปลายรากหอมและการงอกของเมล็ดพืชทดสอบสามารถสรุปได้ว่า สารสกัดแบหยาบของต้นตีนตุ๊กแกในทุกระดับความเข้มข้นมีผลทำให้ดัชนีการแบ่งเซลล์ในปลายรากหอม (%MI) ลดลง ทั้งยังกระตุ้นโครโมโซมผิดปกติมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบสารสกัดแบบหยาบต่ออัตราการงอกของเมล็ดหญ้ารูซี่ที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดขึ้นอัตราการงอกของเมล็ดจะลดลง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ทุนศิษย์ก้นกุฏิ ประจำปีการศึกษา 2562 ของมหาวิยาลัยแม่โจ้ นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนจาก หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ChaemChaiyapron, T., P. Teerawat and S. Sorinta. 2012. Effect of Little Iron weed extract (*Vernonia cinereal* (L.) Less) on mitosis cell division and the growth of some weeds. **Journal of Research Unit on Science** 8(2): 398-407p. [in Thai]

Cantrell C.L, F.E. Dayan and S.O. Duke. 2012. Natural products as sources for new pesticides. **Journal of Natural Products** 75(6): 1231–1242 p.

Duke, S.O. 2012. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years. **Pest Management Science** 68(4): 505-512 p.

Galloway, T., and R. Handy. 2003. Immunotoxicity of organophosphorus pesticides. **Journal of Ecotoxicology** 74(2): 345-363 p.

Jumiati, J. 2018. Stakeholder analysis in the management of irrigation in Kampili area. **Earth and Environmental Science** 157(2018):1-5 p.

Session 12

ภาคโปสเตอร์

ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ลิ้นจี่ 3 คู่ จากลักษณะสัณฐานวิทยาและเครื่องหมายโมเลกุล
Differences between 3 Pairs of Litchi Cultivars in Morphology and Molecular Markers

ยุพเยาว์ คบพิมาย[1*] สิริมา สุวรัตน์[1] จิตตรา ลำภา[2] อาทิตยา นามโคตร[2]
วินัย วิริยะอลงกรณ์[3] และศรัณย์ จีนะเจริญ[4,5]
Yuppayao Kophimai[1*], Sirima Suwarat[1], Jittra Lampa[2], Athiaya Nammakhot[2]
Winai Wiriya-Alongkorn[3] and Saran Cheenacharoen[4,5]
[1]สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2]สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[3]สาขาวิชาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[4]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50300
[5]ศูนย์ความเป็นเลิศด้านความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50300
[1]Division of Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[2]Division of Agronomy, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[3]Division of Pomology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[4]Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50300
[5]Centre of Excellence on Biodiversity Research and Implementation for Community, Chiang Mai Rajabhat University
Chiang Mai, Thailand 50300
*Corresponding author: yuppayao@mju.ac.th

Abstract

Litchi is a popular fruit plant in northern and central regions of Thailand. Litchi cultivars were collected in Maejo University and a database of litchi was established using 20 ISSR (Inter-simple sequence repeat) markers, but it was not possible to differentiate between 3 pairs of litchi cultivars that were 1) Saraekthong vs Samphaokhaeo 2) Samphaothong vs Honghuai, and 3) Kwangjao vs Ohia. In this study, morphology and DNA fingerprint using 8 ISSR markers and 16 RAPD (random amplified polymorphic DNA) markers were examined to differentiate between each pair of litchi cultivar. It was found that 1) Saraekthong vs Samphaokhaeo differed in the color of the bark, mature leaf color and DNA band of the RAPD primer OPH-04; 2) Samphaothong vs Honghuai differed in the color of the bark, the color and shape of the mature leaf and DNA band of the ISSR primers 818; 3) Kwangjao vs Ohia differed in the color of the bark and DNA bands of the ISSR primers 816 and 850. These molecular markers can be developed to differentiate litchi cultivars.

Keywords: litchi, molecular marker, cultivar, ISSR, RAPD

บทคัดย่อ

ลิ้นจี่เป็นไม้ผลที่นิยมปลูกในเขตภาคเหนือและภาคกลางของประเทศไทย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้รวบรวมพันธุ์ลิ้นจี่และจัดทำฐานข้อมูลโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลไอเอสเอสอาร์จำนวน 20 ไพรเมอร์ แต่ยังไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างลิ้นจี่ 3 คู่ออกจากกันได้ คือ 1) พันธุ์สาแหรกทองกับพันธุ์สำเภาแก้ว 2) พันธุ์สำเภาทองกับพันธุ์ฮงฮวย และ 3) พันธุ์กวางเจากับพันธุ์โอวเฮียะ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและลายพิมพ์ดีเอ็นเอ โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลไอเอสเอสอาร์ จำนวน 8 ไพรเมอร์ และอาร์เอพีดีจำนวน 16 ไพรเมอร์ เพื่อหาความแตกต่างระหว่างลิ้นจี่แต่ละคู่ พบว่า คู่ที่ 1) ลิ้นจี่พันธุ์สาแหรกทองกับพันธุ์สำเภาแก้วมีความแตกต่างกันที่สีของเปลือกลำต้น สีใบแก่และแถบดีเอ็นเอของเครื่องหมายอาร์เอพีดีไพรเมอร์ OPH-04 คู่ที่ 2) พันธุ์สำเภาทองกับพันธุ์ฮงฮวยมีความแตกต่างกันที่สีเปลือกลำต้น สีและรูปร่างของใบแก่ และเครื่องหมายไอเอสเอสอาร์ไพรเมอร์ 818 คู่ที่ 3) พันธุ์กวางเจากับพันธุ์โอวเฮียะมีความแตกต่างกันที่สีของเปลือกลำต้น และแถบดีเอ็นเอของเครื่องหมายไอเอสเอสอาร์ไพรเมอร์ 816 และ 850 เครื่องหมายโมเลกุลเหล่านี้สามารถนำมาพัฒนาสำหรับจำแนกพันธุ์ลิ้นจี่ออกจากกันได้

คำสำคัญ: ลิ้นจี่ เครื่องหมายโมเลกุล พันธุ์ ไอเอสเอสอาร์ อาร์เอพีดี

คำนำ

ลิ้นจี่ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litchi chinensis* Sonn. อยู่ในวงศ์ Sapindaceae นิยมเรียกว่า Lychee หรือ Litchi มีถิ่นกำเนิดทางภาคใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน (Groff, 1921) มีการนำลิ้นจี่เข้ามาปลูกในประเทศไทยช่วงปลายศตวรรษที่ 17 (Subhadrabandhu, 1990) โดยนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายทั้งในเขตภาคเหนือและเขตภาคกลาง ปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่ปลูกลิ้นจี่ในประเทศไทยประมาณ102,672 ไร่ ซึ่ง 90 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกอยู่ในภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกลิ้นจี่มากที่สุดในประเทศ คือ ประมาณ 45,132 ไร่ โดยมีเกษตรกรปลูกลิ้นจี่เฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่ 7,132 ครัวเรือน และมีผลผลิตออกสู่ตลาดกว่า 20,015 ตัน (Office of Agricultural Economics, 2021) ดังนั้นจึงถือได้ว่าจังหวัดเชียงใหม่เป็นแหล่งผลิตลิ้นจี่ที่สำคัญที่สุดของประเทศ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สาขาไม้ผล ได้รวบรวมและอนุรักษ์พันธุ์ลิ้นจี่ไว้ทั้งหมด 22 พันธุ์ ลักษณะของลิ้นจี่แต่ละพันธุ์มีความคล้ายคลึงกันมาก ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการจำแนกแต่ละพันธุ์ออกจากกัน ดังนั้นจึงมีการใช้เครื่องหมายโมเลกุล ISSR จำนวน 20 ไพรเมอร์ และลำดับเบสของยีน *matK* และ *rbcL* และบริเวณระหว่างยีน *trnL-trnF* จำแนกพันธุ์ลิ้นจี่ซึ่งพบว่าสามารถจำแนกพันธุ์เกือบทั้งหมดออกจากกันได้ อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถจำแนกพันธุ์ลิ้นจี่จำนวน 3 คู่ ออกจากกันได้ ได้แก่ พันธุ์สาแหรกทองและพันธ์สำเภาแก้ว พันธุ์สำเภาทองและพันธุ์ฮงฮวย พันธุ์กวางเจาและพันธุ์โอวเฮียะ (Suwarat, 2019; Suwarat *et al*., 2019; Kophimai *et al*., 2018; Suwarat *et al*., 2017) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลิ้นจี่ทั้ง 3 คู่ และหาเครื่องหมายโมเลกุลที่สามารถใช้แยกความแตกต่างของลิ้นจี่แต่ละคู่ออกจากกันได้โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล ISSR จำนวน 8 ไพรเมอร์ และ RAPD จำนวน 16 ไพรเมอร์

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างและการสกัดดีเอ็นเอ

ตัวอย่างลิ้นจี่ที่ศึกษาได้แก่ พันธุ์สาแหรกทอง พันธ์สำเภาแก้ว พันธุ์สำเภาทอง พันธุ์ฮงฮวย พันธุ์กวางเจา และพันธุ์โอวเฮียะ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ถูกรวบรวมไว้ที่แปลงรวบรวมและอนุรักษ์พันธุ์ลิ้นจี่ สาขาวิชาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสกัดดีเอ็นเอจากใบอ่อนด้วยวิธีดัดแปลงจาก Doyle and Doyle (1987)

การศึกษาความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ศึกษาได้แก่ 1) ลักษณะทรงพุ่ม 2) ลักษณะผิวเปลือกและสีของผิวเปลือกลำต้น โดยใช้เครื่องวัดสี Color Reader CR-10 Plus (Nonica MINOLATA, INC. Japan) 3) ลักษณะของใบ ได้แก่ จำนวนคู่ใบย่อย สีของใบอ่อน สีของใบแก่ ลักษณะรูปร่างใบ ลักษณะปลายใบ ลักษณะฐานใบ ลักษณะความมันใบ ลักษณะขอบใบ และลักษณะของแผ่นใบ และ 4) ลักษณะของกิ่งและการแตกกิ่ง

การศึกษาความแตกต่างด้วยเครื่องหมายโมเลกุล ISSR และ RAPD

นำดีเอ็นเอของลิ้นจี่ทุกพันธุ์มาทดสอบด้วยเครื่องหมายโมเลกุล ISSR จำนวน 8 ไพรเมอร์ และเครื่องหมาย RAPD จำนวน 16 ไพรเมอร์ รายละเอียดของไพรเมอร์แสดงใน Table 1 และ Table 2 ตามลำดับ องค์ประกอบในการทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์เรส ได้แก่ 1X MyTaq^{TM} HS Red Mix (Bioline, United Kingdom) ไพรเมอร์ความเข้มข้น 0.40 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ดีเอ็นเอแม่พิมพ์ประมาณ 5-10 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร โดยมีปริมาตรรวมทั้งหมด 10 ไมโครลิตร สภาวะอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสมีดังนี้ (1) บ่มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จำนวน 1 รอบ (2) บ่มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที อุณหภูมิที่จำเพาะของแต่ละไพรเมอร์ นาน 15 วินาที และ 72 องศาเซลเซียส นาน 45 วินาที จำนวน 40 รอบ (3) บ่มที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จำนวน 1 รอบ จากนั้น นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วย 1.5 เปอร์เซ็นต์ Agarose gel ที่มี SYBR Safe DNA gel stain เป็นส่วนผสม ใช้บัฟเฟอร์ 0.5X Tris borate EDTA ภายใต้กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นถ่ายรูปเจลภายใต้แสงยูวีด้วยเครื่อง Gel DocTMXR+ with Image LabTM Software ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

Table 1 ISSR primers used in this study

No.	Name	Sequecnce (5’-3’)	Ta (°C)	Reference
1	811	GAGAGAGAGAGAGAGAC	55	Taheri *et al*. (2012)
2	812	GAGAGAGAGAGAGAGAA	55	Taheri *et al*. (2012)
3	818	CACACACACACACACAG	55	Taheri *et al*. (2012)
4	850	GTGTGTGTGTGTGTGTYC	55	Taheri *et al*. (2012)
5	I2	GAGAGAGAGAGAGAGAGAT	55	Taheri *et al*. (2012)

Table 1 (Continued)

No.	Name	Sequecnce (5'-3')	Ta (°C)	Reference
6	P3	AGAGAGAGAGAGAGAGTG	55	Das *et al.* (2011)
7	P8	CACCACCACCACCAC	55	Das *et al.* (2011)
8	816	CACCACCACCACCACAT	55	Das *et al.* (2011)

Table 2 RAPD primers used in this study

No.	Name	Sequecnce (5'-3')	Ta (°C)	Reference
1	OPE-04	GTGACATGCC	36	Tongpamnak *et al.* (2002)
2	OPE-16	GGTGACTGTG	36	Tongpamnak *et al.* (2002)
3	OPE-20	AACGGTGACC	36	Tongpamnak *et al.* (2002)
4	OPF-05	CCGAATTCCC	36	Tongpamnak *et al.* (2002)
5	OPF-10	GGAAGCTTGG	36	Tongpamnak *et al.* (2002)
6	OPH-04	GGAAGTCGCC	36	Tongpamnak *et al.* (2002)
7	OPI-06	AAGGCGGCAG	36	Tongpamnak *et al.* (2002)
8	OPL-12	AGAGGGCACA	36	Tongpamnak *et al.* (2002)
9	OPH-11	CTTCCGCAGT	46	Cutler *et al.* (2006)
10	OPX-04	CCGCTACCGA	46	Cutler *et al.* (2006)
11	OPAS-10	CCCGTCTACC	46	Cutler *et al.* (2006)
12	OPD-20	ACCCGGTCAC	46	Cutler *et al.* (2006)
13	OPB-18	CCACAGCAGT	46	Anuntalabhochai *et al.* (2002)
14	OPC-09	CTCACCGTCC	46	Anuntalabhochai *et al.* (2002)
15	OPAK-10	CAAGCGTCAC	46	Anuntalabhochai *et al.* (2002)
16	OPAQ-12	CAGCTCCTGT	46	Anuntalabhochai *et al.* (2002)

ผลการวิจัย

การศึกษาความแตกต่างของลิ้นจี่ 3 คู่ ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยา

การเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลิ้นจี่พันธุ์สาแหรกทองกับพันธุ์สำเภาแก้วพบว่าลักษณะส่วนใหญ่มีความใกล้เคียงกันมากซึ่งทั้งสองพันธุ์มีความแตกต่างกันที่ลักษณะของสีเปลือกลำต้น และสีของใบแก่ โดยที่พันธุ์สาแหรกทองมีเปลือกลำต้นสีเทาแกมเขียว ใบแก่สีเขียวเข้ม ส่วนพันธุ์สำเภาแก้วมีเปลือกลำต้นสีเทาแกมน้ำตาล ใบแก่สีเขียว

(Figure 1 A-C) ในลิ้นจี่พันธุ์สำเภาทองกับพันธุ์ฮงฮวยพบว่ามีความแตกต่างกันที่สีของเปลือกลำต้น สีและรูปร่างของใบแก่ โดยที่พันธุ์สำเภาทองมีเปลือกลำต้นสีเทาแกมน้ำตาล ใบแก่สีเขียว รูปร่างรีค่อนข้างกว้าง ส่วนพันธุ์ฮงฮวยเปลือกลำต้นมีสีเทาแกมเขียว ใบแก่สีเขียวเข้ม รูปร่างรี (Figure 1 D-F) และในลิ้นจี่พันธุ์กวางเจากับพันธุ์โอวเฮียะพบว่ามีความแตกต่างกันที่ลักษณะสีของเปลือกลำต้นโดยที่พันธุ์กวางเจามีสีเทาแกมเขียว ส่วนพันธุ์โอวเฮียะมีสีเทาแกมน้ำตาล (Figure 1 G-H)

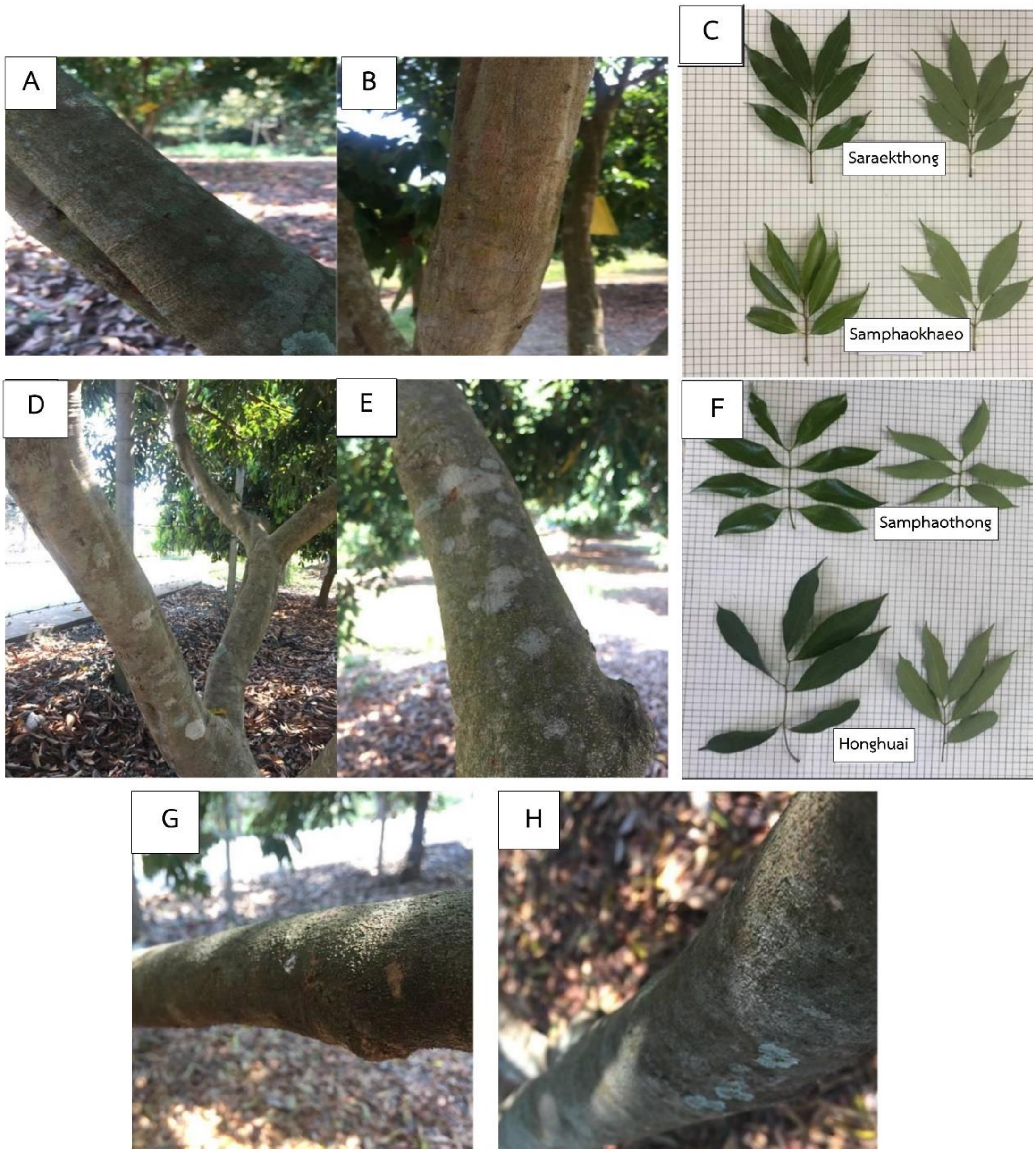


Figure 1 Morphological differences between three pairs of litchi. A) Saraekthong B) Samphaokhaeo D) Samphaothong E) Honghuai G) Kwangjao H) Ohia One square in C and F is 1x1 cm^2

การศึกษาความแตกต่างของลิ้นจี่ 3 คู่ ด้วยเครื่องหมาย ISSR

จากการศึกษาความแตกต่างระหว่างลิ้นจี่ทั้ง 3 คู่ คือ ลิ้นจี่พันธุ์สาแหรกทองกับพันธุ์สำเภาแก้ว พันธุ์สำเภาทองกับพันธุ์ฮงฮวย และพันธุ์กวางเจากับพันธุ์โอวเฮียะ โดยใช้เครื่องหมาย ISSR จำนวน 8 ไพรเมอร์ พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ทุกตัวอย่าง และพบความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอระหว่างพันธุ์สำเภาทองกับพันธุ์ฮงฮวย เมื่อทดสอบด้วยไพรเมอร์ 818 โดยปรากฏแถบดีเอ็นเอในพันธุ์ฮงฮวยแต่ไม่ปรากฏแถบในพันธุ์สำเภาทอง นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างระหว่างพันธุ์กวางเจากับพันธุ์โอวเฮียะ โดยปรากฏแถบดีเอ็นเอในพันธุ์กวางเจา เมื่อทดสอบด้วยไพรเมอร์ 850 และ 816 แต่ไม่พบแถบดีเอ็นเอในพันธุ์โอวเฮียะ (Figure 2)

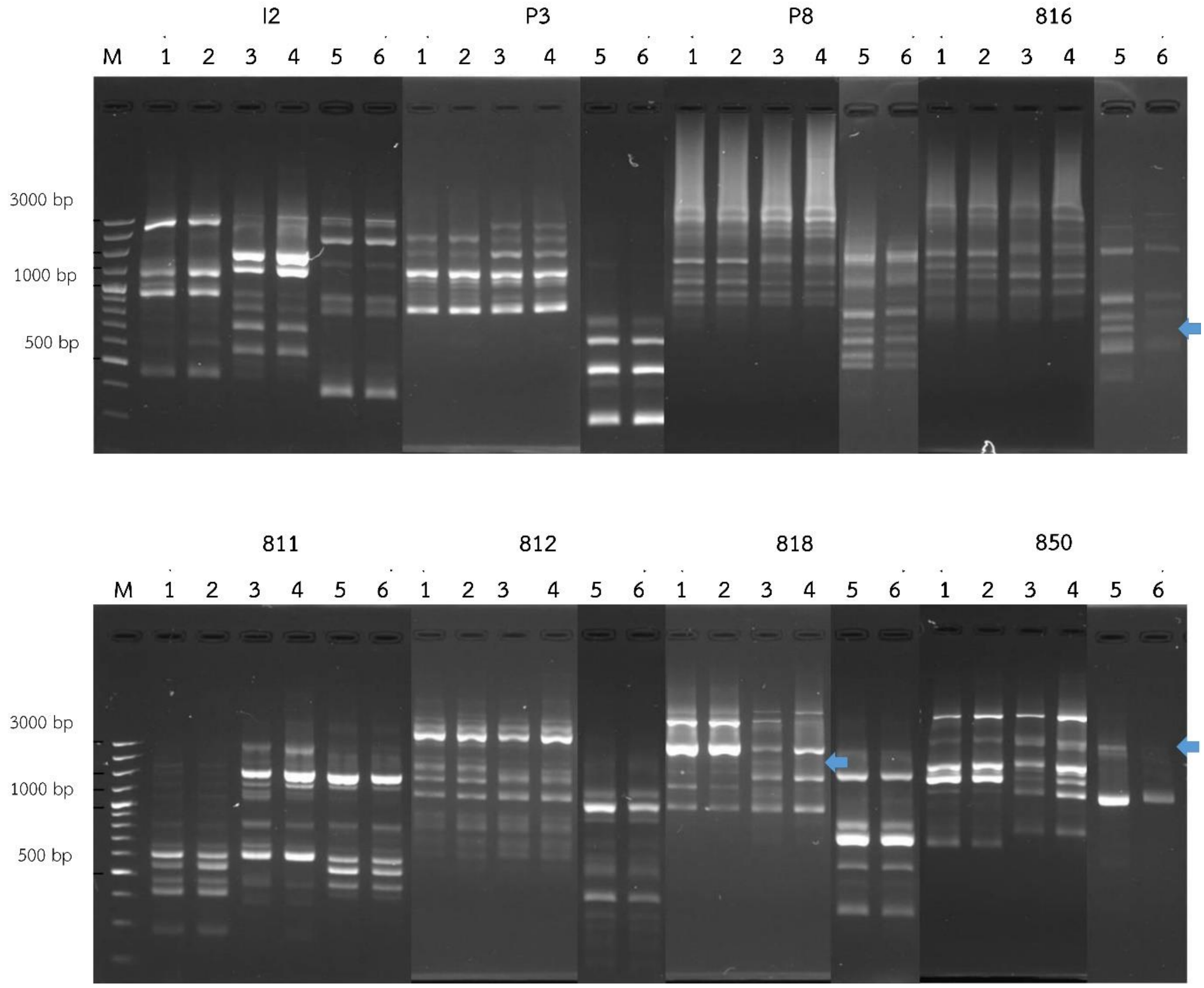


Figure 2 ISSR banding patterns of three pairs of litchi. Arrow points to the difference of DNA band between Kwangjao and Ohia

note: M = Molecular standard, 1 = Saraekthong, 2 = Samphaokhaeo, 3 = Honghuai, 4 = Samphaothong, 5 = Kwangjao, 6 = Ohia

การศึกษาความแตกต่างของลิ้นจี่ 3 คู่ ด้วยเครื่องหมายโมเลกุล RAPD

จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสของเครื่องหมายโมเลกุล RAPD จำนวน 16 ไพรเมอร์กับดีเอ็นเอรวมของทุกตัวอย่าง พบว่า 11 ไพรเมอร์สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ และเมื่อนำมาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในแต่ละตัวอย่าง พบว่ามีเพียง 6 ไพรเมอร์ ได้แก่ OPE-04 OPH-04 OPE-16 OPF-10 OPL-12 และ OPI-06 ที่ให้แถบดีเอ็นเอชัดเจน โดยพบความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอระหว่างพันธุ์สำเภาแก้วและสาแหรกทองเมื่อใช้ไพรเมอร์ OPH-04 ซึ่งปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาดใหญ่กว่า 1,000 คู่เบสในพันธุ์สาแหรกทอง แต่ไม่ปรากฏในพันธุ์สำเภาแก้ว ซึ่งแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกันนี้อาจสามารถพัฒนาเป็นเครื่องหมายที่ใช้จำแนกพันธุ์ลิ้นจี่ได้ (Figure 3)

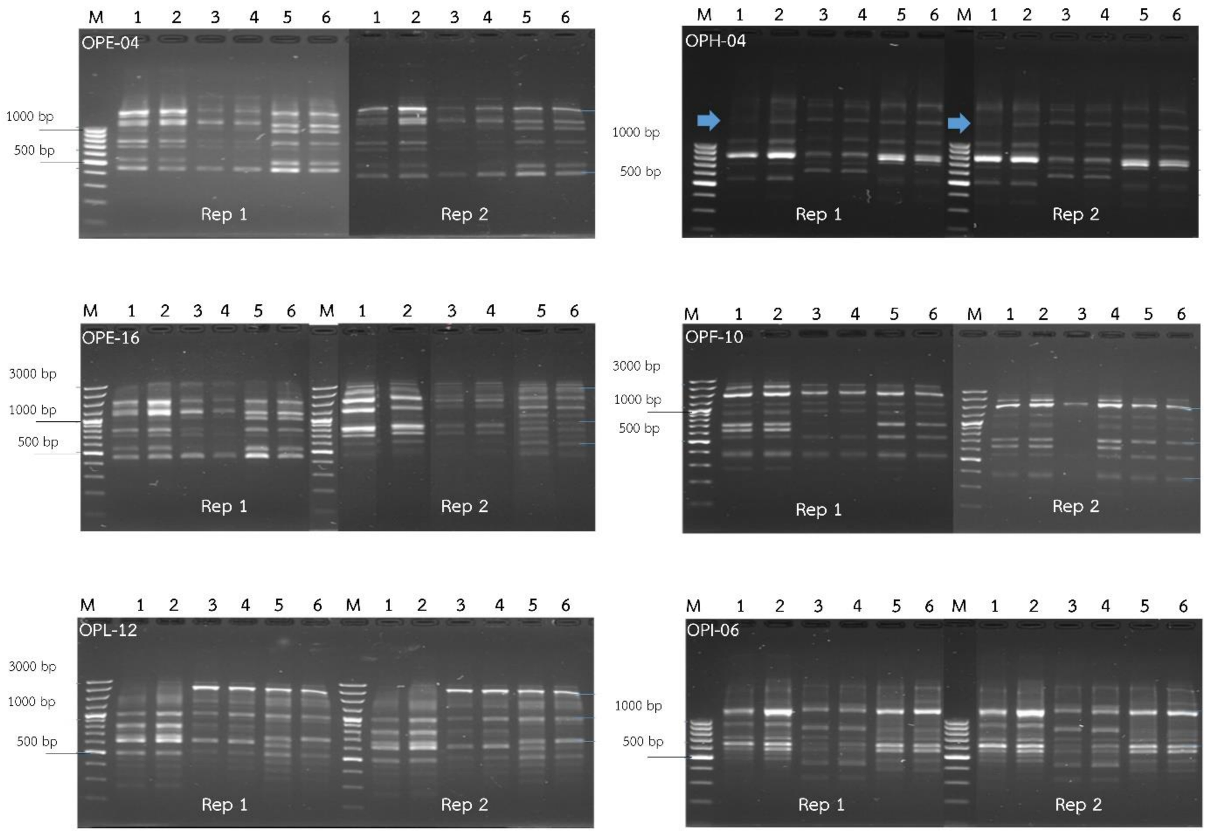


Figure 3 RAPD banding patterns of three pairs of litchi. Arrow points to the difference of DNA band between litchi cultivars

note: M = Molecular standard, 1 = Samphaokhaeo, 2 = Saraekthong, 3 = Honghuai, 4 = Samphaothong, 5 = Kwangjao, 6 = Ohia

วิจารณ์ผลการวิจัย

การจำแนกลักษณะของลิ้นจี่โดยวิธีที่สะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายสามารถทำได้โดยการดูจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา แต่อย่างไรก็ตาม ลิ้นจี่มีความหลากหลายมาก และบางพันธุ์ก็มีลักษณะคล้ายกันมากแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และบางครั้งสภาพแวดล้อมก็มีอิทธิพลต่อการแสดงลักษณะ ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานด้านลิ้นจี่มาอย่างยาวนานในการจำแนกพันธุ์จากลักษณะสัณฐานวิทยา ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงได้ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและใช้เครื่องหมายโมเลกุลจำแนกพันธุ์ลิ้นจี่ที่มีความคล้ายคลึงกันมาก และพบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลิ้นจี่ 3 คู่ที่ศึกษามีความคล้ายคลึงกันมาก แตกต่างกันเพียงบางลักษณะเท่านั้น ดังนั้นจึงยากแก่การจำแนกโดยใช้สัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียว

ในการจำแนกพันธุ์ลิ้นจี่โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล พบว่าเครื่องหมาย RAPD ไพรเมอร์ OPH-04 ทำให้เกิดความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอระหว่างพันธุ์สาแหรกทองกับพันธุ์สำเภาแก้ว จำนวน 1 แถบ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Tongpamnak *et al.* (2002) ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างพันธุ์สาแหรกทองกับพันธุ์สำเภาแก้วได้โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล AFLP จำนวน 7 คู่ไพรเมอร์ และ RAPD จำนวน 14 ไพรเมอร์ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่องหมายโมเลกุล RAPD 6 ไพรเมอร์ ซึ่งเป็นไพรเมอร์เดียวกับที่ Tongpamnak *et al*. (2002) ใช้ในการทดลอง

ในการจำแนกลิ้นจี่ระหว่างพันธุ์สำเภาทองกับพันธุ์ฮงฮวย พบว่าสามารถใช้เครื่องหมายโมเลกุล ISSR ไพรเมอร์ 818 ในการจำแนกได้ ส่วนการจำแนกระหว่างพันธุ์กวางเจากับพันธุ์โอวเฮียะ พบว่าสามารถใช้เครื่องหมายโมเลกุล ISSR ไพรเมอร์ 816 และ 850 ในการจำแนกพันธุ์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wangspa *et al.* (2005) ที่พบว่าสามารถแยกความแตกต่างระหว่างพันธุ์โอวเฮียะกับพันธุ์กวางเจาได้โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล HAT-RAPD จากความสามารถในการจำแนกพันธุ์ลิ้นจี่ของเครื่องหมายโมเลกุล ISSR ไพรเมอร์ 816, 818 และ 850 และเครื่องหมาย RAPD ไพรเมอร์ OPH-04 จึงถือได้ว่าเครื่องหมายดีเอ็นเอเหล่านี้มีความสำคัญในการจำแนกพันธุ์ลิ้นจี่ แถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างระหว่างพันธุ์ลิ้นจี่ที่ศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องหมายโมเลกุลที่มีความจำเพาะมากขึ้น โดยการตัดแถบดีเอ็นเอเหล่านี้ไปโคลนแล้วหาลำดับเบสของแถบดีเอ็นเอและออกแบบไพรเมอร์ให้จำเพาะกับลำดับเบสนั้น จะได้เครื่องหมายโมเลกุลที่เรียกว่า sequence-characterized amplified region (SCAR) ดังเช่นรายงานของ Cheng *et al.* (2015) ซึ่งเป็นเครื่องหมายโมเลกุลที่มีความจำเพาะเจาะจงมากกว่าเครื่องหมายโมเลกุล ISSR และ RAPD

ในการทดลองครั้งนี้พบการปรากฏของแถบดีเอ็นเอของเครื่องหมาย RAPD ไพรเมอร์ OPE-16 และ OPF-10 ไม่สอดคล้องกันระหว่างการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 อาจเกิดจากการใช้อุณหภูมิ Ta ที่ต่ำเกินไป ทำให้การจับของไพรเมอร์ระหว่างการทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสเกิดขึ้นในบริเวณที่ไม่เหมือนเดิม (nonspecific primer annealing) ในการทดลองแต่ละครั้งจึงให้ผลการทดลองแตกต่างกัน (Figure 3)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาความแตกต่างของลิ้นจี่ 3 คู่ โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาและเครื่องหมายโมเลกุล พบว่าลิ้นจี่พันธุ์สาแหรกทองกับพันธุ์สำเภาแก้วมีความแตกต่างกันที่ลักษณะของสีเปลือกลำต้น สีของใบแก่ และแถบดีเอ็นเอของเครื่องหมายโมเลกุล RAPD ไพรเมอร์ OPH-04 พันธุ์สำเภาทองกับพันธุ์ฮงฮวยมีความแตกต่างกันที่สีของเปลือกลำต้น รูปร่างและสีของใบแก่ และเครื่องหมายโมเลกุล ISSR ไพรเมอร์ 818 พันธุ์กวางเจากับพันธุ์โอวเฮียะมีความแตกต่างกันที่สีของเปลือกลำต้น และแถบดีเอ็นเอของเครื่องหมายโมเลกุล ISSR ไพรเมอร์ 816 และ 850 ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลเหล่านี้สามารถนำมาพัฒนาเพื่อจำแนกพันธุ์ลิ้นจี่แต่ละคู่ออกจากกันได้ หากในอนาคตต้องการจำแนกพันธุ์ลิ้นจี่ด้วยวิธีทางพันธุศาสตร์ควรใช้เทคนิค Genotyping by sequencing (GBS) เนื่องจากมีความแม่นยำ ให้ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์จำนวนมาก แบบกระจายทั่วทั้งจีโนม และราคาไม่แพง นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์มาหาความสัมพันธ์กับลักษณะทางการเกษตรที่สนใจ ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Anuntalabhochai, R., R. Chundet, J. Chiangda and P. Apavatjrut. 2002. Genetic diversity within lychee based on RAPD analysis. **Acta Hort.** 575: 253-259.

Cutler, R.W., R. Chundet, T. Handa, and S. Anuntalabhochai. 2006. Development of sequence characterized DNA markers linked to a temperature dependence for flower induction in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars. **Scientia Horticulturae** 107(2006): 264-270.

Das, A., V. Kesari, V.M. Satyanarayana, A. Parida and L. Rangan. 2011. Genetic Relationship of *Curcuma* species from Northeast India using PCR-based markers. **Molecular Biotechnology** 49(1): 65-76.

Doyle, J.J. and J.L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. **Phytochem. Bull.** 19: 11-15.

Groff, G.W. 1921. **The Lychee and Longan**. New York: Orange Judd. 188 p.

Kophimai, Y., S. Suwarat, W. Wiriya-Alongkorn, J. Sara and S. Cheenacharoen. 2018. Genetic relationship of *Litchi chinensis* cultivars based on partial sequence of *matK* gene. pp. 113-121. *In* **Proceedings of MJU Annual Conference 2018 (Poster)**. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Office of Agricultural Economics. 2021. **Litchi**. [Online]. Available https://www.oae.go.th/ (23 September 2021).

Subhadrabandhu, S. 1990. **Lychee and Longan Cultivation in Thailand**. Bangkok: Rumthai Publication. 40 p.

Suwarat, S., W. Wiriya-Alongkorn, J. Sara, S. Cheenacharoen and Y. Kophimai. 2017. Identification of Litchi Cultivars (*Litchi chinensis* Sonn.) in Germplasm Field of Maejo University Using ISSR Markers. pp. 68-75. *In* **Proceedings of National Genetics Conference 2017 (Poster)**. Bangkok: Chulalongkorn University.

Suwarat, S. 2019. **Identification and Genetic Relationships among Litchi Cultivars (*Litchi chinensis* Sonn.) Using ISSR Markers and DNA Sequence of Chloroplast**. Master Thesis. Maejo University. 159 p. [in Thai]

Suwarat, S., S. Pongjaroenkit and Y. Kophimai, W. Wiriya-Alongkorn, J. Sara and S. Cheenacharoen. 2019. Genetic relationships among lychee (*litchi chinensis* sonn.) cultivars based on issr markers, DNA sequences of *rbcL* Gene and *trnL-trnF* intergenic spacer region. **Thai Journal of Science and Technology** 8(3): 271-286. [in Thai]

Taheri, S., T.L. Abdullah, N.A.P. Abdullah and Z. Ahmad. 2012. Genetic relationships among five varieties of *Curcuma alismatifolia* (Zingiberaceae) based on ISSR markers. **Genet. Mol. Res**. 11(3): 3069-3076.

Tongpamnak, P., A. Patanatara, P. Srinives and C. Babprasert. 2002. Determination of genetic diversity and relationships among Thai litchi accessions by RAPD and AFLP markers. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)** 36: 370-380.

Wangspa, R., R.W. Cutler, S. Sitthiprom, R. Chundet, N. Dumampai and S. Anuntalabhochai. 2005. DNA fingerprint database of some economically important Thai plants: *Litchi chinensis* Sonn. *Dimocarpus longan* Lour. and *Peuraria* spp. **ScienceAsia** 31: 145-149.

การคัดเลือกสายพันธุ์ไพลที่มีคุณภาพเพื่อพัฒนาเป็นวัตถุดิบสมุนไพรในจังหวัดเชียงใหม่

The Selection High Quality of *Zigiber cassumunar* Cultivars for Development to Herbal Raw Material in Chiang Mai Province

วาริน สุทนต์* เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์ และนรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์

Warin Suthon*, Therdsak Thonnalak and Narin Taokaenchan

สาขาวิชาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Division of Medicinal Plant Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: warinsu@yahoo.co.th

Abstract

This study was conducted, to select the appropriate cultivar of *Zingiber cassumunar* plants, during May, 2018 to June, 2019 at Maejo University, Chiang Mai. Comparing of growth, yield and active constituents were studied in 8 cultivar groups of *Zingiber cassumunar* including Chiang Mai (CM), Lamphun (LP), Loei (L), NakhonRatchasima (NK), KamphaengPhet (KP), Phitsanulok (PN), Prachinburi (PR) and Srakaew (SK). The results showed that all cultivar groups had the similar botanical characteristics. Prachinburi cultivar group gave the highest average values of growth including plant height, plant spread and rhizome fresh weight. The curcumin content in rhizome was highest in PR-6 cultivar while the highest percentage of volatile oil was shown in PR-15 cultivar. In summary, 6 cultivars of *Zingiber cassumunar* including PR-15, LP-9, KP-5, PR-6, LP-13 and LP-23 were selected as high yield and high active constituent cultivars and for further study.

Keywords: *Zingiber cassumunar* Roxb., selection

บทคัดย่อ

การศึกษาคัดเลือกสายพันธุ์ไพลที่เหมาะสมต่อการผลิตวัตถุดิบสมุนไพรในจังหวัดเชียงใหม่ได้ดำเนินการระหว่างเดือนพฤษภาคม 2561 ถึงเดือน มิถุนายน 2562 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มสายพันธุ์ไพลที่ศึกษาประกอบด้วย 8 กลุ่มสายพันธุ์ ได้แก่ กลุ่มสายพันธุ์เชียงใหม่ (CM) สายพันธุ์ลำพูน (LP) สายพันธุ์เลย (L)สายพันธุ์นครราชสีมา (NK) สายพันธุ์กำแพงเพชร (KP) สายพันธุ์พิษณุโลก (PN) สายพันธุ์ปราจีนบุรี (PR) และสายพันธุ์สระแก้ว (SK) ผลการศึกษาพบว่าไพลทั้ง 8 กลุ่มสายพันธุ์ที่ศึกษา มีลักษณะพื้นฐานทางพฤกษศาสตร์ที่เหมือนกันพบความแตกต่างเพียงเล็กน้อยในบางสายพันธุ์ในลักษณะสีของโคนลำต้นเทียม ไพลสายพันธุ์ปราจีนบุรีให้ค่าเฉลี่ยด้านการเจริญเติบโต

ด้านความสูงของลำต้นเทียม ความกว้างพุ่มต้น และน้ำหนักเหง้าสดที่สูงกว่าไพลกลุ่มสายพันธุ์อื่นๆ สำหรับปริมาณสารเคอร์คูมินในเหง้า ปรากฏว่าไพลสายพันธุ์ PR-6 ให้ปริมาณสารเคอร์คูมินในเหง้าสูงที่สุด ส่วนปริมาณน้ำมันหอมระเหยพบว่าไพลสายพันธุ์ PR-15 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันหอมระเหยในส่วนเหง้ามากที่สุด การศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกสายพันธุ์ไพลที่ให้ผลผลิตและปริมาณสารสำคัญสูงไว้เพื่อศึกษาต่อไปจำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ PR-15, LP-9, KP-5, PR-6, LP-13 และ LP-23

คำสำคัญ: ไพล การคัดเลือกพันธุ์

คำนำ

ไพลเป็นพืชสมุนไพรล้มลุกชนิดหนึ่ง ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae จำพวกเดียวกับ ขิง ข่า และขมิ้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zingiber cassumunar* Roxb. (NIA, 2004; Han *et al*., 2021) มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยง่าย ซึ่งประกอบด้วยสารกลุ่มมอโนเทอร์พีน (monoterpene) เป็นหลัก เช่น α-pinene, sabinene, α-terpinene, γ-terpinene, terpenen-4-ol และยังประกอบไปด้วยสารสำคัญหลักอื่นๆ ได้แก่ สารสีเหลืองเคอร์คูมิน (curcumin), อนุพันธ์แนพโทควิโนน (naphthoquinone derivatives), อนุพันธ์บิวทานอยด์ (butanoid derivatives) หลายชนิด ที่สำคัญคือ (E)-4-(3, 4-dimethoxyphenyl) but-3-en-1-ol หรือสารดี (D) และ (E)-1-(3, 4-dimethylphenyl) butadiene หรือสารดีเอ็มพีบีดี (DMPBD) อนุพันธ์ไซโคลเฮกซีน (cyclohexene derivatives) เช่น [Cis-3-(3, 4)-dimethoxyphenyl)-4-[(E)-3, 4-dimethoxystyryl] cyclohex-1-ene] (Amatayakul *et al*., 1979; Subcommittee on the Preparation of Monographs of Selected Thai Materia Medica, 2012) ซึ่งสารสำคัญเหล่านี้ มีสรรพคุณในด้านการต้านอาการอักเสบทั้งในมนุษย์และสัตว์ (Antimanon and Sitthisongkram, 2004; Chongmelaxme *et al*., 2017) จากคุณสมบัติที่ดีเด่นดังกล่าว จึงมีการนำวัตถุดิบเหง้าไพลมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพหลายชนิด ได้แก่ น้ำมันไพล ขี้ผึ้งไพล ครีมไพล และลูกประคบ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นความต้องการวัตถุดิบที่มีคุณภาพดีจึงมีปริมาณมากตามไปด้วย ทั้งนี้คุณภาพวัตถุดิบที่ดีต้องมีปริมาณสารสำคัญในปริมาณสูง โดยมีปัจจัยที่ควบคุมคุณภาพประกอบด้วยปัจจัยภายนอกคือสภาพแวดล้อม ซึ่งสามารถเจริญเติบโตให้คุณภาพวัตถุดิบที่ดีในสภาพการปลูกกลางแจ้ง (Suthon, 2019) และปัจจัยภายในคือสายพันธุ์ โดยไพลที่ปลูกเป็นการค้าคือไพลเหลืองหรือไพลหยวก อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ไพลในปัจจุบันยังไม่มีการจำแนกและตั้งชื่อพันธุ์ในกลุ่มไพลเหลืองอย่างชัดเจน สายพันธุ์ในกลุ่มไพลเหลืองจึงมีความแปรปรวนไปตามแต่ละสภาพพื้นที่ปลูก ซึ่งสายพันธุ์ในแต่ละสภาพพื้นที่อาจมีความแตกต่างในด้านการเจริญเติบโต ปริมาณสารสำคัญโดยเฉพาะปริมาณสารเคอร์คูมินและปริมาณน้ำมันหอมระเหย อย่างไรก็ตามยังขาดการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบ และคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ปริมาณสารสำคัญสูง การวิจัยครั้งนี้ จึงมุ่งศึกษาเปรียบเทียบสายพันธุ์จากแหล่งปลูกต่างๆ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ไพลเหลืองที่ให้ปริมาณผลผลิต และปริมาณสารสำคัญสูงที่สุดเมื่อปลูกในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำสายพันธุ์ที่ได้ไปส่งเสริมการปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ และขยายผลการปลูกในเขตภาคเหนือตอนบนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) มี 6 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น และประกอบด้วยสิ่งทดลอง (treatment) คือ สายพันธุ์ไพลเหลือง จำนวน 8 สายพันธุ์ โดยรวบรวมจากแหล่งปลูกหลักที่สำคัญ คือจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน พิษณุโลก ปราจีนบุรี สระแก้ว เลย กำแพงเพชร และนครราชสีมา คัดเลือกหัวย่อยที่มีขนาดเท่ากัน (น้ำหนักประมาณ 20 กรัม) นำไปเพาะในวัสดุทรายผสมขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วน 1:1 เมื่อต้นกล้ามีอายุหลังงอกได้ 30 วัน จึงนำต้นกล้าไปปลูกในกระถางพลาสติก ขนาด 12 นิ้ว เริ่มปลูกประมาณปลายเดือนพฤษภาคม 2561 บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตได้แก่ ความสูงพุ่มต้น ขนาดทรงพุ่ม จำนวนใบ จำนวนหน่อ รูปร่างใบ เก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงฤดูหนาว โดยชั่งน้ำหนักผลผลิตสดต่อต้น นำผลผลิต(เหง้า) มาทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กขนาดความหนา 0.75 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง แล้วแบ่งตัวอย่างในแต่ละพันธุ์เป็นสองส่วน ส่วนแรกนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่น ส่วนที่สองนำไปบดให้ละเอียดนำไปสกัดวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินด้วยเครื่องยูวีวิสิเบิลสเปคโทรโฟโตมิเตอร์ ตามวิธีการของ Kamfu and Jamjang (2018) หลังจากนั้นนำข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ปริมาณน้ำมันหอมระเหย และปริมาณสารเคอร์คูมิน ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อเปรียบผลระหว่างสายพันธุ์

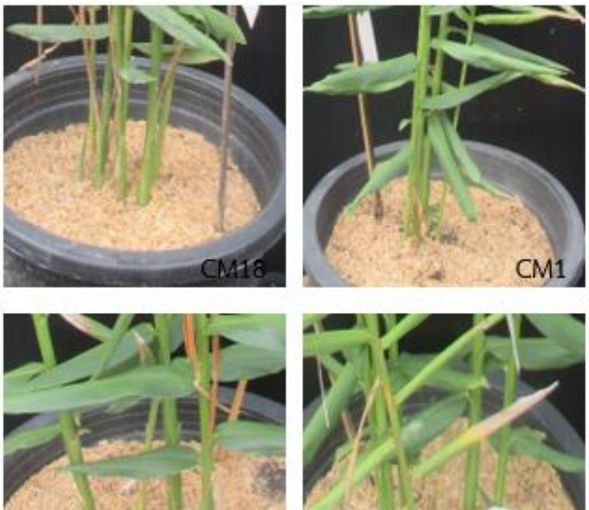


Figure1 Pseudo stem color of some *Zingiber cassumunar* cultivars

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของไพลสายพันธุ์ต่างๆ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของไพล 8 สายพันธุ์ที่ศึกษา พบว่ามีลักษณะของรูปร่างใบ โคนใบ ปลายใบ และสีใบที่เหมือนกัน คือมีรูปร่างใบเรียวแหลม (Linear) โคนใบกลมมน (round) ปลายใบแหลม (acute) และสีใบเป็นสีเขียวเข้ม ในขณะที่สีของโคนลำต้นเทียม พบความผันแปรในกลุ่มสายพันธุ์เชียงใหม่ เลย นครราชสีมา กำแพงเพชร พิษณุโลกและปราจีนบุรี คือภายในกลุ่มสายพันธุ์เดียวกันมีทั้งสีโคนลำต้นเทียมสีเขียวเข้ม และสีเขียวอ่อน ในขณะที่กลุ่มสายพันธุ์ลำพูนและสระแก้ว สีของโคนลำต้นเทียมเป็นสีเขียวอ่อนแบบเดียว

2. การเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิต

การเจริญเติบโตในระยะที่ลำต้นเทียมเจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่งบันทึกผลในระยะที่ต้นมีอายุได้ 5 เดือนหลังการปลูก พบว่าความสูงของลำต้นเทียมแสดงค่าสูงสุดในสายพันธุ์ L-9 (กลุ่มสายพันธุ์เลย) และรองลงมาในสายพันธุ์ PR-14 (กลุ่มสายพันธุ์ปราจีนบุรี) และสายพันธุ์ NK-7 (กลุ่มสายพันธุ์นครราชสีมา) มีค่าเท่ากับ 110.0, 106.2 และ 102.1 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่สายพันธุ์ NK-1 มีค่าความสูงต่ำสุดเท่ากับ 54.1 เซนติเมตร (Table1)

ความกว้างพุ่มต้นมีค่าสูงสุดในสายพันธุ์ PR-14 และรองลงมาในสายพันธุ์ PR-16 และ PR-5 เท่ากับ 74.6, 71.1 และ 65.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนจำนวนหน่อที่แตกใหม่มีค่าสูงสุดในสายพันธุ์ CM-13 (กลุ่มสายพันธุ์เชียงใหม่) และ PN-7 (กลุ่มสายพันธุ์พิษณุโลก) เท่ากับ 8 หน่อ สำหรับปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดของเหง้าที่เก็บเกี่ยว พบว่า สายพันธุ์ L-9 (กลุ่มสายพันธุ์เลย) มีค่าสูงสุด และรองลงมาในสายพันธุ์ PR-6 และ PR-14 เท่ากับ 166, 120.93 และ 107.12 กรัม ตามลำดับ โดยกลุ่มสายพันธุ์ปราจีนบุรี(PR) มีค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นเทียม ความกว้างพุ่มต้น และน้ำหนักสดของเหง้าสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยในสายพันธุ์กลุ่มอื่นๆ (Table1)

Table 1 Growth and yield of 8 *Zingiber cassumunar* cultivar groups at mature stage

Cultivar	Plant height (cm)	Plant canopy (cm)	Shoot number	Rhizome fresh wt. (g)
Chiangmai				
CM-1	65.1	43.2	4.0	37.98
CM-8	65.5	43.2	6.0	56.74
CM-12	81.1	50.3	5.0	37.43
CM-13	77.4	47.2	8.0	66.10
CM-19	71.3	51.0	6.0	36.39
CM-24	75.1	51.3	5.0	62.24
Mean	**72.6**	**47.7**	**5.6**	**49.48**

Table 1 (Continued)

Cultivar	Plant height (cm)	Plant canopy (cm)	Shoot number	Rhizome fresh wt. (g)
Loei				
L-3	84.0	56.1	4.0	63.50
L-5	90.2	49.0	4.0	64.75
L-9	110.0	61.2	6.0	166.00
L-10	85.1	50.3	7.0	99.37
L-14	78.0	46.2	6.0	52.55
L-22	91.0	55.3	4.0	65.48
Mean	**89.7**	**53.0**	**5.2**	**85.27**
Lamphun				
LP-6	63.2	45.4	6.0	61.12
LP-9	87.0	46.2	5.0	61.84
LP-13	92.0	54.1	6.0	55.91
LP-14	76.3	60.2	4.0	82.18
LP-23	75.2	47.3	5.0	59.65
LP-25	70.0	47.1	5.0	64.47
Mean	**77.3**	**50.0**	**5.2**	**64.19**
NakhonRatchasima				
NK-1	54.1	47.3	5.0	47.93
NK-5	87.3	53.0	3.0	93.73
NK-11	91.2	51.3	4.0	93.77
NK-12	88.0	56.2	5.0	88.74
NK-16	74.5	51.3	7.0	75.98
NK-17	102.0	56.1	5.0	74.65
Mean	**82.8**	**52.5**	**4.8**	**79.13**

Table 1 (Continued)

Cultivar	Plant height (cm)	Plant canopy (cm)	Shoot number	Rhizome fresh wt. (g)
Kamphaengphet				
KP-1	71.3	54.1	5.0	32.21
KP-5	76.7	57.7	6.0	47.59
KP-6	62.1	49.8	4.0	42.01
KP-16	81.4	51.1	3.0	49.88
KP-23	80.5	51.4	4.0	75.68
KP-25	63.1	48.8	7.0	47.27
Mean	**72.5**	**52.1**	**4.8**	**49.10**
Phitsanulok				
PN-7	74.7	53.1	8.0	36.84
PN-8	73.8	50.3	4.0	32.19
PN-12	68.2	55.6	7.0	37.95
PN-15	68.4	47.8	5.0	39.72
PN-24	85.1	55.2	5.0	54.20
PN-25	80.0	55.1	4.0	47.22
Mean	**75.0**	**52.8**	**5.5**	**41.35**
Prachinburi				
PR-5	92.0	65.3	6.0	79.93
PR-6	99.4	62.1	3.0	120.93
PR-12	101.1	58.7	3.0	99.57
PR-14	106.2	74.6	3.0	107.12
PR-15	85.6	56.2	4.0	69.25
PR-16	93.4	71.1	3.0	94.70
Mean	**96.3**	**64.7**	**3.7**	**95.25**

Table 1 (Continued)

Cultivar	Plant height (cm)	Plant canopy (cm)	Shoot number	Rhizome fresh wt. (g)
Srakaew				
SK-5	59.5	42.5	7.0	27.97
SK-6	60.2	40.1	7.0	15.06
SK-7	63.8	44.7	5.0	37.62
SK-8	64.7	45.2	5.0	23.91
SK-9	76.2	45.3	4.0	38.67
SK-10	80.1	49.1	4.0	55.34
Mean	**67.4**	**44.5**	**5.3**	**33.09**

3. ปริมาณสารเคอร์คูมินและเปอร์เซ็นต์น้ำมันหอมระเหยในเหง้าของไพลสายพันธุ์ต่างๆ

พบว่าสายพันธุ์ PR-6 มีปริมาณสารเคอร์คูมินในเหง้าสูงสุดเท่ากับ 3.12 ppm รองลงมาคือสายพันธุ์ LP-13 และ LP-23 มีปริมาณสารเคอร์คูมินเท่ากับ 2.32 และ 2.22 ppm ตามลำดับ (Table 2)

ปริมาณน้ำมันหอมระเหยในส่วนเหง้าของไพลกลุ่มสายพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในปีแรก พบว่า สายพันธุ์ PR-15 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันหอมระเหยในส่วนเหง้าสูงสุด เท่ากับ 1.92 รองลงมาคือ สายพันธุ์ LP-9 และสายพันธุ์ KP-5 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 1.75 และ 1.69 ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 The curcumin content and percentage of volatile oil in 8 cultivar groups of *Zingiber cassumunar* plants

Cultivar	Curcumin content (mg/g dry wt.)	Volatile oil (%)
Chiangmai		
CM-1	1.03	0.00
CM-8	1.07	1.27
CM-12	1.12	0.00
CM-13	1.12	0.53
CM-19	1.48	0.00
CM-24	1.73	0.51

Table 2 (Continued)

Cultivar	Curcumin content (mg/g dry wt.)	Volatile oil (%)
Loei		
L-3	0.98	0.68
L-5	0.95	1.54
L-9	1.56	0.87
L-10	0.81	1.13
L-14	1.33	0.00
L-22	1.62	1.42
LP-6	0.65	0.79
LP-9	1.53	1.75
LP-13	2.32	0.00
LP-14	1.40	1.20
LP-23	2.22	0.00
LP-25	1.86	0.54
NakhonRatchasima		
NK-1	1.61	0.00
NK-5	1.25	0.43
NK-11	1.01	0.75
NK-12	1.20	1.05
NK-16	0.85	0.61
NK-17	1.16	1.10
Kamphaengphet		
KP-1	1.54	0.00
KP-5	1.52	1.69
KP-6	1.39	0.00
KP-16	1.36	0.78
KP-23	1.88	1.06
KP-25	1.45	0.00

Table 2 (Continued)

Cultivar	Curcumin content (mg/g dry wt.)	Volatile oil (%)
Phitsanulok		
PN-7	1.10	0.00
PN-8	0.69	0.00
PN-12	0.86	0.00
PN-15	0.96	0.00
PN-24	0.99	0.79
PN-25	0.69	0.53
Prachinburi		
PR-5	1.13	1.68
PR-6	3.12	0.63
PR-12	2.51	1.21
PR-14	1.67	1.16
PR-15	1.84	1.92
PR-16	1.55	1.36
Srakaew		
SK-5	0.98	0.00
SK-6	0.81	0.00
SK-7	1.10	0.00
SK-8	0.80	0.00
SK-9	0.72	0.00
SK-10	1.08	0.42

วิจารณ์ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตของไพลกลุ่มสายพันธุ์ต่างๆ พบว่ากลุ่มสายพันธุ์ปราจีนบุรีมีค่าเฉลี่ยในภาพรวมของการเจริญด้านความสูงลำต้นเทียม ความกว้างพุ่มต้น จำนวนยอด และปริมาณผลผลิตน้ำหนักเหง้าที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มสายพันธุ์อื่นๆ แสดงว่าไพลกลุ่มสายพันธุ์ปราจีนบุรีเป็นกลุ่มสายพันธุ์ที่มีการปรับตัวให้เข้าสภาพแวดล้อมที่ผันแปรไปได้ดี อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเพียงปีเดียว ผลที่ได้อาจยังไม่มีความแม่นยำเพียงพอยังต้องการศึกษาขยายผลในครั้งต่อไป และต้องมีการศึกษาด้านการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่มากกว่า 2 ปี ขึ้นไปเพื่อให้ได้ปริมาณสารสำคัญที่มีสรรพคุณทางเภสัช (Ungvichian *et al*., 1999)

ปริมาณสารเคอร์คูมิน และเปอร์เซ็นต์น้ำมันหอมระเหยในส่วนเหง้า พบว่าแสดงค่าสูงสุดในกลุ่มสายพันธุ์ปราจีนบุรี คือปริมาณสารเคอร์คูมินสูงสุดในสายพันธุ์ PR-6 และเปอร์เซ็นต์น้ำมันหอมระเหยมีค่าสูงสุดในสายพันธุ์ PR-15 เท่ากับ 1.92 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่าต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ที่กำหนดในตำรายามาตรฐานสมุนไพรไทย (Department of Medical Science, 2018) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากส่วนเหง้าที่นำมาวิเคราะห์มีอายุน้อยกว่า 2 ปี จากผลการศึกษาอาจกล่าวได้ว่าสายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตของลำต้นเทียมดี และมีน้ำหนักหัวมาก มีแนวโน้มที่จะให้ปริมาณสารสำคัญสูงตามไปด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก สารสำคัญหรือสารทุติยภูมิในไพลได้แก่ สารเคอร์คูมินและน้ำมันหอมระเหยพวกเทอร์พีนอยด์ มีวิถีการสังเคราะห์ที่มีการสร้างมาจากสารปฐมภูมิคือน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และนำไปสังเคราะห์สารทุติยภูมิผ่านวิถีการสังเคราะห์ต่างๆ จนได้สารทุติยภูมิในที่สุด (Kroymann, 2011) การเจริญเติบโตที่ดี และให้ผลผลิตน้ำหนักเหง้ามาก เป็นดัชนีที่ชี้ว่าต้นไพลมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูง มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตได้มาก การสร้างสารประกอบคาร์โบไฮเดรตหรือสารปฐมภูมิในปริมาณมาก ย่อมมีโอกาสนำไปสร้างสารทุติยภูมิได้มากขึ้นตามไปด้วย (de Kraker and Gershenzon, 2011; Tokuriki *et al.*, 2012; Carrington *et al.*, 2018) ดังนั้นลักษณะการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตสามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ไพลได้ทางหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การศึกษาในปีแรกเป็นการคัดเลือกสายพันธุ์ในเบื้องต้นที่อยู่ในเกณฑ์ดี แล้วนำไปขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อให้ได้ต้นที่สม่ำเสมอขนาดใกล้เคียงกัน อายุเท่ากัน แล้วศึกษาผลด้านการเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และปริมาณสารสำคัญในหลายฤดูกาล ก็จะสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่น มีคุณภาพทางวัตถุดิบสมุนไพรสูงแท้จริง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และปริมาณสารสำคัญในไพล 8 กลุ่มสายพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วย 48 สายพันธุ์ ใน 1 ฤดูกาลปลูกของพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ปรากฏว่า ไพลทั้ง 8 กลุ่มสายพันธุ์ มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ส่วนใหญ่เหมือนกัน ไพลกลุ่มสายพันธุ์ปราจีนบุรี ให้ค่าเฉลี่ยด้านการเจริญเติบโตในด้านความสูงต้น ความกว้างพุ่มต้น และน้ำหนักเหง้าที่สูงกว่าไพลกลุ่มสายพันธุ์อื่น โดยไพลสายพันธุ์ PR-6 ให้ปริมาณสารเคอร์คูมินในเหง้าสูงที่สุด ส่วนไพลสายพันธุ์ PR-15 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันหอมระเหยสูงสุด การวิจัยครั้งนี้ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ไพลที่มีลักษณะดีเด่นได้ 6 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ PR-15, LP-9, KP-5, PR-6, LP-13 และ LP-23 เพื่อนำไปศึกษาขยายผลคัดเลือกสายพันธุ์ไพลที่มีลักษณะดีเด่นแท้จริงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Amatayakul, T., J.R. Cannon, P. Dampawan, T. Dechatiwongse, R.G.F. Giles, C. Huntrakul, K. Kusamran, M. Mokkhasamit, C.L. Raston and V. Reutrakul. 1979. Chemistry and crystal structures of some constituents of *Zingiber cassumunar*. **Aust. J. Chem**. 32: 71-88.

Antimanon, J. and N. Sitthisongkram. 2004. Formulation Development of Gel Containing *Zingiber cassumunar Roxb.* Extract. A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Bachelor Degree of Science in Pharmacy. Bangkok: Faculty of Pharmacy, Mahidol University. 84 p. [in Thai]

Carrington, Y., J. Guo, A. Fillo, J. Kwon, L. Tran and J. Ehlting. 2018. Evolution of a secondary metabolic pathway from primary metabolism: shikimate and quinate biosynthesis in plants. **Plant J**. 95: 823-833.

Chongmelaxme, B., R. Sruamsiri, P. Dilokthornsakul, T. Dhippayom, C. Kongkaew, S. Saokaew, A. Chuthaputti and N. Chaiyakunapruk. 2017. Clinical effects of *Zingiber cassumunar* (Plai): A systematic review. **Complement. Ther. Med**. 35: 70-77.

de Kraker, J.W. and J. Gershenzon. 2011. From amino acid to glucosinolate biosynthesis: protein sequence changes in the evolution of methylthioalkylmalate synthase in Arabidopsis. **Plant Cell** 23: 38-53.

Han, A.R., H. Kim, D. Piao, C.H. Jung and E.K. Seo. 2021. Phytochemicals and bioactivities of *Zingiber cassumunar* Roxb**.** **Molecules** 26(8): 2377.

Kamfu, J. and K. Jamjang. 2018. **Determination of Curcumin from *Alpinia galangal*, *Boesenbergia Routunda*.** Pp. 642-647. *In* proceeding of The 5th Kamphaeng Phet Rajabhat University National Conference Proceeding, 642-647. Kamphaeng Phet: Kamphaeng Phet Rajabhat University. [in Thai]

Kroymann, J. 2011. Natural diversity and adaptation in plant secondary metabolism. **Curr. Opin. Plant Biol**. 14: 246–251.

National Innovation Agency (NIA). 2004. **Thai Innovation Advance into the Industry**. Bangkok: NIA. 5 p. [in Thai]

Subcommittee on the Preparation of Monographs of Selected Thai Materia Medica. 2012. Monographs of selected Thai materia medica (original draft): Phlai (*Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr.). J. **Thai Trad. Alt. Med**. 10(1): 52-56. [in Thai]

Suthon, W. 2019. Effect of shading on growth, yield and curcumin content of *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr. **Journal of Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology)** 11(22): 146-156. [in Thai]

Tokuriki, N., C.J. Jackson, L. Afriat-Jurnou, K.T. Wyganowski, R. Tang and D.S. Tawfik. 2012. Diminishing returns and tradeoffs constrain the laboratory optimization of an enzyme. **Nat. Commun**. 3: 1257-1259.

Ungvichian, Y., I. Ungvichian and S. Visuttipitakul. 1999. Research on cultivation methods to increase yield and quality of Phlai (*Zingiber cassumunar* Roxb). 49 p. *In* **Research Information Repository.** Bangkok: National Research Council of Thailand (NRCT)

การศึกษากายวิภาคศาสตร์ของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟ (*Anoectochilus burmannicus* Rolfe) ในระบบโรงเรือน

Anatomical Studies of *Anoectochilus burmannicus* Rolfe in Greenhouse System

ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล[1*] ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร[2] และวิภาวี นิละปะกะ[1]

Tipsuda Tangtragoon[1], Pathipan Sutigoolabud[2] and Wipawee Nilapaka[1]

[1]สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2] Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: tipsudatangtragoon@gmail.com

Abstract

Anoectochilus burmannicus Rolfe is a terrestrial orchid in the Jewel orchids group. It is shade plant and rare species in Thailand. Kinsenoside is active compounds in *A. burmannicus* which provided anti-inflammation property, anti-obesity, and anti- diabetes property. The objective of this study was to investigate anatomical characteristics of *A. burmannicus* that were grown in Evaporative Cooling System with 80% sunlight coverup, temperature between 25-28 °C, and humidity between 80-90%. The orchids plants were propagated by tissue culture under the Temporary Immersion Bioreactor (TIB) system and transfer to greenhouse conditions; watering once every two days and always fertilize once a week for two months. *A. burmannicus* was cross sectioning of root, stem and leaf using free hand technique. The result was shown that the structure of the root, mycorrhiza and arbuscule did not found in the cortex. The structure of the stem, chlorenchyma cells with many chloroplasts were found in the cortex. The structure of the leaves, it was found that the mesophyll has two different cell types; palisade mesophyll and spongy mesophyll. The vascular tissues are arranged near the upper epidermis raphides were found in clusters, distributed in all parts of the plant. This study will be used as a preliminary data for the anatomical studies of this plants in the future.

Keywords: *Anoectochilus burmannicus* Rolfe, terrestrial orchids, anatomy, raphides

บทคัดย่อ

กล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟ (*A. burmannicus* Rolfe) เป็นกล้วยไม้ดินในกลุ่มกล้วยไม้อัญมณี (Jewel orchids) มีสถานภาพเป็นกล้วยไม้ดินหายากในประเทศ เจริญเติบโตในร่มเงา (Shade plant) มีสารสำคัญ Kinsenoside มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ ต้านภาวะอ้วน และยับยั้งการดื้อต่ออินซูลินซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเบาหวานได้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟที่ปลูกเลี้ยงในโรงเรือนระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ที่มีการพรางแสง 80% ควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 25-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 80-90% กล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟอายุต้นแปดเดือน ได้มาจากการขยายพันธุ์โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อภายใต้ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว นำมาปลูกเลี้ยงในสภาพโรงเรือนเป็นเวลาสองเดือน โดยให้น้ำหนึ่งวันเว้นสองวัน และให้ปุ๋ยสูตรเสมอสัปดาห์ละหนึ่งครั้ง จากนั้นนำต้นมาศึกษาโดยการตัดตามขวางราก ลำต้น ใบ โดยใช้วิธีตัดสด (Free hand sections) ผลการศึกษาโครงสร้างภายในราก ไม่พบเส้นใยราไมคอร์ไรซาและกระจุกเซลล์ arbuscule ที่กระจายอยู่ทั่วไปในเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์ โครงสร้างภายในลำต้น พบเซลล์พาเรนไคมาชนิดคลอเรนไคมา (Chlorenchyma) ในชั้นคอร์เทกซ์ มีคลอโรพลาสต์จำนวนมากอยู่ภายในเซลล์ ส่วนโครงสร้างภายในใบ พบเนื้อใบ (Mesophyll) มีลักษณะเซลล์แตกต่างกันสองแบบ คือแพลิเซดมีโซฟิลล์ (Palisade mesophyll) และ สปองจีมีโซฟิลล์ (Spongy mesophyll) เนื้อเยื่อลำเลียงมีการเรียงตัวใกล้เนื้อเยื่อผิวใบด้านบน พบผลึกรูปเข็ม (Raphides) อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ทุกส่วนของพืช ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้จะใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: นกคุ้มไฟ กล้วยไม้ดิน กายวิภาคศาสตร์ ผลึกรูปเข็ม

คำนำ

กล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟ (*A. burmannicus* Rolfe) เป็นกล้วยไม้ในกลุ่มกล้วยไม้อัญมณี (Jewel orchids) เป็นกล้วยไม้ดินหายาก เจริญเติบโตได้ดีในร่มเงา (Shade plant) ในประเทศไทยพืชสกุลนี้พบรายงานทั้งหมดเพียง 6 ชนิดเท่านั้น กล้วยไม้ชนิดนี้มีลักษณะลำต้นทอดชูยอด ใบรูปรีแกมรูปไข่หรือรีกว้างจนเกือบกลม ขนาดของใบกว้าง 3 ซม. ยาว 5 ซม. ปลายใบแหลม สีม่วงคล้ำ มีลายร่างแหสีแดง ช่อดอกยาว 6-8 ซม. ช่อดอกลักษณะมีขนปกคลุม ดอกขนาด 1 ซม. กลีบเลี้ยงบนรูปรี กลีบเลี้ยงคู่ข้างรูปขอบขนานและเบี้ยว ปลายกลีบมน ทั้งสามกลีบสีม่วงแดง ด้านหลังมีขนปกคลุม กลีบดอกเชื่อมกันกับกลีบเลี้ยงบน กลีบปากสีเหลืองสด กลางกลีบเป็นรูปแถบและมีครีบอยู่ด้านหลัง ปลายกลีบแผ่ออกเป็นสองแฉก มีเดือยดอกรูปกรวย พบในป่าดิบเขาริมลำธาร ที่ดินเป็นดินร่วนปนทรายและมีเศษซากพืชทับถม แสงแดดรำไร เขตกระจายพันธุ์แถบประเทศพม่า ประเทศจีน (ยูนนาน) ประเทศไทย และประเทศลาว โดยพบครั้งแรกในประเทศพม่า ส่วนประเทศไทยพบที่ เชียงใหม่ เชียงราย ตาก เลย และกาญจนบุรี ออกดอกช่วงเดือนพฤศจิกายน – มกราคม ช่วงออกดอกจะไม่ทิ้งใบ (Perdersen, 2011; Kaewthongprakum, *et al*., 2019) ปัจจุบันจำนวนประชากรกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟในธรรมชาติลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและฤดูกาล สภาวะแห้งแล้ง สภาพป่าที่ถูก

รบกวนและปริมาณการเก็บออกจากป่าโดยมนุษย์ที่เพิ่มขึ้นทุกปี จากงานวิจัยเกี่ยวกับกล้วยไม้สกุลนี้ในต่างประเทศ โดยเฉพาะ *A. roxburghii* และ *A. formosanus* พบว่ามีสาร Flavonoids ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีสรรพคุณรักษาโรคทางระบบไหลเวียนโลหิต โรคตับและโรคไต (Du *et al*., 2008; Zhang *et al*., 2010) และทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ (Functional food) กันอย่างแพร่หลาย (Takatsuki *et al*., 1992) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบสาร kinsenoside จาก *A. formosanus* และนกคุ้มไฟ มีฤทธิ์ในการต้านการแปลงสภาพไขมัน การสะสมไขมัน และการดื้อต่ออินซูลิน (Du *et al*., 2008; Pitchakan, 2016) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟที่ปลูกเลี้ยงในโรงเรือนระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ที่มีการพรางแสง 80% ควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 25-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 80-90 %

อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟ

ได้มาจากการขยายพันธุ์โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อภายใต้ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactors) จากนั้นทำการปรับสภาพกล้วยไม้นอกระบบไบโอรีแอคเตอร์เป็นเวลา 8 เดือนก่อนย้ายต้นไม้ลงกระถางขนาด 4 นิ้ว ที่ผสมวัสดุปลูกดังนี้ ดิน แกลบเผา พีทมอส ขุยมะพร้าว เพอร์ไลต์ ในอัตราส่วน 1:1:1:1:1 คลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นนำต้นกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟจำนวน 90 ต้น มาปลูกเลี้ยงในโรงเรือนระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ ที่มีการพรางแสง 80% ควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 25-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 80 – 90% นำมาปลูกเลี้ยงในสภาพโรงเรือนเป็นเวลาสองเดือน โดยให้น้ำหนึ่งวันเว้นสองวัน และให้ปุ๋ยสูตรเสมอสัปดาห์ละหนึ่งครั้ง (Figure 1)

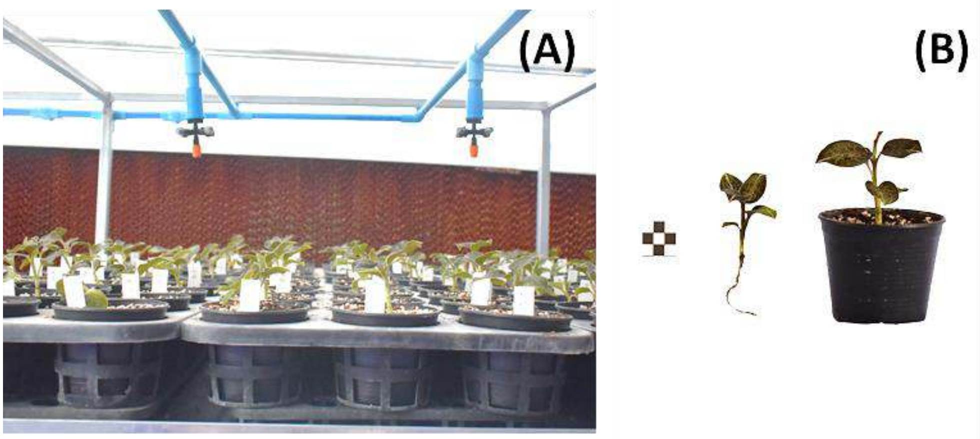


Figure 1 Plants of *A. burmannicus* growing under natural light conditions in evaporative cooling system

การศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟ

นำต้นกล้วยไม้นกคุ้มไฟจำนวน 3 ต้น ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ เป็นเวลาสองเดือน มาศึกษากายวิภาคศาสตร์โดยการตัดตามขวางราก ลำต้น ใบ โดยใช้วิธีตัดสด (Free hand sections) ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. เลือกต้นกล้วยไม้นกคุ้มไฟจำนวน 3 ต้นที่มีสภาพสมบูรณ์มาทำความสะอาด ราก ลำต้น ใบ
2. ใช้ใบมีดโกนแบบบางตัดตามขวางราก ตัดตามขวางและตัดตามยาวลำต้น ตัดตามขวางแผ่นใบรวมถึงการลอกผิวใบ (Peeling method) เพื่อศึกษาลักษณะเซลล์ผิวทั้งด้านบนแผ่นใบ (Upper surface) และด้านล่างแผ่นใบ (Lower surface)
3. ย้อมสีตัวอย่างด้วยสีซาฟรานิน (safranin) ความเข้มข้น 1% ที่ละลายในน้ำ เวลาที่ใช้ในการย้อมสีขึ้นอยู่กับชิ้นส่วนพืช จากนั้นล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำ
4. นำชิ้นส่วนพืชที่ย้อมสีแล้วมาวางบนแผ่นสไลด์ผนึกด้วยกระจกปิดสไลด์ นำไปถ่ายรูปด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Olympus Model CX43RF) ที่ประกอบกับกล้องดิจิตอล Canon EOS 750D วัดขนาดเซลล์ด้วยโปรแกรม Tarosoft (R) Image Frame Work 0.9
5. เขียนคำบรรยายลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของกล้วยไม้นกคุ้มไฟโดยอ้างอิงตามหนังสือ Anatomy of the Monocotyledons volume X (Stern, 2014)

ผลการวิจัย

การศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟ ได้ผลการทดลองดังนี้

ลักษณะทางกายวิภาคของราก

โครงสร้างภายในรากประกอบด้วย 3 ส่วน คือ **ส่วนเนื้อเยื่อผิว (Epidermis)** เซลล์รูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้าเกือบกลมจนถึงไม่มีรูปร่าง เรียงตัวชั้นเดียว มีคิวติเคิลบางๆเคลือบ เซลล์บางส่วนพัฒนาเป็นเซลล์ขนราก (Root hair) ซึ่งเป็นเซลล์เดียวส่วนใหญ่ไม่ใช่เซลล์แตกกิ่ง **ส่วนชั้นคอร์เท็กซ์ (Cortex)** มีเซลล์เรียงตัว 1 ชั้น เรียงตัวรอบนอกสุดของชั้นคอร์เท็กซ์เรียกว่าชั้น เอ็กโซเดอร์มิส (Exodermis) ในชั้นนี้ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพาเรนไคมา เซลล์รูปร่างเกือบกลม เรียงตัวกัน 8-11 ชั้น เนื้อเยื่อชั้นในสุดของชั้นคอร์เท็กคือเอนโดเดอร์มิส (Endodermis) เรียงตัว 1 ชั้น เซลล์รูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้าเกือบกลม ล้อมรูปกลุ่มท่อลำเลียง **ส่วนชั้นเนื้อเยื่อลำเลียง (Vascular tissue)** พบกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงประกอบด้วยกลุ่มท่อลำเลียงน้ำ (Xylem) และกลุ่มท่อลำเลียงอาหาร (Phloem) จำนวน 10-12 กลุ่ม (Figure 2)

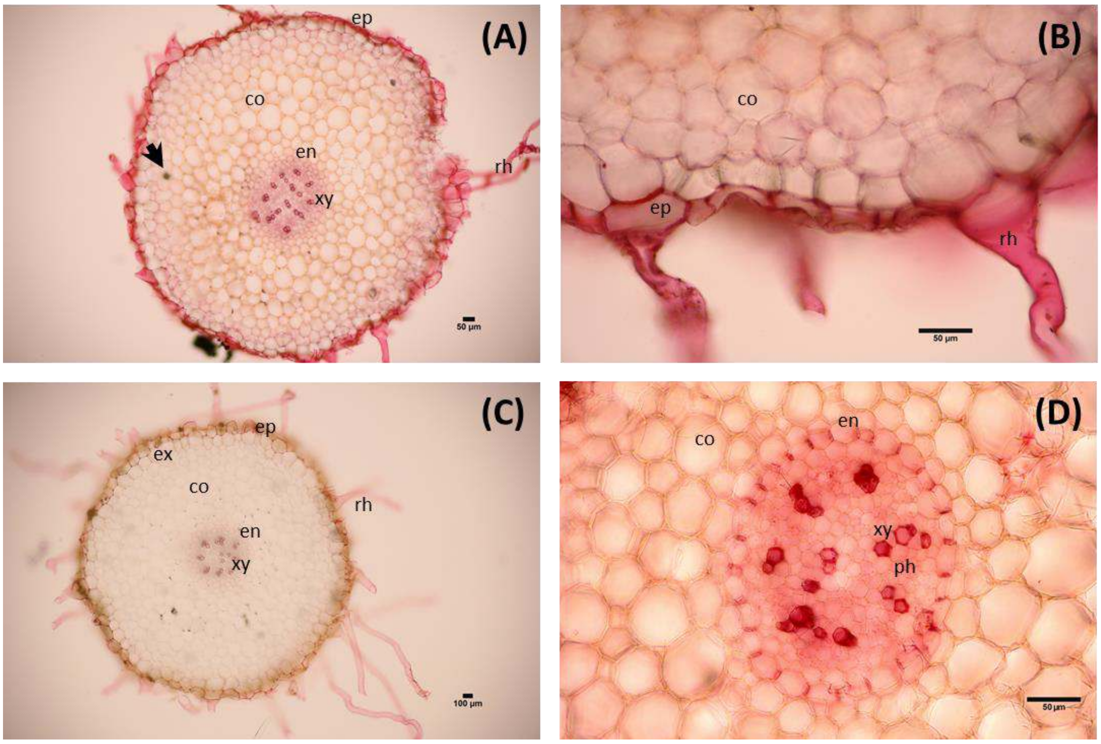


Figure 2. Root anatomy of *A. burmannicus* [A-D Transverse sections were using the free hand sectioning procedure and stained with safranin.] Raphide as arrowhead. Abbreviations: co: cortex, ep: epidermis, en: endodermis, ex: exodermis, rh: root hair, xy: xylem, ph: phloem. Bars: (A), (B), (D) = 50 µm; (C) = 100 µm

ลักษณะทางกายวิภาคของลำต้น

โครงสร้างภายในลำต้นประกอบด้วย 3 ส่วน คือ **ชั้นเนื้อเยื่อผิว** เซลล์มีลักษณะรูปร่างเกือบกลมจนถึงไม่มีรูปร่าง เรียงตัว 3-4 ชั้นมีคิวติเคิลบางๆเคลือบ **ชั้นคอร์เท็กซ์** พบเซลล์พาเรนไคมาเรียงตัวใกล้กับเอพิเดอร์มิส เรียก ชั้นเอ็กโซเดอร์มิส ถัดเข้าไปพบเซลล์พาเรนไคมาชนิดคลอเรนไคมา (Chlorenchyma) เป็นเซลล์ที่มีคลอโรพลาสต์จำนวนมากอยู่ภายในเซลล์ เซลล์มีรูปร่างเกือบกลมเรียงตัวในชั้นคอร์เทกซ์ประมาณ 18-20 ชั้น พบเซลล์คลอเรนไคมาเรียงตัวจำนวน 2-3 ชั้น ก่อนถึงชั้นเอนโดเดอร์มิส (Endodermis) มีปริมาณคลอโรพลาสต์อยู่หนาแน่น ส่วนชั้นเอนโดเดอร์มิส มีลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผนังบาง เรียงตัว 1 ชั้น พบผลึกแคลเซียมออกซาเลต ชนิด ราไฟรด์ กระจายตัวอยู่ทั่ว **ชั้นเนื้อเยื่อลำเลียง** พบกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและลำเลียงอาหาร จำนวน 17-24 กลุ่ม เรียงตัว 2-3 วง ภายในชั้นเนื้อเยื่อลำเลียงยังพบเซลล์คลอเรนไคมาอีกด้วย (Figure 3)

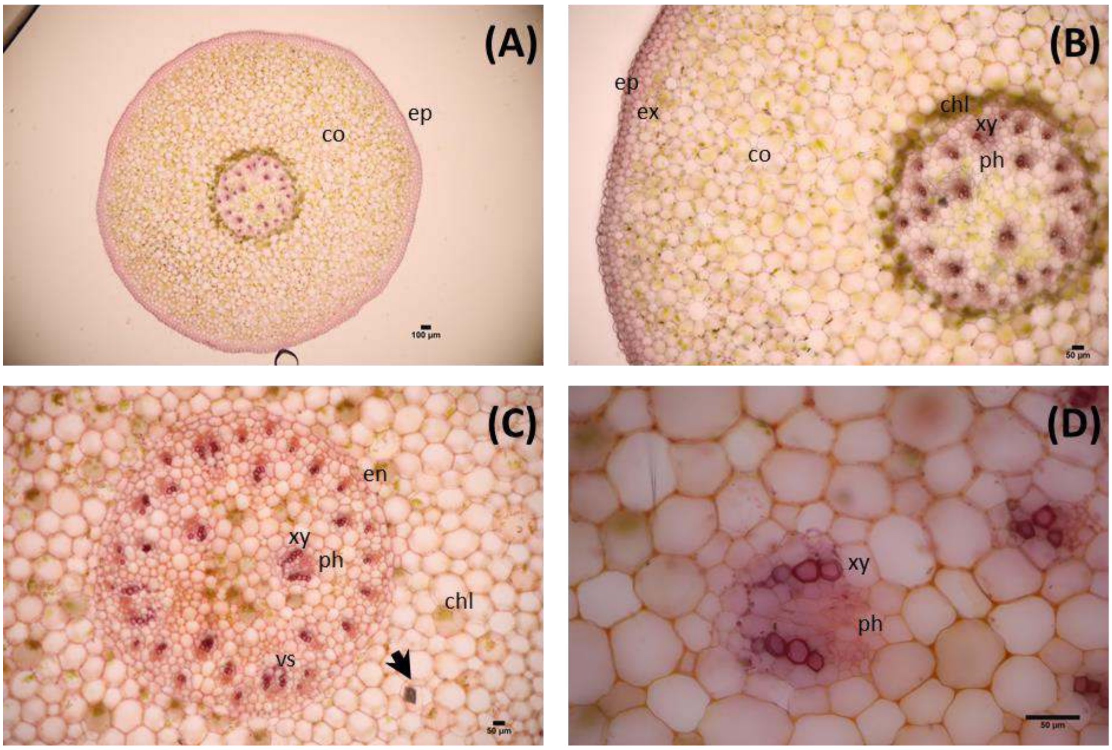


Figure 3 Stem anatomy of *A. burmannicus* [A-D Transverse sections were using the free hand sectioning procedure and stained with safranin.] Raphides as arrowhead. Abbreviations: chl: chlorenchyma, co: cortex, en: endodermis, ep: epidermis, ex: exodermis, ph: phloem, vs: vascular tissue, xy: xylem. Bars: (A) = 100 μm; (B), (C), (D) = 50 μm

เมื่อตัดตามยาวของลำต้นผ่านข้อ (Node) พบการพัฒนาเปลี่ยนแปลงของเซลล์เป็นรากพิเศษ (Adventitious root) พบ 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนชั้นเอพิเดอร์มิสอยู่นอกสุดมีการพัฒนาเป็นขนราก ถัดเข้ามาเป็นชั้นคอร์เท็กซ์ พบกลุ่มเซลล์ที่กำลังแบ่งตัว (Zone of cell division; dv) อยู่ใกล้ๆกับเอพิเดอร์มิส (Apical meristem; apm) และเมื่อเซลล์แบ่งตัวไปเรื่อยๆ ก็จะพัฒนาไปเป็นรากพิเศษที่สมบูรณ์ กลุ่มของท่อลำเลียง พบกลุ่มท่อลำเลียงน้ำและลำเลียงอาหาร มีเซลล์คลอเรนไคมากระจายอยู่ทั่วในชั้นนี้ (Figure 4)

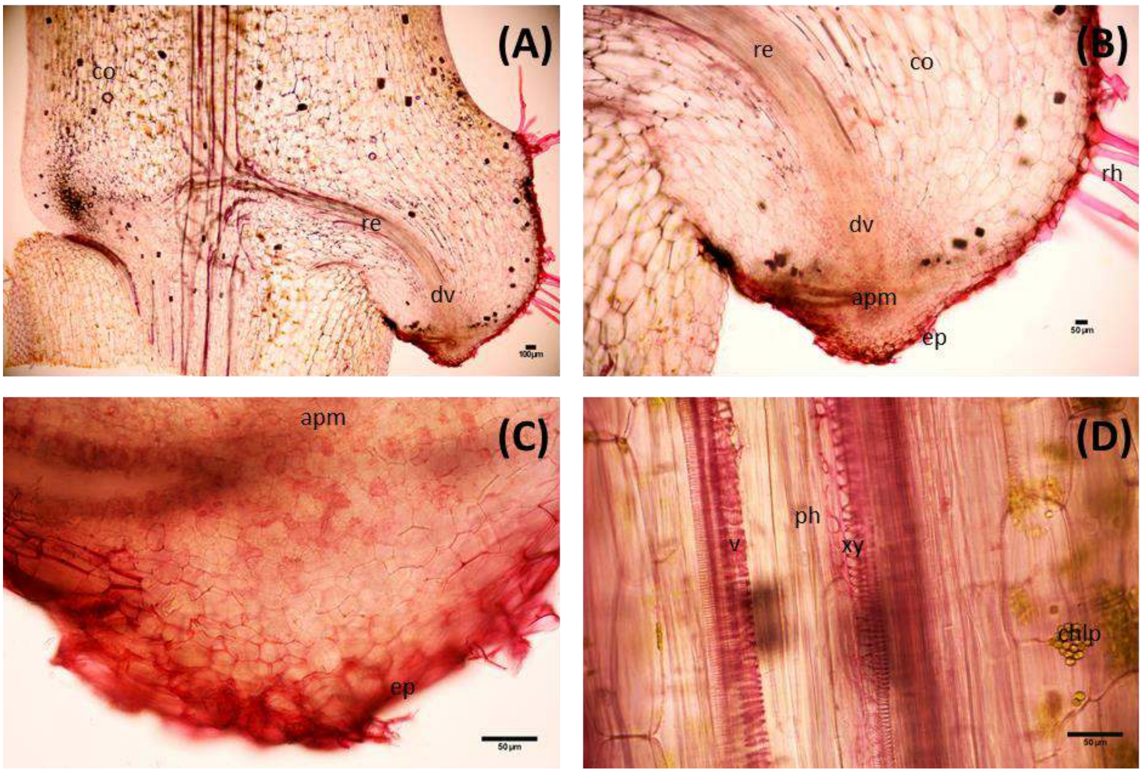


Figure 4 Stem anatomy of *A. burmannicus* [A-D long sections were using the free hand sectioning procedure and stained with safranin.] Abbreviations: apm: apical meristem, co: cortex, chlp: chloroplast, dv: zone of cell division, ep: epidermis, ph: phloem, re: zone of cell elongation, rh: root hair, v: vessel, vs: vascular tissue, xy: xylem. Bars: (A) = 100 μm; (B), (C), (D) = 50 μm.

ลักษณะทางกายวิภาคของใบ

โครงสร้างภายในใบจากการตัดตามขวางแผ่นใบ พบชั้นเอพิเดอร์มิสทั้งสองด้านของแผ่นใบ เซลล์รูปร่างคล้ายกรวย ถึงสี่เหลี่ยมผืนผ้าจนเกือบกลม เรียงตัว 1 ชั้น มีคิวติเคิลบางๆเคลือบ ชั้นเนื้อใบ (Mesophyll) มีลักษณะเซลล์ที่แตกต่างกันสองแบบ คือแพลิเซดมีโซฟิลล์ (Palisade mesophyll) เรียงตัว 1-2 ชั้น เซลล์มีลักษณะเป็นทรงกระบอกปลายแหลมลักษณะคล้ายตัววี (V) ภายในเซลล์มีคลอโรฟิลด์จำนวนมาก และสปองจีมีโซฟิลล์ (Spongy mesophyll) เป็นเซลล์ไม่มีรูปร่างอยู่ถัดลงมาจากชั้นแพลิเซดมีโซฟิลล์ เรียงตัว 5-8 ชั้น กลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงมีเนื้อเยื่อบันเดิลชีท (Bundle sheet) ล้อมรอบ ประกอบด้วยท่อลำเลียงน้ำและท่อลำเลียงอาหาร ประมาณ 2 กลุ่ม เรียงตัวคล้ายเกือกม้าใกล้เนื้อเยื่อผิวใบด้านบน (Figure 5)

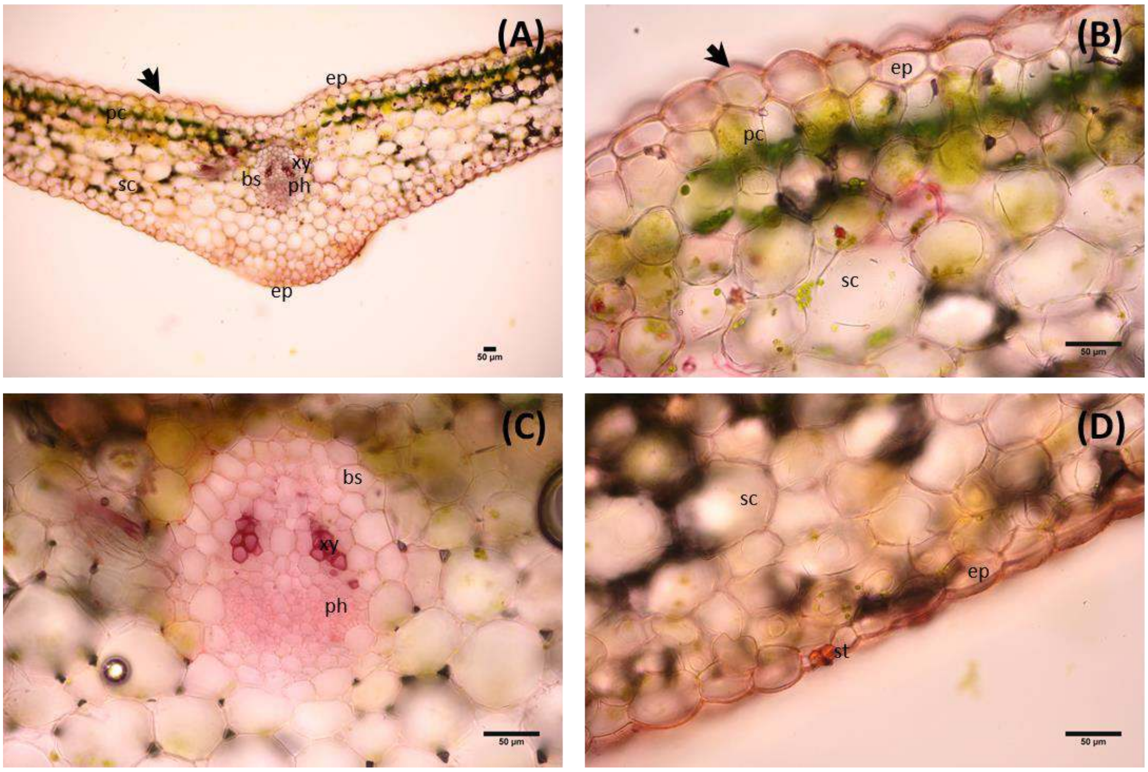


Figure 5 Leaf anatomy of *A. burmannicus* [A-D transverse sections were using the free hand sectioning procedure and stained with safranin.] Cuticle as arrowhead. Abbreviations: bs: bundle sheet, ep: epidermis, pc: palisade mesophyll, ph: phloem, sc: sponge mesophyll, st: stoma complex, xy: xylem. Bars: (A) - (D) = 50 µm.

โครงสร้างเนื้อเยื่อเซลล์ผิวใบ พบเนื้อเยื่อผิวชั้นบน (Upper surface) เซลล์ชั้นเอพิเดอร์มิสมีรูปร่างหลายเหลี่ยม ตั้งแต่ 5- 7 เหลี่ยม เรียงตัวเป็นระเบียบ เซลล์ผิวด้านบนไม่พบปากใบ โครงสร้างเนื้อเยื่อเซลล์ผิวใบชั้นล่าง (Lower surface) พบเซลล์เอพิเดอร์มิส รูปร่างหลายเหลี่ยม เรียงตัวเป็นระเบียบ พบเซลล์ปากใบ (Stomata) กระจายตัวอยู่ทั่ว มีเซลล์ข้างเคียงเซลล์คุม (Subsidiary cells) 3-4 เซลล์แบบอะโนโมไซติก (Anomocytic) และเซลล์คุมมีรูปร่างคล้ายไต (Kidney shape) (Figure 6)

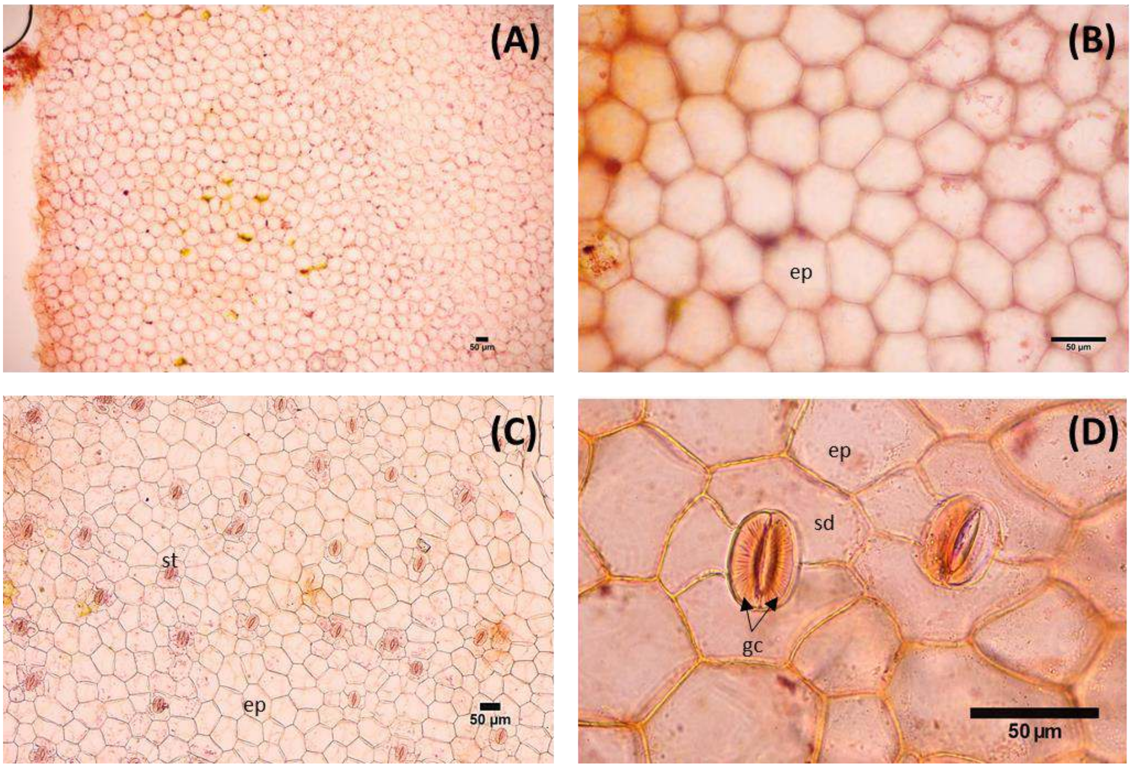


Figure 6 Leaf epidermis of *A. burmannicus* [A-D peeling method were used and stained with safranin.] (A-B) upper surface; (C-D) lower surface. Abbreviations: ep: epidermis, gc: guard cell, sd: subsidiary cell, st: stoma complex. Bars: (A) - (D) = 50 µm

ทั่วทุกส่วนของกล้วยไม้นกคุ้มไฟพบเซลล์พิเศษ (Idioblast cells) ที่สะสมแคลเซียมออกซาเลตรูปเข็ม เรียกว่า ราไฟรด์ (Raphides) กระจายอยู่ทั่วทั้ง ราก ลำต้น และใบ พบเซลล์เม็ดสีแดงกระจายตัวในชั้นเนื้อใบ เรียกว่า แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) (Figure 7)

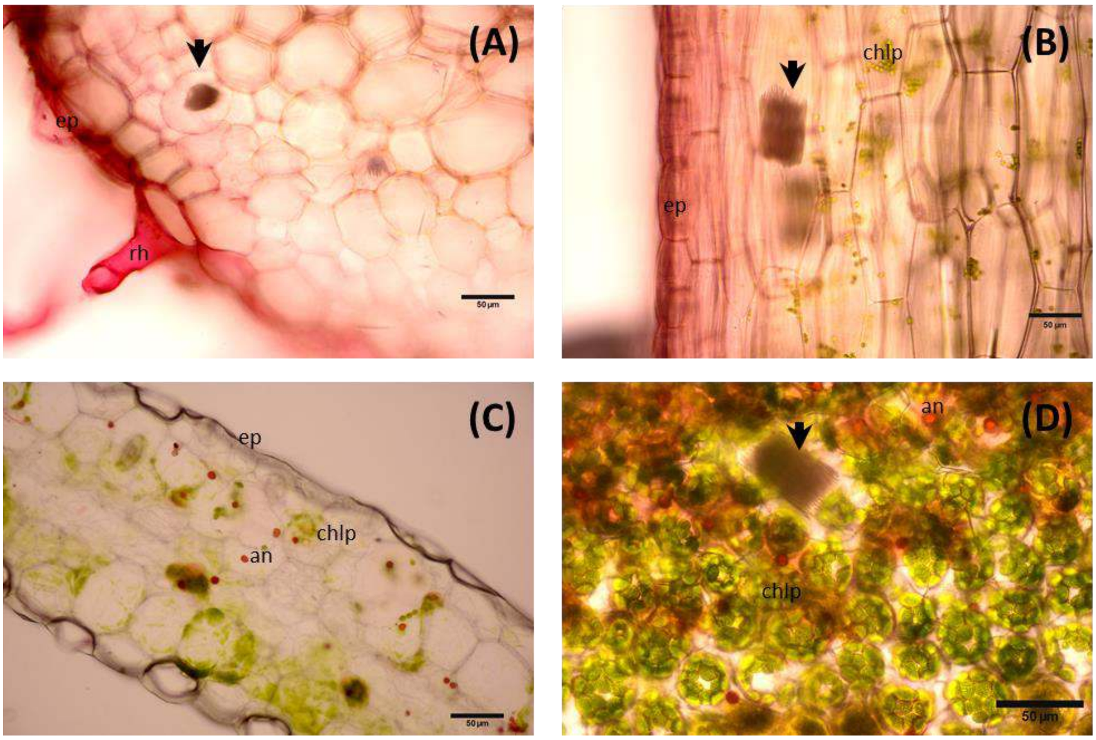


Figure 7 Idioblast cells of *A. burmannicus* [A-D transvers section and peeling method were using the free hand sectioning procedure and stained with safranin.] (A) root; (B) stem; (C-D) leaf. Raphides as arrowhead. Abbreviations: an: anthocyanin, chlp: chloroplast, ep: epidermis, xy: xylem. Bars: (A) - (D) = 50 µm

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษากายวิภาคของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟที่ปลูกเลี้ยงในโรงเรือนระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ ไม่พบกลุ่มเส้นใยราไมคอร์ไรซาที่เป็นกระจุกเซลล์ (Arbuscule) ขดแน่นในเซลล์พาเรนไคมาในราก ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Kummuang, *et al*. (2000); Kaewthongprakum, *et al*. (2019) ศึกษาจากกล้วยดินนกคุ้มไฟจากสภาพธรรมชาติ พบว่ามีกระจุกเซลล์อาบัสคูล จำนวนมากและมีความหนาแน่นในชั้นคอร์เท็กซ์ของราก เป็นไปได้ว่ากล้วยไม้ดินนกคุ้มที่ปลูกเลี้ยงในระบบโรงเรือนอาจจะมีเชื้อราไมคอร์ไรซาน้อยกว่าสภาพธรรมชาติจนถึงไม่มีเชื้อราไมคอร์ไรซาเลย จากรายงานของ Sangmanee, *et al.* (2012) ศึกษาผลของไมคอร์ไรซาต่อการเติบโตของกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรสีชมพู พบว่ากล้วยไม้ดินลิ้นมังกรสีชมพูที่ปลูกเลี้ยงด้วยวัสดุปลูกที่ผสมเชื้อราไมคอร์ไรซา และวัสดุปลูกที่ไม่ได้ผสมเชื้อราไมคอรไรซา (กลุ่มควบคุม) ผลการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในด้านความสูงต้นในสัปดาห์ที่ 12 และจำนวนใบในสัปดาห์ที่ 16-28 มากกว่าต้นที่ไม่มีการผสมเชื้อราไมคอร์ไรซา และผลจากกายวิภาคพบว่ากลุ่มควบคุมไม่พบกระจุกเชื้อราไมคอร์ไรซาในรากกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรสีชมพู

ผลการศึกษากายวิภาคของลำต้นที่ปลูกเลี้ยงในสภาพโรงเรือนมีลักษณะทางกายวิภาคสอดคล้องกับรายงานการศึกษากายวิภาคของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟจากสภาพธรรมชาติตามรายงานของ Kaewthongprakum *et al*. (2019) ดังนี้ พบเซลล์คลอเรนไคมากระจายตัวอยู่เป็นจำนวนมากและมีชั้นเอนโดเดอร์มิสล้อมรอบกลุ่มท่อลำเลียงและมีกลุ่มท่อลำเลียงอยู่ 14 - 22 กลุ่มเรียงตัว 2 - 3 ชั้น และสอดคล้องกับรายงานของ Stren (2014) ว่าเซลล์เอนโดเดอร์มิส ส่วนใหญ่จะมีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้าอยู่ระหว่างชั้นคอร์เทกซ์และกราวน์ทิชชู (Ground tissue) สามารถพบลักษณะนี้ได้ในสกุล *Goodyera* บางชนิดและ *Ligeophila* บางชนิด

นอกจากนี้ Stren (2014) ยังรายงานลักษณะของกายวิภาคใบกล้วยไม้ *Anoectochilus* sp. ว่ามีเซลล์คลอเรนไคมาที่แตกต่างกันสองแบบมาอยู่เป็นจำนวนมากในแผ่นใบ และมีเซลล์ผิวใบด้านบนคล้ายรูปกรวย และผลการศึกษาในครั้งนี้คล้ายคลึงกับผลของ Stern ที่มีเซลล์ผิวด้านบนของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟมีลักษณะเซลล์รูปร่างคล้ายกรวยถึงสี่เหลี่ยมผืนผ้าจนเกือบกลม มีเซลล์พาลิเซดมีโซฟิลด์มีรูปร่างคล้ายทรงกระบอกปลายแหลม และเซลล์สปองจีมีโซฟิลด์เป็นเซลล์ไม่มีรูปร่าง มีคลอโรพลาสต์อยู่ภายในเซลล์ดังกล่าวเป็นจำนวนมาก

นอกจากนั้นยังพบเซลล์พิเศษที่สะสมแคลเซียมออกซาเลต (ราไฟรด์) กระจายอยู่ทั่วทั้งราก ลำต้น และใบ สอดคล้องกับรายงานของ Stren (2014) ที่ยังพบกลุ่มราไฟรด์ในรากของกล้วยไม้สกุล *Habenaria* และสกุล *Paphiopedilum* (Sutthinon, 2021) เป็นต้น Konno (2014) รายงานว่า กลุ่มราไฟรด์จะสามารถพบได้ทั่วไปในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ในพืชวงศ์กล้วยไม้ จะสามารถพบราไฟรด์ในรากของกลุ่มกล้วยไม้อิงอาศัย (Epiphytic orchids) และกลุ่มกล้วยไม้ดิน (Terrestrial orchids) เช่น *Epidendrum* sp. *Vanda* sp. เป็นต้น (Oliverira and Sajo 1999)

พบเซลล์เม็ดสีแดงกระจายตัวในชั้นเนื้อใบ เรียกว่าแอนโทไซยานิน สอดคล้องกับ Poobathy *et al.* (2018) ที่รายงานพบแอนโทไซยานินที่ใบกล้วยไม้ชนิด *Ludisia discolor* และ *Anoectochilus* sp. ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟฟีแบบเหลวประสิทธิภาพสูง (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) และเทคนิคตัดสด (Free hand section) พบแอนโทไซยานินในเนื้อใบของนกคุ้มไฟ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากายวิภาคของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟด้วยวิธีตัดสด สามารถสรุปผลการศึกษาได้ว่า ไม่พบเส้นใยราไมคอร์ไรซาและกระจุกเซลล์ arbuscule ในเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์ของราก เซลล์คลอเรนไคมาจำนวนมากกระจายอยู่ภายในชั้นคอร์เทกซ์และพบหนาแน่นบริเวณเอนโดเดอร์มิสของลำต้น โครงสร้างภายในใบ พบเซลล์ที่มีลักษณะเซลล์แตกต่างกันสองแบบ คือแพลิเซดมีโซฟิลล์ และสปองจีมีโซฟิลล์ เนื้อเยื่อลำเลียงมีการเรียงตัวใกล้เนื้อเยื่อผิวใบด้านบน พบผลึกรูปเข็ม (Raphides) อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม พบทุกส่วนของพืช ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้จะใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (อพ.สธ.-มจ.) ปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

Du, X.M., N. Irino, N. Furusho, H.S. Jun and Y.H. Shoyama. 2008. Pharmacologically active compounds in the *Anoectochilus* and *Goodyera* species. **Journal of Natural Medicines** 62(2): 132-148.

Kaewthongprakum, P., T. Tangtragoon, P. Sutigoolabud and A. Kanpington. 2019. Environmental factors affecting the growth of *Anoectochilus burmannicus* Rolfe, Ban Pong Krai, Pong Yang sub district, mae rim district, Chiang Mai province. **Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal** 11(1): 181-196. [in Thai]

Konno, K., T.A. Inoue and M. Nakamura. 2014. Synergistic defensive function of raphides and protease through the needle effect. **Plos One**. 9(3): e91341. [Online]. Available https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0091341 (21 November 2021).

Kummuang, N., L. Manoch, C. Piluek and P. Athipunyakom. 2000. Isolation and identification of orchid mycorrhizae. pp. 1-4. *In* **Proceedings of the 38th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Agricultural Extension and Communication.** Bangkok: Ministry of University Affairs, Bangkok (Thailand). [in Thai]

Oliveira, V.D.C., and M.D.G. Sajo. 1999. Root anatomy of nine Orchidaceae species. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 42(4): 405-413.

Pedersen, H.Æ. 2011. *Anoectochilus*. pp. 10-20. *In* Santisuk T. and K. Larsen (eds.) **Flora of Thailand 12(1).** Bangkok: The Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation.

Pitchakan, P. 2016. **Research on propagation and study of biological activities of *Anoectochilus* and development as functional products to serve the Royal initiative the plant genetic conservation project under the Royal initiative of her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn.** 93 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Department of Biochemistry, Faculty of Medicine, Chiang Mai University. [in Thai]

Poobathy, R., R. Zakaria, V. Murugaiyah and S. Subramaniam. 2018. Autofluorescence study and selected cyanidin quantification in the Jewel orchids Anoectochilus sp. and *Ludisia discolor.* **Plos One** 13(4): e0195642. [Online]. Available https://journals.plos.org/plosone /article?id=10.1371/journal.pone.0195642 (21 November 2021).

Sangmanee, P., A. Shutsrirung and N. Potapohn. 2012. Effects of mycorrhizas on growth of terrestrial orchid *Habenaria erichmichaelii* Christenson. **Journal of Agriculture** 28(3): 237-244. [in Thai]

Stern, W.L. 2014 **Anatomy of the Monocotyledons Volume X: Orchidaceae**. 288 p. In Mary Gregory, M. and D. F. (eds.). Cutler 1st edition (July 29, 2014). Oxford: Oxford University Press. 288 p.

Sutthinon, P., K. Rungwattana, C. Suwanphakdee, W. Himaman and P. Lueangjaroenkit. 2021. Endophytic fungi from root of three lady's slipper orchids (Paphiopedilum spp.) in Southern Thailand. **Chiang Mai Journal of Science** 48(3): 853-866.

Takatsuki, S., J.D. Wang., T. Narui and T. Okuyama. 1992. Studies on the components of crude drug "Kim-soan-lian". **Journal of Japanese Botany** 67: 121-123.

Zhang, F., L.V., Yali, H. Dong and S. Guo. 2010. Analysis of Genetic stability through intersimple sequence repeats molecular markers in micropropagated plantlets of *Anoectochilus formasanus* Hayata, a medicinal plant. **Biological and Pharmaceutical Bulletin** 33(3): 384-388.

ผลของ NAA โบรอน และสังกะสีต่อการติดผลของอินทผลัมพันธุ์ KL1
Effect of NAA, Boron and Zinc on Increasing Fruit Set in KL1 Date Palm

สุมิตร วิลัยพร[1*] ศิริลักษณ์ อินทะวงศ์[1] และจารุฉัตร เขนยทิพย์[2]

Sumit Wilaiporn[1*], Siriluck Intawong[1] and Charuchat Kanoeithip[2]

[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50110

[2]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 เชียงใหม่ 50100

[1]Chiang Mai Agricultural Research and Development Center, Chiang Mai, Thailand 50110

[2]Office of Agricultural Research and Development Region 1, Chiang Mai, Thailand 50100

[*]Corresponding author: sumit_200@hotmail.com

Abstract

Study of hand pollination, application of NAA Boron (B) and Zinc (Zn) on fruit set of KL1 date palm. Operate at farmers' plots in Chai Prakan District, Chiang Mai Province in during 2018-2020. Experiment was set up in a complete randomized block design (RCBD) with 5 treatments and 4 replications each 1) control 2) pollination 3) pollination + NAA 100 mg/l 4) pollination + B 1,500 mg/l + Zn 300 mg/l and 5. pollination + B 1,500 mg/l + Zn 300 mg/l + NAA 100 mg/l. The results was found that date palm bloom for pollination in February. Number of young fruit was 2,300-3,523 fruits per bunch, with treatments that showed in high fruit set and low fruit drop of pollination, pollination + B + Zn and pollination + B + Zn + NAA as compared with the control and pollination + NAA showed significant differences. Application of pollination, pollination + B + Zn, pollination + B + Zn + NAA gave low percentage of disorder fruit, which showed increased fruit number. Compared with the three methods, it was found that pollination alone is the most suitable method for KL1 date palm due to their high fruit set and low disorder fruit and it is a convenient and simplified method for farmers.

Keywords: date palm, fruit set, pollination

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการผสมเกสรด้วยมือ การใช้สาร NAA โบรอน (B) และสังกะสี (Zn) เพื่อเพิ่มการติดผลอินทผลัมพันธุ์ KL1 ดำเนินการที่แปลงของเกษตรกร อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี 2561-2563 วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) ไม่ผสมเกสร 2) ผสมเกสร 3) ผสมเกสร + NAA 100 มก./ล. 4) ผสมเกสร + B 1,500 มก./ล. + Zn 300 มก./ล. และ 5) ผสมเกสร + B 1,500 มก./ล. + Zn 300 มก./ล. + NAA 100 มก./ล. พบว่า อินทผลัมออกดอกและผสมเกสรในเดือนกุมภาพันธ์ มีจำนวนผลอ่อนอยู่ระหว่าง 2,300-3,523 ผล/ช่อ โดยกรรมวิธีที่ทำให้ติดผลสูงและผลร่วงน้อย คือ การผสมเกสร, การผสมเกสร + B + Zn และการผสมเกสร + B +Zn + NAA เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและการผสมเกสร + NAA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การผสมเกสร, การผสมเกสร + B + Zn และการผสมเกสร + B + Zn + NAA มีจำนวนผลผิดปกติน้อยมาก ซึ่งทำให้จำนวนผลสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ 3 วิธี พบว่า การผสมเกสรเพียงอย่างเดียวจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอินทผลัมพันธุ์ KL1 เนื่องจากติดผลสูง ผลร่วงและผลผิดปกติน้อย และเป็นวิธีที่สะดวกและลดขั้นตอนการปฏิบัติสำหรับเกษตรกร

คำสำคัญ: อินทผลัม ติดผล ผสมเกสร

คำนำ

อินทผลัม (*Phoenix dactylifera* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจในเขตร้อนแถบทะเลทรายสำหรับบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปทั่วโลก มีถิ่นกำเนิดในตะวันออกกลางบริเวณตอนเหนือของประเทศแอฟริกา สถานการณ์การผลิตอินทผลัมในปี 2562 ประเทศที่ผลิตอินทผลัมมากที่สุด 10 อันดับแรก คือ ประเทศอียิปต์ ปริมาณ 1.60 ล้านตัน หรือ 17.67 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการผลิตทั่วโลก 9.08 ล้านตัน รองลงมา ได้แก่ ซาอุดิอาระเบีย อิหร่าน แอลจีเรีย อิรัก ปากีสถาน ซูดาน โอมาน สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ และตูนิเซีย ตามลำดับ (FAO, 2021) สำหรับอินทผลัมในประเทศไทยมีการปลูกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในปี 2564 มีพื้นที่ปลูกเป็นการค้าประมาณ 4,000 ไร่ เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพและมีมูลค่าสูงทำให้มีเกษตรกรสนใจปลูกมากขึ้น

อินทผลัมชอบอากาศร้อนและต้องปลูกอยู่กลางแจ้งที่ได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดทั้งวัน อินทผลัมเป็นไม้ผลที่มีต้นเพศผู้และเพศเมียแยกจากกัน การอาศัยผสมเกสรตามธรรมชาติจากลมและแมลงจะทำให้อินทผลัมติดผลน้อยมาก จำเป็นต้องอาศัยแรงงานคนช่วยผสมเกสร ต้นอินทผลัมเพศผู้จะออกดอกก่อนต้นเพศเมียหรือออกดอกพร้อมกัน มีการเก็บละอองเกสรมาผสมกับช่อดอกเพศเมียเพื่อให้ติดผลสูงขึ้น อีกทั้งมีวิธีเพิ่มการติดผลและคุณภาพผลด้วยการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชและธาตุอาหาร ดังนี้

การพ่น NAA กับอินทผลัมพันธุ์ Kabkab พบว่า ทำให้น้ำหนักช่อผล น้ำหนักผล ขนาดผล เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสดและการติดผลเพิ่มสูงกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ทำให้ TSS และน้ำตาลลดลง (Hesami and Abdi, 2010) มีการศึกษาเกี่ยวกับการพ่นธาตุอาหารในพันธุ์ Mnifi พ่นโบรอนและสังกะสี 2 ครั้ง หลังผสมเกสร 2 ชั่วโมง และ 4 สัปดาห์ พบว่า โบรอน 1,500 ppm + สังกะสี 300 ppm ทำให้ผลผลิตต่อต้น ขนาดผล น้ำหนักผลสด TSS และน้ำตาลเพิ่มขึ้น การใช้โบรอน

1,500 ppm หรือร่วมกับสังกะสี 300 ppm สามารถเพิ่มการติดผล ผลผลิตและคุณภาพผล (Omar *et al*., 2015) และศึกษาในพันธุ์ Khalas โดยพ่นสารละลาย 3 ครั้ง คือ 1. พ่นหลังผสมเกสร 2 ชั่วโมง 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ พบว่า โพแทสเซียมซีเตรท 2 % + กรดบอริก 0.2 % ทำให้ติดผลสูงสุด 53.64 และ 56.66 % เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Harhash and Abdel-Nasser, 2010) อย่างไรก็ตามสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ปลูกอินทผลัมในต่างประเทศเป็นเขตร้อน แต่ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น หากนำเทคโนโลยีการผลิตมาพัฒนาก็สามารถทำให้เกษตรกรผลิตอินทผลัมอย่างมีคุณภาพได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษากับต้นอินทผลัมพันธุ์ KL1 อายุ 8 ปี ในฤดูกาลผลิตปี 2561-2563 ปลูกในดินร่วนปนทรายบนเชิงเขา ระยะปลูก 8x8 เมตร แปลงอยู่ที่ อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ ใช้อินทผลัมเพศเมีย 40 ต้น คัดเลือกต้นมีความสม่ำเสมอกันในด้านการเจริญเติบโต และออกดอกจำนวน 3 ช่อขึ้นไป โดยใช้สาร NAA (4.5 % W/V SL) Boric acid (Boron 17 %) และ Zinc chelate (Zinc 13 %) วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ต้น ประกอบด้วย

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ผสมเกสร (control)

กรรมวิธีที่ 2 ผสมเกสร

กรรมวิธีที่ 3 ผสมเกสร+NAA 100 มก./ล.

กรรมวิธีที่ 4 ผสมเกสร+Boron 1,500 มก./ล.+Zinc 300 มก./ล.

กรรมวิธีที่ 5 ผสมเกสร+Boron 1,500 มก./ล.+Zinc 300 มก./ล.+NAA 100 มก./ล.

ผสมเกสรด้วยมือ โดยใช้เกสรเพศผู้ 5 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกใสแล้วคลุมช่อดอกเพศเมีย เขย่าให้ฟุ้งกระจายทั่วทั้งช่อ ผสมเกสรเวลา 8.00-9.00 น. พ่นสาร NAA โบรอนและสังกะสีแก่ช่อดอกตามกรรมวิธีที่ 3, 4 และ 5 จำนวน 1 ครั้ง ปริมาณ 50 มล./ช่อ ภายหลังผสมเกสร 2 ชั่วโมง และห่อช่อผลหลังจากนั้น 7 วันเพื่อเก็บผลร่วง

บันทึกข้อมูล วันที่ผสมเกสร จำนวนผลร่วง และจำนวนผลหลังจากผสมเกสร 30 วัน วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี One-way Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan’s Multiple Range Test (Duncan, 1955)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

อินทผลัมอาศัยสภาพอากาศที่อบอุ่นขึ้นภายหลังอากาศหนาวเย็นสำหรับการเจริญของดอกออกมาปรากฏให้เห็นในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ของทุกปี (Table 1) ใกล้เคียงกับอินทผลัมพันธุ์บาฮีในประเทศอียิปต์ และสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ที่ผสมเกสรช่วงต้นเดือนมีนาคม (El-Daen *et al*., 2017; Aljuburi *et al*., 2001) ในแต่ละปีช่วงเวลาออกดอกจะแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเมื่อสังเกตเห็นช่อดอกโผล่ขึ้นมาจากซอกใบแล้วหลังจากนั้นอีกประมาณ 15 วัน กาบดอกจะแตกออก ภายในมีดอกเพศเมียเป็นเม็ดสีขาวขนาดเล็กติดอยู่บนก้านดอกจึงสามารถผสมเกสรได้ภายใน 3 วันนับตั้งแต่กาบหุ้มดอกแตก หากผสมเกสรล่าช้ากว่านั้นปลายเกสรเพศเมียจะแห้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจนถึงสีดำทำให้ติดผลน้อยหรือไม่ติดผล

Table 1 Pollination date of date palm cultivar KL1 during 3 years

Treatment	Pollination date		
	2018	2019	2020
Control	11 February	17 February	24 February
Pollination	11 February	17 February	24 February
Pollination+NAA	9 February	6 February	25 February
Pollination+B+Zn	17 February	16 February	24 February
Pollination+B+Zn+NAA	4 February	11 February	26 February

การผสมเกสรอินทผลัมในปี 2561 (Table 1) สามารถผสมเกสรเฉลี่ยได้ตั้งแต่วันที่ 4 ถึง 17 กุมภาพันธ์ 2561 มีดอกทยอยบานและผสมเกสรได้ในช่วงเวลา 14 วัน ในปี 2562 สามารถผสมเกสรเฉลี่ยได้ตั้งแต่วันที่ 6 ถึง 17 กุมภาพันธ์ 2562 มีดอกทยอยบานและผสมเกสรได้ในช่วงเวลา 12 วัน และในปี 2563 เป็นการทดลองปีสุดท้าย สามารถผสมเกสรเฉลี่ยได้ตั้งแต่วันที่ 24 ถึง 26 กุมภาพันธ์ 2563 มีดอกทยอยบานและผสมเกสรได้ในช่วงเวลา 3 วัน ซึ่งมีข้อสังเกตว่าในปี 2563 เป็นฤดูกาลที่อินทผลัมมีการออกดอกในเวลาเฉลี่ยใกล้เคียงกันมากเพียง 3 วัน เนื่องจากในเดือนธันวาคม มกราคม และเดือนกุมภาพันธ์ มีอุณหภูมิต่ำมากต่อเนื่องกันเป็นเวลานานมากกว่าปี 2561 และ 2562 ทำให้ตาดอกที่สร้างไว้ขณะได้รับอุณหภูมิต่ำเกิดการพัฒนาล่าช้าออกไป และเมื่อตาดอกเหล่านั้นได้รับอุณหภูมิสูงขึ้นช่อดอกจึงเจริญออกมาเกือบพร้อมกัน ในปี 2563 อินทผลัมจึงออกดอกช้ากว่าปี 2561 และ 2562 เป็นเวลา 14 และ 12 วัน ตามลำดับ ดำเนินกรรมวิธีและบันทึกข้อมูลเสร็จสิ้นภายในเดือนมีนาคม เพื่อหลีกเลี่ยงอากาศร้อนและอุณหภูมิสูงในเดือนเมษายนซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในรอบปี เพื่อลดผลกระทบของอากาศร้อนต่อการหลุดร่วงของผลอ่อนที่สามารถทำให้ข้อมูลการวิจัยคลาดเคลื่อนได้

จำนวนผลอินทผลัมในช่อมีจำนวนลดลงหลังจากได้รับกรรมวิธีเป็นเวลา 30 วันหลังผสมเกสร (Table 2) กรรมวิธีไม่ผสมเกสร มีการติดผลน้อยและมีผลร่วงมากกว่ากรรมวิธีอื่น รองลงมาเป็นกรรมวิธี ผสมเกสร+NAA ส่วนกรรมวิธีที่ติดผลมากที่สุดและผลร่วงน้อยที่สุดคือ กรรมวิธี ผสมเกสร รองลงมาเป็นกรรมวิธี ผสมเกสร+B+Zn และกรรมวิธี ผสมเกสร+B+Zn+NAA ตามลำดับ อินทผลัมมีจำนวนผลอ่อนอยู่ระหว่าง 2,300-3,523 ผล/ช่อ ซึ่งจำนวนผลรวมดังกล่าวไม่ได้มีผลกระทบจากการทดลองแต่อย่างใด

Table 2 Number of fruit set, fruit drop and total fruit in KL1 date palm bunches during 3 years

Treatment	Fruit set (fruit)			Fruit drop (fruit)			Total fruit (fruit)		
	2018	**2019**	**2020**	**2018**	**2019**	**2020**	**2018**	**2019**	**2020**
Control	1,603	2,321	1,965	1,164	1,024	1,493	2,767	3,345	3,458
Pollination	2,526	2,387	2,504	438	147	238	2,964	2,533	2,742
Pollination+NAA	1,484	1,852	1,467	907	676	833	2,391	2,528	2,300
Pollination+B+Zn	1,786	2,678	2,297	610	304	504	2,396	2,982	2,801
Pollination+B+Zn+NAA	2,080	2,185	2,943	485	214	580	2,565	2,399	3,523
Average	**1,896**	**2,285**	**2,235**	**721**	**473**	**730**	**2,617**	**2,757**	**2,965**

เปอร์เซ็นต์ติดผลในปี 2561 (Table 3) กรรมวิธี ผสมเกสร ผสมเกสร+B+Zn และผสมเกสร+B+Zn+NAA มีเปอร์เซ็นต์ติดผลสูงกว่าไม่ผสมเกสร และผสมเกสร+NAA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการผสมเกสรติดผลสูงเท่ากับ 85.23 % ใกล้เคียงกับผสมเกสร+B+Zn และผสมเกสร+B+Zn+NAA ซึ่งมีค่าเท่ากับ 74.54 และ 81.09 % เปรียบเทียบกับไม่ผสมเกสร และผสมเกสร+NAA มีค่าน้อยกว่าเท่ากับ 57.95 และ 62.07 % ใกล้เคียงการศึกษาของ Iqbal *et al*. (2010) ที่วางก้านดอกเพศผู้ไว้บนดอกเพศเมียพันธุ์ Dhakki ทำให้ติดผลสูงสุด และไม่ผสมเกสรติดผลน้อยที่สุด และการผสมเกสรด้วยมือมีการติดผลและผลผลิตมากกว่าการพ่นละอองเกสรร่วมกับกรดบอริก และ GA_3 (Hussein *et al*., 1984)

Table 3 Fruit setting and fruit drop percentage in KL1 date palm bunches during 3 years

Treatment	Fruit setting (%)			Fruit drop (%)		
	2018	**2019**	**2020**	**2018**	**2019**	**2020**
1. Control	57.94 b	68.71 b	55.47 b	42.06 b	31.29 b	44.53 b
2. Pollination	85.23 a	94.01 a	91.13 a	14.77 a	5.99 a	8.87 a
3. Pollination+NAA	62.07 b	72.78 b	63.02 b	37.93 b	27.22 b	36.98 b
4. Pollination+B+Zn	74.54 a	86.36 a	82.48 a	25.46 a	13.64 a	17.52 a
5. Pollination+B+Zn+NAA	81.09 a	90.81 a	84.53 a	18.91 a	9.19 a	15.47 a
T-test	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	**10.95**	**10.57**	**14.77**	**28.39**	**49.95**	**46.55**

* = Different letters in same column were statistically different with DMRT at 95% confidence level.

เปอร์เซ็นต์ติดผลในปี 2562 กรรมวิธี ผสมเกสร, ผสมเกสร+B+Zn และผสมเกสร+B+Zn+NAA มีเปอร์เซ็นต์ติดผลสูงกว่าไม่ผสมเกสร และผสมเกสร+NAA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการผสมเกสรติดผลสูงเท่ากับ 94.01% ใกล้เคียงกับผสมเกสร+B+Zn และผสมเกสร+B+Zn+NAA ซึ่งมีค่าเท่ากับ 86.36 และ 90.81 % เปรียบเทียบกับไม่ผสมเกสร และผสมเกสร+NAA มีค่าน้อยกว่าเท่ากับ 68.71 และ 72.78% (Table 3) สอดคล้องกับการพ่นซิงค์ซัลเฟต 1,000 ppm + กรดบอริก 1,000 ppm + สาหร่ายสกัด 1% หลังผสมเกสรทันที และ 1 เดือน เพิ่มการติดผลมากกว่าน้ำเปล่า (Merwad *et al*., 2019)

เปอร์เซ็นต์ติดผลในปี 2563 กรรมวิธี ผสมเกสร, ผสมเกสร+B+Zn และผสมเกสร+B+Zn+NAA มีเปอร์เซ็นต์ติดผลสูงกว่าไม่ผสมเกสร และผสมเกสร+NAA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการผสมเกสรติดผลสูงเท่ากับ 91.13% ใกล้เคียงกับผสมเกสร+B+Zn และผสมเกสร+B+Zn+NAA ซึ่งมีค่าเท่ากับ 82.48 และ 84.53% เปรียบเทียบกับไม่ผสมเกสร และผสมเกสร+NAA มีค่าน้อยกว่าเท่ากับ 55.47 และ 63.02% (Table 3) ส่วนงานวิจัยการพ่นกรดบอริก 1,500 ppm + ซิงค์ซัลเฟต 300 ppm กับพันธุ์ Mnifi ใน 2 ชั่วโมงและ 1 เดือนหลังผสมเกสร ทำให้ติดผลสูงสุด (Omar *et al*., 2015) และการพ่น NAA 50 100 และ 150 ppm กับพันธุ์ Samany และ Zagloul หลังผสมเกสร 1 เดือน ทำให้ผลคงเหลือลดลงเมื่อเทียบกับน้ำเปล่า (El-Kosary, 2009)

การไม่ผสมเกสรมีการติดผลและมีเมล็ดเกิดขึ้น เนื่องจากในสวนอินทผลัมมีต้นเพศเมียและเพศผู้ปลูกร่วมกันกระจายอยู่ทั่วทั้งสวน จำนวนต้นเพศผู้มีมากกว่าต้นเพศเมีย ดอกอินทผลัมบานในเวลาใกล้เคียงกันทำให้เกิดการผสมเกสรตามธรรมชาติได้ โดยอาศัยการพัดพาของลมและแมลงกลุ่มผึ้ง แต่ในต่างประเทศพบว่าการไม่ผสมเกสรติดผลน้อยมากในอินทผลัมพันธุ์ Dhakki ในปี 2544 และ 2545 มีการติดผลเพียง 26.1 และ 41.2% ตามลำดับ (Iqbal *et al*., 2010) เทียบกับงานวิจัยนี้กับอินทผลัมพันธุ์ KL1 ในปี 2561, 2562 และ 2563 มีการติดผล 57.94, 68.71 และ 55.47% ตามลำดับ เนื่องจากเกษตรกรในต่างประเทศปลูกเฉพาะต้นเพศเมียจำนวนมาก การติดผลเกิดขึ้นจากการปนเปื้อนจากต้นอินทผลัมป่า อินทผลัมพื้นเมืองและอินทผลัมประดับในพื้นที่ใกล้เคียง

ผลผิดปกติเกิดขึ้นชัดเจนหลังการผสมเกสร 30 วัน (Table 4) มีผลผิดปกติอยู่ในช่อผล ไม่ร่วงหล่น ติดอยู่กับก้านผล ผลผิดปกติมีอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) ผลเล็ก คือ ผลที่มีขนาดและลักษณะเหมือนเดิมตั้งแต่วันที่ผสมเกสร ขนาดผลไม่เพิ่มขึ้น ไม่มีเมล็ด ไม่หลุดร่วงและผลสีเขียวอ่อน 2) ผล 2 แฉก คือ ผลที่แยกออกเป็น 2 แฉก ตามจำนวนรังไข่ที่ไม่ฝ่อจำนวน 2 รังไข่ (อินทผลัมมี 3 รังไข่) ไม่มีเมล็ด ขยายขนาดเพิ่มขึ้นและผลมีสีเขียวเข้ม 3) ผล 3 แฉก คือ ผลที่แยกออกเป็น 3 แฉก ไม่มีเมล็ด ขยายขนาดเพิ่มขึ้นและผลมีสีเขียวเข้ม

การเกิดผลผิดปกติในปี 2561-2563 มีเปอร์เซ็นต์น้อยในกรรมวิธี ผสมเกสร, การผสมเกสร+B+Zn และผสมเกสร+B+Zn+NAA มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.79, 6.28 และ 9.92% ตามลำดับ (Table 4) สอดคล้องกับการงอกของละอองเกสรในอาหารวุ้นที่ผสมกรดบอริก 50 ppm + แคลเซียมไนเตรท 100 ppm ทำให้เรณูพันธุ์ Beraem และ Fard งอกสูงสุด (Kavand *et al*., 2014) เปรียบเทียบกับการไม่ผสมเกสร และผสมเกสร+NAA มีผลผิดปกติสูง 22.53 และ 42.99% ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) ผลผิดปกติดังกล่าวสามารถเด็ดทิ้งพร้อมกับการแต่งช่อผลอินทผลัมในช่วงอายุ 1-2 เดือนหลังการผสมเกสร

Table 4 Percentage of disorder fruit of KL1 dates during 3 years

Treatment	Disorder fruit (%)			
	2018	2019	2020	Average
Control	33.75 b	21.25 b	16.82 a	22.53 b
Pollination	2.50 a	2.75 a	3.13 a	2.79 a
Pollination+NAA	46.25 b	42.50 c	40.21 b	42.99 c
Pollination+B+Zn	5.50 a	11.50 ab	1.83 a	6.28 a
Pollination+B+Zn+NAA	10.75 a	15.00 b	4.00 a	9.92 a
T-test	*	*	*	*
C.V. (%)	70.25	39.03	71.53	26.01

* = Different letters in same column were statistically different with DMRT at 95% confidence level.

การผสมเกสรเพียงอย่างเดียวเกิดผลผิดปกติน้อยมาก การผสมเกสร+B+Zn และผสมเกสร+B+Zn+NAA เป็นวิธีการพ่นสารละลายหลังผสมเกสร 2 ชั่วโมง ทำให้ผลผิดปกติเพิ่มขึ้นมาเล็กน้อย แต่มีการศึกษาว่าการพ่นน้ำกลั่นหลังผสมเกสร 0.5 และ 1 ชั่วโมง ในอินทผลัมพันธุ์ Sayer และ Hillawi ทำให้การติดผลลดลงเมื่อเทียบกับการไม่พ่น หากพ่นหลังผสมเกสร 2 ชั่วโมงขึ้นไป จะไม่มีผลต่อการติดผล (Al-Musawi, 2019) ส่วนผสมเกสร+NAA นั้นพบว่ามีจำนวนผลผิดปกติสูงมากซึ่งเป็นไปได้ว่าการพ่น NAA อย่างเดียวหลังผสมเกสร เนื่องจากสารละลายชะล้างน้ำตาลและเรณูบนเกสรเพศเมียจึงทำให้เกิดผลผิดปกติมากกว่ากรรมวิธีอื่น สอดคล้องกับการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชแก่อินทผลัมทำให้เกิดผลผิดปกติที่ไร้เมล็ดมากกว่า 70.20 % และน้ำหนักผลน้อยกว่าปกติอีกด้วย (Shaheen *et al*., 1988) แต่การพ่นด้วย B+Zn ร่วมด้วย สามารถลดผลผิดปกติลงได้ ให้ผลการวิจัยสอดคล้องกันตลอด 3 ปี อย่างไรก็ตามการพ่น NAA 100 ppm กับพันธุ์บาฮี หลังผสมเกสร 20 วัน ไม่มีผลต่อการติดผลแต่เพิ่มน้ำหนักผลและน้ำหนักช่อผลได้ (Aljuburi *et al*., 2001) และการพ่น NAA 100 หรือ 150 ppm กับพันธุ์ Samani และ Zaghloul หลังผสมเกสร 7 หรือ 21 วัน ทำให้การติดผลลดลงกลับทำให้น้ำหนักผลเพิ่มขึ้น (Bakr *et al*., 2007) จึงควรพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชและธาตุอาหารหลังจากผสมเกสร 1 เดือนขึ้นไปหรือหลังการแต่งช่อผล ซึ่งไม่ส่งผลต่อการติดผลและสามารถเพิ่มคุณภาพผลผลิตอินทผลัม

Figure 1 Normal fruits

Figure 2 Disorder fruits

Figure 3 Treatment 2 pollination

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การใช้ NAA โบรอน และสังกะสีพ่นช่อดอกอินทผลัมหลังผสมเกสรไม่สามารถเพิ่มการติดผลของอินทผลัมพันธุ์ KL1 การพ่นด้วย NAA ทำให้เกิดผลผิดปกติมากขึ้น การผสมเกสรด้วยมืออย่างเดียวทำให้การติดผลสูง และเป็นวิธีที่สะดวกและลดขั้นตอนการปฏิบัติงาน ข้อเสนอแนะในการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชและธาตุอาหาร ควรพ่นหลังผสมเกสร 1-2 เดือนหรือหลังการแต่งช่อผล ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณภาพผลอินทผลัม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณ ร.ต.ท.วิจารย์ นวลแก้ว เกษตรกรผู้สนับสนุนต้นอินทผลัมสำหรับเป็นพืชทดลอง และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์จนทำให้งานวิจัยสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Al-Musawi, M.A.M. 2019. Effects of water on fruit set and weight of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). **Annals of Agri-Bio Research** 24(2): 221-226.

Aljuburi, H.J., H.H. Al-Masry and S.A. Al-Muhanna. 2001. Effect of some growth regulators on some fruit characteristics and productivity of the Barhee date palm tree cultivar (*Phoenix dactylifera* L.). **Fruits** 56: 325-332.

Bakr, E.I., S. El-Kosary, A. El-Bana and H.S. Ghazawy. 2007. Effect of NAA on Fruit Setting, Bunch Weight and Fruit Characteristics of Samani and Zaghloul Date Palm Cultivars. Pp. 361-379. *In* **The fourth Symposium on Date Palm in Saudi Arabia, King Faisal University, Alahsa, 5-8 May 2007.** 361-379. Saudi Arabia: King Faisal University.

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. **Biometrics** 11: 1-42.

El-Daen, Z.E.M.A., S. El-Merghany and I.E. Abd El-Rahman. 2017. Improving fruit set and productivity of Barhee date palm under heat stress conditions. **J. Plant Production** 8(12): 1403-1408.

El-Kosary, S. 2009. Effect of NAA, GA_3 and Cytophex spraying on Samany and Zaghloul date palm yield, fruit retained and characteristics. **J. Horticult. Sci. Ornam. Plants** 1: 49-59.

FAO. 2021. **FAOSTAT.** [online]. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (18 November 2021).

Hesami, A. and G. Abdi. 2010. Effect of some growth regulators on physiochemical characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L. cv. Kabkab) fruit. **American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci.** 7(3): 277-282.

Hussein, F.A., S.M., Bader, K.M., Seqab and E.N. Samarmed. 1984. Effect of spraying the inflorescences of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) with pollen grains suspended in boron, GA_3 and glycerin solutions on fruit set and yield. **Date palm J.** 3(1): 5-22.

Iqbal, M., M.Q. Khan, M. Munir, S.U. Rehman, H.U. Rehman and M. Niamatullah. 2010. Effect of different pollination techniques on fruit set, pomological characters and yield of Dhakki date palm (*phoenix dactylifera* L.) in Dera Ismail Khan, KP. **Sarhad J. Agric.** 26(4): 515-518.

Kavand, A., A. Ebadi, Y.D. Shuraki and V. Abdosi. 2014. Effect of calcium nitrate and boric acid on pollen germination of some date palm male cultivars. **European Journal of Experimental Biology** 4(3): 10-14.

Merwad, M.A., E.A.M. Mostafa, N.E. Ashour and M.M.S. Saleh. 2019. Effect of boron, zinc and seaweed sprays on yield and fruit quality of Barhee date palms. **Plant Archives** 19(2): 393-397.

Omar, A.K., M.A. Ahmed and R.S. Al-Obeed. 2015. Improving fruit set, yield and fruit quality of date palm (*Phoenix dactylifera* L. cv. Mnifi) through bunch spray with Boron and Zinc. **Journal of Testing and Evaluation** 43(4): 717-722.

Shaheen, M.A., T.A. Nasr and M.A. Bacha. 1988. Effect of some plant growth regulators on induction of seedless fruits in some date palm cultivars. **Journal of the College of Agriculture King Saud University** 10(1): 129-138.

ผลของสูตรอาหารผสมระหว่างสูตรอาหารเคมีกับน้ำหมักเคย ต่อปริมาณโปรตีนและไฟโคไซยานินในสาหร่ายสไปรูลิน่า

Effect of Mixed Formula between Chemical Formula and Krill Fermented Water on Protein and Phycocyanin Content in *Spirulina* sp.

สิทธิพัฒน์ แผ้วฉ่ำ* คณิสร ล้อมเมตตา และสราวุธ แสงสว่างโชติ

Sittipat Paewcham*, Kanisorn Lommetta and Sarawut Sangsawang

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี 22000

Faculty of Agricultural Technology, Rambhaibarni Rajabhat University, Chanthaburi, Thailand 22000

*Corresponding author: sittipat.p@rbru.ac.th

Abstract

The study on effect of mixed formula between chemical formula and krill fermented water on protein and phycocyanin content in *Spirulina* sp. by cultivated *Spirulina* sp. in 13 differents culture media, including Zarrouk's (control), modified Zarrouk's 100%, 75%, 50% and 25% mixed with krill fermented water (KF) 0.5%, 0.3% and 0.1%. *Spirulina* sp. culture cell density started at 0.55 (OD, 560 nm.) and being kept under natural light conditions while being mixed by air bubbling with continuously. The growth of *Spirulina* sp., pH temperature and light intensity of medium was monitored daily. On the final day of cultivation, the *Spirulina* sp. cells were harvested, and analyzed for biomass production, protein, chlorophyll a, carotenoids and phycocyanin contents. It was found that the maximum culture cell density (OD, 560 nm.) in different media are no significant differences. But the biomass production, protein, chlorophyll a, carotenoids and phycocyanin contents of *Spirulina* sp. culture in different media are significant difference at the 0.05 level ($p < 0.05$). Especially *Spirulina* sp. culture in modified Zarrouk's 50% mixed with KF 0.1%, Zarrouk's 25% mixed with KF 0.5% and 0.1% result lower biomass product, protein and pigments content than others. Overall, the results from this study indicated that modified Zarrouk's medim mixed with krill fermented water could be used to boost cultivation of *Spirulina* sp. in low cost medium to achieve a higher yield especially 50% modified Zarrouk media mixed with 0.3% krill fermented water

Keywords: *Spirulina*, krill fermented water, dry weight, protein, phycocyanin, carotenoids

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสูตรอาหารเคมีผสมน้ำหมักเคยต่อปริมาณโปรตีนและไฟโคไซยานินในสไปรูลิน่า (*Spirulina* sp.) โดยการใช้สูตร Zarrouk ปกติ เป็นชุดควบคุม และสูตร Zarrouk ดัดแปลง 100%, 75%, 50% และ 25% ผสมน้ำหมักเคย 0.5%, 0.3% และ 0.1% รวม 13 สูตรอาหาร เลี้ยงสไปรูลิน่า ความหนาแน่นเริ่มต้น 0.55 (OD 560 nm.) สภาพแสงธรรมชาติและให้อากาศตลอดเวลา ตรวจวัดความหนาแน่นเซลล์ pH อุณหภูมิ และความเข้มแสงทุกวัน และตรวจวัดน้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน และรงควัตถุ (คลอโรฟิลล์เอ, แคโรทีนอยด์ และไฟโคไซยานิน) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าสไปรูลิน่าที่เลี้ยงในสูตรอาหารต่างชนิดกัน มีความหนาแน่นเซลล์สูงสุดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่น้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน และรงควัตถุมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า สไปรูลิน่าในเกือบทุกสูตรอาหารให้น้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน และรงควัตถุ ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นสไปรูลิน่าในสูตร Zarrouk ดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.1%, Zarrouk ดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.5% และสูตร Zarrouk ดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.1% ที่มีน้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน และรงควัตถุ ต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ และพบว่าสูตร Zarrouk ดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.3% เหมาะสมที่สุดสำหรับเลี้ยงสไปรูลิน่าแทนสูตร Zarrouk

คำสำคัญ: สไปรูลิน่า น้ำหมักเคย โปรตีน ไฟโคไซยานิน แคโรทีนอยด์

คำนำ

สไปรูลิน่าเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือมีโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อทั้งคนและสัตว์ และประกอบด้วยสารสีหลากหลายชนิดและมีปริมาณมาก ทำให้สไปรูลิน่าเป็น super photosynthetic organism (Melack and Kiham, 1974) สารสีนอกจากคลอโรฟิลล์และเบต้าแคโรทีนแล้ว สไปรูลิน่ายังมีไฟโคไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุสีน้ำเงิน ที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างมากในทางอุตสาหกรรมและเภสัชกรรม โดยมีการนำไปใช้เพื่อเป็นสารแต่งสีจากธรรมชาติแทนการใช้สารแต่งสีสังเคราะห์มากมาย ทั้งที่ใช้ผสมในยา เครื่องสำอาง และอาหาร (Putchan, 2006) ในปัจจุบันมีการศึกษาสูตรอาหารโดยใช้วัสดุอินทรีย์ เช่น น้ำหมักจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้งจากพืชและสัตว์นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเพื่อทดแทนการใช้สารเคมี เพื่อลดต้นทุนและการตกค้างของสารเคมีในระบบนิเวศแหล่งน้ำ เช่น Ruangsomboon *et al*. (2010) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยอย่างง่ายผสมมูลสุกรหมักเลี้ยงสไปรูลิน่า ทำให้สไปรูลิน่ามีผลผลิตและปริมาณโปรตีนสูงกว่าที่เลี้ยงด้วยสูตรอย่างง่ายโดยไม่ผสมมูลสุกร Rajeswarl and Deepika (2017) รายงานว่าสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารอินทรีย์จากของเหลือทางการเกษตรที่มีองค์ประกอบหลากหลาย จะมีมวลชีวภาพ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, แคโรทีนอยด์ และไฟโคไซยานิน สูงกว่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk และ Thaiudomsub (2010) กล่าวว่าน้ำหมักชีวภาพมีธาตุอาหารรอง และฮอร์โมนพืชหรือสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักจากสัตว์มีผลให้สไปรูลิน่ามีมวลชีวภาพ ปริมาณโปรตีน และไฟโคไซยานิน สูงกว่าการเลี้ยงด้วยปุ๋ยเคมีร่วมน้ำหมักจากพืช ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการใช้น้ำหมักจากสัตว์นำมาเลี้ยงสไปรูลิน่าร่วมกับสูตรเคมี โดยการนำน้ำหมักเคยมาใช้เป็นวัตถุดิบร่วมกับสูตรอาหารเคมี ซึ่งเคยเป็นสัตว์น้ำที่มีการนำมาแปรรูปทำกะปิ และมีรายงานว่ามีการนำกะปิมาใช้

ในการกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของพืช และเคยยังมีปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนสูง เคยจึงน่าจะมีทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และฮอร์โมนพืช ที่มีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสไปรูลิน่า ดังนั้นถ้าสามารถนำเคยมาผลิตน้ำหมักชีวภาพเพื่อใช้เลี้ยงสไปรูลิน่าได้ผลดี นอกจากจะช่วยลดต้นทุนการเลี้ยง และลดสารเคมีตกค้างในสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังอาจเป็นช่องทางให้เกษตรกรมีอาชีพเสริมและช่วยลดปัญหาความเสียหายดังกล่าวได้

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมหัวเชื้อสไปรูลิน่าโดยใช้ *Spirulina* sp. มาเลี้ยงในสูตร Zarrouk ดัดแปลง ความเข้มข้น 50% จนเข้าสู่ระยะ log phase จึงนำมาใช้ในการทดลอง

น้ำหมักเคย เตรียมโดยนำเคยสดมาล้างด้วยน้ำสะอาด ทำการหมักด้วยกระบวนการหมักแบบไม่มีอากาศภายใต้สภาวะธรรมชาติ กลางแจ้ง ใช้อัตราส่วน เคย:น้ำ:น้ำตาลทรายแดง เท่ากับ 1:1:0.1 (w:v:w) หมักนาน 30 วัน จากนั้นกรองน้ำหมักด้วยผ้าขาวบาง น้ำหมักที่ได้เป็นความเข้มข้น 100% เมื่อทำการทดลองจึงทำการเจือจางน้ำหมัก 100% ที่เตรียมไว้ด้วยน้ำประปาที่ปราศจากคลอรีน ทดสอบคุณภาพของน้ำหมักเคย ด้วยวิธีการของ Boyd and Tucker (1992) ได้แก่ ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย และออร์โธฟอสเฟต (น้ำหมักเคย 0.1% ประกอบด้วย ไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย และออร์โธฟอสเฟต เท่ากับ 4.76, 0.14, 5.76 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ)

เตรียมสูตรอาหารทดลอง โดยใช้ สูตร Zarrouk ดัดแปลง (modified Zarrouk Media : mZM) ผสมน้ำหมักเคยในสัดส่วนต่าง ๆ ได้แก่ Zarrouk ดัดแปลง 100% + น้ำหมักเคย 0.5%, Zarrouk ดัดแปลง 100% + น้ำหมักเคย 0.3%, Zarrouk ดัดแปลง 100% + น้ำหมักเคย 0.1%, Zarrouk ดัดแปลง 75% + น้ำหมักเคย 0.5%, Zarrouk ดัดแปลง 75% + น้ำหมักเคย 0.3%, Zarrouk ดัดแปลง 75% + น้ำหมักเคย 0.1%, Zarrouk ดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.5%, Zarrouk ดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.3%, Zarrouk ดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.1%, Zarrouk ดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.5%, Zarrouk ดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.3%, Zarrouk ดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.1% โดยมีสูตร Zarrouk เป็นสูตรควบคุม (สูตร Zarrouk ประกอบด้วย $NaHCO_3$ เท่ากับ 16.8 มก./ลิตร, K_2HPO_4 เท่ากับ มก./ลิตร , $NaNO_3$ เท่ากับ 2.5 มก./ลิตร, K_2SO_4 เท่ากับ 1.0 มก./ลิตร, NaCl เท่ากับ 1.0 มก./ลิตร, $MgSO_4.7H_2O$ เท่ากับ 0.2 มก./ลิตร, $CaCl_2$ เท่ากับ 0.04 มก./ลิตร, $FeSO_4.2H_2O$ เท่ากับ 0.01 มก./ลิตร, EDTA เท่ากับ 0.1 มก./ลิตร. A5 เท่ากับ 1.0 มล. และ B6 เท่ากับ 1.0 มล. สูตร Zarrouk ดัดแปลง 100% หมายถึง อาหารที่ใช้ส่วนประกอบหลักของ Zarrouk ซึ่งไม่มี A5 และ B6) รวม 13 สูตรอาหาร สูตรอาหารละ 3 ซ้ำ

ดำเนินการทดลองโดยเติมหัวเชื้อสไปรูลิน่าที่เตรียมไว้ ลงในสูตรอาหารทดลองให้มีความหนาแน่นของเซลล์ (Optical density:OD) เริ่มต้น 0.5 $\pm$ 0.05 ค่า OD วัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร (nm) ตามวิธีการของ Thaiudomsub (2010) เลี้ยงในสภาพแสงธรรมชาติ เติมอากาศให้สาหร่ายหมุนเวียนรับแสงสว่างและธาตุอาหารอย่างสม่ำเสมอ เลี้ยงจนกระทั่งความหนาแน่นสูงที่สุดจึงยุติการทดลอง ทำการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ, แคโรทีนอยด์ (Parsons *et al*., 1984) และไฟโคไซยานิน (Evans, 1988) และเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลโดยกรองด้วยผ้ากรองขนาดตา 40 ไมโครเมตร ล้างน้ำสะอาดและนำผลผลิตชีวมวลที่ได้อบ ณ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995) ทำการตรวจวัดการเจริญของสไปรูลิน่า โดยการวัดความหนาแน่นเซลล์ (OD, 560 nm) อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง และความเข้มแสงทุกวันระหว่างทำการทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วย Duncan’s new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง และปริมาณโปรตีน ของสไปรูลิน่าเลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่าง ๆ พบว่าความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงสุด (OD_{max}) ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่ากับ 2.886-3.420 ระยะเวลาในการเจริญเติบโตสูงสุด 18-24 วัน แต่มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยและปริมาณโปรตีนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) น้ำหนักแห้งเฉลี่ยมีค่า 1.70-2.64 มก./ลิตร และปริมาณโปรตีนเฉลี่ยมีค่า 58.75-73.11% สไปรูลิน่าที่เลี้ยงในอาหารเกือบทุกสูตรมีน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างจากที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk ส่วนสไปรูลิน่าที่เลี้ยงในอาหารสูตรดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.5% และสูตรดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.1% มีน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีนน้อยกว่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk และสำหรับสไปรูลิน่าที่เลี้ยงในอาหารสูตรดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.1% มีน้ำหนักแห้งแตกต่างจากสูตร Zarrouk อย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน (Table 1)

Table 1 Maximum Growth performance of *Spirulina* in different medium

Medium	Time (Day)	Cell density (OD_{max})	Biomass (g DW/l)	Protein (%)
Zarrouk	20	3.314 ± 0.125^{ns}	2.22 ± 0.51^{ab}	66.73 ± 5.16^{abc}
mZM100 % + KF0.5 %	20	3.319 ± 0.107^{ns}	2.64 ± 0.43^{a}	71.20 ± 1.16^{a}
mZM100 % + KF0.3 %	24	3.242 ± 0.054^{ns}	2.33 ± 0.29^{ab}	67.06 ± 4.85^{abc}
mZM100 % + KF0.1 %	19	3.227 ± 0.163^{ns}	2.24 ± 0.37^{ab}	61.41 ± 6.67^{bc}
mZM75 % + KF0.5 %	19	3.228 ± 0.451^{ns}	2.31 ± 0.14^{ab}	64.27 ± 7.65^{abc}
mZM75 % + KF0.3 %	20	3.420 ± 0.502^{ns}	2.58 ± 0.14^{a}	64.76 ± 4.67^{abc}
mZM75 % + KF0.1 %	20	3.365 ± 0.143^{ns}	2.26 ± 0.08^{ab}	71.82 ± 4.47^{a}
mZM50 % + KF0.5 %	19	2.950 ± 0.123^{ns}	2.21 ± 0.29^{ab}	68.07 ± 4.88^{abc}
mZM50 % + KF0.3 %	20	3.251 ± 0.028^{ns}	2.14 ± 0.08^{ab}	73.11 ± 2.08^{a}

Table 1 (Continued)

Medium	Time (Day)	Cell density (OD_{max})	Biomass (g DW/l)	Protein (%)
mZM50 % + KF0.1 %	18	2.886 ± 0.126^{ns}	1.77 ± 0.32^{c}	63.84 ± 2.87^{abc}
mZM25 % + KF0.5 %	18	3.067 ± 0.598^{ns}	1.94 ± 0.18^{c}	58.75 ± 1.20^{c}
mZM25 % + KF0.3 %	20	3.308 ± 0.136^{ns}	2.03 ± 0.15^{ab}	70.85 ± 6.50^{ab}
mZM25 % + KF0.1 %	18	3.167 ± 0.520^{ns}	1.70 ± 0.64^{c}	59.10 ± 5.47^{c}

ZM = Zarrouk Medium, mZM = modified Zarrouk Medium (25-100%), KF = Krill Fermented Water (0.1-0.5%).
All data are presented as Mean±SD of triplicated, different superscript for significant difference at $p<0.05$. ns=non-significant

ปริมาณรงควัตถุทั้ง 3 ชนิด คือ คลอโรฟิลล์เอ, แคโรทีนอยด์ และไฟโคไซยานิน ในสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 2) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีค่า 22.64- 7.35 มก./ลิตร ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยเกือบทุกสูตรอาหารมีค่าใกล้เคียงกับที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk ส่วนสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.5%, สูตรดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.1% และสูตรดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.1% มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอน้อยกว่าที่เลี้ยงด้วย Zarrouk อย่างมีนัยสำคัญ

แคโรทีนอยด์ มีค่า 6.87-9.01 มก./ลิตร ปริมาณแคโรทีนอยด์ของสไปรูลิน่าที่เลี้ยงทุกสูตรอาหารมีค่าใกล้เคียงกับที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk ทั้งนี้สไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลง 100% + น้ำหมักเคย 0.3% มีค่ามากที่สุด 9.01 มก./ลิตร ส่วนสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.5%, สูตรดัดแปลง 100% + น้ำหมักเคย 0.1%, สูตรดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.1% และสูตรดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.1% มีปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยกว่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk ดัดแปลงอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

ไฟโคไซยานิน มีค่า 20.09-32.55 มก./ลิตร สไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลง 75% + น้ำหมักเคย 0.3% มีปริมาณไฟโคไซยานินสูงที่สุด และสูงกว่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารอื่น ๆ มีปริมาณไฟโคไซยานินใกล้เคียงกับที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร Zarrouk

Table 2 Photosynthetic content in *Spirulina* under various medium.

Medium	Chlorophyll a (mg/l)	Carotenoids (mg/l)	Phycocyanin (mg/l)
Zarrouk	**26.79 ± 0.22[ab]**	**8.12 ± 0.26[abcd]**	**22.34 ± 1.53[bcd]**
mZM100 % + KF0.5 %	**27.35 ± 0.29[a]**	8.82 ± 0.44[a]	27.24 ± 4.23[abc]
mZM100 % + KF0.3 %	26.62 ± 0.67[ab]	**9.01 ± 0.70[a]**	25.81 ± 5.57[abcd]
mZM100 % + KF0.1 %	24.86 ± 1.85[abc]	7.17 ± 0.65[cd]	24.68 ± 1.24[bcd]
mZM75 % + KF0.5 %	26.55 ± 1.13[ab]	8.39 ± 1.43[abc]	**32.55 ± 5.48[a]**
mZM75 % + KF0.3 %	27.14 ± 0.90[a]	8.70 ± 1.15[a]	25.05 ± 2.43[bcd]
mZM75 % + KF0.1 %	26.88 ± 0.56[ab]	8.37 ± 0.68[abc]	20.09 ± 1.51[d]
mZM50 % + KF0.5 %	25.88 ± 0.70[abc]	7.86 ± 0.53[abcd]	27.31 ± 4.49[abc]
mZM50 % + KF0.3 %	26.89 ± 0.95[ab]	8.55 ± 0.66[ab]	29.04 ± 1.56[ab]
mZM50 % + KF0.1 %	22.85 ± 1.88[c]	6.89 ± 0.76[d]	22.81 ± 1.84[bcd]
mZM25 % + KF0.5 %	23.50 ± 2.04[bc]	7.25 ± 1.21[bcd]	23.54 ± 4.45[bcd]
mZM25 % + KF0.3 %	24.50 ± 3.53[abc]	8.38 ± 0.52[abc]	26.95 ± 3.26[abcd]
mZM25 % + KF0.1 %	22.64 ± 3.64[c]	6.87 ± 1.03[d]	21.15 ± 5.38[cd]

ZM = Zarrouk Medium, mZM = modified Zarrouk Medium (25-100%), KF = Krill Fermented Water (0.1-0.5%).
All data are presented as Mean±SD of triplicated, different superscript for significant difference at $p<0.05$

จากการตรวจสอบอุณหภูมิ และความเป็นกรด-เบส (pH) ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงสภาพแสงธรรมชาติ ที่มีความเข้มแสง 7,570 ถึง >50,000 ลักซ์ (lux) อุณหภูมิมีค่า 28.8-37.5 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-เบส 8.96 - 11.20 (Table 3)

Table 3 Temperature and pH of *Spirulina* under various medium

Medium	Temperature (°c)	pH
Zarrouk	37.0 - 29.6	9.10 - 10.67
mZM100 % + KF0.5 %	37.5 - 29.2	8.96 - 10.54
mZM100 % + KF0.3 %	36.5 - 28.8	9.01 - 10.65
mZM100 % + KF0.1 %	30.2 - 36.9	9.04 - 10.62
mZM75 % + KF0.5 %	29.3 - 36.8	9.06 - 10.51
mZM75 % + KF0.3 %	30.0 - 36.7	9.12 - 10.39

Table 3 (Continued)

Medium	Temperature (°c)	pH
mZM75 % + KF0.1 %	30.0 - 36.8	9.08 - 10.51
mZM50 % + KF0.5 %	29.9 - 36.8	9.26 - 10.82
mZM50 % + KF0.3 %	29.3 - 36.6	9.22 - 10.28
mZM50 % + KF0.1 %	30.0 - 36.7	9.39 - 11.20
mZM25 % + KF0.5 %	29.4 - 36.7	9.46 - 10.78
mZM25 % + KF0.3 %	29.5 - 36.7	9.47 - 10.34
mZM25 % + KF0.1 %	29.8 - 36.5	9.47 - 10.69

ZM = Zarrouk Medium, mZM = modified Zarrouk Medium (25-100%), KF = Krill Fermented Water (0.1-0.5%).
All data are presented as Mean±SD of triplicated.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าระยะเวลาในการเลี้ยงจนการเจริญเติบโตสูงสุดใช้ (ความหนาแน่นสูงสุด) 18-24 วัน ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Ruangsomboon *et al*. (2010) ที่ใช้ปุ๋ยผสมมูลสุกรเลี้ยง *Spirulina platensis* เข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อเลี้ยงได้ 21-27 วัน ระหว่างที่ทำการทดลองเป็นช่วงฤดูฝน แม้ว่าจะมีบางช่วงสไปรูลิน่าจะได้รับแสงซึ่งมีความเข้มสูงมาก (>50,000 lux) สูงเกินกว่าความเข้มแสงที่เหมาะสม คือ 4,000-5,000 ลักซ์ (Nakamura, 1982; Ajayan *et al*., 2012) แต่ก็เป็นเพียงช่วงสั้น ๆ เพียงวันละประมาณ 3-4 ชั่วโมง ซึ่งการได้รับแสงความเข้มสูงข้างต้นเป็นระยะเวลาติดต่อกันไม่นาน และความหนาแน่นของสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เกิดขึ้นยังช่วยพรางแสงให้กันและกัน แสงจึงอาจส่งผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงของสไปรูลิน่าไม่มาก

ความหนาแน่นเซลล์สูงสุด (OD, 560nm) ของสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk และสูตรดัดแปลงผสมน้ำหมักเคยในสัดส่วนที่แตกต่างกัน มีค่า 2.886-3.420 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่น้ำหนักแห้ง (1.70-2.64 กรัม/ลิตร) ปริมาณโปรตีน (58.75-73.11%) และรงควัตถุชนิดต่าง ๆ (คลอโรฟิลล์เอ 22.64-27.35 มก./ลิตร, แคโรทีนอยด์ 6.87-9.01 มก./ลิตร และไฟโคไซยานิน 20.09-32.55 มก./ลิตร) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นเซลล์ของสไปรูลิน่าเมื่อเลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลงผสมน้ำหมักเคยในสัดส่วนต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างจากที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk เนื่องจากสไปรูลิน่าสามารถปรับตัวทำให้สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีสารอาหารอยู่น้อยลงหรือในที่มีปริมาณสารอาหารต่ำมาก ๆ (Thaiudomsub, 2010) แต่สไปรูลิน่ามีคุณสมบัติทางโภชนาการแตกต่างกัน

สไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk มีน้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน คลอโรฟิลล์เอ แคโรทีนอยด์ และไฟโคไซยานิน 2.22 กรัม/ลิตร, 66.73 มก./ลิตร, 26.79 มก./ลิตร, 8.12 มก./ลิตร และ 22.34 มก./ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่พบในสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลง 100%, 75% และ 50% ที่ผสมน้ำหมักเคยในสัดส่วนต่าง ๆ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ

โดยปริมาณโปรตีนที่พบในสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk และสูตรดัดแปลง 100%, 75% และ 50% มีปริมาณโปรตีนเกือบไม่แตกต่างกัน มีแนวโน้มว่าปริมาณโปรตีนของสไปรูลิน่าที่เลี้ยงในสูตรดัดแปลงที่ผสมน้ำหมักเคยจะมีค่าสูงกว่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk สอดคล้องกับ Thaiudomsub (2010) ที่พบว่าการเลี้ยงสไปรูลิน่าด้วยสูตร Zarrouk ที่มีสารอาหารครบ 100% ตามสูตร และที่มีสารอาหารเพียงครึ่งของ Zarrouk มีปริมาณโปรตีนเกือบไม่แตกต่างกันคือ 64.10 และ 63.54% ตามลำดับ การลดปริมาณสารอาหารในสูตร Zarrouk ปกติลง 50% ไม่มีผลต่อคุณภาพทางโภชนาการของสไปลิน่าที่เพาะเลี้ยง แต่การผสมน้ำหมักอินทรีย์ทำให้สไปรูลิน่ามีคุณภาพดีขึ้นมาก เช่นเดียวกับ Ruangsomboon et al. (2010) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยอย่างง่ายประกอบด้วย $NaHCO_3$ 1 กรัม/ลิตร $NaNO_3$ 0.15 กรัม/ลิตร และ K_2HPO_4 0.03 กรัม/ลิตร ผสมมูลสุกรหมัก 0.5, 2.0 และ 7.5 กรัม/ลิตร เลี้ยงสไปรูลิน่า ทำให้สไปรูลิน่ามีผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 1.93-2.83 กรัม/ลิตร ปริมาณโปรตีน 63.19-69.73% ซึ่งสูงกว่าสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรอย่างง่ายโดยไม่ผสมมูลสุกรอย่างมีนัยสำคัญ

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าสามารถลดสารอาหารในสูตรดัดแปลงได้จนถึง 50% และเมื่อผสมน้ำหมักเคย 0.3% ในสูตร Zarrouk ดัดแปลง 50% ทำให้สไปรูลิน่ามีโปรตีนสูงถึง 73.11% ซึ่งมีค่าสูงที่สุด ส่วนสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.5% และ 0.1% มีปริมาณโปรตีนและน้ำหนักแห้ง ต่ำกว่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.3% อย่างมีนัยสำคัญ คือ มีค่า 58.75-59.10% ของน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสูตร Zarrouk ดัดแปลง 25% มีความเข้มข้นของไนโตรเจนต่ำมาก จึงมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนต่ำกว่าสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรอื่น ๆ Nagarajan and Nagarajan (2013) รายงานว่าสไปรูลิน่าที่เลี้ยงในอาหารสูตรที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงจะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเลี้ยงในอาหารสูตรที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนต่ำกว่า แม้ว่าจะลดปริมาณสารอาหารลงแต่สไปรูลิน่ายังมีน้ำหนักแห้งและโปรตีนไม่แตกต่างหรืออาจมีสูงกว่าสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk ซึ่งมีสารอาหารครบ 100% ตามสูตร เป็นเพราะในน้ำหมักเคยมีทั้งธาตุอาหารหลักซึ่งประกอบด้วยแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต อาจมีธาตุอาหารรอง และสารเร่งบางปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของสไปรูลิน่าที่มีในน้ำหมักจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งมีประสิทธิภา พสามารถกระตุ้นกลไกทางชีวเคมีในการสร้างโปรตีนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าสารเคมีในสารละลาย A5 และ B6 ในอาหารสูตร Zarrouk ปกติ (Thaiudomsub, 2010)

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ แคโรทีนอยด์ และไฟโคไซยานิน ในสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk ดัดแปลงผสมน้ำหมักเคยเกือบทุกสูตรมีแนวโน้มดีกว่าที่พบในสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วย Zarrouk แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ในสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.1% และสูตรดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.1% มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ 23.50 $\pm$ 2.04 มก./ลิตร และ 22.64 $\pm$ 3.64 มก./ลิตร ตามลำดับ ต่ำกว่าที่พบในสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณไฟโคไซยานินสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลง 75% + น้ำหมักเคย 0.5% มีค่า 32.55 $\pm$ 5.48 มก./ลิตร สูงกว่าที่เลี้ยงด้วย Zarrouk 22.34 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าปริมาณรงควัตถุในสไปรูลิน่าที่พบสูงที่สุดมาจากสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลงผสมน้ำหมักเคยในอัตราส่วนต่าง ๆ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ, แคโรทีนอยด์ และไฟโคไซยานิน พบสูงสุดในสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลง 100% + น้ำหมักเคย 0.5% สูตรดัดแปลง 100% + น้ำหมักเคย 0.3% และสูตรดัดแปลง 75% + น้ำหมักเคย 0.5% ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Thaiudomsub (2010) ซึ่งพบว่าการเลี้ยงสไปรูลิน่าในอาหารสูตร Zarrouk ดัดแปลง ร่วมกับน้ำหมักจากสัตว์ จะมีปริมาณไฟโคไซยานินสูงกว่าที่เลี้ยงในอาหารสูตรเคมีเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเติมน้ำหมัก

เคยลงในสูตรดัดแปลง สามารถเพิ่มปริมาณไนโตรเจน และยังทำให้ สไปรูลิน่าสามารถใช้สารอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณรงควัตถุต่าง ๆ ที่พบมีแนวโน้มสูงกว่าที่พบในสูตร Zarrouk ยกเว้นในสูตรดัดแปลงที่มีปริมาณสารอาหารน้อยมาก Jaiduang and Prommana (2020) รายงานว่าปริมาณไฟโคไซยานินจะลดลงเมื่อไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ดังนั้นการเพิ่มปริมาณไฟโคไซยานินในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สามารถทำได้ด้วยการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในอาหารเพาะเลี้ยง Rajeswarl and Deepika (2017) รายงานว่าสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารอินทรีย์จากของเหลือทางการเกษตรที่มีองค์ประกอบหลากหลาย (ส่วนผสมของเปลือกบีทรูธ ใบองุ่น รากสนทะเล รำข้าว และแกลบ) จะมีมวลชีวภาพ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, แคโรทีนอยด์ และไฟโคไซยานิน สูงกว่าที่เลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk

ในการทดลองครั้งนี้อุณหภูมิของน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 28.8–37.5 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-เบส มีค่าอยู่ระหว่าง 8.96–11.20 ซึ่งมีค่าสูงกว่าระดับที่สไปรูลิน่าสามารถเจริญเติบโตได้อย่างหนาแน่นเพียงเล็กน้อย จึงอาจจะส่งผลให้ระยะเวลาที่สไปรูลิน่าเจริญสูงสุดนานกว่าปกติเล็กน้อย

จากผลการศึกษาพบว่าสูตร Zarrouk ดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.3% มีความเหมาะสมสำหรับใช้เลี้ยงสไปรูลิน่าแทนสูตร Zarrouk มากที่สุด เนื่องจากสามารถลดต้นทุนค่าสารเคมีและสารตกค้างในแหล่งน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ว่าความหนาแน่น น้ำหนักแห้ง คุณค่าทางโภชนาการของสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.3% และสูตรดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.3% จะมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ แต่ค่าของน้ำหนักแห้ง โปรตีน คลอโรฟิลล์เอ แคโรทีนอยด์ และไฟโคไซยานิน มีแนวโน้มที่ดีกว่าคือมีค่าสูงกว่า โดยมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดและปริมาณไฟโคไซยานินสูงเป็นอันดับที่ 2 รองจากสูตรดัดแปลง 75% + น้ำหมักเคย 0.5%

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการเพาะเลี้ยงสไปรูลิน่าด้วยสูตรอาหารที่มีการดัดแปลงสูตร Zarrouk ผสมกับน้ำหมักเคยในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดยมีสูตร Zarrouk ดัดแปลง 100%, 75%, 50% และ 25% ผสมน้ำหมักเคย 0.5%, 0.3% และ 0.1% รวม 12 สูตรอาหาร และมีสูตร Zarrouk ปกติ เป็นชุดควบคุม พบว่าสไปรูลิน่าที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่าง ๆ มีความหนาแน่นเซลล์สูงสุดเฉลี่ย (OD, 560 nm) 2.950–3.420 น้ำหนักแห้ง 1.70–2.64 กรัม/ลิตร ปริมาณโปรตีน 58.75–73.11 มก./ลิตร คลอโรฟิลล์เอ 22.64–27.35 มก./ลิตร แคโรทีนอยด์ 6.87-9.01 มก./ลิตร และไฟโคไซยานิน 20.09-32.55 มก./ลิตร โดยความหนาแน่นเซลล์สูงสุดเฉลี่ยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่น้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน และรงควัตถุต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า สไปรูลิน่าที่เลี้ยงในเกือบทุกสูตรอาหารให้น้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน และรงควัตถุ ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นสไปรูลิน่าในสูตร Zarrouk ดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.1%, Zarrouk ดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.5% และสูตร Zarrouk ดัดแปลง 25% + น้ำหมักเคย 0.1% ที่มีน้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน และรงควัตถุ ต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ และพบว่าสูตร Zarrouk ดัดแปลง 50% + น้ำหมักเคย 0.3% มีความเหมาะสมสำหรับเลี้ยงสไปรูลิน่า เนื่องจากใช้สารเคมีน้อยที่สุด แต่ให้ผลในด้านต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากการเลี้ยงด้วยสูตร Zarrouk จึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำหมักเคยสามารถนำมาทดแทนธาตุอาหารรอง (A5 และ B6) ในอาหารสูตร Zarrouk ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีน และปริมาณไฟโคไซยานิน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ผู้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในปีงบประมาณ ขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร ในการอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์สำหรับดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Ajayan, K.V., M. Selvaraja and K. Thriugnanamoorthy. 2012. Enrichment of chlorophyll and phycobiliproteins in *Spirulina platensis* by the use of reflector light and nitrogen sources: an in-vitro study. **Biomass and Bioenergy** 47: 436-441.

AOAC. 1995. **Official Method of Analysis**. 16thed. Arlington: The Association of Official Analytical Chemists. 1588 p.

Boyd, C.E. and C.S. Tucker. 1992. **Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture**. Auburn: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University. 183 p.

Evans, L.V. 1988. **The Effects of Spectral Composition and Irradiance Level on Pigment Levels in Seaweeds**. Master Thesis. Prince of Songkla University. 133 p. [in Thai]

Jaidaung, A. and R. Prommana. 2019. Phycocyanin, allophycocyanin and phycoerythrin in *Spirulina platensis* cultivated in 4 culture media. **Naresuan Phayao J**. 12(2): 46-49.

Melack, J.M. and P. Kiham. 1974. Photosynthetic rates of phytoplankton in east African alkaline, saline lakes. **Limnology and Oceanography** 19(5): 743-755.

Nagarajan, P. and S. Nagarajan. 2013. Effect of different nitrogen concentrations on the biomass and biochemical constituents of *Spirulina platensis* [Geitler]. **Asian Journal of Bio Science** 8(2): 245-247.

Nakamura, H. 1982. Spirulina : Food for hungry world. California: Boulder Creek. 215 p.

Parsons, T.R., Y. Maita and C. Lalli. 1984. **A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis**. Oxford: Pergamon Press. 173 p.

Putchan, W. 2006. **Phycology.** Bangkok: O.S. Printing House. 517 p. [in Thai]

Rajeswarl, P. and K. Deepika. 2017. Formulation of organic medium for the cultivation of spirulina using agro-wastes. **International Research Journal of Biological Sciences** 6(3): 52-54.

Ruangsomboon, S., S. Choochote and P. Taveekijakarn. 2010. Nutritional value and pigment content of *Spirulina platensis* grown in diluted pig waste. **Journal of Fisheries Technology** 4(2): 34-43. [in Thai]

Thaiudomsub, S. 2010. **Cultivation of *Spirulina platensis* (Gomont) Geitler in organic media**. Master Thesis. Prince of Songkla University. 133 p. [in Thai]

Session 13

ภาคบรรยาย

สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์โดย *Rhodotorula rubra* MJU11 ร่วมกับแบคทีเรียโปรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* TISTR1338 ในโคนเห็ดถั่งเช่าสีทอง

The Optimal Conditions of Carotenoid Production by *Rhodotorula rubra* MJU11 in Combination with Probiotic Bacteria *Lactobacillus acidophilus* TISTR1338 in *Cordyceps militaris*

ณัฐพร จันทร์ฉาย* ศิริพร สายบัว และอัญศญา บุญประจวบ

Nuttaporn Chanchay*, Siriporn Saybua and Ansaya Boonprajaub

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

Agro-Industrial Biotechnology, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: nuttapornchanchay@gmail.com

Abstract

The optimal conditions of carotenoids production by *R. rubra* MJU11 in combination with probiotic from bacteria *L. acidophilus* TISTR1338 in the base of the *Cordyceps militaris* for application as a dietary supplement in animals. It is shown that after fermentation of the base of the mushroom base. It was found that Golden Cordyceps with *L. acidophilus* TISTR1338 for 48 hours increased inoculation by 3.0×10^9 CFU/g and optimum conditions for carotenoid production were found at 24 hours, humidity at 50%, molasses as a carbon source at 10% (v/w), nitrogen source from ammonium sulfate at 1% (w/w) and growth promoter from yeast extract at 1.5% (w/w) found that the highest content carotenoid was 149.45 micrograms per gram weight of dried *Cordyceps militaris* base and the content antioxidant by DPPH's method was 73.73 percent.

Keywords: carotene, *R. rubra*, *L. acidophilus*, *Cordyceps militaris*, antioxidants

บทคัดย่อ

สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์โดย *R. rubra* MJU11 ร่วมกับโปรไบโอติกจากเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 ในโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองเพื่อประยุกต์ใช้เป็นอาหารเสริมในสัตว์ พบว่า ภายหลังหมักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองร่วมกับสารเสริมชีวนะโดย *L. acidophilus* TISTR1338 นาน 48 ชั่วโมง มีจำนวนเชื้อเพิ่มขึ้น 3.0×10^9 CFU/g และ

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแคโรทีนอยด์ พบว่า ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ความชื้นที่ 50 เปอร์เซ็นต์ แหล่งคาร์บอนจากกากน้ำตาลที่ 10 เปอร์เซ็นต์ (v/w) แหล่งไนโตรเจนจากแอมโมเนียมซัลเฟตที่ 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) และสารส่งเสริมการเจริญเติบโตจากสารสกัดจากยีสต์ที่ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (w/w) พบว่าให้ปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุด เท่ากับ 149.45 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองแห้ง และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เท่ากับ 73.73 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: แคโรทีนอยด์ *R. rubra L. acidophilus* เห็ดถั่งเช่าสีทอง สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

เห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) เป็นเห็ดเมืองหนาว จัดอยู่ในกลุ่มของเห็ดเป็นยา (medicinal mushroom) ปัจจุบันเห็ดถั่งเช่าสีทองถูกนำมาใช้เป็นอาหารเสริมต่าง ๆ เนื่องจากมีสรรพคุณที่หลากหลายในการบำรุงร่างกาย และมีประวัติการใช้งานทางการแพทย์แผนโบราณของจีนมายาวนานนับพันปี มีการวิจัย พบว่า ถั่งเช่ามีสารสำคัญหลายชนิดที่มีผลทางชีวภาพ ได้แก่ คอร์ไดเซปิน (Cordycepin) และกรด Cordycepic ซึ่งช่วยเพิ่มพลังงานภายในร่างกาย และอะดีโนซีน โปรตีน สเตอรอล โพลีแซคคาไรด์ (เบต้ากลูแคน) ชนิด (Beta 1,3 และ Beta 1,6 D–glucan ที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรคในร่างกาย ลดน้ำตาลในเลือด และยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ต่าง ๆ (Kenkhunthod *et al.,* 2016) ดังนั้น เมื่อมีการเพาะขายจำนวนมากจึงเกิดวัสดุเหลือใช้จากเห็ดถั่งเช่าสีทอง คือ โคนเห็ดหรือฐานของเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ทำจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งส่วนใหญ่จะนำไปทิ้งหรือขายให้กับฟาร์มไก่ในราคาถูก แต่ได้มีการศึกษาสารสำคัญในโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองจึงมีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์เพื่อลดการใช้ยาปฏิชีวนะ

สัตว์เศรษฐกิจเป็นสัตว์เลี้ยงที่มีคุณค่าและต้องการปริมาณมากที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจ ตัวอย่างของสัตว์เศรษฐกิจที่เป็นที่รู้จัก เช่น โค กระบือ ไก่ สุกร และสัตว์น้ำ เป็นต้น ปัจจุบันมีการนำเศษเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมมาใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น Chanchay (2016) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์โดย *R. rubra* ร่วมกับสารเสริมชีวนะจากเชื้อ *L. acidophilus* ในฝุ่นข้าวโพดอาหารสัตว์ พบว่า ภายหลังหมักร่วมกับสารเสริมชีวนะสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ และให้ปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุด และ Chanchay *et al.* (2019) ศึกษาการผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพดแบบการหมักแห้ง พบว่า ให้การเจริญเติบโตและปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุด โดยมีปริมาณเซลล์เท่ากับ 18.79 ไมโครกรัมต่อกรัมฝุ่นข้าวโพด และปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 22.60 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง นอกจากนี้ Chanchay and Boonkerd (2019) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อความสามารถต้านอนุมูลอิสระของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 โดยวิธี DPPH พบว่า สภาวะการทดลองที่ประกอบด้วยอาหารที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจน และสารสกัดจากยีสต์เป็นสารส่งเสริมการเจริญเติบโต pH ที่ 5.5 และอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมง พบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงสุด เท่ากับ 99.22 เปอร์เซ็นต์ สำหรับโคนเห็ดถั่งเช่า Srithavorn *et al*. (2019) พบว่า เมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบถั่งเช่าโดยวิธี DPPH assay พบค่า IC_{50} เท่ากับ 0.48 มก.ต่อมล. และ Leejae *et al*. (2015) ได้

ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนข้าวหอมมะลิมีค่า IC_{50} ประมาณ 227.1-560.5 ไมโครกรัมต่อมล. ดังนั้น แคโรทีนอยด์นอกจากจะมีประโยชน์ในการเพิ่มสีแล้วยังมีบทบาทต่อระบบภูมิคุ้มกันเนื่องจากเป็นหนึ่งในสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งใช้เพื่อรักษาโรคและเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารแทนยาสังเคราะห์ เพื่อต้องการลดความเป็นพิษของสารเคมีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของสัตว์

การศึกษาครั้งนี้จะนำของเสียจากเห็ดถั่งเช่าสีทองมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพิ่มมูลค่าของโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองมาเสริมร่วมกับแคโรทีนอยด์จากจุลินทรีย์ทำเป็นอาหารเสริมให้สัตว์ โดยหมักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ผ่านการทำให้แห้งร่วมกับเชื้อ *R. rubra* MJU11 และทำการศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ที่จะนำไปทำเป็นอาหารสัตว์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างโคนเห็ดถั่งเช่าสีทอง และจุลินทรีย์

นำโคนเห็ดถังเช่าสีทองมาอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส แล้วนำมาทำให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร และนำเชื้อ *R. rubra* MJU11 และ *L. acidophilus* TISTR1338 จากห้องปฏิบัติการชีวนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ โดยเลี้ยง *R. rubra* MJU11 ในอาหาร nutrient broth ปริมาตร 500 มล. และ *L. acidophilus* TISTR1338 ในอาหาร De Man, Rogosa and Sharpe ปริมาตร 500 มล. จากนั้นนำไปบ่มที่ตู้บ่มแบบเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 37 ชั่วโมง โดยให้มีค่า McFarland standard No. 0.5 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร โดยให้มีค่า Absorbance อยู่ที่ 0.08

การศึกษาอิทธิพลของเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 ต่อเชื้อปนเปื้อน

ทำการหมักเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 ปริมาตร 500 มล. ร่วมกับโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียด 100 กรัม จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์เริ่มต้น และตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ *L. acidophilus* TISTR1338 ที่เหลืออยู่หลังทำการหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากครบ 48 ชั่วโมง ให้ทำการฆ่าเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 โดยการเปิดให้อากาศเข้า และตรวจสอบจำนวนเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 และเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ โดยวิธี plate count agar (Chanchay, 2016)

การศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการหมักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองร่วมกับ *R. rubra* MJU11

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

ทำการหมักหัวเชื้อ *R. rubra* MJU11 ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ กับโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 เติมแหล่งคาร์บอนจากกากน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) แหล่งไนโตรเจนจากแอมโมเนียมซัลเฟต 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) และปริมาณสารส่งเสริมการเจริญเติบโตจาก yeast extract 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ทำการเลี้ยงและเก็บตัวอย่างในชั่วโมงที่ 0, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Chanchay, 2016) และบันทึกชั่วโมงที่ให้ปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุด

ศึกษาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

ทำการหมักเชื้อ *R. rubra* MJU11 กับโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 โดยมีปริมาณความชื้น 40, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ และมีแหล่งคาร์บอนจากกากน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) แหล่งไนโตรเจนจากแอมโมเนียมซัลเฟต 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) และ yeast extract 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) หมักเป็นระยะเวลาหนึ่ง (ผลจากการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ของ *R. rubra* MJU11) จากนั้นจึงเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Chanchay, 2016) และบันทึกความชื้นที่ให้ปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุด

ศึกษาปริมาณคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

ทำการหมักเชื้อ *R. rubra* MJU11 กับโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 โดยมีปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (ผลจากศึกษาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์) และมีแหล่งคาร์บอนจากกากน้ำตาลต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:20 ที่ 0, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (v/w) แหล่งไนโตรเจนจากแอมโมเนียมซัลเฟต 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) และ yeast extract 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) หมักเป็นระยะเวลาหนึ่ง (ผลจากการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ของ *R. rubra* MJU11) วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Chanchay, 2016) และบันทึกปริมาณคาร์บอนจากกากน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

ศึกษาปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

ทำการหมักเชื้อ *R. rubra* MJU11 กับโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 โดยมีปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (ผลจากศึกษาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์) และมีปริมาณไนโตรเจนจากแอมโมเนียมซัลเฟตที่ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (w/w) แหล่งคาร์บอนจากกากน้ำตาลที่เหมาะสม (ผลจากการศึกษาปริมาณคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์) และ yeast extract 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) หมักเป็นระยะเวลาหนึ่ง (ผลจากการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ของ *R. rubra* MJU11) นำไปวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Chanchay, 2016) และบันทึกปริมาณไนโตรเจนจากแอมโมเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

ศึกษาปริมาณ yeast extract ที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

หมัก *R. rubra* MJU11 ร่วมกับโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 ในระยะเวลา ปริมาณความชื้น ปริมาณแหล่งคาร์บอน และแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ที่สุด โดยศึกษาปริมาณ yeast extract ที่ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (w/w) และนำไปวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Chanchay, 2016) จากนั้นบันทึกผล

การศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระหลังจากที่ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม

จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระหลังจากศึกษาสภาวะต่าง ๆ เรียบร้อย โดยใช้วิธี DPPH ซึ่งจะใช้สาร 2,2-dimethyl-1-picrylhydrazy 0.0986 กรัม และละลายในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 250 มล. เพื่อให้ได้ความเข้มข้น DPPH ที่ 1.0 มิลลิโมล และทำการปรับความเข้มข้นให้เป็น 0.1 มิลลิโมล จากนั้นใช้เครื่องดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 514 นาโนเมตร (Chanchay, 2016)

การวิเคราะห์

การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Chanchay, 2016)

$$E^{1\%}_{1cm} = 1,900$$

1.Absorbance–10% of Absorbance ....(a)

2. $\dfrac{(a) \times 10,000}{1,900}$ ....(b)

3. $\dfrac{(b) \times [(\text{Acetone extract 5 ml}) + (\text{Distilled water 1 ml}) + (\text{Ethyl acetate 2 ml}) + (\text{Acetone 30 ml})]}{(\text{Sample 5 g}) \times (\text{Acetone extrac 5 ml}) \times 1,000,000}$ ...(c)

4. C = Carotenoid contents (μg/g dry weight)

การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (Chanchay, 2016)

%Inhibition = (Initial absorbance-Final absorbance)/Initial absorbance ×100

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาอิทธิพลของเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 ต่อเชื้อปนเปื้อน และปริมาณแคโรทีนอยด์เริ่มต้น

จากการหมักเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 ปริมาตร 500 มล. ร่วมกับโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียด และตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์หลังทำการหมัก และวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์เริ่มต้น พบว่า หลังหมักเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 ร่วมกับโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดนาน 48 ชั่วโมง มีจำนวนเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 เพิ่มขึ้น เท่ากับ 3.0×10^{9} CFU/g จากเชื้อเริ่มต้นที่ 1.5×10^{8} CFU/g และมีปริมาณแคโรทีนอยด์เริ่มต้นเท่ากับ 19.70 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดแห้ง และพบว่า สามารถช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ เนื่องจากไม่พบการรอดชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์ แต่ยังคงเหลือเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338

ผลการศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการหมักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองร่วมกับ *R. rubra* MJU11

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแคโรทีนอยด์ของเชื้อ *R. rubra* MJU11 ภายหลังหมักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดด้วย *L. acidophilus* TISTR1338 โดยจะเก็บตัวอย่างทุก 0, 24, 48, และ 72 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Table 1) พบว่า ระยะเวลา 24 ชั่วโมง *R. rubra* MJU11 สามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้สูงสุด เท่ากับ 114.74 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดอบแห้ง รองลงมาคือที่ 0, 48 และ 72 ชั่วโมงได้ปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 98.98, 64.42 และ 60.93 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดอบแห้ง ตามลำดับ ($p\leq0.05$)

Table 1 The time for the production of carotenoids

Time (hr.)	Carotenoid Content (μg/g dry weight)
Control	19.70 ± 0.26^{e}
0	98.97 ± 0.69^{b}
24	114.74 ± 1.59^{a}
48	64.42 ± 0.69^{c}
72	60.93 ± 0.45^{d}
F-test	*

ศึกษาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

ปริมาณความชื้นสำหรับการผลิตแคโรทีนอยด์ของเชื้อ *R. rubra* MJU11 ภายหลังหมักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดด้วย *L. acidophilus* TISTR1338 และทำการเก็บตัวอย่างความชื้นที่ 40, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ทำการหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Table 2) พบว่า ที่ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ *R. rubra* MJU11 สามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้สูงสุด เท่ากับ 93.52 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดอบแห้ง รองลงมา คือ ความชื้นที่ประมาณ 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ได้ปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 65.33 และ 28.19 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดอบแห้ง ตามลำดับ ($p\leq0.05$)

Table 2 The quantity of moisture suitable for the production of carotenoids

Moisture (%)	Carotenoid Content (μg/g dry weight)
Control	19.70 ± 0.26^{d}
40	65.33 ± 0.26^{b}
50	93.52 ± 0.26^{a}
60	28.19 ± 0.45^{c}
F-test	*

ศึกษาปริมาณคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

ปริมาณคาร์บอนจากกากน้ำตาลที่ปริมาณ 0, 10, 15 และ 20 มล. ภายหลังหมักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดด้วย *L. acidophilus* TISTR1338 ที่ความชื้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังทำการหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Table 3) พบว่า กากน้ำตาลที่ปริมาณ 10 มล. ส่งผลให้เชื้อ *R. rubra* MJU11 สามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 124.44 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดอบแห้ง รองลงมา คือ ที่ประมาณ 15, 20 และ 0 มล. ได้ปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 67.84, 46.38 และ 44.86 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดอบแห้ง ตามลำดับ ($p\leq0.05$)

Table 3 The quantity of carbon content suitable for the production of carotenoids

Carbon content %(V/W)	Carotenoid Content (μg/g dry weight)
Control	70.18 ± 1.14^{d}
10	124.44 ± 0.52^{a}
15	46.38 ± 0.45^{b}
20	44.86 ± 0.26^{c}
F-test	*

ศึกษาปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

ปริมาณไนโตรเจนจากแอมโมเนียมซัลเฟตที่ปริมาณ 0, 0.5, 1 และ1.5 กรัม ภายหลังทำการหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Table 4) พบว่า ไนโตรเจนจากแอมโมเนียมซัลเฟตที่ปริมาณ 1 กรัม ส่งผลให้เชื้อ *R. rubra* MJU11 สามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 128.0075 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดอบแห้ง รองลงมา คือ 1.5, 0.5 และ 0 กรัม ได้ปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 83.18, 78.97 และ 44.71 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดอบแห้ง ตามลำดับ ($p \leq 0.05$)

Table 4 The quantity of nitrogen suitable for the production of carotenoids

Nitrogen %(W/W)	Carotenoid Content (μg/g dry weight)
Control	44.71 ± 0.52^{d}
0.5	78.97 ± 0.69^{c}
1	128.00 ± 0.76^{a}
1.5	83.18 ± 0.41^{b}
F-test	*

ศึกษาปริมาณสารส่งเสริม yeast extract ที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

จากการศึกษาปริมาณสารสกัดจากยีสต์ที่ปริมาณ 0, 0.5, 1 และ1.5 กรัม(%W/W) ภายหลังทำการหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Table 5) พบว่า สารสกัดจากยีสต์ที่ปริมาณ 1.5 กรัม ส่งผลให้เชื้อ *R. rubra* MJU11 สามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 149.45 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดอบแห้ง รองลงมา คือ 1, 0.5 และ0 กรัม ได้ปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 115.80, 84.12 และ 66.69 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดอบแห้ง ตามลำดับ ($p \leq 0.05$)

Table 5 The quantity of yeast extract suitable for the production of carotenoids

yeast extract %(W/W)	Carotenoid Content (μg/g dry weight)
Control	66.69±0.69[d]
0.5	84.12±0.90[c]
1	115.80±0.90[b]
1.5	149.45±0.69[a]
F-test	*

ผลการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระหลังจากที่ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม

จากผลการทดลองการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในโคนเห็ดถั่งเช่าอบแห้งหลังจากได้ศึกษาสภาวะต่าง ๆ โดยใช้วิธี DPPH ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 514 นาโนเมตร (Table 6) ปรากฏว่ามีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ที่ 73.73 เปอร์เซ็นต์ (Table 6)

Table 6 The amount of free antifouling compounds in *Cordyceps militaris* base, baked, was investigated by several surveys using the DPPH method

Example	% Inhibition
DPPH+cordyceps powder (before)	27.53±0.15[b]
DPPH+cordyceps powder (after)	73.73±0.31[a]
F-test	*

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการหมักโคนเห็นถั่งเช่าสีทองอบแห้งบดละเอียด 100 กรัม ร่วมกับ *L. acidophilus* TISTR1338 เพิ่มความเป็นกรดนาน 48 ชั่วโมง พบว่า สามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองอบแห้งบดละเอียดได้ใกล้เคียงกับ Chanchay (2016) ที่หมักฝุ่นข้าวโพดร่วมกับ *L. acidophilus* พบว่า สามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ และ Prathitang (2014) ที่หมักกากถั่วเหลืองแห้งร่วมกับ *L. acidophilus* พบว่า สามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ และเมื่อนำมาหมักร่วมกับเชื้อ *R. rubra* MJU11 โดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 24 ชั่วโมง ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอนจากกากน้ำตาล 10 %(V/W) ปริมาณไนโตรเจนจากแอมโมเนียมซัลเฟต 1 %(W/W) และปริมาณสารสกัดจากยีสต์ 1.5 %(W/W) ภายหลังหมักร่วมกับสารเสริมชีวนะให้ปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุด เท่ากับ 149.45 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่า สีทองบดละเอียดอบแห้ง ใกล้เคียงกับ Chanchay (2016) ทดสอบการผลิตรงควัตถุแคโรทีนอยด์จากเชื้อยีสต์ *R. rubra* จากฝุ่นข้าวโพดภายหลังหมักร่วมกับสารเสริมชีวนะ พบว่า ที่ระยะเวลา 48

ชั่วโมง ความชื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอนจากกากน้ำตาลปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ร่วมกับไนโตรเจนจากแอมโมเนียมซัลเฟต เท่ากับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (w/w) และปริมาณสารสกัดจากยีสต์ เท่ากับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ให้ปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุด เท่ากับ 62.63 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง ใกล้เคียงกับ Prathitang (2014) สภาวะที่เหมาะสมบางประการในการผลิตแคโรทีนอยด์โดย *R. rubra* ร่วมกับ *L. acidophilus* TISTR1338 ในกากถั่วเหลือง พบว่า ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ความชื้นประมาณ 40-45 เปอร์เซ็นต์ แหล่งคาร์บอนจากน้ำตาลกลูโคส แหล่งไนโตรเจนจากยูเรีย สามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 36.1168 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักกากถั่วเหลืองแห้ง และ Srithavorn *et al.* (2019) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบถั่งเช่าโดยวิธี DPPH assay พบว่า มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.48 มิลลิกรัมต่อมล. Leejae *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า สารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนข้าวหอมมะลิมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ IC_{50} ประมาณ 227.1-560.5 ไมโครกรัมต่อมล. จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ รวมถึงองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ที่อยู่ในโคนเห็ดถั่งเช่าสีทอง อุณหภูมิ และค่า pH เป็นต้น ส่วนปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองนั้นมีอยู่น้อย อาจจะเกิดจากที่เป็นส่วนของโคนเห็ด แต่เมื่อนำมาศึกษาโดยการนำมาหมักร่วมกับ *R. rubra* พบว่า มีปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เพราะ *R. rubra* มีความสามารถในการผลิตแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นกลุ่มหนึ่งในสารต้านอนุมูลอิสระ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าการหมักโคนเห็นถั่งเช่าสีทองอบแห้งบดละเอียด 100 กรัม ร่วมกับ *L. acidophilus* TISTR1338 เพื่อเพิ่มความเป็นกรดนาน 48 ชั่วโมง พบว่า สามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ และเมื่อนำมาหมักร่วมกับเชื้อ *R. rubra* MJU11 เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอนจากกากน้ำตาล 10 มล. ปริมาณไนโตรเจนจากแอมโมเนียมซัลเฟต 1 กรัม และปริมาณสารสกัดจากยีสต์ปริมาณ 1.5 กรัม พบว่า ให้ปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุดเท่ากับ 149.45 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักโคนเห็ดถั่งเช่าสีทองบดละเอียดอบแห้ง และมีสารต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 73.73 เปอร์เซ็นต์ โดยในเห็ดถั่งเช่ามีสารอาหารจำพวกพอลิแซกคาไรด์ สารประกอบโพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียมซึ่งมีผลในการส่งเสริมการเจริญของเชื้อ *L. acidophilus* TISTR1338 ทำให้ *R. rubra* สามารถนำแหล่งอาหารที่ได้จากหมักเห็ดถั่งเช่าสีทองไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้การศึกษาสภาวะอื่น ๆ เช่น แหล่งคาร์บอนชนิดอื่น แหล่งไนโตรเจนชนิดอื่น สารส่งเสริมชนิดอื่น และอุณหภูมิที่เหมาะสม หรือการใช้ CCD ในการศึกษาควรมีการศึกษาวิธีการวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระวิธีอื่น ๆ ควรมีการนำไปศึกษานั้นต่อในสัตว์เศรษฐกิจเพื่อดูผลที่ได้ และควรมีการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระว่าจัดอยู่ในกลุ่มใด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chanchay, N. 2016. Optimal Condition for Carotenoid Production by *Rhodotorula rubra* in Conjunction with Probiotic from *Lactobacillus acidophilus* by Using Corn Dust as Substrates. **Journal of Prawarun Agricultural.** 13(1): 61-69. [in Thai]

Chanchay, N. and S. Boonkerd. 2019. Optimization antioxidant ability of *Rhodotorula rubra* MJU18. **King Mongkut's Journal of Agriculture** 37(1): 69-77. [in Thai]

Chanchay, N., A. Siangsuebchart and S. Boonkerd. 2019. Optimization using Central Composite Design (CCD) for the carotenoid production from *Rhodotorula rubra* MJU18 on corn dust by solid state fermentation. **King Mongkut's Journal of Agriculture** 37(2): 332-341. [in Thai]

Kenkhunthod, T., S. Chaiyapat and S. kongsri. 2016. Development of Beverage Product from Cordyceps Militaris. pp. 460-467 *In* **The RSU National Research Conference, April 29 2016.** Pathumthani: Rangsit University. [in Thai]

Leejae, S., N. Bakasathae, W. Intamon, C. Korkitphaisan, T. Sudsai and A. Praphaiwong. 2015. Antioxidant Activity of Caterpillar Fungus (*Cordyceps militaris*) Grown on Rice Berry and Jasmine Rice. pp. 210-217. *In* **The RSU National Research Conference 2015, April 24, 2015.** Pathum thani: Rangsit University. [in Thai]

Prathitang, R. 2014. Determination of some suitable conditions for carotenoid production by *Rhodotorula rubra* with *Lactobacillus acidophilus* TISTR 1338 in soybean meal for use in animal feed industry. Bachelor of Science. Maejo University. Phrae: Maejo University. 12 p. [in Thai]

Srithavorn, M., P. Watata, C. Phromla and S. Chinnawong. 2019. Antibacterial and antioxidant activities of fruiting body and mycelium crude extracts from *Cordyceps militaris*. **Veridian E-Journal.** 6(5): 33-47. [in Thai]

การยอมรับเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่
Acceptance of Natural Enemy Products Technology Among Farmers in Chiang Mai Province

มนตรี สิงหะวาระ[1*] รัชนียา บังเมฆ[2] ศมาพร แสงยศ[3] สุรเดช ไชยมงคล[4] และสมชาย อารยพิทยา[4]
Montri Singhavara[1*], Ratchaneeya Bangmek[2], Samaporn Saengyot[3]
Suradet Chaimongkol[4] and Somchai Arayapitaya[4]
[1]สาขาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2]สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[3]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[4]กองเทคโนโลยีดิจิตอล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[1]Department of Economics, Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[2]Department of Accountant, Faculty of Business Administration, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[3]Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[4]Digital Technology Division, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
*Corresponding author: montri_sh@gmaejo.mju.ac.th

Abstract

The objective of this study was to take a gander at the variables that impact the acceptance of natural enemy products in Chiang Mai Province. The study's samples comprised 150 rice farmers and 150 cruciferous farmers. The Logit model was used to examine the factors that influence acceptance. The research results found that age (AGE), level of education (EDU), number of labor (LAB), cost (COST), attitude towards organic agriculture (ATTA), knowledge of organic agriculture (KNOWA), and perception of natural enemies (PER) all had a statistically significant effect on the acceptance of natural enemy products ($P<0.10$). Moreover, this study found that older farmers had higher levels of acceptance than younger farmers, as older farmers were concerned about pesticide residues because they wanted to stay healthy and long life.

Keywords: acceptance, natural enemies products, logit model

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ศัตรูธรรมชาติ ในจังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาคือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวจำนวน 150 ราย และเกษตรกรผู้ปลูกพืชพืชตระกูลกะหล่ำจำนวน 150 ราย ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับโดยใช้แบบจำลองโลจิท (Logit model) ผลการศึกษาพบว่า อายุ (AGE) ระดับการศึกษา (EDU) จำนวนแรงงาน (LAB) ต้นทุน (COST) ทัศนคติเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ (ATTA) ความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ (KNOWA) การรับรู้ต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ (PER) มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.10$) ยิ่งไปกว่านั้นการศึกษาในครั้งนี้ยังค้นพบว่าเกษตรกรวัยสูงอายุมีการยอมรับที่สูงกว่าเกษตรกรที่มีอายุน้อยเนื่องจากมีความกังวลต่อการตกค้างของสารเคมีทางการเกษตรเพราะอยากมีสุขภาพที่ดีและมีชีวิตที่ยืนยาว

คำสำคัญ: การยอมรับ ผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติ แบบจำลองโลจิท

คำนำ

เกษตรอินทรีย์ (organic farming) เป็นระบบเกษตรทางเลือกอีกระบบหนึ่งที่ใช้พื้นฐานของหลักการทางนิเวศมาประยุกต์ใช้กับการเกษตร เพื่อแก้ปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติที่ถูกทำลายไป (Tancho, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับองค์การสหประชาชาติ (UN) มีการตั้งเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน หรือ Sustainable Development Goals (SDGs) ซึ่งเป้าหมายนี้มีแนวคิดที่มองการพัฒนาเป็นมิติ (Dimensions) ของเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมให้มีความเชื่อมโยงกัน โดยประเทศไทยให้ความสนใจเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ซึ่งสอดคล้องกับแผน พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ยุทธศาสตร์ที่ 4 การเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน มีงานวิจัยด้านต่าง ๆ ที่พยายามตอบวัตถุประสงค์ของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ในยุทธศาสตร์ดังกล่าว และรวมไปถึงการศึกษาครั้งนี้

การทำเกษตรอินทรีย์นั้นจะต้องปราศจากการใช้สารเคมีในทุก ๆ ขั้นตอนการผลิต หนึ่งในขั้นตอนการผลิตที่ไม่ควรมองข้ามนั้นคือ ขั้นตอนของการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช มีวิธีการในการจัดการกับแมลงที่เป็นศัตรูของพืชหลากหลายวิธี อาทิ การใช้สมุนไพรฉีดพ่น การใช้พันธุ์พืชต้านทานโรคหรือแมลง และการใช้แมลงศัตรูธรรมชาติเป็นอีกวิธีหนึ่งในการจัดการกับแมลงที่เป็นศัตรูของพืช จากการศึกษาของ Saengyot *et al.* (2021) ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนาโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติ ซึ่งโรงงานดังกล่าวเป็นโรงงานเพื่อสังคมของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติให้เหมาะสมกับการกำจัดแมลงที่เป็นศัตรูของพืชชนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการควบคุมแมลงที่เป็นศัตรูของพืช ซึ่งถือได้ว่าเป็นสินค้าแห่งปัจจัยการผลิตใหม่อย่างหนึ่ง เพราะเดิมทีแมลงดังกล่าวมีอยู่ตามธรรมชาติแต่กำลังลดน้อยลงเรื่อย ๆ จากการทำการเกษตรที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการศึกษาครั้งนี้จึงต้องการศึกษาว่าหากมีการส่งเสริมให้ใช้แมลงศัตรูธรรมชาติซึ่งถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีทางการเกษตรอย่างหนึ่ง การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แมลงศัตรูธรรมชาติที่สำคัญ 3 ชนิด ได้แก่ มวนพิฆาต มวนเพชฌฆาต และแตนเบียนไข่ไตรโคแกรมม่า เนื่องจากผลลัพธ์ในการควบคุมแมลงที่เป็นศัตรูข้าวของแมลงทั้ง 3 ชนิดนี้ได้ผลเป็นอย่างมาก โดยจะเลือกศึกษาในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากเป็นพื้นที่ ที่มีการผลิตข้าวและพืชตระกูลกะหล่ำอินทรีย์ที่สำคัญแห่ง

หนึ่งในประเทศไทย ถือเป็นจุดเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับดูแนวโน้มการยอมรับปัจจัยการผลิตใหม่ของการศึกษาครั้งนี้ อีกทั้งพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ใกล้กับโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติหากเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจต้องการทดลองใช้หรือศึกษาเพิ่มเติมจะสามารถทำได้ง่ายมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ

จากข้อมูลและเหตุผลต่าง ๆที่ได้กล่าวมาในข้างต้นทั้งหมดนำมาสู่ การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวและพืชตระกูลกะหล่ำในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ อันจะนำไปสู่การสนับสนุนให้เกิดการเกษตรแบบยั่งยืนเป็นไปตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่สนับสนุนให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน หรือ Sustainable Development Goals (SDGs) ตามแนวทางขององค์การสหประชาชาติ (UN)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การยอมรับเทคโนโลยี หมายถึงการนำเอานวัตกรรมใหม่ สิ่งใหม่ หรือการปฏิบัติใหม่ๆ ไปดัดแปลงเข้ากับการปฏิบัติเดิมของแต่ละบุคคลที่เคยทำอยู่แล้ว ซึ่งก่อนที่บุคคลใดจะมีการยอมรับนั้นจะต้องผ่านกระบวนการพิจารณาและตัดสินใจหลากหลายขั้นตอน (Rogers, 2003) เช่นเดียวกับการยอมรับเทคโนโลยีเกษตร ซึ่งจะมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ ที่แตกต่างกันไป ตามลักษณะของเทคโนโลยีและพื้นที่ (Ngernpoolsap, 2013) จากการศึกษาของ Pawasuttikul (2008); Simtowe *et al*. (2011); Tey and Brindal (2012); Kiruthika (2014) พบว่า สภาพเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร ซึ่งอาจจะประกอบไปด้วย อายุ การศึกษา รายได้ แรงงาน ประสบการณ์ในการทำการเกษตร ล้วนมีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกร ทั้งนี้การศึกษาของ Adesina and Zinnah (1993) กล่าวว่าเกษตรกรได้รับรู้ว่าเทคโนโลยีหรือสิ่งนั้นนำมาใช้แล้วเกิดประโยชน์และสร้างผลตอบแทนที่น่าพอใจต่อตนเอง ก็จะมีแนวโน้มที่จะยอมรับและใช้เทคโนโลยีนั้นต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey research) โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บ รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยมีการดำเนินการศึกษาดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวและเกษตรกรผู้ปลูกพืชตระกูลกะหล่ำที่ยื่นคำขอรับมาตรฐาน GAP ในปีการผลิต 2561/2562 ในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่จะเป็นตัวแทนของประชากรจากสูตรของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie and Morgan, 1970) ในระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้จำนวน 300 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นผู้ปลูกข้าว 150 ตัวอย่าง และผู้ปลูกพืชตระกูลกะหล่ำ 150 ตัวอย่าง ทำการสอบถามในช่วงเดือน มกราคมถึงเมษายน พ.ศ. 2564

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ได้ทำการสร้างแบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกข้าวและพืชตระกูลกะหล่ำ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก 1) ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร 2) ข้อมูลเกี่ยวกับราคาต้นทุนในการกำจัดแมลงศัตรูพืช และ 3) ลักษณะการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชและทัศนคติด้านต่าง ๆ ซึ่งเกษตรกรเป็นผู้ให้ระดับคะแนนในแต่ละประเด็นย่อยใน 5 ระดับ (Likert scale) (Likert, 1932) โดยมีการสอบถามความการยอมรับผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ มวนพิฆาต มวนเพชฌฆาตและแตนเบียนไข่ไตรโคแกรมม่า การสอบถามมีขั้นตอนต่อไปนี้ 1) กลุ่มของผู้เก็บแบบสอบถามทำการเปิดสื่อการเรียนรู้ เพื่อจะทำการอธิบายประโยชน์ของการใช้แมลงศัตรูธรรมชาติการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชและอัตราการใช้ โดยผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้น (มีไข่จำนวน 300 ฟอง สำหรับมวนพิฆาตกับมวนเพชฌฆาต และประมาณ 20,000 ฟองสำหรับแตนเบียนไข่ไตรโคแกรมม่า) มีประสิทธิภาพในการจำกัดศัตรูพืชได้ 1 ไร่ 2) เกษตรกรจะถูกสอบถามให้ตัดสินใจในการเลือกใช้หรือยอมรับที่จะใช้ผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติ อีกทั้งมีการตรวจสอบความแม่นยำของแบบสอบถามโดยนำไปตรวจสอบความเที่ยงตรง และคำนวณหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยวิธีการของครอนบรัค (Cronbach, 1951) โดยค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.75

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรรวมไปถึงราคาต้นทุนในการกำจัดแมลงศัตรูพืชและลักษณะการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชรวมถึงทัศนคติความคิดเห็นด้านต่าง ๆ และมีการใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อยอมรับผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติด้วยแบบจำลองโลจิตทวินาม (Logit Model) (Wiboonpongse, 2006) สมการที่ใช้ศึกษามูลค่าและปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจจ่ายผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติทั้ง 3 รูปแบบ แสดงได้ดังนี้

$$ACC_i = Constant + b_1GEN + b_2AGE + b_3EDU + b_4EXPA + b_5LAB + b_6INC + b_7 COST + b_8ATTA + b_9ATTP + b_{10}KNOWA + b_{11}PER + b_{12}TYPE + u_i$$

ตัวแปร ACC คือ การยอมรับ (1=ยอมรับ 0=ไม่ยอมรับ)

ตัวแปร GEN คือ เพศของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตัวแปร AGE คือ อายุของผู้ตอบแบบสอบถาม (ปี)

ตัวแปร EDU คือ ระดับการศึกษาสูงสุดของผู้ตอบแบบสอบถาม (0=ไม่ได้รับการศึกษา 1=ประถมศึกษา 2=มัธยมศึกษา 3=ปริญญาตรี 4=สูงกว่าปริญญาตรี)

ตัวแปร EXPA คือ ประสบการณ์การทำเกษตร (ปี)

ตัวแปร LAB คือ จำนวนแรงงานในขั้นตอนของการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช (คน)

ตัวแปร INC คือ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (บาท)

ตัวแปร COST คือ ค่าใช้จ่ายด้านการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชเฉลี่ยต่อไร่ (บาท)

ตัวแปร ATTA คือ ทัศนคติเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ (Likert scale 5 ระดับ)

ตัวแปร ATTP คือ ทัศนคติเกี่ยวกับคุณลักษณะสินค้า (Likert scale 5 ระดับ)

ตัวแปร KNOWA คือ ความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ (Likert scale 5 ระดับ)

ตัวแปร PER คือ การรับรู้เกี่ยวกับแมลงศัตรูธรรมชาติ (Likert scale 5 ระดับ)

ตัวแปร TYPE คือ ชนิดของพืชที่ทำการเกษตร (1=ข้าว 0=พืชตระกูลกระหล่ำ)

สมมติฐาน

Table 1 แสดงสมมติฐานงานวิจัยที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม โดยมีพื้นฐานแนวคิดจากการทบทวนและสังเคราะห์งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

Table 1 Research hypotheses

Variable	Direction relationship with acceptance	Explanation / Reason
Gender	+	This is because, according to previous studies, the majority of farmers are men rather than women. And in most jobs, males are more accepting than females.
Age	-	Younger respondents were more accepting because they were better knowledgeable about organic farming than older ones. which senior farmers may continue to follow traditional farming techniques.
Education	+	Respondents with higher education levels were more accepting. Because of the opportunity to receive news and realize the benefits of organic farming is more than those with low education.
Farming experience	-	The acceptability of respondents with a lot of agricultural expertise was low. This might be linked to traditional agricultural techniques

Table 1 (Continued)

Variable	Direction relationship with acceptance	Explanation / Reason
Average income	-	Respondents with a high income level have a high level of acceptance. Because income represents purchasing power, high-income families are more likely to adopt new technologies.
Cost	-	If such an increase in inputs raises the cost, expenses are connected to income. Respondents may be less accepting.
Attitudes toward organic agriculture	+	The respondents had a high level of knowledge about organic farming. Show that these consumers are ready for organic farming and you may have a good acceptance rate.
Attitudes toward product characteristics	-	The choice of the product, it is important to attribute it to the farmers' high expectations about the product, reflects the fact that farmers may not tolerate crop damage. That shows that acceptance is declining because natural enemy products are not as fast as chemicals.
Knowledge of organic agriculture	+	The respondents had a high level of knowledge about organic farming. It shows that those consumers who are ready for organic farming may have a good acceptance rate.
Perception	+	Respondents who perceived the presence of natural enemy showed that those consumers would know the benefits. would have higher acceptance.

source: form literature review

ผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร

เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 61 มีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 54 ปี นั้นแสดงว่าส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่อยู่ในวัยที่จะส่งมอบอาชีพให้รุ่นต่อไปหรือทายาทได้ทำต่อ อีกทั้งยังพบเกษตรกรที่มีอายุมากที่สุดอยู่ที่ 77 ปี นั้นแสดงให้เห็นว่าการเป็นเกษตรกรนั้นไม่จำกัดอายุขึ้นอยู่กับกำลังแรงกายที่สามารถทำได้เป็นอาชีพที่เป็นเจ้านายตนเอง การศึกษาของกลุ่มตัวอย่างเฉลี่ยอยู่ในช่วงมัธยม ประสบการณ์การทำเกษตรมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 26.74 หรือประมาณ 27 ปี จำนวนแรงงานในกระบวนการดูแลและกำจัดแมลงศัตรูเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 2 คน ในส่วนของรายได้พบว่า มีรายได้เฉลี่ยเท่ากับ 12,753.54 บาทต่อเดือน ต้นทุนการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช พบว่ามีต้นทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 532 บาทต่อไร่ โดยต้นทุนดังกล่าวเป็นต้นทุนโดยประมาณต่อหนึ่งรอบการผลิตและได้รวมกับค่าแรงในการกำจัดศัตรูพืชแล้ว ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติในด้านต่าง ๆ ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นทัศนคติด้านเกษตรอินทรีย์ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.62 แสดงว่าเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างนั้นมีทัศนคติที่ดีอย่างยิ่งต่อการเกษตรอินทรีย์ ทัศนคติด้านการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.80 แสดงว่า ลักษณะของผลิตผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชนั้นมีความสำคัญสูงต่อเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง ในส่วนของระดับความรู้เกี่ยวกับการทำเกษตรอินทรีย์พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.54 ถือว่าเป็นระดับที่ค่อนข้างสูงอาจมีสาเหตุมาจากเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเป็นเกษตรกรที่ทำการเกษตรแบบปลอดภัยไปถึงขั้นทำเกษตรแบบอินทรีย์จึงทำให้ความรู้ในส่วนนี้ค่อนข้างมาก ถัดมาเป็นการรับรู้ถึงแมลงศัตรูธรรมชาติ พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.22 แสดงว่าเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างรู้จักแมลงศัตรูธรรมชาติในระดับที่เคยได้ยินรู้จักทราบถึงประโยชน์ แต่ไม่ถึงกับแยกแยะสายพันธุ์หรือเพาะพันธุ์ได้ ประกอบกับแมลงศัตรูธรรมชาติค่อนข้างจะหาได้ยากในระบบนิเวศ ปัจจุบันเกษตรรุ่นใหม่ ส่วนใหญ่จึงรู้จักน้อยลงเรื่อย ๆ

ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติของเกษตรกร

จากการศึกษาพบว่ามีตัวแปรอิสระ จำนวน 6 ตัวแปร มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูพืช Table 2 ทั้งนี้ก่อนการวิเคราะห์ตัวแปรอิสระทุกตัวได้ถูกตรวจสอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งพบว่าตัวแปรอิสระทุกตัวที่จะนำมาวิเคราะห์มีค่าสถิติดังกล่าวต่ำกว่า 0.75 แสดงว่าสามารถนำตัวแปรมาวิเคราะห์ได้โดยไม่เกิดปัญหา Multicollinearity (Kaiwan, 2014) ในการวิเคราะห์ได้ทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองด้วย Hosmer-Lemeshow test ซึ่งพบว่าค่าสถิติดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.1$)แสดงว่าแบบจำลองมีความเหมาะสม (Vanichbuncha, 2000) และตัวแปรทั้งหมดที่อยู่ในแบบจำลองสามารถอธิบายโอกาสที่จะยอมรับผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติได้ 51.7% (Pseudo R2= 0.517)

จากการศึกษาพบว่าปัจจัยด้านอายุของเกษตรกร (AGE) มีผลในทิศทางเดียวกันกับการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) หมายความว่า เกษตรกรที่มีอายุมากจะมีโอกาสยอมรับเทคโนโลยีนี้มากกว่าเกษตรกรที่มีอายุน้อย และผลกระทบส่วนเพิ่ม (marginal effect) เท่ากับ 0.009 หมายความว่า หากเกษตรกรมีอายุเพิ่มขึ้น จะทำให้โอกาสที่จะยอมรับผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.9 กลับไม่เป็นไปตามสมมติฐานแต่ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของ Xue-Feng *et al*. (2007) ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากเกษตรกรที่มีอายุมากจะมีการรักษาสุขภาพมากขึ้น และ

แสวงหาสิ่งใหม่ ๆ มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในฟาร์มของตัวเอง เกษตรกรส่วนใหญ่มีความกังวลใจต่อการตกค้างของสารเคมีทั้งในร่างกายและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการเพาะปลูกในอดีต

ปัจจัยด้านการศึกษา (EDU) มีผลในทางบวกต่อการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.1$) หมายความว่า เกษตรกรที่มีการศึกษาสูงมีโอกาสยอมผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติมากกว่าเกษตรกรที่มีการศึกษาที่ต่ำกว่า และผลกระทบส่วนเพิ่ม เท่ากับ 0.053 หมายความว่าหากเกษตรกรมีการศึกษาสูงขึ้นจะทำให้มีโอกาสที่จะยอมรับเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.3 โดยผลการศึกษาเป็นไปตามสมมติฐานซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pawasuttikul (2008) ซึ่งอธิบายได้ว่าผู้ที่มีการศึกษาสูงจะมีความเปิดกว้างมากขึ้น สามารถวิเคราะห์และประเมินนวัตกรรมใหม่ ๆ ได้มากกว่าจึงมีโอกาสที่จะรับเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ไปใช้ได้มาก

ปัจจัยจำนวนแรงงาน (LAB) มีผลในทางบวกต่อการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.1$) หมายความว่า เกษตรกรที่มีจำนวนแรงงานในการทำการเกษตรมากมีโอกาสยอมผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติมากกว่าเกษตรกรที่มีจำนวนแรงงานในการทำการเกษตรน้อย และผลกระทบส่วนเพิ่ม เท่ากับ 0.050 หมายความว่าหากเกษตรกรมีจำนวนแรงงานมากขึ้นจะทำให้มีโอกาสที่จะยอมรับเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 โดยผลการศึกษาเป็นไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากเกษตรกรต้องลดการการใช้แรงงาน ซึ่งเป็นต้นทุนสำคัญทางการเกษตร

ปัจจัยค่าใช้จ่ายด้านการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช (COST) มีผลในทางบวกต่อการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.1$) หมายความว่า เกษตรกรที่มีค่าใช้จ่ายสูงมีโอกาสยอมผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติมากกว่าเกษตรกรที่มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และผลกระทบส่วนเพิ่ม เท่ากับ 0.033 หมายความว่าหากเกษตรกรมีค่าใช้จ่ายมากขึ้นจะทำให้มีโอกาสที่จะยอมรับเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.3 โดยผลการศึกษาไม่เป็นไปตามสมมติฐานอาจเป็นเพราะว่าเกษตรกรมีแนวโน้มในการดูแลสุขภาพมากขึ้นจึงยอมที่จะมีต้นทุนที่สูงจากการทำเกษตรแบบอินทรีย์ แทนที่จะเสียเงินไปกับการรักษาสุขภาพเมื่อเกิดโรคจากการทำการเกษตรแบบเคมี

ปัจจัยทัศนคติเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ (ATTA) มีผลในทางบวกต่อการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.1$) หมายความว่า เกษตรกรที่มีระดับทัศนคติเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ที่สูงมีโอกาสยอมผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติมากกว่าเกษตรกรที่มีระดับทัศนคติเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ต่ำ และผลกระทบส่วนเพิ่ม เท่ากับ 0.109 หมายความว่าหากเกษตรกรมีระดับทัศนคติเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์มากขึ้นจะทำให้มีโอกาสที่จะยอมรับเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.9 โดยผลการศึกษาเป็นไปตามสมมติฐานซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Janpa *et al.* (2019) ซึ่งอธิบายได้ว่าผู้ที่มีทัศนคติเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์สูงจะมีแนวโน้มที่จะยอมรับแม้กระทั้งยอมรับตัดสินใจใช้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ (KNOWA) มีผลในทางตรงข้ามต่อการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) หมายความว่า เกษตรกรที่มีระดับความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ที่สูงมีโอกาสยอมผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติน้อยเกษตรกรที่มีระดับความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ต่ำ และผลกระทบส่วนเพิ่ม เท่ากับ -0.176 หมายความว่าหากเกษตรกรมีระดับความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์มากขึ้นจะทำให้มีโอกาสที่จะยอมรับลดลงร้อยละ 17.6 โดยผลการศึกษาไม่เป็นไปตามสมมติฐานอาจเป็นเพราะว่าเมื่อมีความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์มากย่อมมีความรู้ที่หลากหลายหรือรู้จักผลิตภัณฑ์มาก มีทางเลือกวิธีการจำกัดศัตรูพืชที่มากจึงอาจจะทำให้ไม่อยากทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้น

ปัจจัยการรับรู้เกี่ยวกับแมลงศัตรูธรรมชาติ (PER) มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และผลกระทบส่วนเพิ่ม เท่ากับ 0.089 หมายความว่า หากเกษตรกรมีการรับรู้ที่ดีว่าแมลงศัตรูธรรมชาติมีประโยชน์มากและเหมาะแก่การทำเกษตรแบบอินทรีย์ จะมีโอกาสที่จะยอมรับเทคโนโลยีนี้เพิ่มขึ้น ร้อยละ 8.9 โดยผลการศึกษาเป็นไปตามสมมติฐานซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mignouna *et al*. (2011) ซึ่งอธิบายได้ว่า หากเกษตรกรได้รับรู้ว่าเทคโนโลยีหรือผลิตภัณฑ์ใดจะสร้างประโยชน์ให้กับพื้นที่ทางการเกษตรของตนเอง จะมีความสนใจมากขึ้นที่นำเทคโนโลยีนั้นมาทดลองใช้

Table 2 Parameter estimates of determinants of acceptance towards natural enemies products (Logit Model)

Variables	Coefficient	Standard Error	P-value	Marginal effect
Constant	-3.025	2.093	0.100	-
GEN (X1)	-0.130	0.281	0.642	-0.029
AGE (X2)	0.041	0.021	0.047	0.009
EDU (X3)	0.236	0.238	0.097	0.053
EXP (X4)	-0.006	0.015	0.699	-0.001
LAB (X5)	0.223	0.156	0.100	0.050
INCO (X6)	7.82e-07	8.05e-07	0.331	1.74e-07
COST (X7)	0.001	0.001	0.089	3.37e-06
ATTP (X8)	-0.170	0.190	0.372	-0.039
ATTA (X9)	0.489	0.321	0.099	0.109
KNOWA (X10)	-0.787	0.225	0.000	-0.176
PER (X11)	0.398	0.171	0.020	0.089
TYPE(X12)	0.321	0.444	0.469	0.072
No. observations			300	
Log likelihood function			-181.407	
Pseudo R2			0.517	
AIC			388.814	
BIC			436.963	
Hosmer & Lemeshow			0.364	

source : from field survey and calculated

*, **,*** indicate significant at the $p<0.10$, $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.10) คือ อายุ (AGE) ระดับการศึกษา (EDU) จำนวนแรงงาน (LAB) ต้นทุน (COST) ทัศนคติเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ (ATTA) ความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ (KNOWA) การรับรู้ต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ (PER)

ข้อค้นพบและการอภิปรายผลการศึกษาสำคัญที่จะอภิปรายผลในการวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเด็นหลัก ประเด็นแรกจากผลการศึกษาเมื่อเทียบระหว่างเกษตรกรรุ่นใหม่ที่เข้ามาทดแทนกับเกษตรกรสูงอายุที่ยังคงมีอัตราส่วนที่น้อย นอกจากนี้จำนวนแรงงานในครัวเรือนมีค่าเฉลี่ยเพียง 2 คนเท่านั้นโดยส่วนใหญ่เป็นคู่สามีภรรยา จากข้อค้นพบแสดงถึงแรงงานภาคเกษตรมีแนวโน้มลดลง จึงจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีเข้ามาช่วยการจัดการการผลิตให้มีประสิทธิภาพทดแทนแรงงานที่จะหายไปในอนาคต อีกทั้งในปัจจุบันผู้สูงอายุให้ความสนใจทางด้านสุขภาพมากขึ้นก่อให้เกิดการทำเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น และประเด็นที่สองสำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ในทิศทางเดียวกัน คือ อายุ ระดับการศึกษา จำนวนแรงงาน ค่าใช้จ่าย ทัศนคติเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ ความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ การรับรู้ต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ จะเห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเริ่มมาจากอายุนั้นจะเข้ามาช่วยสนับสนุนการรับรู้และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการใช้ผลิตภัณฑ์ศัตรูธรรมชาติ ซึ่งท้ายที่สุดจะนำมาซึ่งยอมรับผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติของเกษตรกรและทางเลือกใหม่ในการกำจัดศัตรูพืชได้อีกทางหนึ่ง

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย จากผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับ พบว่า 1) หากเกษตรกรมีทัศนคติต่อเกษตรอินทรีย์ ความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์และการรับรู้ต่อแมลงศัตรูธรรมชาติในระดับสูงจะทำให้เกษตรกรมีความยอมรับผลิตภัณฑ์ศัตรูธรรมชาติเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ศัตรูธรรมชาติและหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้องกับการทำการเกษตร จึงควรที่จะกระตุ้นความสนใจเรียนรู้ของเกษตรกร เพื่อให้สามารถสนับสนุนโน้มน้าวให้เกษตรกรยอมใช้ผลิตภัณฑ์ศัตรูธรรมชาติอันเป็นปัจจัยการผลิตพืชที่จะนำไปสู่การทำการเกษตรแบบปลอดภัย 2) ภาครัฐควรเร่งรัดกำหนดนโยบายที่ชัดเจนต่อการใช้เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อให้เกิดการศึกษาวิจัยและการเผยแพร่ข้อมูลได้อย่างถูกต้อง นอกจากนั้นปัจจัยด้านอายุของเกษตรกรมีส่วนสำคัญเช่นกัน ดังนั้นการแนะนำรูปแบบของผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติให้เหมาะกับอายุของเกษตรกรจะช่วยให้ง่ายต่อการจัดการและเข้าถึงผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Adesina, A.A., and M.M. Zinnah. 1993. Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: a tobit model application in Sierra Leone. **Agri Econ**. 9: 297-311.

Cronbach, L.J. 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika** 16: 297-334.

Janpa, W., S. Aditto and P. Suriya. 2019. Factors affecting adoption supplementary irrigation technology in sugarcane farming in Khon Kaen Province. **KHON KAEN AGR. J.** 47(4): 749-760. [in Thai]

Kaiwan, Y. 2014. **Multivariate Statistical Analysis for Research**. Bangkok: Chulalongkorn University Press. 616 p. [in Thai]

Kiruthika, N. 2014. Determinants of adoption of drip irrigation in sugarcane cultivation in Tamil Nadu. **American International Journal of Research in Humanities, Arts and Social Sciences** 5: 143-146.

Krejcie, R.V. and D.W. Morgan. 1970. Determining sample size for research activities. **Educational and Psychological Measurement** 30(3): 607-610.

Likert, R. 1932. A technique for measurement of attitudes. **Archives of Psychology** 3(1): 42-48.

Mignouna, D.B., V.M. Manyong, K.D.S. Mutabazi and E.M. Senkondo. 2011. Determinants of adopting imazapyrresistant maize for striga control in Western Kenya. **J Dev Agri Econ.**, 3: 572-580.

Ngernpoolsap, D. 2013. The use of agricultural information among farmers in Pran Buri district, Prachuap Khiri Khan province. **Humanities Journal** 20(20): 160-177. [in Thai]

Pawasuttikul, S. 2008. **Factors Affecting the Adoption of Bio-rice Farming Technology in Suphan Buri.** Master Thesis. Kasetsart University. 95 p. [in Thai]

Rogers, E.M. 2003. **Diffusion of Innovations.** New York: Simon and Schuster. 576 p.

Saengyot, S., P. Nakaya., W. Promwong., P. Kruekum and S. Tatiwong. 2021. **Development of pilot plant for the insect natural enemies mass rearing.** 134 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Simtowe, F., M. Kassie, A. Diagne, S. Silim, E. Muange, S. Asfaw and B. Shiferaw. 2011. Determinants of agricultura technology adoption: The case of improved pigeonpea varieties in Tanzania. **Q. J. Int. Agr.** 50: 325–345.

Tancho, A. 2008. **Earthworm**. 2nd ed.. Chiang Mai: Trio Advertising & Media Co., Ltd. 114 p. [in Thai]

Tey, Y.S. and M. Brindal. 2012. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies. **Precis Agric** 13: 713-730.

Vanichbuncha, K. 2000. **Using SPSS for Windows for Analyze Data**. 2nd ed. Bangkok: C K and S Photo Studio. 560 p. [in Thai]

Wiboonpongse, A. 2006. **Applied Econometrics for Agricultural Marketing**. Chiang Mai: Faculty of Agricultural, Chiang Mai University. 10 p. [in Thai]

Xue-Feng, H., H. Cao, and F.M. Li. 2007. Econometric analysis of the determinants of adoption of rainwater harvesting and supplementary irrigation technology (RHSIT) in the semiarid Loess Plateau of China. **Agric Water Manag** 89: 243–250.

Session 13

ภาคโปสเตอร์

ผลของการใช้เชื้อรากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงงวงมันเทศในมันเทศญี่ปุ่น

Effect of Entomopathogenic Fungi in Controlling of Sweet Potato Weevil in Japanese Sweet Potato

สุภาวดี แก้วระหัน* ปทุมรัตน์ สุขเจริญ ศศินา มุธุวงษ์ ภาษิตา ทุ่นศิริ ภัทร์ลดา สุธรรมวงศ์ สุพัตรา คำเรียง และณัชพล สามารถ

Supawadee Kaewrahun*, Pathumrat Sukjareon, Sasina Mutuwong, Phasita Toonsiri Patlada Suthamwong, Supatra Khamriang and Natchapol Samard

ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand 34190

*Corresponding author: supawadee.k@ubu.ac.th

Abstract

This research aims to investigate application of entomopathogenic fungi in controlling sweet potato weevil in Japanese sweet potato. The research was conducted at the experimental field, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University. The experimental design was split plot in Randomized Complete Block Design with three replications. The main plots were cultivars of sweet potato including 2 cultivars, 1) Purple-Okinawa sweet potato and 2) Orange-Okinawa sweet potato. Subplots were application of entomopathogenic fungi including 3 applications, (1) without spraying entomopathogenic fungi (water), (2) spraying *Beauveria* sp. and (3) spraying *Metarizium* sp. The rate of spraying was a gram of entomopathogenic fungi per a liter of water, then spraying 100 milliliters per a plant every 7 days after planting. The sweet potatoes were harvested at 108 days after planting. Duncan's multiple range test (DMRT) at 95% confidence was used to compare the difference among treatments. The results showed that stem dry weight of 2 sweet potato cultivars were not significantly different. The stem dry weight of Purple-Okinawa sweet potato tended to be higher than Orange-Okinawa sweet potato. Weight of marketable tuber per a plant of Orange-Okinawa sweet potato and diameter of tuber were higher than Purple-Okinawa sweet potato. As a result, the yield per rai of Orange-Okinawa sweet potato (3,407 Kilograms/Rai) was more likely than Purple-Okinawa sweet potato (2,874 Kilograms/Rai). The sweetness of Orange-Okinawa cultivar (12% Brix) was more than the Purple-Okinawa cultivar (7% Brix). The sweetness was positively correlated with the percentage infestation of sweet potato weevil. The *Beauveria* sp. and *Metarizium* sp. were capable to control the sweet potato weevil approximately 30%

relative to the application without spraying entomopathogenic fungi. *Metarizium* sp. was a tendency to reduce the severity of the infestation of sweet potato weevil than using the *Beauveria* sp.

Keywords: sweet potato, *Beauveria* sp., *Metariazium* sp.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการใช้เชื้อรากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงงวงมันเทศญี่ปุ่น ทำการทดลองในสภาพแปลงทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot in Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ โดย main plot เป็น พันธุ์มันเทศ มี 2 พันธุ์ 1) พันธุ์ม่วงโอกินาวา 2) พันธุ์ส้มโอกินาวา และ subplot เป็น การได้รับการพ่นเชื้อรา มี 3 ระดับ คือ (1) ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) (2) เชื้อราบิวเวอเรีย และ (3) เชื้อราเมธาไรเซียม อัตราใช้เชื้อ 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร จำนวน 100 มิลลิลิตรต่อต้น ทุก 7 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยวมันเทศ ที่อายุ 108 วันหลังปลูก เปรียบเทียบความแตกต่างของตำรับทดลองโดยวิธี Duncan’s multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลอง พบว่า การสร้างน้ำหนักแห้งส่วนต้นของมันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีแนวโน้มมากกว่าสายพันธุ์ส้มโอกินาวา น้ำหนักหัวที่ขายได้ต่อต้นของสายพันธุ์ส้มโอกินาวา และเส้นผ่าศูนย์กลางหัว มากกว่าสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา ทำให้ผลผลิตต่อไร่สายพันธุ์ส้มโอกินาวา (3,407 กิโลกรัมต่อไร่) มีแนวโน้มมากกว่า สายพันธุ์ม่วงโอกินาวา (2874 กิโลกรัมต่อไร่) ความหวานของสายพันธุ์ส้มโอกินาวา (12 เปอร์เซ็นต์บริกซ์) มากกว่าสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา (7 เปอร์เซ็นต์บริกซ์) ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศ เชื้อราบิวเวอเรียและเชื้อราเมธาไรเซียมสามารถควบคุมด้วงงวงมันเทศได้ประมาณ ร้อยละ 30 เทียบกับการไม่ใช้เชื้อ และเชื้อราเมตาไรเซียมมีแนวโน้มลดความรุนแรงในการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศได้ดีกว่าการใช้เชื้อราบิวเวอเรีย

คำสำคัญ: มันเทศ เชื้อราบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม

คำนำ

มันเทศ *(Ipomoea batatas* Lamk., F., Convulaceae) เป็นพืชที่สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย มันเทศเป็นพืชอายุสั้น เจริญได้ในดินแทบทุกชนิด แม้ในอากาศร้อนแห้งแล้ง และมีการดูแลน้อย ในทุกส่วนของมันเทศญี่ปุ่นสามารถใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ได้ และเป็นส่วนสำคัญในการผลิตแอลกอฮอล์ การผลิตมันเทศมักประสบปัญหาการเข้าทำลายของแมลงหลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ หนอนเจาะเถามันเทศ *(Omphisa anastomosalis* G.) และหนอนผีเสื้อเหยี่ยว (*Agrius convolvuli* L.) และด้วงงวงมันเทศ (*Cylas formicarius* F.) จัดเป็นแมลงชนิดที่สำคัญที่สุด Wechayan and Malee (2011) รายงานลักษณะการเข้าทำลายมันเทศของด้วงงวง ที่สามารถเข้าทำลายได้ทุกระยะของการเจริญเติบโต ในช่วงเดือนแรกจะพบการเข้าทำลายเฉพาะบริเวณต้นและเถา หลังจากมันเทศญี่ปุ่นอายุ 1.5 เดือน หรือ

ในบางพื้นที่อายุ 2-2.5 เดือน พบการเข้าทำลายหัว เพราะเป็นระยะเริ่มมีหัว โดยตัวเต็มวัยเพศเมียจะเจาะใต้ผิวเปลือก แล้ววางไข่เป็นฟองเดี่ยวในหัวและเถามันเทศญี่ปุ่น หัวมันเทศญี่ปุ่นที่ถูกทำลายจะมีลักษณะร่องรอยเป็นทางคดเคี้ยวในหัวมันเทศ มีสีเขียวและสีดำ แม้ถูกทำลายเพียงเล็กน้อย ทำให้ไม่สามารถรับประทานได้ เนื่องจากหัวมันเทศญี่ปุ่นมีการตอบสนองต่อการทำลาย โดยผลิตสาร terpene phytoalexin หรือ ipomeamarone ซึ่งเป็นสารที่มีรสขมและมีกลิ่นเหม็น ทำให้ตลาดไม่ยอมรับ การแพร่กระจายของด้วงงวงมันเทศญี่ปุ่นมีแนวโน้มเป็นแบบการรวมกลุ่มของตัวเต็มวัย จะออกบินในช่วงเวลา 20.00 -21.00 น. ซึ่งส่วนใหญ่ เป็นเพศผู้ ส่วนช่วงเช้า (8.00-9.00 น.) และกลางวัน (12.00-13.00 น.) ไม่พบตัวเต็มวัยออกบิน จำนวนตัวเต็มวัยจะพบปริมาณเพิ่มขึ้น ตามอายุพืช และพบสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยว

การป้องกันกำจัดด้วงงวงมันเทศที่ผลิตแบบอินทรีย์มีหลายวิธี ได้แก่ การใช้สารชีวภัณฑ์ในกลุ่มเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย หรือใช้เชื้อราร่วมกับเชื้อแบคทีเรีย และการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคในแมลง Smit (2010) รายงานการใช้เชื้อรา *Beauveria bassiana* และ *Metarrhizium anisopliae* ร่วมกับเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* โดยเชื้อราเข้าทำลายด้วงงวงมันเทศญี่ปุ่นในระยะตัวเต็มวัย ส่วนเชื้อแบคทีเรียจะเข้าทำลายในระยะตัวหนอน Capinera and Epsky (1992) รายงานการใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* และ *Heterorhabditis bacteriophora* ซึ่งเป็นไส้เดือนฝอยที่ก่อโรคในแมลง เพื่อควบคุมกำจัดด้วงงวงมันเทศ ในทางตอนใต้ของฟลอริดา สำหรับในประเทศไทย วิธีการป้องกันกำจัดด้วงงวงมันเทศของเกษตรกรคือ การใช้สารฆ่าแมลงในกลุ่ม Orgonophosphate และฟูราดาน มากที่สุด มีสารเคมีหลายชนิด ได้แก่ cartap imidacloprid isoprocarb (Nunart *et al.*, 2012) dinotefuran carbosulfan chlorpyrifos triazophos fipronil (Department of Agriculture, 2002) นอกจากนั้นยังมีการใช้สารกลิ่นเพศ (Sex pheromone) ร่วมในการบริหารจัดการศัตรูพืช ซึ่งประสบผลสำเร็จอย่างสูง โดยให้ผลผลิตสูงถึง 3.3 ตัน/ไร่ (Attajarusit, 2002) การใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae Steinernema riobravae* และ *Steinernema siamkayai* ในการควบคุมด้วงงวงมันเทศ (Wechayan and Malee, 2011) ส่วนการศึกษาด้านการใช้ชีวภัณฑ์ในการควบคุมกำจัดด้วงงวงในประเทศไทยยังมีข้อมูลน้อย ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการควบคุมด้วงงวงมันเทศโดยการใช้เชื้อเมธาไรเซียมและเชื้อบิวเวอเรียในมันเทศ 2 สายพันธุ์ในสภาพแปลงทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot in Randomized Complete Block Design (Split plot in RCBD) จำนวน 3 ซ้ำโดยกำหนดให้ พันธุ์ (A) เป็น main plot มี 2 ระดับ คือ 1) มันเทศพันธุ์ม่วงโอกินาวา (A1) และ 2) มันเทศพันธุ์ส้มโอกินาวา (A2) กำหนดให้เชื้อรา (B) เป็น sub plot มี 3 ระดับ คือ 1) ควบคุม (B1) 2) เชื้อราบิวเวอเรีย (B2) และ 3) เชื้อราเมธาไรเซียม (B3) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของตำรับทดลอง โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การปลูกและการดูแล

ปลูกยอดมันเทศที่ผ่านการแช่น้ำยาเร่งรากไคโตซาน 2 วันก่อนปลูก ใช้ระยะปลูก 100 x 30 เซนติเมตร ฝังลึกลงดิน 2-3 ข้อ แล้วทำการให้น้ำสม่ำเสมอตลอดอายุพืช และงดการให้น้ำ ก่อนการเก็บเกี่ยว 4 สัปดาห์

1. ฉีดพ่นชีวภัณฑ์สำเร็จรูปของเชื้อบิวเวอเรียและเชื้อเมธาไรเซียมหลังปลูกทั้งหมด 18 ครั้ง โดยฉีดพ่นทุก 7 วัน 12 ครั้ง และในช่วงเกิดการระบาดของแมลงเข้าทำลายแปลงทดลอง ฉีดพ่นในทุก 4 วัน 6 ครั้ง การพ่นเชื้อช่วงเย็น อัตราการฉีดพ่นเชื้อบิวเวอเรียและเชื้อเมธาไรเซียม 1 ครั้ง ใช้เชื้อ 24 กรัม ต่อน้ำ 24 ลิตร ฉีดพ่นเชื้อต้นละ 100 มิลลิลิตร
2. กำจัดวัชพืช 4 ครั้ง ที่อายุพืช 20, 34, 48, 62 วันหลังปลูก
3. ตลบเถา 2 ครั้ง โดยครั้งแรกเมื่อมันเทศมีอายุ 2 เดือน และครั้งที่ 2 หลังจากตลบเถาครั้งแรก 20 วัน
4. ใส่ปุ๋ยหมัก อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ในร่องพร้อมปลูก ใส่สูตร 15-15-15 จำนวน 2 ครั้ง อัตรา 5 กรัม/ต้น ที่อายุ 30 และ 60 วันหลังปลูก
5. การตัดยอด ก่อนเก็บเกี่ยวมันเทศ 5 วัน ทำการตัดเถามันเทศ สูงจากโคนต้นประมาณ 5 เซนติเมตร
6. เก็บเกี่ยวมันเทศที่อายุ 108 วันหลังปลูก

การบันทึกข้อมูล

1. น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักแห้งเถา น้ำหนักแห้งรวม น้ำหนักหัวสด น้ำหนักหัวที่ขายได้ โดยบันทึกจากการชั่งน้ำหนักจากต้นที่สุ่มมา 2 ต้นต่อซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย มีหน่วยเป็นกรัม
2. จำนวนหัวต่อต้น นับจำนวนหัวทั้งหมดจากต้นที่สุ่มมา 2 ต้นต่อซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย
3. จำนวนหัวที่ขายได้ นับจำนวนหัวดีจากต้นที่สุ่มมา 2 ต้น แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย
4. ความยาวเถา (เมตร) วัดความยาวเถาจากโคนชิดดิน ถึงปลายสุดของเถาที่สุ่มมา มีหน่วยเป็น
5. เส้นผ่าศูนย์กลาง (เซนติเมตร) ผ่าหัวมันเทศในแนวกว้าง แล้ววัดเส้นผ่าศูนย์กลางด้วยเวอร์เนียร์ทุกหัวของต้นสุ่ม แล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ย
6. เปอร์เซ็นต์ความหวาน (เปอร์เซ็นต์ Brix) บดเนื้อของมันเทศเพื่อให้ได้น้ำจากเนื้อของมัน แล้วหยดใส่หน้าปริซึม (สีฟ้า) ของเครื่องวัดความหวาน ปิดฝาแล้วอ่านค่าความหวานบริเวณจุดตัดสีขาวกับสีฟ้า
7. เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของผลผลิตที่ถูกด้วงงวงมันเทศ โดยคำนวณจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย} = \frac{\text{จำนวนหัวที่ถูกเข้าทำลาย} \times 100}{\text{จำนวนหัวที่ได้}}$$

8. ความรุนแรงในการเข้าทำลาย โดยทำการผ่าหัวมันเทศในแนวกว้าง จากนั้นนับจุดที่ถูกด้วงงวงมันเทศเข้าทำลาย แล้วคำนวณจาก

$$\text{ความรุนแรงในการเข้าทำลาย} = \frac{\text{จำนวนจุดที่ถูกด้วงงวงมันเทศเข้าทำลาย}}{\text{หัวที่ถูกเข้าทำลาย}}$$

9. ดัชนีการเก็บเกี่ยว คำนวณจาก

$$\text{ดัชนีการเก็บเกี่ยว} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งหัว}}{(\text{น้ำหนักแห้งเถา}+\text{น้ำหนักแห้งใบ}+\text{น้ำหนักแห้งหัว})}$$

10. เปอร์เซ็นต์หัวที่ขายได้ คำนวณจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์หัวที่ขายได้} = \frac{\text{จำนวนหัวที่สามารถขายได้}\times 100}{\text{จำนวนหัวทั้งหมด}}$$

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาวิธีการควบคุมด้วงงวงมันเทศโดยชีววิธี ในมันเทศ 2 สายพันธุ์ โดยทำการเก็บข้อมูลด้านการสร้างน้ำหนักแห้ง ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต คุณภาพของมันเทศ เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย และความรุนแรงในการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

น้ำหนักเถา (กรัม/ต้น)

น้ำหนักเถาของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า น้ำหนักเถาของมันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ม่วงโอกินาวามีน้ำหนักเถา 36.69 กรัม สายพันธุ์ส้มโอกินาวา 28.34 กรัม สำหรับชนิดเชื้อราที่ใช้ในการควบคุมด้วงงวง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักเถา 34.95 34.56 และ 28.04 กรัม ของมันเทศที่ไม่ได้รับเชื้อรา (น้ำเปล่า) มันเทศที่ได้เชื้อราบิวเวอเรีย และเชื้อราเมธาไรเซียม ตามลำดับ (Table 1)

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของน้ำหนักเถา ระหว่างสายพันธุ์มันเทศกับชนิดเชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำหนักเถาของมันเทศสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา ในตำรับที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) เชื้อราบิวเวอเรีย และเชื้อราเมธาไรเซียม 45.96, 39.28 และ 24.83 กรัม ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักเถาของมันเทศสายพันธุ์ส้มโอกินาวา ในตำรับที่ได้รับเชื้อราเมธาไรเซียม เชื้อราบิวเวอเรีย และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) 31.25, 29.83 และ 23.98 กรัม ตามลำดับ (Table 2)

น้ำหนักใบ (กรัม/ต้น)

น้ำหนักใบของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า น้ำหนักใบของมันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีน้ำหนักใบ 32.02 กรัม สายพันธุ์ส้มโอกินาวา มีน้ำหนักใบ 29.84 กรัม สำหรับน้ำหนักใบของมันเทศ ที่ได้รับชนิดเชื้อราในการควบคุมด้วงงวงต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศในตำรับที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย ไม่ได้รับเชื้อรา (น้ำเปล่า) และเชื้อราเมธาไรเซียม 35.59 33.32 และ 23.97 กรัม ตามลำดับ (Table 1)

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของน้ำหนักใบ ระหว่างสายพันธุ์มันเทศกับชนิดเชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำหนักใบของมันเทศสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา ตำรับที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) เชื้อราบิวเวอเรีย

และเชื้อราเมธาไรเซียม 42.48, 35.14 และ 18.46 กรัม ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักใบของมันเทศสายพันธุ์ส้มโอกินาวา ตำรับที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) 35.85, 29.49 และ 24.17 กรัม ตามลำดับ (Table 2)

น้ำหนักรวม (กรัม/ต้น)

น้ำหนักรวมของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า น้ำหนักรวมของมันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีน้ำหนักรวม 68.72 กรัม สายพันธุ์ส้มโอกินาวา 58.17 กรัม สำหรับน้ำหนักรวมของมันเทศ ในตำรับที่ได้รับชนิดเชื้อราในการควบคุมด้วงงวง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย มันเทศที่ไม่ได้รับเชื้อรา (น้ำเปล่า) และเชื้อราเมธาไรเซียม 70.05, 68.27 และ 52.01 กรัม ตามลำดับ (Table 1)

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของน้ำหนักรวม ระหว่างสายพันธุ์มันเทศกับชนิดเชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำหนักรวมของมันเทศสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา ในตำรับที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) เชื้อราบิวเวอเรีย และเชื้อราเมธาไรเซียม 88.44, 74.42 และ 43.29 กรัม ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักรวมของมันเทศสายพันธุ์ส้มโอกินาวา ที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีน้ำหนักรวมของมันเทศ 65.69 60.74 และ 48.10 กรัม ตามลำดับ (Table 2)

ความยาวเถา (เมตร)

ความยาวเถาของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า ความยาวเถาของมันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา และสายพันธุ์ส้มโอกินาวา มีความยาวเถาของมันเทศ 1.36 เมตร และ 1.17 เมตร ตามลำดับ สำหรับความยาวเถาของมันเทศที่ได้รับชนิดเชื้อราในการควบคุมด้วงงวงต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ไม่ได้รับเชื้อรา (น้ำเปล่า) มันเทศที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย และเชื้อราเมธาไรเซียม มีความยาวเถา 1.29, 1.28 และ 1.22 เมตร ตามลำดับ (Table 1)

ส่วนปฏิสัมพันธ์ของความยาวเถา ระหว่างสายพันธุ์มันเทศกับชนิดเชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความยาวเถาของมันเทศสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา ที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) เชื้อราบิวเวอเรีย และเชื้อราเมธาไรเซียม มีความยาวเถา 1.52, 1.39 และ 1.16 เมตร ตามลำดับ สำหรับความยาวเถาของมันเทศสายพันธุ์ส้มโอกินาวา ที่ได้รับเชื้อราเมธาไรเซียม เชื้อราบิวเวอเรีย และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีความยาวเถา 1.27, 1.16 และ 1.07 เมตร ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 Vine dry weight, leaves dry weight, total dry weight (gram/plant) and vine length (meter) of Japanese sweet potato under controlled sweet potato weevil by entomopathogenic fungi

Treatment	Dry weight)gram/plant(			Vine length)meter(
	Vine	Leaves	Total dry weight	
Cultivars) A(				
Purple-Okinawa	36.69	32.02	68.72	1.36
Orange-Okinawa	28.34	29.84	58.17	1.17
F-test)A(	ns	Ns	ns	ns
CV)% A(	68.27	65.74	67.03	69.73
Entomopathogenic fungi) B(				
Control (water)	34.95	33.32	68.27	1.29
Beauveria sp.	34.56	35.59	70.05	1.28
Metarizium sp.	28.04	23.97	52.01	1.22
F-test) B(	ns	Ns	ns	ns
CV) %B(	36.07	34.74	34.27	17.98

ns; non-significant

Table 2 Interaction between Japanese sweet potato and entomopathogenic fungi on vine dry weight, leaves dry weight, total dry weight (gram/plant) and vine length (meter) of Japanese sweet potato under controlled sweet potato weevil by entomopathogenic fungi.

Treatment	Dry weight (gram/plant)			Vine length (meter)
	Vine	Leaves	Total dry weight	
Cultivars (A)* Entomopathogenic Fungi (B)				
Purple-Okinawa +Control	45.96	42.48	88.44	1.52
Purple-Okinawa + *Beauveria* sp.	39.28	35.14	74.42	1.39
Purple-Okinawa + *Metarizium* sp.	24.83	18.46	43.29	1.16
Orange-Okinawa + Control	23.93	24.17	48.10	1.07
Orange-Okinawa + *Beauveria* sp.	29.83	35.85	65.69	1.16
Orange-Okinawa + *Metarizium* sp.	31.25	29.49	60.74	1.27
F-test (A)*(B)	ns	ns	ns	ns
CV% (B)	36.07	34.74	34.27	17.98

ns; non-significant

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

จากศึกษาการควบคุมด้วงงวงมันเทศโดยการใช้เชื้อเมธาไรเซียมและเชื้อบิวเวอเรียที่มีต่อผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันเทศ 2 สายพันธุ์ในสภาพแปลงทดลอง โดยเก็บข้อมูล จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักหัวสดต่อต้น จำนวนหัวที่ขายได้ น้ำหนักหัวที่ขายได้ น้ำหนักหัวแห้งต่อต้น และดัชนีการเก็บเกี่ยว แสดงผลดังรายระเอียดต่อไปนี้

ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)

ผลผลิตของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับชนิดเชื้อราในการควบคุมด้วงงวงแตกต่างกัน พบว่า สายพันธุ์มันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศสายพันธุ์ส้มโอกินาวา สายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีผลผลิตของมันเทศ 3,407 และ2,874 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สอดคล้องกับ Kamol *et al.* 2020 ได้ศึกษาการปลูกมันเทศญี่ปุ่น 5 สายพันธุ์ พบว่ามันเทศญี่ปุ่นพันธุ์ที่มีเนื้อหัวสีส้ม ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ที่มีเนื้อหัวสีม่วงและสีเหลือง โดยพันธุ์ส้มโอกินาวา ให้ผลผลิตสูงสุด รองลงมา คือ ส้มโอกอลอิโม๊ะ ม่วงโอกินาวา เหลืองคิเอโร๊ะ และม่วงหัวเล่ย สำหรับชนิดเชื้อราที่ได้รับ แตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศ ที่ได้รับเชื้อบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) ให้ผลผลิต 3,333, 3,111 และ 2,978 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3)

ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างมันเทศแต่ละสายพันธุ์กับเชื้อราที่ได้รับแตกต่างกันของผลผลิตมันเทศ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผลผลิตของมันเทศสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา ตำรับที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย ตำรับที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) และตำรับที่ได้รับเชื้อราเมธาไรเซียม ให้ผลผลิต 3022, 2933 และ 2667 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตต่อไร่ของมันเทศสายพันธุ์ส้มโอกินาวา ตำรับที่ได้รับเชื้อบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) ให้ผลผลิต 3644, 3556 และ 3,022 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 4)

จำนวนหัว (หัว/ต้น)

จำนวนหัวต่อต้นของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่าสายพันธุ์มันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา และสายพันธุ์ส้มโอกินาวา มีจำนวนหัว 6.11 และ 4.72 หัวต่อต้น สำหรับเชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ได้รับเชื้อบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีจำนวนหัว 5.50, 5.41 และ5.33 หัวต่อต้น ตามลำดับ (Table 3)

น้ำหนักหัวสด (กรัม/ต้น)

น้ำหนักหัวต่อต้นของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า สายพันธุ์มันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ส้มโอกินาวา และมันเทศสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีน้ำหนักหัว 0.68 และ 0.67 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับ เชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย ชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) และเชื้อราเมธาไรเซียม มีน้ำหนักหัว 0.73, 0.68 และ 0.61 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (Table 3)

จำนวนหัวที่ขายได้ (หัว/ต้น)

จำนวนหัวที่ขายได้ของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า สายพันธุ์มันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา และมันเทศสายพันธุ์ส้มโอกินาวา มีจำนวนหัว 3.56 และ3.28 หัว/ต้น ตามลำดับ สำหรับ เชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ได้รับเชื้อราเมธาไรเซียม เชื้อราบิวเวอเรีย และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีจำนวนหัวที่ขายได้ 3.58, 3.42 และ 3.25 หัว/ต้น ตามลำดับ (Table 3)

น้ำหนักหัวที่ขายได้ (กรัม/ต้น)

น้ำหนักหัวที่ขายได้ของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า สายพันธุ์มันเทศ 2 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสายพันธุ์ส้มโอกินาวา (0.70 กรัม/ต้น) มีน้ำหนักหัวที่ขายได้มากกว่า สายพันธุ์ม่วงโอกินาวา (0.48 กรัม/ต้น) สำหรับ เชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีน้ำหนักหัวที่ขายได้ 0.64, 0.57 และ 0.56 กรัม/ต้น ตามลำดับ (Table 3)

น้ำหนักหัวแห้ง (กรัม/ต้น)

น้ำหนักหัวแห้งของมันเทศ 2 สายพันธุ์ ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่าสายพันธุ์มันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ส้มโอกินาวา และมันเทศสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีน้ำหนักหัวแห้ง 181.81 และ123.45 กรัม/ต้น ตามลำดับ สำหรับ เชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ได้รับเชื้อราเมธาไรเซียม เชื้อราบิวเวอเรีย และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีน้ำหนักหัวแห้ง 162.14, 149.69 และ 146.07 กรัม/ต้น ตามลำดับ (Table 3)

เปอร์เซ็นต์หัวที่ขายได้ (%)

เปอร์เซ็นต์หัวที่ขายได้ของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า สายพันธุ์มันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ส้มโอกินาวา และสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีเปอร์เซ็นต์หัวที่ขายได้ 74.37 และ 60.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับ เชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ได้รับเชื้อเมธาไรเซียม เชื้อราบิวเวอเรีย และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีเปอร์เซ็นต์หัวที่ขายได้ 70.31, 67.39 และ 64.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3)

ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest index; HI)

ดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า สายพันธุ์มันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ส้มโอกินาวา และสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีดัชนีการเก็บเกี่ยว 0.76 และ0.65 ตามลำดับ สำหรับ เชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ได้รับเชื้อเมธาไรเซียม เชื้อราบิวเวอเรีย และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีดัชนีการเก็บเกี่ยว 0.75, 0.68 และ 0.68 ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Yield (kg/rai), yield components, tuber marketable (%) and harvest Index of Japanese sweet potato under controlled sweet potato weevil by entomopathogenic fungi

	Yield components							Harvest Index
	Yield (kg/rai)	tuber (tuber/plant)	Tuber fresh weight (kg/plant)	Tuber marketable (number/plant)	Tuber marketable fresh weight (kg/plant)	Tuber dry weight (g/plant)	Tuber marketable (%)	
Cultivars (A)								
Purple-Okinawa	2874	6.11	0.67	3.56	0.48	123.45	60.42	0.65
Orange-Okinawa	3407	4.72	0.68	3.28	0.70	181.81	74.37	0.76
F-test(A)	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV % (A)	52.45	51.43	47.38	19.20	14.09	27.67	34.92	21.48
Entomopathogenic Fung (B)								
Control (water)	2978	5.33	0.68	3.25	0.56	146.07	64.48	0.68
Beauveria sp.	3333	5.50	0.73	3.42	0.64	149.69	67.39	0.68
Metarizium sp.	3111	5.41	0.61	3.58	0.57	162.14	70.31	0.75
F-test (B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV%(B)	29.65	18.72	28.41	27.16	27.15	20.98	22.33	11.91

ns; non-significant, * level of significance; $p \leq 0.05$.

Table 4 Interaction between Japanese sweet potato and entomopathogenic fungi on **y**ield (kg/rai), yield components, tuber marketable (%) and harvest Index of Japanese sweet potato under controlled sweet potato weevil by entomopathogenic fungi

	Yield components							Harvest Index
	Yield (kg/rai)	tuber (tuber/plant)	Tuber fresh weight (kg/plant)	Tuber marketable (Tuber/plant)	Tuber marketable fresh weight (kg/plant)	Tuber dry weight (g/plant)	Tuber marketable (%)	
Cultivars * Entomopathogenic Fungi (A)* (B)								
Purple-Okinawa+Control	2933	6.33	0.55	3.33	0.40	97.78	54.17	0.57
Purple-Okinawa+ *Beauveria* sp.	3022	5.67	0.73	3.50	0.60	128.89	61.11	0.63
Purple-Okinawa+ *Metarizium* sp.	2667	6.33	0.68	3.83	0.43	143.68	65.97	0.75
Orange-Okinawa+ Control	3022	4.33	0.80	3.17	0.72	194.35	74.78	0.80
Orange-Okinawa+ *Beauveria* sp.	3644	5.33	0.72	3.33	0.68	170.50	73.67	0.72
Orange-Okinawa+ *Metarizium* sp.	3556	4.50	0.53	3.33	0.70	180.59	74.65	0.75
F-test (A)*(B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV% (B)	29.65	18.72	28.41	27.16	27.15	20.98	22.33	11.91

ns; non-significant

คุณภาพผลผลิต

ผลการศึกษาคุณภาพผลผลิตของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน โดยเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความหวาน เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย และความรุนแรงในการเข้าทำลาย ดังรายระเอียดต่อไปนี้

เส้นผ่าศูนย์กลาง(เซนติเมตร)

เส้นผ่าศูนย์กลางของมันเทศ 2 สายพันธุ์ ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า สายพันธุ์มันเทศ 2 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสายพันธุ์ส้มโอกินาวา และสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา 4.20 และ 3.58 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับเชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ได้รับเชื้อบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.12, 3.85 และ 3.70 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 5)

ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างมันเทศแต่ละสายพันธุ์กับเชื้อราที่ได้รับแตกต่างกันของเส้นผ่าศูนย์กลาง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเส้นผ่าศูนย์กลางของมันเทศสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา ที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.87, 3.49 และ 3.38 เซนติเมตร ตามลำดับ เส้นผ่าศูนย์กลางของมันเทศสายพันธุ์ส้มโอกินาวา ที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.36, 4.20 และ 4.03 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 4)

เปอร์เซ็นต์ความหวาน (% บริกซ์)

เปอร์เซ็นต์ความหวานของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า สายพันธุ์มันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ส้มโอกินาวา สายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีเปอร์เซ็นต์ความหวาน 12.00 และ7.89 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ตามลำดับ สำหรับ เชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ได้รับเชื้อบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีเปอร์เซ็นต์ความหวาน 10.0, 10.0 และ 9.83 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ตามลำดับ (Table 3)

ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างมันเทศแต่ละสายพันธุ์กับเชื้อราที่ได้รับแตกต่างกันของความหวาน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเปอร์เซ็นต์ความหวานของมันเทศสายพันธุ์ม่วงโอกินาวาที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีเปอร์เซ็นต์ความหวาน 8.00, 8.00 และ7.67 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความหวานของมันเทศสายพันธุ์ส้มโอกินาวา ที่ได้รับเชื้อราบิวเวอเรีย เชื้อราเมธาไรเซียม และชุดที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) มีความหวานเท่ากัน (12.00 เปอร์เซ็นต์บริกซ์) (Table 6)

การเข้าทำลาย(%)

เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของด้วงงวงในมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ส้มโอกินาวา และสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 67.13 และ 53.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับเชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) เชื้อราบิวเวอเรีย และเชื้อราเมธาไรเซียม มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 71.32, 60.10 และ 50.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 5)

ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างมันเทศแต่ละสายพันธุ์กับเชื้อราที่ได้รับแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของมันเทศสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา ในตำรับที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) เชื้อราบิวเวอเรีย และเชื้อราเมธาไรเซียม มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 60.50, 55.19 และ 46.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของด้วงงวงในมันเทศสายพันธุ์ส้มโอกินาวา ตำรับที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) เชื้อราบิวเวอเรีย และเชื้อราเมธาไรเซียม มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 82.14, 65.02 และ 54.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 6)

ความรุนแรงในการเข้าทำลาย(จุด)

ความรุนแรงในการเข้าทำลายของมันเทศ 2 สายพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่า สายพันธุ์มันเทศ 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ส้มโอกินาวา และสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีความรุนแรงในการเข้าทำลาย 2.46 และ 2.21 จุด ตามลำดับ สำหรับ เชื้อราที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันเทศที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) เชื้อราบิวเวอเรีย และเชื้อราเมธาไรเซียม มีความรุนแรงในการเข้าทำลาย 2.96, 2.15 และ 1.90 จุด ตามลำดับ สอดคล้องกับ Nunart *et al.* (2012) รายงานการศึกษาประสิทธิภาพเชื้อราเมธาไรเซียม สามารถควบคุมด้วงงวงมันเทศได้ไม่แตกต่างกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลง thiamethoxam, cartap, dinotefuran, imidacloprid และไส้เดือนฝอย นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพเชื้อราเมธาไรเซียม สามารถลดการเข้าทำลายของด้วงงวงได้ดีกว่าเชื้อราบิวเวอเรีย สอดคล้องกับ Anonymous (2021) ได้รายงานความสามารถในการควบคุมกำจัดแมลงของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดนี้ การใช้เชื้อราเมธาไรเซียมฉีดพ่น เพื่อกำจัดตัวหนอนทั้งพื้นดินและบนต้นพืช ส่วนการใช้เชื้อราบิวเวอร์เรียเพื่อกำจัดตัวแมลงจะได้ประสิทธิภาพในการทำลายมากกว่า และความรุนแรงในการเข้าทำลายหัวมันเทศ เป็นผลมาจากการเข้าทำลายหัวมันของหนอนด้วงงวง มากกว่าการเข้าทำลายโดยตัวเต็มวัย ดังนั้น ความรุนแรงในการเข้าทำลายหัวมันเทศในตำรับที่ได้รับการฉีดพ่นเชื้อเมธาไรเซียมจึงน้อยกว่าตำรับที่ได้รับเชื้อบิวเวอเรีย (Table 5)

ส่วนปฏิสัมพันธ์ความรุนแรงในการเข้าทำลาย ระหว่างมันเทศแต่ละสายพันธุ์ ที่ได้รับเชื้อราแตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความรุนแรงในการเข้าทำลายมันเทศสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา ในตำรับที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) เชื้อราบิวเวอเรีย และเชื้อราเมธาไรเซียม มีความรุนแรงในการเข้าทำลาย 2.68, 2.33 และ 1.64 จุด ตามลำดับ ส่วนความรุนแรงในการเข้าทำลายของมันเทศสายพันธุ์ส้มโอกินาวา ตำรับที่ไม่ได้รับเชื้อ (น้ำเปล่า) เชื้อราเมธาไรเซียม และเชื้อราบิวเวอเรีย มีความรุนแรงในการเข้าทำลาย 3.24, 2.17 และ 1.97 จุด ตามลำดับ (Table 6)

Table 5 The quality yield of Japanese sweet potato under controlled sweet potato weevil by entomopathogenic fungi

Treatment	Quality of yield			
	Diameter of tuber (cm)	Brix (%)	Destruction by sweet potato weevil (%)	Damaging level (point)
Cultivars (A)				
Purple-Okinawa	3.58	7.89	53.94	2.21
Orange-Okinawa	4.20	12.00	67.13	2.46
F-test(A)	*	ns	ns	ns
CV%(A)	3.62	2.37	39.34	52.05
Entomopathogenic Fungi (B)				
Control	3.70	9.83	71.32(100)	2.96(100)
Beauveria sp.	4.12	10.00	60.10(84)	2.15(72)
Metarizium sp.	3.85	10.00	50.18(70)	1.90(64)
F-test(B)	ns	ns	ns	ns
CV% (B)	7.34	2.37	37.50	43.37

ns; non-significant, * level of significance; $p \leq 0.05$.

Table 6 Interaction between Japanese sweet potato and entomopathogenic fungi on quality yield of Japanese sweet potato under controlled sweet potato weevil by entomopathogenic fungi

Treatment	Quality yield			
	Diameter of tuber (cm)	Brix (%)	Destruction by sweet potato weevil (%)	Damaging level (point)
Cultivars (A)* Entomopathogenic Fungi (B)				
Purple-Okinawa +Control	3.38	7.67	60.50(100)	2.68(100)
Purple-Okinawa + *Beauveria* sp.	3.87	8.00	55.19(91)	2.33(87)
Purple-Okinawa + *Metarizium* sp.	3.49	8.00	46.14(76)	1.64(61)

Table 6 (Continued)

Treatment	Quality yield			
	Diameter of tuber (cm)	Brix (%)	Destruction by sweet potato weevil (%)	Damaging level (point)
Cultivars (A)* Entomopathogenic Fungi (B)				
Orange-Okinawa + Control	4.03	12.00	82.14(100)	3.24(100)
Orange-Okinawa + *Beauveria* sp.	4.36	12.00	65.02(79)	1.97(60)
Orange-Okinawa + *Metarizium* sp.	4.20	12.00	54.23(66)	2.17(67)
F-test (A)*(B)	ns	ns	ns	ns
CV% (B)	7.34	2.37	37.50	43.37

ns; non-significant

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการควบคุมด้วงงวงมันเทศโดยการใช้เชื้อราในมันเทศ 2 สายพันธุ์ในสภาพแปลงทดลอง เปรียบเทียบสายพันธุ์มันเทศ พบว่า สายพันธุ์ม่วงโอกินาวา มีแนวโน้มการสร้างน้ำหนักแห้งส่วนต้น มากกว่าสายพันธุ์ส้มโอกินาวา แต่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัว น้ำหนักหัวที่ขายได้ คุณภาพผลผลิต เปอร์เซ็นต์ความหวาน น้อยกว่าสายพันธุ์ส้มโอกินาวา เมื่อเปรียบเทียบผลการใช้เชื้อราปฏิปักษ์ ได้แก่ เชื้อราบิวเวอเรียและเชื้อราเมธาไรเซียม ในการควบคุมด้วงงวงมันเทศ 2 สายพันธุ์ พบว่า การใช้เชื้อราปฏิปักษ์ทั้ง 2 ชนิด สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศได้ มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับเชื้อราปฏิปักษ์ และยังพบว่า การใช้เชื้อราเมธาไรเซียม พบเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของด้วงงวงมีแนวโน้มลดลงมากกว่าการใช้เชื้อราบิวเวอเรีย โดยพบการเข้าทำลายในสายพันธุ์ส้มโอกินาวามีแนวโน้มมากกว่าสายพันธุ์ม่วงโอกินาวา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่สนับสนุนงบประมาณในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Anonymous. 2021. **Sweet potato weevil.** [Online]. Available https://www.kasetkawna.com/article/258/ sweet potato weevil (21 August 2021). [in Thai].

Attajarusit, J. 2002. **The Spread of Sweet Potato Weevil Using Sex Traps**. 37 p. *In* Research Report Nakhon Ratchasima: Knowledge Warehouse, Suranaree University of Technology. [in Thai].

Capinera, J.L. and N.E. Epsky. 1992. Potential for biological control of soil insects in the Caribbean basin using entomopathogenic nematodes. **Florida Entomologist**. 75:525- 532.

Department of Agriculture. 2002. **Tips for Preventing Pests and Animal Pests in 2002**. Bangkok: Society of Entomology and Zoology of Thailand. [in Thai].

Kamol, S., P. Chaisek, S. Kanchanakiatkul, T. Limangkun, T. Sriwichai, S. Phanthong, N. Nante, S. Charoensap, P. Inaphaiphong, S. Srivita and T. Kapan. 2020. **Study on the cultivation of 5 Varieties of Japanese Sweet Potato.** Chiang Mai: Office of Agricultural Extension 29 p. [in Thai].

Nunart, U., S. Ruamchaiapikul, S. Khunwiset, W. Sudjaritramjanyangkun and L. Insankh. 2012. **The effectiveness of prevention of sweet potato weevil (*Cylas formicarius* Fabricius) in yam to replace Furadan**. pp. 506-511. *In* the Annual Research Report 2012. Bangkok: Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture. [in Thai].

Smit, N. E. J. M. 2010. **Sweet potato weevil: systematic review of the published literature**. [Online]. Available http:keys.lucidcentral.org/keys/sweetpotato (20 March 2020).

Wechayan, V. and S. Malee. 2011. The efficacy of the local nematode *Steinernema siamkayai* was studied in the infestation of cruciferous insect pests. pp. 876-890 *In DOA research.* **Research and development reports**. Bangkok: Department of Agriculture.

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์มวนพิฆาต สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชผักวงศ์กะหล่ำอินทรีย์

Factors Effected the Utilization of Predatory Stink Bug (*Eocanthecona furcellata*) for Insect Control Pests of Organic Cruciferous Crops

บัณฑิต ต๊ะเสาร์* ผานิตย์ นาขยัน ธิดารัตน์ ศิริบูรณ์ เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์ สัมพันธ์ ตาติวงค์ และศมาพร แสงยศ

Bundit Tasour*, Phanit Nakayan, Thidarat Siriboon, Therdsak Thonnaluk

Samphan Tatiwong and Samaporn Saengyot

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty Of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: bundittasour@gmail.com

Abstract

The investigation of the approach by the cultivators to utilize the natural enemies, predatory stink bug (*Eocanthecona furcellata*) in the organic cruciferous crops from 2019-2020. Totaling 400 cultivators were focus interviewed to evaluate the cultivator perception and acceptance and population ecology relationship were conducted in the upper northern provinces of Chiang Rai, Phayao, Chiang Mai, Mae Hong Son, Lamphun, Lampang, Phrae and Nan, covering the areas adopting organic cultivation. It was revealed that 81.25% knew and wanted to use the natural enemies and 72.21% considered that control was necessary and wanted to use the natural enemies. In the investigation, the major insect pests found on cruciferous crops were aphids, flea beetle and lepidopterous pests such as beet armyworm, common cutworm, cabbage webworm, caterpillar cabbage looper. Among them the most important one was the diamondback moth. The natural enemies found were the egg parasitoid, larval and pupa; parasitoids. The predators found were the coccinellids, predatory stink bug, earwig and syrphid fly maggot. Studies on ecology, population dynamics and diversity of the insect pests and their natural enemies indicated that the natural enemy population density was dependent on the fluctuation of the insect pest population. But the natural enemy density was not high enough thus warrant an augmentative biological control. The results of this investigation indicated that the cultivators wanted to adopt a non-chemical pest control, knew and wanted to utilize natural enemies, and therefore justifying their commercial production in order to meet the demand of the cruciferous crop cultivators.

Keywords: insect natural enemies, cruciferous crops, organic farming, insect predator, insect parasitoid

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ประโยชน์ มวนพิฆาต ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชผักวงศ์กะหล่ำอินทรีย์ในระหว่าง ปี พ.ศ. 2562-2563 โดยศึกษาการรับรู้และการยอมรับของเกษตรกร และการศึกษาความสัมพันธ์เชิงพลวัตประชากรของแมลง จากการสัมภาษณ์เกษตรกรรวมจำนวน 400 คน เชิงลึกและแบบสอบถาม และการสำรวจประชากรของแมลงศัตรูพืช ในจังหวัดเชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และน่าน พบว่าเกษตรกร 81.25% รู้จักและต้องการใช้ศัตรูธรรมชาติ และ 72.21% มีความจำเป็นในการควบคุมและต้องการใช้ศัตรูธรรมชาติ พลวัตประชากรของแมลงศัตรูพืชที่พบ ได้แก่ แมลงศัตรูพืชที่ในกลุ่มเพลี้ยอ่อน มวนกะหล่ำ ด้วงหมัดผัก และกลุ่มหนอนผีเสื้อ ซึ่งหนอนไยผักมีความสำคัญอย่างมาก มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงศัตรูธรรมชาติกลุ่ม แตนเบียนไข่ แตนเบียนหนอน แตนเบียนดักแด้ และตัวห้ำชนิดต่างๆ ผันแปรผันตามกัน นอกจากนี้ยังพบว่าแมลงศัตรูพืชกลุ่มหนอนผีเสื้อ มีผลต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจของพืชผักวงศ์กะหล่ำสูงที่สุด อีกทั้งพบว่าความหนาแน่นของศัตรูธรรมชาติที่มีศักยภาพในการควบคุมหนอนไม่เพียงพอต่อการควบคุมตามธรรมชาติ เป็นการยืนยันว่าควรที่จะทำการควบคุมโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยาย เป็นเหตุผลสนับสนุนให้มีการผลิตศัตรูธรรมชาติให้เพียงพอและคุ้มทุนในเชิงพาณิชย์ เพื่อสนองความต้องการของเกษตรกรเกษตรอินทรีย์

คำสำคัญ: แมลงศัตรูธรรมชาติ แมลงศัตรูพืชวงศ์กะหล่ำ การเกษตรอินทรีย์ แมลงตัวห้ำ แมลงตัวเบียน

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภค และผู้ผลิตพืชอาหารได้ตระหนักถึงผลเสียของการใช้สารเคมีสำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืช ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียโดยตรงต่อมนุษย์ด้านความเป็นพิษต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค อีกทั้งการเกิดสารพิษตกค้างในอาหารและในสภาพแวดล้อม (Food and environmental residues) ในระยะสั้นและระยะยาว ส่วนผลเสียทางอ้อมได้แก่เกิดการดื้อยาของศัตรูพืช (Pest resistance) นอกจากนี้ผลเสียอีกอย่างหนึ่งของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ในระบบเกษตรคือการเกิดการระบาดที่รุนแรงมากขึ้นของแมลงศัตรูพืช กับ แมลงที่ไม่มีความสำคัญกลายมาเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ (Pest resurgence) เนื่องจากปริมาณประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพืชเหล่านั้นไม่เพียงพอต่อการควบคุมแมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิธีการปลูกพืชแบบเชิงเดี่ยว การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี (Biological control) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้หลักการควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง ให้อยู่ในระดับต่ำ และไม่ก่อความเสียหายถึงระดับเศรษฐกิจ (Debach and Rosen, 1991) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติบางชนิดให้ได้ปริมาณมากเพียงพอสำหรับควบคุมแมลงศัตรูพืชที่กำลังระบาดอยู่ในแปลง ไม่ว่าจะเป็นการปล่อยเป็นระยะ ในกรณีที่มีการระบาดของแมลงศัตรูพืชในปริมาณไม่มาก หรือการปล่อยแบบท่วมท้นคล้ายกับการใช้สารเคมีพ่นในกรณีที่ประชากรแมลงศัตรูพืชมีปริมาณสูง (Augmentative biological control) ซึ่งมีรายงานยืนยันว่าปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการควบคุมโดยชีววิธี ที่กล่าวมานี้ เป็นปัจจัยการผลิตพืชที่มีความประหยัดและปลอดภัย และช่วยลดปัญหามลภาวะในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งปัญหาสุขภาพของประชากรโลก (Pimentel, 2005) โดยทั้งนี้ยังมีรายงานชี้ การควบคุมโดยชีววิธีวิธีเป็นวิธีควบคุม

ประชากรของแมลงศัตรูพืชที่สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายสำหรับการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแปลงเกษตรและป่าไม้ทั่วโลกได้ถึง 10 และ 80 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐตามลำดับ (Craccraft and Grifo, 1999) ส่วนในประเทศไทย แนวทางการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีโดยใช้ปัจจัยการผลิตที่ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมนั้น มีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564 ในยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศที่ 4 คือการเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ในข้อ 4.4 การส่งเสริมการผลิตและการบริโภคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ที่เป็นการขับเคลื่อนการผลิตและบริโภคบนพื้นฐานแห่งความยั่งยืน ปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นการช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของประชากร หากแต่องค์ความรู้ด้านการนำศัตรูธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในระบบเกษตรอินทรีย์ยังมีไม่มากและยังไม่เป็นที่แพร่หลาย

ดังนั้นการศึกษานี้จึงดำเนินการศึกษาการยอมรับและพลวัตประชากรของแมลงควบคู่กับการศึกษาการยอมรับการนำมวนพิฆาตไปใช้ประโยชน์ของเกษตรกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนจำนวน 8 จังหวัด โดยเน้นเกษตรกรกลุ่มที่ไม่ใช้หรือลดการใช้สารเคมี เพื่อพัฒนาแนวทางนำมวนพิฆาต มาใช้ประโยชน์ในระดับแปลงพืชผักวงศ์กะหล่ำอินทรีย์ ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจะได้นำมาสังเคราะห์และจัดทำเป็นองค์ความรู้ ที่เน้นให้เกษตรกรและผู้นำไปใช้ เห็นประโยชน์และสามารถใช้ประโยชน์จากแมลงศัตรูธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับสถานการณ์การระบาดของแมลงศัตรูพืชในท้องถิ่น เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการลงทุนด้านการผลิตพืชแบบปลอดภัย โดยคาดว่าผลที่ได้จากการวิจัยจะมีส่วนช่วยให้เกษตรกรผู้ใช้เทคโนโลยีมีความมั่นใจ และเป็นการเผยแพร่องค์ความรู้ด้านการควบคุมโดยชีววิธีให้เป็นที่รู้จักในกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์ในพื้นที่จริง และเป็นการช่วยลดการใช้สารเคมีในการปลูกพืชผักวงศ์กะหล่ำในพื้นที่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาความต้องการและการยอมรับการใช้ศัตรูธรรมชาติในแปลงของเกษตรกร

ทำการรวมรวมข้อมูลเกี่ยวกับเกษตรกรที่มีการปลูกพืชในเป้าหมาย คือ พืชผักวงศ์กะหล่ำ ในพื้นที่เป้าหมายจำนวน 8 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และน่าน โดยการสืบค้นข้อมูลจากระบบออนไลน์ และการติดต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์การบริหารส่วนตำบล เกษตรอำเภอ และศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการบริหารจัดการศัตรูพืช และนำข้อมูลมาสังเคราะห์เป็นกลุ่มเกษตรกรเป้าหมายของแต่ละจังหวัด รวมจำนวน 400 คน โดยการสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรแบบเจาะจง (Focus group interview) ในสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับความจำเป็นของการใช้ศัตรูธรรมชาติในระบบเกษตรอินทรีย์ รวมทั้งความตระหนักรู้ถึงพิษภัยของสารเคมี

2. ประเมินสถานการณ์การแพร่ระบาดและพลวัตประชากรของแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติในแปลงพืชผักวงศ์กะหล่ำ

หลังจากการรวบรวมข้อมูลในด้านพื้นที่เป้าหมายตามวิธีการในข้อ 1 แล้ว ทำการศึกษาพลวัตประชากรของแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติในแปลงผักวงศ์กะหล่ำในระบบเกษตรอินทรีย์ ระบบเคมี และ เกษตรปลอดภัย ในพื้นที่เป้าหมาย ได้แก่ จังหวัดเชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และน่าน โดยทำการสำรวจประชากร

จำแนกชนิด และวิเคราะห์พลวัตประชากรของแมลงศัตรูพืช และแมลงศัตรูธรรมชาติ ทุก 30 วัน ตามวิธีของ Dent and Walton (1997) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติ และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรที่พบ ในช่วงการเจริญเติบโตที่สำคัญของพืช ได้แก่ ระยะกล้า ระยะเริ่มให้ผลผลิตทางใบ และระยะเก็บเกี่ยว โดยเริ่มสำรวจตั้งแต่พืชอายุ 7 ถึง 60 วัน โดยสำรวจทุก 7 วัน รวมทั้งวิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลงการขึ้นลงของประชากรของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติที่พบในรอบปีวิจัย นำข้อมูลมาทำกราฟเพื่อเปรียบเทียบปริมาณ และระดับการขึ้นลงของประชากร ตามวิธีของ Price (1975) เพื่อเป็นองค์ความรู้ด้านความเหมาะสมของพื้น ในบริบทของนิเวศวิทยาและสังคม ที่มีผลกระทบต่อความเป็นไปได้ในการใช้มวนพิฆาต ในการควบคุมแมลงศัตรูกะหล่ำในระบบเกษตรอินทรีย์ต่อไป

ผลการวิจัย

1. การศึกษาปัจจัยการยอมรับการใช้เทคโนโลยีการควบคุมโดยชีววิธีของเกษตรกร

การประสานงานกลุ่มเกษตรกรปลูกผักวงศ์กะหล่ำในพื้นที่จังหวัด เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และ น่าน จำนวน 50 รายต่อจังหวัด รวม 400 ราย จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถี เกษตรกรที่ทำเกษตรอินทรีย์แต่ไม่อยู่ในกลุ่มหรือเครือข่ายใดๆ เกษตรกรที่ใช้สารเคมี และเกษตรกรที่ปลูกโดยระบบเกษตรปลอดภัย ผลการวิเคราะห์การสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่า การรับรู้ด้านการใช้ประโยชน์จากแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย 2 ชนิด ได้แก่ มวนพิฆาต และแตนเบียนไข่ไตรโคแกรมม่า แบ่งเป็นสามกรอบ 1) รู้จัก เคยใช้แต่หาแหล่งจำหน่ายหรือให้บริการได้ 2) รู้จัก เคยใช้ แต่หาแหล่งจำหน่ายไม่ได้ 3) ไม่รู้จัก ไม่เคยใช้ มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.58, 81.25 และ 13.17 ตามลำดับ โดยมีความต้องการใช้ประโยชน์จากแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย แบ่งเป็น 1) มีความจำเป็นในการกำจัดศัตรูพืชและต้องการใช้ ร้อยละ 72.21 2) มีความจำเป็นในการกำจัดศัตรูพืชแต่ไม่ต้องการใช้ร้อยละ 2.25 3) ไม่มีความจำเป็นในการกำจัดศัตรูพืชแต่มีความสนใจนำมาใช้หากมีการปลูกพืชร้อยละ 18.18 และ 4) ไม่มีความจำเป็นในการกำจัดศัตรูพืชและไม่มีความต้องการใช้หากมีการปลูกพืชใช้ร้อยละ 7.36

2. ประเมินสถานการณ์การแพร่ระบาดและการวิเคราะห์ชนิดของแมลงศัตรูพืชในแปลงปลูกพืชผักวงศ์กะหล่ำ

ผลการสำรวจแปลงผักวงศ์กะหล่ำในพื้นที่ศึกษา พบว่าสัดส่วนประชากรของแมลงศัตรูพืช และแมลงศัตรูธรรมชาติในภาพรวมเป็นอัตราร้อยละ 59.16±10.15 และ 40.84±9.29 ตามลำดับ ส่วนชนิดของแมลงศัตรูพืชที่พบในพื้นที่ได้แก่ 1) กลุ่มเพลี้ยอ่อน (Aphis, Homoptera: Aphididae) เช่น เพลี้ยอ่อนฝ้าย; cotton aphid, *Aphis gossypii* เพลี้ยอ่อนกะหล่ำ: cabbage aphid, *Lipaphis erysimi* เพลี้ยอ่อนข้าวโพด; corn leaf aphid, *Phopalosiphum maidis* และเพลี้ยอ่อนยาสูบ; tobacco aphid, *Myzus persicae* 2) มวนผัก; leaf sucking bug, *Eurydema pulchra* (Hemiptera: Pentatomidae) 3) เพลี้ยไฟ (thrips, *Thrips* spp., Thysanoptera: Thripidae) 4) กลุ่มด้วงหมัด (Coleoptera: Chrysomellidae) ได้แก่ ด้วงหมัดผัก; leaf eating beetle, *Phyllotreta inuate* และ *P. chontanica* และ 5) กลุ่มหนอน เช่น หนอนเจาะยอดกะหล่ำ; cabbage webworm, *Hellula undalis* (Leidoptera: Crambidae) หนอนกะหล่ำ; cabbage moth, *Crocidolomia binoltalis* (Lepidoptera: Crambidae) หนอนใยผัก; diamond back moth, *Pletella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) หนอนผีเสื้อขาว; cabbage white butterfly, *Pieris* spp. (Lepidoptera: Pieridae) หนอนกะทู้ผัก; common cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) หนอนกระทู้หอม; beet army worm, Spodoptera exigua (Lepidoptera: Noctuidae) หนอนคืบกะหล่ำ; cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) ทั้งนี้ พบว่าด้วงหมัดผัก หนอนใยผัก หนอนผีเสื้อในวงศ์ Crambidae และ Noctuidae เป็นแมลงศัตรูที่มีความสำคัญมากในพื้นที่ โดยพบว่าในบางจุดที่ทำการสำรวจมีแมลงศัตรูพืชก่อความเสียหายอย่างมาก อีกทั้งพบว่าสภาพแปลงมีสัดส่วนของแมลงศัตรูธรรมชาติต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแมลงศัตรูพืช และไม่เพียงพอสำหรับการควบคุมในกรณีที่แมลงมีปริมาณประชาการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Table 1) โดยในการศึกษาครั้งนี้พบแตนเบียน ในวงศ์ Braconidae 2 ชนิด แตนเบียนเพลี้ยอ่อน 1 ชนิด หนอนแมลงวันดอกไม้ และด้วงเต่าตัวห้ำบางชนิดการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงศัตรูพืชในพื้นที่ศึกษา (Figure 1) ทั้งในระบบที่ปลูกแบบใช้สารเคมี เกษตรปลอดภัย และแบบอินทรีย์ ซึ่งพิจารณาจากค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรรวม และ การขึ้นลงของประชากรแสดงให้เห็นแนวโน้มการขึ้นลงของประชากรของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติ ที่เป็นไปตาม หรือมีความสัมพันธ์กับระยะการเจริญเติบโตของพืชผักวงศ์กะหล่ำ (ระยะกล้า และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตสด) ในระยะกล้าแม้ว่าจะพบแมลงศัตรูพืชบางชนิดลงทำลายพืช เช่น หนอนแมลงวันเจาะยอด จิ้งหรีด แมลงกระชอนกัดใบ รวมทั้งหอยกินพืช ในบางฤดูปลูก แต่ในทุกพื้นที่สำรวจ ไม่พบความเสียหายถึงระดับเศรษฐกิจ อีกทั้งตลอดระยะเวลาของช่วงดังกล่าว พบศัตรูธรรมชาติที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อแมลงศัตรูพืชที่พบ นอกจากนี้ยังพบว่าพืชผักวงศ์กะหล่ำในอายุ 7 ถึง 50 วัน มีความเสี่ยงต่อการระบาดของแมลงกลุ่มหนอนผีเสื้อ เช่นหนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนผีเสื้อในวงศ์ Crambidae สูงไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว หากมีการปล่อยให้พืชเจริญจนให้ดอกจะพบปัญหาจากแมลงกลุ่มเพลี้ยอ่อนและมวนผัก และในภาพรวมการขึ้นลงของประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติ แปรผันตามประชากรของแมลงศัตรูพืชที่มีความสัมพันธ์กัน แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่าไม่เพียงพอต่อการควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชหากมีระดับการระบาดสูง

Table 1 Number of insect pests and associated insect natural enemies found on Cruciferous Crops in different crop systems

Cropping system	Percent found in the crops	
	Insect pests (mean±SD)	Insect natural enemies (mean±SD)
Organic farming	45.22±9.25a	54.78±7.83a
GAP	50.12±9.12a	49.88±8.93a
Chemical cropping system	82.15±12.09b	17.85±11.12b

* Numbers followed by different letters are statistically different p ≤ 0.05 (Duncan's Multiple Range Test).

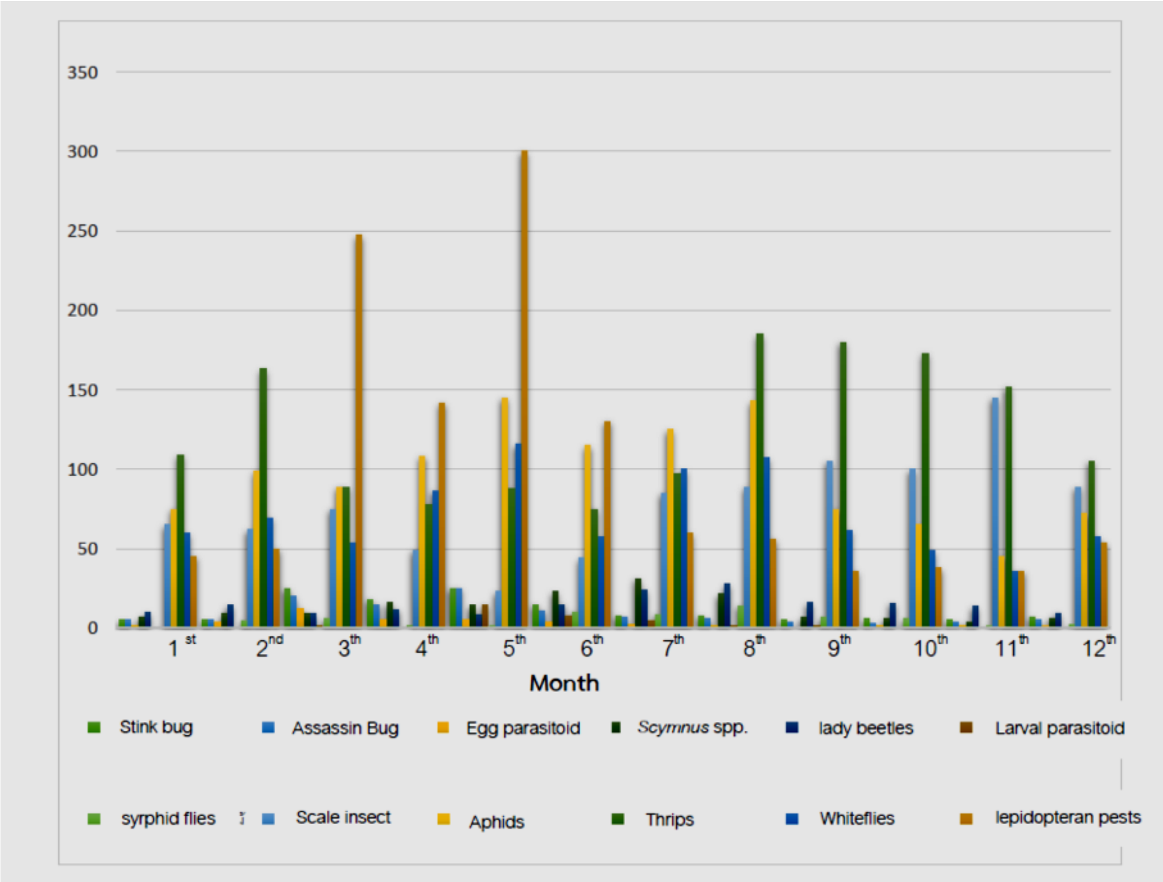


Figure 1 Population dynamic of insect pests and associated insect natural enemies found on Cruciferous Crops evaluated in the upper northern provinces of Chiang Rai, Phayao, Chiang Mai, Mae Hong Son, Lamphun, Lampang, Phrae and Nan between year 2019-2020

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาพลวัตประชากรของแมลง และการยอมรับของเกษตรกร กรณีศึกษาแปลงผักวงศ์กะหล่ำในระบบเกษตรอินทรีย์ ระบบเคมี และเกษตรปลอดภัย พื้นที่สำรวจมีสภาพลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกัน แต่พื้นที่สำรวจในจังหวัดเชียงใหม่ ค่อนข้างจะมีความแตกต่างจากพื้นที่ใน จังหวัดเชียงราย และจังหวัดพะเยา ผลการศึกษา ชี้ให้เห็นว่าชนิดและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงศัตรูพืชในแปลงผักวงศ์กะหล่ำ ทั้งแบบระบบที่ใช้สารเคมี และระบบอินทรีย์ ไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ ส่วนใหญ่เป็นแมลงศัตรูพืชที่มีการระบาดเป็นประจำ ดังในผลการวิจัยที่นำเสนอ โดยมีการเปลี่ยนแปลง และ การขึ้นลงของประชากร ในลักษณะที่ผันแปรไปในทิศทางเดียวกัน และสัมพันธ์กับระยะการเจริญเติบโตของพืช ในการศึกษาครั้งนี้ผลการศึกษาพบว่าปริมาณประชากรของศัตรูธรรมชาติ มีการขึ้นลงในลักษณะสอดคล้องกับการขึ้นลงของประชากรของแมลงศัตรูพืชในเชิงบวก กล่าวคือ ประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติจะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นของแมลงศัตรูพืช (Bambaradeniya and Edirisinghe, 2008) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์นี้

ยังชี้ให้เห็น ว่าการเปลี่ยนแปลงของประชากรของศัตรูธรรมชาติซึ่งผันตามปริมาณประชากรของแมลงศัตรู พืชนั้น มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงภายใต้เงื่อนไขของลำดับเวลาก่อน/หลังที่พบ โดยจะเห็นว่าประชากรของศัตรูธรรมชาติจะเพิ่มขึ้นภายหลังการเพิ่มปริมาณประชากรของแมลงศัตรูพืชระยะหนึ่ง โดยเรื่องนี้สามารถอธิบายได้จาก เรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติ กล่าวคือผลการศึกษานี้อาจสอดคล้องกับการขึ้นอยู่กับความหนาแน่นประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติและแมลงศัตรูพืช ที่อาจเป็นไปได้ทั้งกรณีที่ประชากรของศัตรูธรรมชาติมีการเพิ่มประชากรก่อนการเพิ่มประชากรของศัตรูพืช หรือประชากรของศัตรูธรรมชาติ เพิ่มขึ้น ภายหลังการเพิ่มประชากรของแมลงศัตรูพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์สามตัว ซึ่งได้แก่ อัตราการเพิ่มขึ้นของศัตรูพืช ระดับการถูกกดประชากรของระดับสมดุลของประชากรของศัตรูพืช และ ระดับของการแพร่กระจายเพื่อดำรงชีวิตของศัตรูธรรมชาติ ตามที่มีการอธิบายไว้ในเรื่องระบบของตัวอาศัยและตัวเบียน โดย Bellow and Hassel (1999) และการที่ประชากรของศัตรูธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับประชากรของแมลงศัตรูพืช (Density dependence) โดย Slobodkin (1961) รวมทั้ง การแปรผันตามกันของประชากรของตัวเบียนและตัวอาศัยซึ่งขึ้นต่อกัน ดังนั้นประชากรของสิ่งมีชีวิตทั้งสองในชุมชน หรือแหล่งอาศัยเดียวกัน จึงมี เพิ่มขึ้นและลดลงไปในแนวทางเดียวกัน (Synchrony of parasitoids and host dependence) (Bellow and Hassel, 1999) อนึ่งข้อสรุปเบื้องต้นจากการศึกษานี้ คือความหลากหลายทางชนิดของศัตรูธรรมชาติอาจมีผลกระทบน้อยมาก ต่อการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตอินทรีย์ และแบบใช้สารเคมีจากสมมุติฐานที่ว่า หากพืชถูกทำลายโดยแมลงศัตรูพืชน้อยลง เนื่องจากมีปริมาณศัตรูธรรมชาติเพียงพอที่จะสามารถควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืช มิให้ก่อความเสียหายต่อผลผลิต และ อาจเป็นไปได้ว่า แปลงปลูกที่ใช้สารเคมีอาจมีชนิดและปริมาณของศัตรูธรรมชาติน้อยกว่าแปลงที่ไม่ใช้สารเคมี

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยด้านการยอมรับของเกษตรกรต่อการควบคุมโดยชีววิธี โดยการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความต้องการของเกษตรกร ในการใช้ประโยชน์แมลงศัตรูธรรมชาติ ในการวัดมูลค่าพบว่าเกษตรกร 50 รายในแต่ละจังหวัดทั้ง 8 จังหวัด รวมทั้งหมด 400 ราย พบว่าเกษตรกรร้อยละ 81.25 รู้จักและต้องการใช้ศัตรูธรรมชาติ และ ร้อยละ 72.21 มีความจำเป็นในการควบคุมและต้องการใช้ศัตรูธรรมชาติ การศึกษาสรุปได้ว่าเกษตรกรมีความต้องการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยไม่ต้องใช้สารเคมี รู้จักและต้องการใช้ประโยชน์ศัตรูธรรมชาติ แต่หาแหล่งจำหน่ายไม่ได้ เป็นเหตุผลสนับสนุนให้มีการผลิตศัตรูธรรมชาติให้เพียงพอและคุ้มทุนในเชิงพาณิชย์ เพื่อสนองความต้องการของเกษตรกรที่ปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์

ผลของพลวัตประชากรของแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบในแปลงปลูกพืชผักวงศ์กะหล่ำ ในพื้นที่เป้าหมาย ชี้ให้เห็นว่าชนิด และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงประชาการของแมลงศัตรูพืช ทั้งแบบที่ใช้สารเคมี และแบบอินทรีย์ ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนใหญ่เป็นแมลงศัตรูพืชที่มีการระบาดเป็นประจำ โดยมีการเปลี่ยนแปลง และการขึ้นลงของประชากร ในลักษณะที่แปรผันตามกันในเชิงบวก อีกทั้งมีความสัมพันธ์กับระยะการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งจากการประเมินสถานการณ์การแพร่ระบาด พบว่าแมลงศัตรูพืชในเป้าหมายซึ่งจะสามารถใช้ประโยชน์มวนพิฆาต ในการควบคุมทดแทนการใช้สารเคมีได้แก่ แมลงกลุ่มหนอนผีเสื้อศัตรูพืชผักวงศ์กะหล่ำที่ระบาดในพื้นที่ ได้แก่ หนอนกระทู้ดำ; black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) หนอนใยผัก; dia-mond back moth, *Pletella xylostella*

(Lepidoptera: Yponomeutidae) หนอนผีเสื้อขาว; cabbage white butterfly, *Pieris* spp. (Lepidoptera: Pieridae) หนอนกะทู้ผัก; common cutworm, *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) หนอนกระทู้หอม; beet army worm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) หนอนคืบกะหล่ำ; cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) และในสภาพแปลงปลูกสัดส่วนของประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติสูงกว่า แต่ยังไม่พอเพียงหากเกิดการระบาดแบบฉับพลันและในปริมาณสูง จึงมีความจำเป็นในการสำรวจมวนตัวห้ำมาปล่อยเพิ่มเติมในแปลงปลูกโดยเฉพาะอย่างยิ่งระยะให้ผลิตทางใบ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการพัฒนาตัวแบบโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์ ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ปีงบประมาณ 2562-2563 ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ขยัน สุวรรณ ที่ให้คำปรึกษาด้านการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี สำนักฟาร์ม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่สนับสนุนสถานที่สำหรับกิจกรรมการวิจัยในห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

Bambaradeniya, C.N.B. and J.P. Edirisinghe. 2008. Composition, structure and dynamics of arthropod communities in a rice agroecosystem. **Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)** 37(1): 23-48. DOI: 10.4038/cjsbs. v37i1.494.

Bellows, T.S. and M.P. Hassell. 1999. Theories and mechanisms of natural population regulation. pp. 17-44. *In* Handbook of Biological Control. Principles and Application of Biological Control. Bellows T.S. and T.W. Fisher. (eds.). San Diego: Academic Press.

Cracraft, J. and F.T. Grifo. (eds.). 1999. The Living Planet in Crisis: Biodiversity Science and Policy. Chichester, NY: Columbia University Press. 311 p. Dent,

Debach, P. and D. Rosen. 1991. **Biological Control by Natural Enemies.** 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press. 440 p.

Dent, D.R. and M.P. Walton. 1997. **Methods in Ecological and Agricultural Entomology**. Oxon: CAB International, Wallingford. 387 p.

Price, P.W. 1975. **Insect Ecology**. New York: John Wiley & Sons. 514 p.

Pimentel, D. 2005. **Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States.** Environ Dev Sustain 7(2): 229-252.

Slobodkin, L.B. 1961. **Growth and Regulation of Animal Populations.** New York: Holt, Rinehart & Winston. 184 p.

ศึกษาสมบัติของดินโคลนและผลของเอนไซม์เซลลูเลสต่อการผลิตผ้าหมักโคลน
Study on Properties of Clay and Effect of Cellulase Enzymes on the Fermented Cotton Fabric Production

วรางคณา เขาดี[1*] อโนดาษ์ รัชเวทย์[1] พสุ ปราโมกข์ชน[1] จักรชัย ทานา[1] และปนัดดา จันทร์เนย[2]
Warangkhana Khaodee[1*], Anodar Ratchawet[1], Pasu Pramokechon[1]
Chakkrachai Tana[1] and Panatda Jannoey[2]
[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300
[2]ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
[1]Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50300
[2]Department of Biochemistry, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand 65000
*Corresponding author: Warangkhana_kha@g.cmru.ac.th

Abstract

This work aimed to study the properties of clay from 4 positions of big porn at bannatonjun, tumbon bantug, Srisatchanalai district, Sukhothai province. The red-brown, light brown and dark brown color of clays were found. pH value of all positions were in the range of 7.0-7.5. Iron contents of position 1-4 were 2.42, 4.30, 3.57 and 3.65, respectively. The study of bacteria producing cellulase enzyme, it was found that all of 4 positions contained gram positive bacteria. Fabric cotton fermented in clay mixed with cellulase enzyme only 6 hours at room temperature could increase fabric softening and also remain fabric original color. The satisfactions of 30 testers after touching 4 fermented cotton fabrics showed that fabric cotton fermented in clay from position no.1 was the best, which was the position consisted of highest bacteria producing cellulase enzyme and lowest total iron content.

Keywords: cellulase, fermented cotton fabric, clay, enzyme

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของโคลนจากสระหลวง 4 จุด ที่หมู่บ้านนาต้นจั่น ต.บ้านตึก อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย ซึ่งเป็นชุมชนผลิตผ้าหมักโคลนที่สำคัญแห่งหนึ่งในประเทศไทย พบว่าลักษณะเนื้อโคลนมีสีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม ค่า pH ของน้ำโคลนทั้ง 4 จุด มีค่าระหว่าง 7.0-7.5 ปริมาณเหล็ก จุดที่ 1 ถึง 4 มีปริมาณเหล็กรวมร้อยละ 2.42, 4.30, 3.57 และ 3.65 ตามลำดับ การศึกษาเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสในแต่ละจุด พบว่าแต่ละจุดมี

แบคทีเรียแกรมบวกที่คาดว่าจะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้ จากการหมักผ้าฝ้ายท้องถิ่นร่วมกับการผสมเอนไซม์เซลลูเลส พบว่าการหมักเพียงแค่ 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิปกติ ก็สามารถทำให้ผ้ามีความนิ่มมากขึ้นได้ และสีของผ้ายังคงเดิม เมื่อทดสอบความพึงพอใจความนุ่มของผ้าฝ้ายจากการสัมผัสด้วยมือของผู้ทดสอบ 30 คน พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการหมักด้วยโคลนจากจุดที่ 1 ให้ความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งเป็นจุดที่มีแบคทีเรียที่คาดว่าจะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสมากที่สุด และมีปริมาณเหล็กรวมในเนื้อโคลนน้อยที่สุด

คำสำคัญ: เซลลูเลส ผ้าหมักโคลน โคลน เอนไซม์

คำนำ

ผ้าหมักโคลน เป็นผลิตภัณฑ์ผ้าทอที่รู้จักกันแพร่หลายที่มีกระบวนการผลิตโดยใช้ภูมิปัญญาโบราณ มีการผลิตในหลายจังหวัดของประเทศไทย เช่น สุโขทัย แม่ฮ่องสอน อุดรธานี และ มุกดาหาร เป็นต้น ซึ่งกระบวนการผลิตจะเป็นไปในทำนองเดียวกัน ประกอบไปด้วยการนำฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีธรรมชาติและทอขึ้นรูปแล้วมาหมักในน้ำโคลนที่ระยะเวลาตามต้องการเพื่อเพิ่มความนิ่มของเส้นใย หรืออาจจะย้อมสีพร้อมกับหมักโคลนในขั้นตอนเดียวกัน โดยที่จะใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 1-3 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน และทำให้สีเข้มขึ้นตามระยะเวลาในการแช่ ทั้งนี้อาจทำให้เกิดความล่าช้าในการตัดเย็บต่อไป จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าน้ำหมักโคลนจะมีธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบหลักสามารถแทรกซึมเข้าสู่เส้นใย ทำให้ผ้ามีความนิ่มและเป็นตัวกลางในการให้สีธรรมชาติติดทนนาน อย่างไรก็ตามปัญหาที่พบอีกประการคือสีของโคลนจะผสมในเส้นใยและบดบังสีที่แท้จริงจากการย้อมสีโดยใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ มีรายงานการศึกษาการย้อมสีของเส้นใยฝ้าย bogolan ดั้งเดิม โดยการใช้การผสมดินจากแม่น้ำไนเจอร์ (Niger River) และใช้สีจากใบของต้น N’galama (Anogeissus leiocarpa) พบว่าในดินมี iron (III) hydroxide อย่างชัดเจนซึ่งทำให้เส้นใยเกิดเป็นสีน้ำตาล-ดำ จากผลการตรวจสอบโดย UV-Vis และ IR พบว่าสีที่เกิดขึ้นเกิดจากสารประกอบ carboxylic aromatic acid พวก gallic acid หรือ allagic acid รวมตัวกับเหล็ก เมื่อใดก็ตามที่เหล็กเคลือบบนเส้นใยก็จะสามารถเกิดสีดำบนเส้นใยได้ (Blancharta *et al.*, 2010) นอกจากนี้งานของ Maryan *et al*. (2013) ยังได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพของเส้นใยผ้า โดยการการทำงานร่วมของ nanotechnology กับ bio-finishing โดยการเติมดิน montmorillonite ร่วมกับการเติมเอนไซม์ เช่น cellulose, laccase หรือผสมกัน ในผ้าที่ย้อมสีที่ไม่ละลายน้ำ (vat dye) รวมเป็น nano/bio-finishing โดยเชื่อว่าจะทำให้ผ้ามีความเป็น antibacterial, antifungal พร้อมกับทำให้ผ้าสีสดใส ไม่มีความเป็นพิษในการทอ และมีความนุ่มมากขึ้น

เอนไซม์เซลลูเลสได้นำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการค้าไม่ว่าจะเป็น การผลิตกระดาษ, เส้นใย, ซักล้าง, อาหารสัตว์ และยังรวมไปถึงการผลิตไบโอเอทานอล ในทางอุตสาหกรรมเพื่อใช้ผลิตสารที่เป็นประโยชน์ และยังมีนักวิทยาศาสตร์อีกมากมายมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับเอนไซม์เซลลูเลส โดยเลือกที่จะศึกษาเอนไซม์เซลลูเลสที่ผลิตจากจุลินทรีย์ เนื่องจากในการย่อยสลายเซลลูโลสอาศัยการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลสที่ผลิตจากจุลินทรีย์ เพราะเอนไซม์เซลลูเลสเป็นสารโปรตีนที่สามารถเร่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้เร็ว มีความจำเพาะในการเร่งปฏิกิริยา ไม่จับกับสารตั้งต้นที่เข้าไปทำปฏิกิริยาและไม่เกิดเป็นสารเชิงซ้อนก่อนจะย่อยสลาย (Joglekar and Karanth, 1984; Dian and Park ,2011;

Mawadza *et al.*, 2000) โดยเอนไซม์เซลลูเลสจะทำงานได้ดีที่สุดที่ค่าพีเอชระหว่าง 5.0-9.0 เอนไซม์มีสภาพไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลง pH เพียงเล็กน้อยอาจทำให้การเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้ (Saha, 2004)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาสมบัติของดินโคลนจากบ้านนาต้นจั่น อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย ที่ใช้ในการทำผ้าหมักโคลนและผลของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสจากธรรมชาติมาผสมในน้ำหมักโคลน ซึ่งเอนไซม์เซลลูเลสเป็นเอนไซม์สามารถผลิตได้จากจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย ยีสต์ ฟังไจ และแอคติโนไมซีส) ที่อาศัยอยู่ในดินทั่วไป ซึ่งข้อดีของการใช้เอนไซม์ที่ผลิตจากสิ่งมีชีวิตโดยตรง จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ไม่รุนแรง และไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการ อีกทั้งยังลดเวลาในการหมักโคลน โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถสร้างองค์ความรู้และเผยแพร่ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยให้กับท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตผ้าหมักโคลนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เครื่องมือ วัสดุ-อุปกรณ์ และสารเคมี

1.1 เครื่องมือ

1) เครื่องให้ความร้อน (Hotplate), 1203 Jenway, U.S.A.

2) ตู้อบความร้อน, (Hot air oven), DLE 500, Mermert, Germany

1.2 สารเคมี

1) กรดไนตริก (Nitric acid ; HNO_3), AR Grade, %Assay 95%, D 1.19 g/cm³, MW 60.08, Merck, Germany

2) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid ; HCl), AR Grade, %Assay 37%, D 1.18 g/cm³, MW 36.46, Labscan, Thailand

3) เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase Enzyme), Liquid Form Cellulase CE-100, China

4) เอนไซม์เซลลูเลส, AR Grade, Sigma Aldrich, England

5) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, AR Grade, Sigma Aldrich, England

2. วิธีการวิจัย

2.1 การหาสมบัติของน้ำหมักโคลน

ในงานวิจัยได้เก็บตัวอย่างโคลนจากบ้านนานต้นจั่น อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย และทำการหาสมบัติเบื้องต้นของโคลน ได้แก่ สีของเนื้อโคลน ค่า pH และปริมาณเหล็กรวมในโคลน

1) สีของเนื้อโคลน

การเปรียบเทียบสีของน้ำหมักโคลนทั้ง 4 จุด โดยนำโคลนจากถังหมักมาประมาณ 30 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ทำการตากให้แห้ง

ทำการเปรียบเทียบสีของน้ำโคลน และการตกตะกอนของโคลน

2) ค่า pH

นำดินโคลนมาทำการคัดเศษไม้ เศษพืช เศษหินและอื่นๆ ออก ทำการกรองโดยตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำโคลนมาผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 : 3 คือ โคลน 1 ลิตร : น้ำ 3 ลิตร (เหมือนน้ำหมักโคลนที่ใช้งานจริง)นำน้ำหมักโคลนจากถังหมักมา 30 มิลลิลิตร มาเทลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วนำมาวัดค่า pH ด้วย pH meter ทั้ง 4 จุด

3) ปริมาณเหล็กรวมในโคลน

นำโคลนจากถังหมักไปอบจนแห้ง ชั่งมา 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดผสมลงไปคือ 40 มิลลิลิตร ในที่นี้คือ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กับกรดไนตริก (HNO_3) ที่อัตราส่วน 1 : 3 โดยปริมาตร แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส รอจนตัวอย่างจะเป็นสีเหลืองอ่อนใส แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเย็น ทำการกรองด้วยกระดาษเบอร์ 1 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ปิเปตต์สารละลายดังกล่าว 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วนน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้ไปวัดหาปริมาณเหล็กด้วยเทคนิค inductively coupled plassma (ICP)

2.2 การศึกษาเชื้อผลิตเอนไซม์เซลลูเลส

ทำการศึกษาการแยกเชื้อในดินโคลน 2 แบบ คือ Cross streak และ Spread plate จากนั้นทำการย้อมสีแกรมน้ำเงินและแกรมแดง ดังนี้

2.2.1 การแยกเชื้อจุลินทรีย์จากดินโคลนด้วยวิธี Cross streak

- นำดิน 5g มาละลายใน TSB 5 มิลลิลิตร
- นำ Loop ลนไฟจนแดง
- ลาก loop ลงบนผิวหน้าอาหาร
- ลากไปมาเบาๆ ตามระนาบอีก 3ระนาบ

2.2.2 การแยกเชื้อจุลินทรีย์จากดินโคลนด้วยวิธี Spread plate

- ดิน 5 g ละลายในอาหาร TSB 5 มิลลิลิตร
- ปิเปตต์ดินในอาหารมา 200 ไมโครลิตร
- ใช้แท่งแก้ว เกลี่ยเชื้อให้ทั่วจานเลี้ยงเชื้อ (plate)

2.2.3 การย้อมสีแกรม

นำเชื้อที่ได้แยกแล้วนำมาหยดสารที่แตกต่างกันคือ

- ย้อมด้วย Crystal violet
- ย้อมด้วย Safranin-o
- หยด acetone-alcohol
- หยดสารละลาย Gram’s iodine

2.3 การหมักผ้าฝ้ายจากโคลนแต่ละจุด

2.2.1 การเตรียมน้ำหมักโคลน

นำดินโคลนจากสระหลวง บ้านนานต้นจั่น อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย มาทำการคัดเศษไม้ เศษพืช เศษหินและอื่นๆ ออก ทำการกรองโดยตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำโคลนมาผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 : 3 คือ โคลน 1 ลิตร : น้ำ 3 ลิตร แล้วเก็บน้ำโคลนไว้ในถังหมักที่อุณหภูมิห้อง

2.2.2 การหมักผ้าฝ้าย

นำผ้าฝ้ายมาตัดให้มีขนาด 3x1 เมตร นำไปซักล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized water: DI) แล้วนำไปตากให้แห้ง นำผ้าฝ้ายที่เตรียมได้ หมักในโคลนแต่ละจุด เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้น้ำหมักโคลนที่ผสมแล้ว 4 ลิตร ต่อผ้าฝ้าย 1 ผืน โดยน้ำโคลนแต่ละจุดจะผสมเอนไซม์ที่แยกแล้วจากแต่ละจุดปริมาณเท่ากัน คนผ้าและน้ำหมักเป็นครั้งคราว นำผ้าหมักโคลนที่ได้มาซักน้ำเปล่าให้เพื่อกำจัดโคลนตกค้าง จากนั้นต้มผ้าในน้ำเดือดเพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำผ้าหมักโคลนที่ได้ซักทำความสะอาดตามวิธีปกติ

2.4 ศึกษาความพอใจในการสัมผัสผ้าหมักโคลน

เตรียมผ้าหมักโคลนทั้งหมด 4 ตัวอย่าง นำผ้าฝ้ายมาให้กลุ่มตัวอย่างสัมผัสด้วยมือ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นประชาชนทั่วไป จำนวน 30 คน และกรอกแบบสอบถามความพึงพอใจ

ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโคลนในพื้นที่บ้านนาต้นจั่น อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย ได้มีการใช้ผ้าหมักโคลนเป็นแหล่งแรกๆ ของประเทศไทย และได้ทำเป็นเชิงการท่องเที่ยวร่วมด้วย ในที่นี้ได้ใช้ดินโคลนจากสระหลวง ซึ่งเป็นสระน้ำที่ใหญ่เต็มไปด้วยดอกบัวสายพันธุ์ต่าง ๆ ผู้ทำวิจัยได้ทำการเก็บทั้งหมด 4 จุด ที่แตกต่างกันตามรูปที่ 1 (Figure 1)

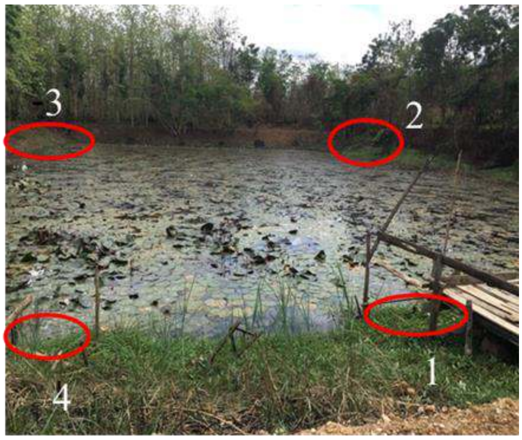


Figure 1 Sampling sites around big porn in Bannatonjun, Tumbon Bantug, Srisatchanalai district, Sukhothai province

1. สมบัติของน้ำหมักโคลน

จากการเปรียบเทียบสีของน้ำหมักโคลนทั้ง 4 จุด โดยการสังเกตด้วยตาเปล่าจะพบว่าแต่ละจุดมีสีที่แตกต่างกัน (Figure 2) ทั้งนี้ขึ้นกับองค์ประกอบของสารอินทรีย์และแร่ธาตุในดิน ซึ่งจุดที่ 1 สีน้ำตาลแดง จุดที่ 2 และ 4 จะแสดงสีน้ำตาลอ่อน ส่วนจุดที่ 3 จะแสดงสีน้ำตาลเข้ม

Position 1 2 3 4

Figure 2 The color of clays from position 1-4

ผลของการวัดค่า pH ของน้ำหมักโคลนทั้งสามแหล่งที่ผสมแล้วในอัตราส่วนน้ำต่อโคลน 3 : 1 โดยปริมาตร จะพบว่าค่า pH มีความแตกต่างกันน้อยมากในแต่ละจุด คือค่า pH จะอยู่ในช่วง 7.0-7.5 (Table 1) ซึ่งมีความเป็นกลาง การที่ค่า pH แตกต่างกันอาจมาจากองค์ประกอบในดิน ซึ่งค่า pH นี้อาจจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต รวมถึงจุลินทรีย์ในดิน เมื่อศึกษาปริมาณเหล็กรวมในน้ำโคลนพบว่าแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีปริมาณเหล็กรวมที่แตกต่างกันเล็กน้อย (Table 1) จุดที่ 1 จะมีปริมาณเหล็กรวมน้อยที่สุด และจุดที่ 2 จะมีปริมาณเหล็กรวมมากที่สุด ซึ่งธาตุเหล็กเป็นธาตุประกอบสำคัญที่มีการรายว่ามีผลต่อลักษณะเฉพาะของผ้าหมักโคลน คือธาตุเหล็กจะแทรกตัวในเส้นใย ช่วยทำให้สีธรรมชาติติดคงทน แต่จะมีความหม่นตามระยะเวลาในการหมักผ้า (Blancharta *et al.*, 2010; Maryan *et al.*,2013)

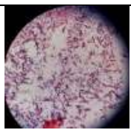
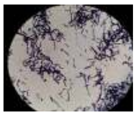
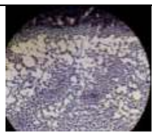
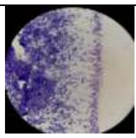
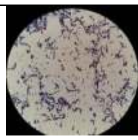
Table 1 pH value and total iron of clay

Position	pH value	Total Fe (%w/w)
1	7.5	2.42
2	7.0	4.30
3	7.3	3.57
4	7.4	3.65

2. ผลการศึกษาเชื้อผลิตเอนไซม์เซลลูเลส

เนื่องจากแบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลสได้เป็นประเภท Bacillus ซึ่งรูปร่างเป็นท่อน ย้อมติดสีม่วงน้ำเงิน แกรมบวก อยู่ในวงศ์ Bacillaceae เคลื่อนที่ด้วยแฟลกเจลล่า ใช้ออกซิเจนในการเจริญ สร้างเอนโดสปอร์ อีกทั้งสปอร์ทนต่อความร้อน ความแห้งแล้ง สารเคมี และสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งผลจากการศึกษาเชื้อแต่ละจุด ทั้ง 2 วิธี คือวิธี Cross streak และ วิธี Spread plate เป็นดัง Table 2 ซึ่งการทำ Cross streak ได้เชื้อที่แยกเป็นโคโลนีเดี่ยวทั้งหมดซึ่งเมื่อทำการย้อมสีแกรมพบว่า จุดที่ 1 และ 2 จะได้ทั้งแกรมบวก (Gram Positive) และแกรมลบ (Gram Negative) แต่จุดที่ 2 จะพบแกรมลบมากกว่าแกรมบวก ในขณะที่จุดที่ 3 และ 4 จะพบแต่แกรมบวก เมื่อพิจารณาการแยกเชื้อแบบ Spread plate ซึ่งสามารถระบุปริมาณของเชื้อได้ พบว่าได้ปริมาณของเชื้อจากจุดที่ 1 และ 2 มากกว่าจุดที่ 3 และ 4 ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อที่จะมีแนวโน้มที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้มากที่สุดคือ จุดที่ 1

Table 2 Study of bacteria producing cellulase enzyme

Position	Gram staining	
	Cross streak	Spread plate
1	 Gram Positive and Gram Negative	 Gram Positive and Gram Negative
2	 Gram Positive and Gram Negative	 Gram Positive and Gram Negative
3	 Gram Positive	 Gram Positive and Gram Negative
4	 Gram Positive	 Gram Positive and Gram Negative

การหมักผ้าฝ้ายโดนใช้โคลนแต่ละจุด

จากการนำโคลนแต่ละจุดมาทำการหมักผ้าร่วมกับการใช้เอนไซม์เซลลูเลสในปริมาณที่เท่ากัน (Figure 3.) ซึ่งได้ทำการหมักเพียง 6 ชั่วโมง ล้างโคลนออก ต้มฆ่าเชื้อ และทำความสะอาดตามวิธีปกติ พบว่าเมื่อครบกำหนดเวลาหมัก เนื้อผ้าจะมีลักษณะสัมผัสที่นุ่มมือ มีความหม่นของสีผ้าตามเนื้อโคลน แต่เมื่อซักทำความสะอาดด้วยวิธีปกติผ้าสามารถกลับมาขาวดังเดิม ซึ่งจากงานวิจัยนี้ทำให้เห็นข้อดีของการทำผ้าหมักโคลนร่วมกับการใช้เอนไซม์เซลลูเลส เพราะเป็นลดระยะเวลาในการหมักและลดความหม่นของสีผ้าจากการที่อนุภาคของดินแทรกซึมในเส้นใยมากเกินไป สีของผ้าฝ้ายโดยเฉพาะสีขาวยังสามารถใช้วิธีการนี้ได้ และผ้ามีความนิ่มน่าสวมใส่

Figure 3 Process of fermented cotton fabric production

ความพอใจในการสัมผัสผ้าฝ้าย

จากการได้สัมผัสผ้าฝ้ายหลังทำการหมักโคลนทั้ง 4 จุด พบว่าผ้าฝ้ายมีความนุ่มและน้ำหนักดีขึ้น และมีสีขาวเหมือนเดิมอีกด้วย เมื่อนำผ้าฝ้ายท้องถิ่นมาตัดเย็บให้มีขนาดเป็นผ้าคลุมไหล่ แล้วน้ำมาหมักด้วยน้ำโคลนจุดต่าง ๆ หมักเพียงแค่ 6 ชั่วโมง ทำให้ผ้ามีลักษณะนุ่มขึ้นมากกว่าการหมักแบบดั้งเดิม จากการทำแบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อเปรียบเทียบความนุ่มของผ้าฝ้ายที่ผ่านการหมักทั้ง 4 จุด ให้กลุ่มตัวอย่างสัมผัสด้วยมือเพื่อเปรียบเทียบความนุ่มของผ้าฝ้าย ซึ่งใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นประชาชนทั่วไป จำนวน 30 คน ชาย 6 คน หญิง 24 คน พบว่าผู้ทดสอบพึงพอใจกับผ้าหมักโคลนเพียง 2 จุด เท่านั้น คือจุดที่ 1 และ 3 โดยผ้าหมักโคลนจากจุดที่ 1 จะให้ความพึงพอใจมากที่สุด คือร้อยละ 75 รองลงมาคือผ้าหมักโคลนจากจุดที่ 3 (ร้อยละ 25) พบว่าความพึงพอใจของผู้ทดสอบแปรผันตามปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสและปริมาณเหล็กรวม โดยจุดที่ 1 มีความพึงพอใจมากที่สุด เป็นจุดที่มีแบคทีเรียที่คาดว่าจะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสมากที่สุด และมีปริมาณเหล็กรวมในเนื้อโคลนน้อยที่สุด ส่วนจุดที่ 2 และ 4 มีปริมาณเหล็กในเนื้อโคลนสูงและไม่ได้รับคะแนนความพึงพอใจ ดังแสดงใน table 3

Table 3 Properties of clay and satisfaction of fermented cotton fabric

Item	Position 1	Position 2	Position 3	Position 4
Color of clay	Red-brown	Brown	Dark brown	Brown
pH value	7.5	7.0	7.3	7.4
Total Fe (%)	2.42	4.30	3.57	3.65
Satisfaction (%)	75	0	25	0

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาดินโคลนจากสระหลวงจากบ้านนาต้นจั่น ต.บ้านตึก อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย ทั้ง 4 จุด พบว่าสีของน้ำหมักโคลนทั้ง 4 จุด มีสีที่แตกต่างกัน จากการวัดค่า pH ของน้ำโคลนทั้ง 4 จุดที่ผสมแล้วในอัตราส่วนน้ำต่อโคลน 3 : 1 โดยปริมาตร จะพบว่าค่า pH มีค่าใกล้เคียงกันระหว่าง pH 7-7.5 ปริมาณเหล็กรวมในดินโคลนทั้ง 4 จุด จะพบว่าปริมาณที่ที่แตกต่างกัน คือ จุดที่ 1 ถึง 4 มีปริมาณเหล็กรวมร้อยละ 2.42, 4.30, 3.57 และ 3.65 ตามลำดับ ซึ่งจุดที่ 1 จะพบปริมาณน้อยที่สุด การศึกษาเชื้อที่คาดว่าจะผลิตเอนไซม์เซลลูเลส (แกรมบวก) ในแต่ละจุด พบว่าทุกจุดมีแบคทีเรียแกรมบวก แต่จุด 1 และ 2 พบทั้งแกรมบวก (ติดสีน้ำเงิน) และแกรมลบ (ติดสีแดง) โดยที่จุดที่ 2 จะพบแกรมลบมากกว่าแกรมบวก เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียแกรมบวก พบว่าโคลนจากจุดที่ 1 มีปริมาณแบคทีเรียแกรมบวกมากที่สุด ดังนั้นจึงมีแนวโน้มที่จะพบแบคทีเรียที่คาดว่าจะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้มากที่สุด เมื่อทดสอบความนุ่มโดยให้ผู้ทดสอบ 30 คน สัมผัสด้วยมือ พบว่ามีความพึงพอใจในความนุ่มของผ้าฝ้ายที่ผ่านการหมักด้วยโคลนจากจุดที่ 1 มากที่สุด (ร้อยละ 75)

การหมักผ้าฝ้ายกับโคลนแบบผสมกับเอนไซม์เซลลูเลส เพียงแค่ 6 ชั่วโมง ก็สามารถทำให้ผ้ามีความนิ่มมากขึ้นได้ และสามารถคงสีขาวของผ้าฝ้ายได้

ปริมาณแบคทีเรียที่คาดว่าจะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและปริมาณเหล็กในน้ำโคลนอาจส่งผลต่อความนุ่มเมื่อสัมผัส โดยจุดที่ 1 มีแบคทีเรียที่คาดว่าจะผลิตเอนไซม์เซลลูเลสมากที่สุด และปริมาณเหล็กรวมในเนื้อโคลนน้อยที่สุด ส่วนจุดที่ 2 และ 4 มีปริมาณเหล็กในเนื้อโคลนสูง ส่วน pH ของน้ำโคลนไม่มีผลถึงแนวโน้มในการหมักผ้าแต่ทำให้เชื้อแบคทีเรียดำรงชีวิตได้และเอนไซม์ไม่เสียสภาพในการทำงาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาเคมี และศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือวิเคราะห์ชั้นสูง และกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ที่สนับสนุนงบประมาณการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Blancharta, P., A. Dembeléb, C. Dembeléb M. Pléab, L. Bergströmc, R. Granetd, V. Sold, V. Gloaguend, M. Degotd and P. Krausz. 2010. Mechanism of traditional Bogolan dyeing technique with clay on cotton fabric. **Applied Clay Science.** 50: 455-460.

Dian, A. and D.H. Park. 2011. Purification and characterization of cellulase produced by *Bacillus subtilis* TD6 isolated from Takifugu rubripes fish. pp. 281-287. *In* **Proceedings of the 2nd International Seminar on Chemistry, 24-25 November 2011.** Jatinangor: Padjadjaran University.

Joglekar, A.V. and N.G. Karanth. 1984. Studies on cellolose production by a mutant *Penicillium funiculosum* UV-49. **Biotechnology and Bioengineering** 26(9): 1079-1084.

Maryan, A.S., M. Montazer, A. Rashidi and M.K. Rahimi. 2013. Antibacterial properties of clay layers silicate: a special study of montmorillonite on cotton fiber. **Asian Journal of Chemistry** 25(5): 2889-2892.

Mawadza, C., H. Rahni, R. Zvauya and M. Bo. 2000. Purification and characterization of cellulases produced by two *Bacillus* strains. **Journal of Biotechnology** 83: 177-187.

Saha, B.C. 2004. Production purification and proper of endoglucanase from a newly isolated strain of Mucor circinelloides. **Process Biochemistry** 39(12): 1871-1876.

กิจกรรมปฏิปักษ์ของแบคทีเรียไฟลัม Firmicutes จากไลเคน *Parmotrema* และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งแบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

Antagonistic Activity of Firmicutes Bacteria from *Parmotrema* lichen and Zinc Oxide Nanoparticle against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

ธันย์ชนก เอื้ออาจิน[1] วราภรณ์ แสงทอง[2] วิรันธชา เครือฟู[3] ปิยะนุช เนียมทรัพย์[1] และศรีกาญจนา คล้ายเรือง[1*]

Thanchanok Auearchin[1], Varaporn Saengtong[2], Viruntachar Kruefu[3]

Piyanuch Niamsup[1] and Srikanjana Klayraung[1*]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนาโน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Division of Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Division of Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[3]Nanoscience and Nanotechnology Program, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: s.klayraung@gmail.com

Abstract

This study was aimed to screen lichen-associated Firmicutes of *Parmotrema* sp. for controlling bacterial blight rice disease. Seventy-seven bacterial isolates were initially screened based on their antagonistic activity against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. According to spot on lawn assay, fifty-one isolates had antibacterial activity, among these 49 isolates of antagonistic bacilli showed hemolytic activity on blood agar. Two selected bacilli isolates, *Lysinibacillus macrolides* LC46 and *Bacillus aryabhattai* LC78 were cultivated in brain heart infusion broth, nutrient broth, nutrient glucose broth and tryptic soy broth for 24, 48 and 72 hours. Culture filtrates were then investigated for antibacterial activity using agar well diffusion assay. All of them showed the partial antagonistic effect on *X. oryzae* pv. *oryzae*. These results suggested that lichen-associated bacilli have the potential to be biological control agents for bacterial blight rice disease. Furthermore, *X. oryzae* pv. *oryzae* were investigated for susceptible to two commercial agriculture chemicals and zinc oxide nanoparticle. It was found that the recommended concentration of commercial chemicals did not inhibit the growth of bacterial blight pathogen, whereas 50 mg/ml of ZnO nanoparticle could suppress the growth of this bacteria. The future works will be focused on biosynthesis of ZnO nanoparticles by these bacteria for rice pathogen controls.

Keywords: bacterial blight leaves, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, Firmicutes antagonistic activity, lichen

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถของแบคทีเรียไฟลัม Firmicutes ที่อยู่ร่วมกับไลเคน *Parmotrema* sp เพื่อควบคุมโรคขอบใบแห้งในข้าว โดยการนำแบคทีเรีย 77 ไอโซเลต มาทดสอบกิจกรรมปฏิปักษ์ต่อเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* จากการทดสอบด้วยวิธี spot on lawn พบว่ามี 51 ไอโซเลตที่มีฤทธิ์ยับยั้ง แต่ในจำนวนนี้มี 49 ไอโซเลต ที่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดง จึงเลือก 2 ไอโซเลต คือ *Lysinibacillus macrolides* LC46 และ *Bacillus aryabhattai* LC78 ไปเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ brain heart infusion broth, nutrient broth, nutrient glucose broth และ tryptic soy broth เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำเลี้ยงเชื้อที่กรองแล้วมาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียโดยวิธี agar well diffusion พบว่าทั้งหมดมีการยับยั้งเชื้อ *X. oryzae* pv. *oryzae* แบบบางส่วน ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคนนี้มีศักยภาพในการควบคุมโรคขอบใบแห้งนอกจากนี้ยังได้ทดสอบความไวของ *X. oryzae* pv. *oryzae* ต่อสารเคมีการเกษตรทางการค้า 2 ชนิดและอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ พบว่าการใช้สารเคมีการเกษตรทางการค้าในความเข้มข้นที่แนะนำไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคขอบใบแห้งได้ ในขณะที่อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนี้ได้ ซึ่งงานวิจัยต่อไปจะเน้นไปที่การสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ด้วยกระบวนการทางชีวภาพโดยแบคทีเรียเหล่านี้เพื่อการควบคุมเชื้อโรคในข้าว

คำสำคัญ: ขอบใบแห้ง *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae,* Firmicutes กิจกรรมปฏิปักษ์ ไลเคน

คำนำ

โรคข้าวที่มีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้ผลผลิตของข้าวลดลดมากคือ โรคขอบใบแห้ง (Department of Agricultural Extension, 2017) โดยโรคขอบใบแห้งเกิดจากแบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae pv. oryzae* สามารถเข้าทำลายข้าวได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า จนถึงออกรวง ลักษณะอาการของขอบใบแห้ง จะมีสีซีดเหมือนสีฟางข้าวมีแผลตามความยาวของใบ มีลายหยักที่ขอบแผล (Leksomboon, 2011) ดังนั้นในการป้องกันการเกิดโรคข้าว เกษตรกรมักใช้สารเคมีในการควบคุมโรค ซึ่งหากใช้ในปริมาณที่มาก และระยะเวลานาน จะเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและเกษตรกรผู้ใช้เอง จึงหาวิธีลดการใช้สารเคมีที่สามารถให้ผลในระยะยาวได้ โดยการนำแบคทีเรีย *Bacillus* มาควบคุมการเกิดโรคข้าวจากพื้นฐานที่นอกจากนี้ยังพบว่าแบคทีเรีย *Bacillus* และกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กับ *Bacillus* ในไฟลัม Firmicutes มีการสร้างสารเมแทบอไลท์ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อื่น รวมถึงจุลินทรีย์ก่อโรคข้าวได้ (Shafi *et al*., 2017) ซึ่งจากงานวิจัยของ Klayraung *et al.* (2017) ได้ทำการแยกเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน *Parmotrema* ซึ่งแบคทีเรียแกรมบวกที่แยกได้อยู่ในไฟลัม Firmicutes จีนัส *Bacillus, Brevibacillus, Lysinibacillus, Paenibacillus, Virgibacillus* และ *Staphylococcus* โดย Panchai *et al.* (2017) ได้รายงานการทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียพบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* และ *Lysinibacillus* ที่แยกได้ สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* อีกทั้งเชื้อแบคทีเรียในไฟลัม Firmicutes ที่แยกได้เหล่านี้ยังมีศักยภาพในการส่งเสริมการ

เจริญเติบโตของพืช คือ สามารถผลิตฮอร์โมนพืช และละลายฟอสเฟต (Pekthanu *et al*., 2017) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการทดสอบฤทธิ์ยับยั้ง *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* เพื่อการใช้ประโยชน์สำหรับการควบคุมโรคขอบใบแห้งในข้าว และทดสอบการใช้สารเคมีทางการเกษตร ยาปฏิชีวนะ และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งด้วย เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ชีวภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษา

แบคทีเรีย Firmicutes ที่แยกจากไลเคน *Parmotrema* sp. ในงานวิจัยของ Klayraung *et al*. (2560) จำนวน 77 ไอโซเลต แยกเป็น 13 กลุ่ม ได้แก่ *Bacillus* sp. จำนวน 34 ไอโซเลต *Bacillus altitudinis* จำนวน 1 ไอโซเลต *B. aryabhattai* จำนวน 1 ไอโซเลต *B. invictae* จำนวน 1 ไอโซเลต *B. licheniformis* จำนวน 1 ไอโซเลต *B. megaterium* จำนวน 4 ไอโซเลต *B. pumilus* จำนวน 15 ไอโซเลต *B.s safensis* จำนวน 8 ไอโซเลต *B. siamensis* จำนวน 1 ไอโซเลต *B. subtilis* จำนวน 1 ไอโซเลต *B. velezensis* จำนวน 8 ไอโซเลต *Lysinibacillus macrolides* จำนวน 1 ไอโซเลต และ *Paenibacillus* sp. จำนวน 1 ไอโซเลต เก็บรักษาเชื้อในสารละลายกลีเซอรอล 20 เปอร์เซ็นต์ และ Tryptic soy agar (TSA) slant และก่อนนำมาใช้งานเพาะเลี้ยงในอาหาร Tryptic soy broth (TSB) นาน 24 ชั่วโมง

แบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้ง *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* แยกได้ตัวอย่างข้าวที่เป็นโรคจากแปลงนาของหน่วยความเป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เก็บรักษาเชื้อในสารละลายกลีเซอรอล 20 เปอร์เซ็นต์ และ Nutrient Glucose agar (NGA)

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งในข้าวด้วยวิธี Spot on lawn

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้ง *X. oryzae* pv. *oryzae* ในอาหารเหลว Nutrient Glucose Broth (NGB) นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง และเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 rpm นาน 2 วัน ปรับความขุ่นให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 nm ให้เท่ากับ 0.2 นำไป swab บนผิวหน้าอาหาร NGA ตั้งทิ้งไว้ 5-10 นาที นำแบคทีเรียที่แยกจากไลเคนซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหาร TSB นาน 24 ชั่วโมง ปริมาตร 2 ไมโครลิตร หยดลงผิวหน้าอาหาร รอให้ของเหลวซึมลงผิวหน้าวุ้นจนแห้ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 2-3 วัน บันทึกผลบวกจากวงใสที่เกิดขึ้น โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส และโคโลนี นำมาหาอัตราส่วนของวงใส และโคโลนี บันทึกเป็นค่าดัชนีการยับยั้ง (inhibition index)

ทดสอบการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง

นำเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการทดสอบการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง มา streak บนอาหาร Columbia CNA +5% sheep blood (BioMérieux, France) นำไปบ่มที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง อ่านผลการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงที่เกิดขึ้นบนโดยแบ่งเป็นกลุ่ม beta-hemolysis คือมีการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงแบบสมบูรณ์ ดูได้จากการเกิดวงใสสีเหลืองรอบโคโลนีของเชื้อ กลุ่ม alpha-hemolysis คือ เกิดวงใสสีเขียวรอบโคโลนีของเชื้อ และ กลุ่ม gamma-hemolysis คือไม่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดง โดยโคโลนีของเชื้อและอาหารไม่มีการเปลี่ยนแปลง

การทดสอบผลของชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อในการสร้างสารยับยั้งของแบคทีเรียที่แยกจากไลเคนด้วยวิธี Agar well diffusion

นำแบคทีเรีย ที่แยกได้จากไลเคน ซึ่งสามารถยับยั้งแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* ด้วยวิธี spot on lawn และไม่มีการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงมาเพาะเลี้ยงในอาหาร Brain heart infusion (BHI broth), Nutrient Broth (NB), NGB และ TSB ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยง ความเร็วรอบ 8,000 g เป็นเวลา 5 นาที เก็บส่วนใส กรองผ่านเยื่อกรองขนาดรูพรุน 0.22 ไมครอน เพื่อใช้ในการทดสอบ agar well diffusion assay เตรียมแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ NGA เช่นเดียวกับการทดสอบด้วยวิธี Spot on lawn ข้างต้นทิ้งไว้ 10-15 นาที และเจาะอาหารให้เป็นหลุมด้วย Pasteur pipette ที่ฆ่าเชื้อแล้ว ด้านบนซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จากนั้นนำส่วนใสที่ปราศจากเชื้อ ปริมาตร 25 ไมโครลิตร เติมลงไปในหลุมที่เจาะไว้ บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน สังเกตยับยั้งจากบริเวณใสที่เกิดขึ้น และวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณใสที่เกิดขึ้นโดยรวมเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุม

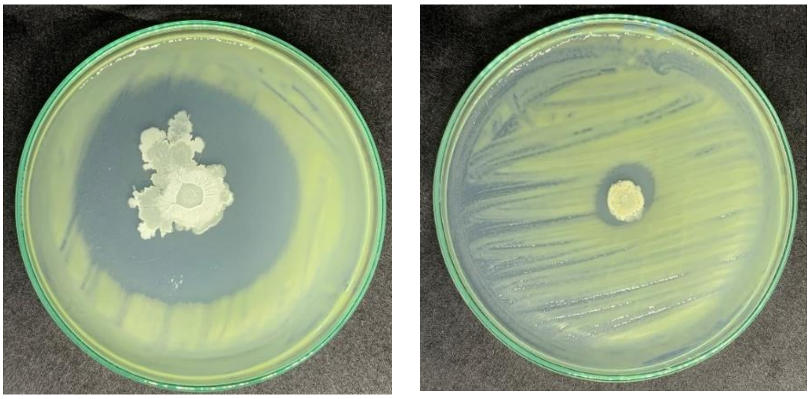
การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งในข้าวของสารเคมีทางการเกษตรและอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

ทำการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* โดยใช้สารเคมีทางการเกษตรที่มีชื่อการค้า 2 ชนิด คือ A และ B โดยสารเคมี A มีการระบุสารสำคัญที่ฉลากเป็นทองแดงและสังกะสี ส่วนสาร B สารสำคัญคือ zinc thiazole ความเข้มข้นที่แนะนำของสาร A และสาร B คือ 0.5 มิลลิลิตร/ลิตร และ 0.3 มิลลิลิตร/ลิตร ตามลำดับรวมถึงการใช้ ยาปฏิชีวนะสเตปโตมัยซิน (30 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (nano ZnO) (50 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) ด้วยวิธี agar well diffusion assay ดังขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบการเป็นแบคทีเรียปฏิปักษ์ของ Firmicutes ที่แยกได้จากไลเคนโดยวิธี spot-on lawn

จากการนำเชื้อ Firmicutes ที่แยกได้จากไลเคน จำนวน 77 ไอโซเลตมาทดสอบความเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งในข้าว *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* พบว่ามีเชื้อแบคทีเรีย จำนวน 51 ไอโซเลตที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *X. oryzae* pv. *oryzae* เมื่อทดสอบด้วยวิธี spot on lawn (Figure 1) โดยแบคทีเรียที่มีฤทธิ์ยับยั้งอยู่ในจีนัส *Baciilus, Lysinibacillus* และ *Paenibacillus* ดังแสดงรายละเอียดใน Table 1 ซึ่งแบคทีเรียที่มีค่าดัชนีการยับยั้งสูงที่สุดเป็น *B. velezensis* คือ 3.94



LC46 LC78

Figure 1 Antagonistic activity against *X. oryzae* pv. *oryzae* of *Lysinibacillus macroides* LC46 and *Bacillus aryabhattai* LC 78 by spot on lawn assay

ผลทดสอบการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงของแบคทีเรียปฏิปักษ์

จากการทดสอบการย่อยเม็ดเลือดแดง (Hemolysis test) โดยนำแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 51 ไอโซเลต มา Streak บนอาหาร Blood agar พบว่า เกือบทั้งหมดย่อยสลายเม็ดเลือดแดงแบบสมบูรณ์ (β-hemolysis) มีเพียง *Lysinibacillus macroides* LC46 ให้ผลการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงเป็น α- hemolysis และ *Bacillus aryabhattai* LC78 ที่ไม่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (γ hemolysis) (Figure 2) สำหรับการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงถูกใช้เป็นเงื่อนไขหนึ่งในการบ่งบอกความสามารถของเชื้อแบคทีเรียในการก่อโรคในมนุษย์

Table 1 Antagonistic activity of *Parmotrema*-associated firmicutes bacteria against *X. oryzae* pv. *oryzae*

Bacterial genera	Number of isolates	Inhibition index (minimum-maximum)
Bacillus sp.	17	1.14-3.32
Bacillus altitudinis	1	1.80
Bacillus aryabhattai	1	1.58
Bacillus invictae	1	2.51
Bacillus megaterium	2	1.24-2.44
Bacillus pumilus	11	1.22-2.56
Bacillus safensis	8	1.54-2.56
Bacillus subtilis	1	2.31
Bacillus velezensis	7	1.27-3.94
Lysinibacillus macrolides	1	2.57
Paenibacillus sp.	1	1.64

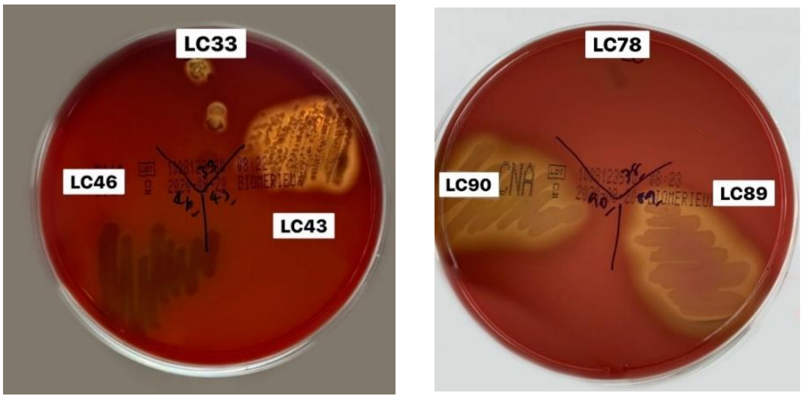


Figure 2 Hemolytic activities of selected antagonistic bacteria: *Bacillus safensis* LC33, *B. subtilis* LC33, *Lysinibacillus macroides* LC46, *B. aryabhattai* LC78, *B. pumilus* LC89 and *B. pumilus* LC90

ผลการทดสอบชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อในการสร้างสารยับยั้งของแบคทีเรียปฏิปักษ์ ด้วยวิธี agar well diffusion

จากการทดลองเมื่อนำน้ำเลี้ยงเชื้อ *Lysinibacillus macroides* LC46 และ *Bacillus aryabhattai* LC78 ในอาหาร BHI broth, NB, NGB และ TSB เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มาทำการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้ง โดยวิธี agar well diffusion assay พบว่าเชื้อทั้ง 2 ไอโซเลต ในแต่ละอาหารมีบริเวณใสขนาดใกล้เคียงกัน และสามารถยับยั้งได้แค่บางส่วน (**Figure 3**)

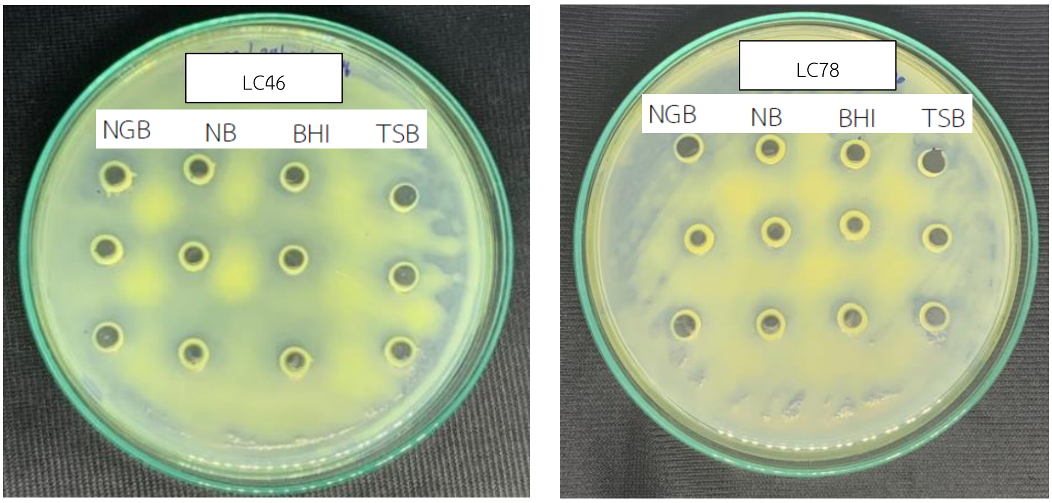


Figure 3 Antagonistic activity of culture filtrates of *Lysinibacillus macroides* LC46 and *Bacillus aryabhattai* LC78 cultivated in different culture media

ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้ง *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* ของสารเคมีทางการเกษตร ยาปฏิชีวนะสเตรปโตมัยซิน และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และ ด้วยเทคนิค agar well diffusion assay

ในการทดสอบความไวของเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* ต่อสารเคมีทางการเกษตรที่มีรายงานการใช้เพื่อควบคุมโรคขอบใบแห้ง 2 ชนิด ได้แก่ A และ B โดยใช้ความเข้มข้นตามที่ผู้ผลิตแนะนำในฉลากผลิตภัณฑ์คือ 0.5 มิลลิลิตร/ลิตร และ 0.3 มิลลิลิตร/ลิตร และการใช้ยาปฏิชีวนะสเตรปโตมัยซิน 30 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร พบว่ามีเพียงสเตรปโตมัยซินเท่านั้นที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้ง โดยมีค่าเฉลี่ยบริเวณใสเท่ากับ 27.80 มิลลิเมตร นอกเหนือจากนี้ยังได้ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในการทดสอบด้วย พบว่าอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ด้วยค่าเฉลี่ยบริเวณใสเท่ากับ 17.20 มิลลิเมตร *X. oryzae* pv. *oryzae* ดังแสดงใน **Figure 4** ทั้งนี้ได้ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยใช้สารเคมีทางการเกษตร A และ B เข้มข้น แบบไม่เจือจาง ซึ่งเกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ จึงจะมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งที่ใช้ในการทดสอบ

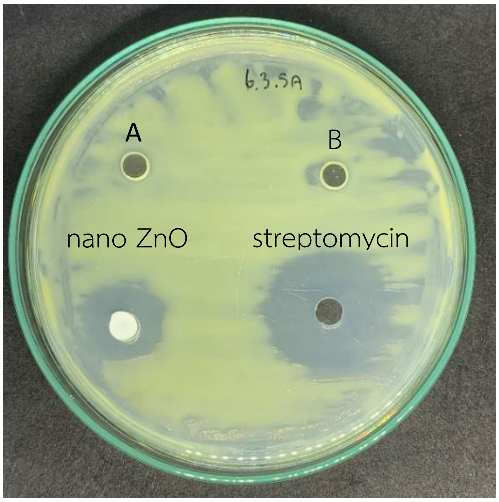


Figure 4 Agar well assay for anti-*X. oryzae* pv. *oryzae* activity of agrochemicals (A and B), nano ZnO nanoparticle and streptomycin

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย *X. oryzae pv. oryzae* ข้างต้นจะเห็นได้ว่าแบคทีเรียในไฟลัม Firmicutes ที่มีกิจกรรมปฏิปักษ์ ได้แก่ *Baciilus, Lysinibacillus* และ *Paenibacillus* โดยเฉพาะจีนัส *Bacillus* ที่นำมาทดสอบเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีการยับยั้ง ซึ่ง Bottone and Peluso (2003) ได้รายงานว่า *Bacillus* มีการสร้างสาร

ทุติยภูมิมากกว่า 100 ชนิด ที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืช โดย Monteiro *et al.* (2005) และ Issazadeh *et al.* (2012) ได้สรุปไว้ว่า กลุ่มสารที่ *Bacillus* ผลิต และมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียในสกุล *Xanthomonas* คือกลุ่มของสารลดแรงตึงผิวทางชีวภาพ (biosurfactants) ซึ่งตัวอย่างของสารกลุ่มนี้เช่น bacilysin ที่ผลิตโดย *Bacillus pumilus* (Caulier *et al.,* 2018) หลังจากนี้จะนำเชื้อที่ให้ผลบวกดังกล่าวไปทดสอบความปลอดภัยเบื้องต้น โดยตรวจสอบความสามารถในการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง

การย่อยสลายเม็ดเลือดแดงถูกใช้เป็นเงื่อนไขหนึ่งในการบ่งบอกความสามารถของเชื้อแบคทีเรียในการก่อโรคในมนุษย์ โดย Wiraswati *et al.* (2020) ได้ใช้ความสามมารถในการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงในการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อเชื้อราโรคไหม้ พบว่าจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์จำนวน 22 ไอโซเลต มีเพียง 7 ไอโซเลตที่ ไม่ย่อยเม็ดเลือดแดง อย่างไรก็ดี Monteiro *et al.* (2005) และ Issazadeh *et al.* (2012) ได้รายงานไว้ว่าความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคพืชมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง ซึ่งในประเด็นนี้ผู้วิจัยจะได้มีการนำชื่อเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งไปตรวจสอบรายชื่อเชื้อแบคทีเรียในรายการเชื้อโรคตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข รวมทั้งการทดสอบรูปแบบในการดื้อต่อยาปฏิชีวนะตามหลักการของ Celandroni *et al*. (2016) ต่อไป

จากผลการทดลองในส่วนของการทดสอบด้วยวิธี spot on lawn เมื่อเทียบกับ agar well diffusion จะเห็นได้ว่าเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด มีขอบเขตการออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* ที่แคบลง ทั้งนี้ ในงานวิจัยของ Ramírez *et al.* (2015) ได้พบประเด็นนี้เช่นกัน คือ rhizobacteria จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคได้ดีเมื่อทดสอบด้วยวิธี dual culture แต่เมื่อนำน้ำเลี้ยงเชื้อ rhizobacteria มาทดสอบฤทธิ์กลับลดลง หรือหายไปเช่นกัน เนื่องจากในการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในอาหารเหลวในลักษณะของ axenic culture เชื้อแบคทีเรียไม่ได้อยู่ในสภาวะแข่งขันกับสิ่งมีชีวิตอื่นจึงทำให้ไม่มีความจำเป็นในการผลิตสารเมแทบอไลท์ นั้นออกมา

ในส่วนของการทดสอบความไวของ *X. oryzae* pv. *oryzae ต่อสารเคมีทางการเกษตร จะต้องใช้ความเข้มข้น*เกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ จึงจะมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งที่ใช้ในการทดสอบ ทั้งนี้ การใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคข้าว หากใช้เกินความจำเป็นทำให้เกิดสารพิษตกค้างในสภาพแวดล้อม ทั้งดินและน้ำ เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม เกิดอันตรายต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค และยังทำให้เชื้อสาเหตุโรคข้าวเกิดการต้านทานสารเคมีป้องกันกำจัดโรค ส่งผลให้ต้องใช้ปริมาณสารเคมีเพิ่มขึ้น ส่วนการใช้ยาปฏิชีวนะสเตรปโตมัยซินยังคงสามารถควบคุมโรคขอบใบแห้งได้ดี แต่เนื่องจากเหตุผลด้านราคาอาจทำให้เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตข้าว สำหรับอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้เป็นอนุภาคที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการทางเคมี และมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งได้ ซึ่งจากรายงานของ Pestovsky and Martínez-Antonio (2017) ได้ระบุว่ามีการประยุกต์ใช้อนุภาคนาโนในการเกษตร เช่น การใช้ปุ๋ยอนุภาคนาโนเพื่อเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช กำจัดศัตรูพืช และเป็นสารต้านแบคทีเรีย หากใช้อนุภาคนาโนในปริมาณมากจะช่วยให้เกษตรแม่นยำ เพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้ มีต้นทุนลดลง ดังนั้นผลการทดลองนี้อาจเป็นแนวทางในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ หรือโลหะออกไซด์อื่นๆ ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ จากจุลินทรีย์

หรือสารออกฤทธิ์จากจุลินทรีย์เป็นตัวรีดิวซ์เพื่อให้เกิดอนุภาคนาโนของโลหะ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยเฉพาะเพื่อการควบคุมโรคพืช (Płaza *et al*., 2015; Wang *et al.,* 2016) ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

แบคทีเรียในไฟลัม Firmicutes ที่แยกได้จากไลเคน *Parmotrema* เกือบทั้งหมดที่ทดสอบ มีศักยภาพในการยับยั้ง *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* แบคทีเรียสาเหตุของโรคขอบใบแห้งในข้าว จากการคัดกรองความปลอดภัยด้วยความสามารถในการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง มีเพียง *Lysinibacillus macroides* LC46 และ *Bacillus aryabhattai* LC78 ที่ไม่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดงแบบสมบูรณ์ เมื่อนำไปศึกษาความสามารถในการสร้างสารเมแทบอไลท์ที่มีฤทธิ์ยับยั้ง *X. oryzae* pv. *oryzae* แบคทีเรีย ด้วยการเพาะเลี้ยงในอาหารที่ต่างกัน ได้แก่ nutrient glucose broth, nutrient broth, Brain heart infusion และ Tryptone Soya Broth พบว่าชนิดของอาหาร และระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงไม่มีผลต่อฤทธิ์ยับยั้ง โดยมีสารที่ได้การยับยั้งแบบบางส่วนในการทดสอบด้วย agar well diffusion สำหรับการทดสอบสารเคมีทางการเกษตรที่ได้รับความนิยมใช้จากเกษตรกรเมื่อนำมาทดสอบการยับยั้งในห้องปฏิบัติการต้องใช้ความเข้มข้นสูงกว่าที่ผู้ผลิตแนะนำจึงจะสามารถยับยั้งได้ นอกจากนี้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการทางเคมีที่ใช้ในการทดสอบยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งในข้าวได้ ซึ่งจะใช้ข้อมูลนี้เป็นพื้นฐานในการใช้แบคทีเรียในไฟลัม Firmicutes และสารเมแทบอไลท์ของแบคทีเรียกลุ่มนี้ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และโลหะออกไซด์อื่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2563 ผ่านมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (มจ.1-63-02-006.7) ทุนช่วยเหลือทางด้านวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 25 จาก มูลนิธิโทเรเพื่อการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ ประเทศไทย และ ทุนพัฒนาบัณฑิตศึกษา ปี 2564 (ทุน วช.)

เอกสารอ้างอิง

Bottone, E.J. and R.W. Peluso. 2003. Production by *Bacillus pumilus* (MSH) of an antifungal compound that is active against Mucoraceae and *Aspergillus* species: preliminary report. **Journal of Medical Microbiology** 52(1): 69-74.

Caulier, S., A. Gillis, G. Colau, F. Licciardi, M. Liepin, N. Desoignies, P. Modrie, A. Legreve, J. Mahillon and J. Bragard. 2018. Versatile antagonistic activities of soil-borne *Bacillus* spp. and *Pseudomonas* spp. against *Phytophthora infestans* and other potato pathogens. **Frontriers in Microbiology** 9: 143. doi: 10.3389/fmicb.2018.00143.

Celandroni, F., S. Salvetti, S.A. Gueye, D. Mazzntini, A. Lupetti, S. Senesi and E. Ghelardi. 2016. Identification and pathogenic potential of clinical *Bacillus* and *Paenibacills* isolates. **Plos ONE** 11: e0152831. doi:10.1371/journal.pone.0152831.

Department of Agriculture Extension. 2017. **Summary of rice pests on 18 October 2017.** https://www.doae.go.th/doae/upload/files/2560_10_18_sUMRice.pdf (2 March 2021). [in Thai]

Issazadeh, K., S.K. Rad, S. Zarrabi and R. Rahimibashar. 2012. Antagonism of *Bacillus* species against *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. **African Journal of Microbiology Research** 6(7): 1615-1620.

Klayraung, S., S. Jariangprasert, P. Niamsup and N. Wongkattiya. 2017. **Isolation and screening for Biological Activities of Lichen-associated Bacteria Collected from Agricultural Sites**. Chiang Mai: Maejo University. 97 p.

Leksomboon, C. 2011. **Plant Diseases and Diagnosis**. Bangkok: Kasetsart University Press. 269 p. [in Thai]

Monteiro, L., R.L.R. Rariano and A.M. Souto-Maior. 2005. Antagonism of *Bacillus* app. against *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. **Brazillian Archieve Biology and Technology** 48(1): 23-29.

Panchai, W., S. Jariangprasert, P. Niamsup and S. Klayraung. 2017. Screening for Antibacterial Activities of lichen-associated bacteria isolated from *Parmotrema* sp. pp. 192-198. *In* **Proceedings of the 55th Kasetsart University Annual Conference**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]

Pekthanu, N., P. Phuritassananan, P. Niamsup, S. Jariangprasert and S. Klayraung. 2017. Screening for phosphate solubilizing activity of lichen-associated bacteria. pp. 579-584. *In* **Proceedings of the 3rd Pibulsongkram Research Conference**. Phisanulok: Pibulsongkram Rajabhat University. [in Thai]

Pestovsky, Y.S. and A. Martínez-Antonio. 2017. The use of nanoparticles and nanoformulations in agriculture. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology** 17(12): 8699-8730.

Płaza, G., J. Chojniak, K. Rudnicka, K. Paraszkiewicz and P. Bernat. 2015. Detection of biosurfactants in *Bacillus* species: genes and products identification. **Journal of Applied Microbiology** 119(4): 1023-1034.

Ramírez, R.,M., J.C. Arias, J.C. Bedoya, L. Rueda, C.Y. Snchez and G. Granada. 2015. Metabolites produced by antagonistic microbes inhibit the principal avocado pathogens *in vitro*. **Agronomia Colombiana** 33(1): 58-63.

Shafi, J., H. Tian and M. Ji. 2017. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. **Biotechnology & Biotechnological Equipment** 31(3): 446-449.

Wang, C., Y.J. Kim, P. Singh, R. Mathiyalagan, Y. Jin, and D.C Yang. 2016. Green synthesis of silver nanoparticles by *Bacillus methylotrophicus*, and their antimicrobial activity. **Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology** 44(4): 1127-1132.

Wiraswati, S.M., A.A. Nawangsih, I. Rusmana and A.T. Wahyudi. 2020. Rice phyllosphere bacteria producing antifungal compounds as biological control agents of blast disease. **BIODIVERSITAS** 21(4): 1273-1278.

Session 14

ภาคบรรยาย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำ
Development of Low Sodium Seasoning Powder from Chaya Leaves

กชพร พวงทอง[1] เบญญาภา นามดำรัสศิริ[1] บุรัสกร ทองมี[2] กมลชนก สุขเพราะนา[3] และธีระพล เสนพันธุ์[1*]

Kotchaporn Puangtong[1], Benyapa Namdamrassir[1], Burassakorn Tongmee[2], Kamonchanok Sukpaona[3] and Theeraphol Senphan[1*]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย เชียงใหม่ 50000

[3]โรงเรียนมงฟอร์ตวิทยาลัย เชียงใหม่ 50000

[1]Program in food science and technology, Engineering and Agricultural Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50000

[2]The Prince Royal's College, Chiang Mai, Thailand 50000

[3]Montfort College, Secondary Section, Chiang Mai, Thailand 50000

*Corresponding author: theeraphol_s@mju.ac.th

Abstract

Chaya leaves are one of the most productive green vegetables in Thailand and a tasty perennial vegetable. Chaya leaves were rich in nutritional values and antioxidants. The objective of this research is to study the chemical composition of dried Chaya leave powder and to develop a low sodium seasoning powder product from Chaya leaves. The result showed that dried Chaya leave powder was rich in protein, ash and fiber contents of 33.00, 8.78 and 70.88%, respectively. However, the optimum ingredient ratios for production of seasoning powder product from Chaya leaves consisted of dried Chaya leave powder, fish powder, salt, sugar, pepper powder, garlic powder and disodium 5-ribonucleotide of 30.7, 15.5, 22.7, 26.7, 2.0, 2.0 and 0.5%, respectively. A low sodium seasoning powder product from Chaya leaves using sodium chloride were substituted with potassium chloride at different ratios (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100). The result showed that low sodium seasoning powder product from Chaya leaves using sodium chloride substituted with potassium chloride at ratio of 25:75 had the most sensory acceptance score by panelists and had the best quality. Therefore, a low sodium seasoning powder product from Chaya leaves can be used as alternative seasoning powder for healthy food with the reduction of dietary salt intake.

Keywords: Chaya leaves, low sodium seasoning powder, umami taste, sodium chloride, potassium chloride

บทคัดย่อ

คะน้าเม็กซิโกเป็นผักใบเขียวชนิดใหม่ที่ได้รับความสนใจอย่างมากในประเทศไทย เนื่องจากมีความอร่อยอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการและมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงผักคะน้าเม็กซิโกที่อบแห้ง ก่อนนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสูตรโซเดียมต่ำและศึกษาคุณภาพ พบว่า ผงผักคะน้าเม็กซิโกมีปริมาณร้อยละ โปรตีน เถ้า และไฟเบอร์สูงถึงร้อยละ 33.00, 8.78 และ 70.88 ตามลำดับ ซึ่งอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตผงปรุงรสประกอบด้วย ผงผักคะน้าเม็กซิโกอบแห้ง ผงปลานิล เกลือ น้ำตาล ผงพริกไทย ผงกระเทียม และไดโซเดียม 5-ไรโบนิวคลีโอไทด์ ในปริมาณร้อยละ 30.7, 15.5, 22.7, 26.7 2.0, 2.0 และ 0.5 ตามลำดับ นอกจากนี้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่ใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์แทนด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์ในอัตราส่วนต่าง ๆ (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100) พบว่า ผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่ใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนโซเดียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 25:75 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดและมีคุณภาพดีสุด ดังนั้นผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสจากผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำสามารถใช้เป็นผงปรุงรสทางเลือกสำหรับผู้ที่รักสุขภาพ

คำสำคัญ: คะน้าเม็กซิโก ผงปรุงรสโซเดียมต่ำ รสอูมามิ โซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์

คำนำ

ผงปรุงรสอาหาร หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อสัตว์ เช่น ไก่ หมู มาให้ความร้อนจนแห้ง บดเป็นผงปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรสและเครื่องเทศ เช่น น้ำตาล เกลือ กระเทียม พริกไทย โมโนโซเดียม-แอลกลูตาเมต (ผงชูรส) ในทางอุตสาหกรรมการผลิตผงปรุงรส มีการใช้สารสังเคราะห์หลากหลายชนิดเป็นส่วนผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Winyangkul and Ruankham, 2017) ปัจจุบันผงปรุงรสมีบทบาทและเป็นส่วนหนึ่งของวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์สมัยนี้ที่ต้องการความสะดวกรวดเร็วแม้แต่ในการทำอาหารนิยมใช้ผงปรุงรสสำเร็จรูปในการทำอาหารกันมาก เนื่องจากช่วยลดขั้นตอนและมีความสะดวกในการประกอบอาหารให้มีรสชาติตรงกับความชอบ ตลอดจนยังสามารถใช้ปรุงรสอาหารได้หลากหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นส่วนผสมในน้ำซุป ใช้หมักเนื้อสัตว์หรือใส่ลงในอาหารจานผักต้มทอดต่าง ๆ ก็อาจถือว่ามีประโยชน์ แต่ในด้านคุณค่าทางโภชนาการของผงปรุงรสสำเร็จรูปนั้นอาจไม่ได้มีมากหรือไม่มีเลยทั้งนี้เมื่อมองถึงความปลอดภัยต่อสุขภาพจากการใช้ผงชูรสสำเร็จรูปแล้วหากร่างกายได้รับสารปรุงแต่งรสหรือส่วนผสมของเครื่องปรุงรสนั้นโดยเฉพาะโมโน-โซเดียมกลูตาเมตในปริมาณมากติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้เสี่ยงกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและโรคไตวาย เนื่องจากทั้งผงปรุงรสและผงชูรสเป็นส่วนผสมล้วนที่มีโซเดียมซึ่งอาจมีปริมาณมากกว่าที่ร่างกายต้องการต่อวันนอกจากนี้ยังมีผู้บริโภคบางกลุ่มที่มีอาการแพ้ผงชูรสทำให้มีอาการชาบริเวณใบหน้าและลำคอ รู้สึกมึนงง คลื่นไส้ วิงเวียนและอาเจียน (Sriungwan *et al.*, 2019) จากรายงานการวิจัยความสัมพันธ์ของการใช้ผงปรุงรสสำเร็จรูปกับปริมาณเกลือในอาหารของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ผงปรุงรสสำเร็จรูปและปริมาณเกลือในแกงจืด ผัดผัก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นคนไทยมีพฤติกรรมการบริโภครสเค็มสูงขึ้น จึงเป็น

สำเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคไต โรคหัวใจขาดเลือด โรคหลอดเลือดสมอง โรคอัมพฤกษ์ อัมพาต เป็นต้น (Srikan *et al*., 2018)

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ดังนั้นการพัฒนาผงปรุงรสจากวัตถุดิบธรรมชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีปริมาณโซเดียมต่ำจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้รักสุขภาพ จึงเป็นที่มาของผลิตภัณฑ์นวัตกรรมผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำ ซึ่งผู้วิจัยมีแนวคิดในการใช้ผักคะน้าเม็กซิโกมาเป็นส่วนผสมหลักในผลิตภัณฑ์เนื่องจากคะน้าเม็กซิโกกำลังเป็นที่นิยมและการปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เป็นผักที่มีรสชาติดีและอุดมไปด้วยคุณค่าโภชนาการสูง และยังพบว่า ในคะน้าเม็กซิโกพบสาระสำคัญ ได้แก่ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ฟีนอลิก (Phenolic acids) ซาโปรนิน (Saponins) และอัลคาลอยด์ (Alkaloids) ซึ่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Ramírez Rodrigues *et al*., 2021) ฤทธิ์ลดความดัน (Winyangkul and Ruankham, 2017) ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (García-Rodríguez *et al*., 2014) และฤทธิ์ต้านจุลชีพ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าคะน้าเม็กซิโกยังมีสรรพคุณทางยาที่ช่วยให้โลหิตหมุนเวียนได้ดี ช่วยให้ระบบขับถ่ายเป็นปกติ ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในร่างกาย ใช้ควบคุมป้องกันการเกิดภาวะโลหิตจาง บำรุงสมองให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ป้องกันการเกิดโรคไขข้ออักเสบ รักษาตับอักเสบและโรคเบาหวาน (García-Rodríguez *et al*., 2014) Babalola and Alabi (2015) รายงานว่าใบผักคะน้าเม็กซิโกมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 31.14 (น้ำหนักแห้ง) และมีแร่ธาตุแคลเซียม โพแทสเซียม เหล็ก ในปริมาณสูง รวมทั้งยังมีคุณค่าทางโภชนอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ กรดแอสคอร์บิค ไทอามีน ไรโบฟลาวิน และเบต้าแคโรทีน ในปริมาณ 165, 0.12, 0.15 และ 0.094 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ (Kuti and Kuti, 1999) แต่ในการใช้มีข้อพึงระวังเนื่องจากใบผักคะน้าเม็กซิโกสดนั้นมีสารพิษจำพวกไซยาไนด์ จึงจำเป็นต้องทำให้สุกก่อนรับประทานโดยใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที ในการทำให้สุกเพื่อลดฤทธิ์ของสารที่เป็นพิษให้อยู่ในระดับปลอดภัย อย่างไรก็ตามการลดเกลือโซเดียมคลอไรด์ในอาหาร สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การใช้สารทดแทนเกลือ การใช้สารเสริมกลิ่นรส การเลือกขนาดรูปร่างของเกลือที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความสามารถในการรับรส การใช้สารทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องมาจากลักษณะทางด้านเคมีของเกลือทั้งสองชนิดมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีสี และไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขุ่น (Wilailux *et al*., 2020) นอกจากนี้การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสูตรลดโซเดียมยังเป็นการตอบสนองนโยบายของกระทรวงสาธารณสุข ในยุทธศาสตร์ลดการบริโภคเกลือและโซเดียมในประเทศไทย (พ.ศ. 2559-2568) องค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO, 2012 แนะนำให้บริโภคเกลือ ไม่เกิน 5 กรัม/วัน คิดเป็นปริมาณโซเดียมไม่ควรบริโภคเกิน 2,000 มิลลิกรัม/วัน (กระทรวงสาธารณสุข) (Moreira *et al*., 2018) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงผักคะน้าเม็กซิโกที่อบแห้ง ก่อนนำมาศึกษาคุณภาพและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสูตรโซเดียมต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างผงผักคะน้าเม็กซิโก

เก็บตัวอย่างใบคะน้าเม็กซิโกสดจากแปลงเกษตร อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแปรรูปผักผลไม้ของสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ภายในระยะเวลา 4 ชม. นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง จากนั้นนำใบคะน้าเม็กซิโกลวกในน้ำเดือด 2 นาที ก่อนนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (TERMARK, Science En, Norway) ที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 6 ชม. แล้วนำตัวอย่างใบคะน้าเม็กซิโกที่แห้งแล้วมาบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดผง (GM-50, TKK TECH, Bangkok) แล้วนำไปผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 มิลลิเมตร) จะได้ผงใบคะน้าเม็กซิโกแห้ง นำไปบรรจุลงถุงพลาสติกและปิดผนึกด้วยเครื่องสุญญากาศแล้วเก็บตัวอย่างผงใบคะน้าเม็กซิโกแห้งไว้ในตู้แช่แข็ง (HCF-228H-2, HAIER, China) ที่อุณหภูมิ -18 °ซ ไม่เกิน 2 เดือน เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสใบคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดี่ยมต่ำต่อไป

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงใบคะน้าเม็กซิโกแห้งโดยวิเคราะห์ร้อยละปริมาณ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และใยอาหารในตัวอย่างตามวิธีมาตรฐาน AOAC (AOAC, 2000) สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตใช้วิธีการหาปริมาณส่วนต่างจากการหักลบกับองค์ประกอบอื่นๆ ข้างต้น

การผลิตผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำ

ผลิตผงปรุงรสผักผงผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำโดยดัดแปลงวิธีของ Charoenphun and Chaiporn (2020) ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ ผงใบคะน้าเม็กซิโกแห้ง ผงปลานิล เกลือ น้ำตาล ผงพริกไทย และผงกระเทียม ในปริมาณร้อยละ 30.7, 16.0, 22.7, 26.7, 2.0 และ2.0 ตามลำดับ ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการผลิตผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำด้วยการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนโซเดียมคลอไรด์ในสูตร ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 แสดงดัง Table 1 จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสโดยวิเคราะห์ ลักษณะปรากฏ ค่าสี ความชื้น ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ ค่าความเป็นกรดด่างและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรต่าง ๆ

Table 1 Ratio of sodium chloride was substituted with potassium chloride in chaya leaves seasoning powder product

Ingredients (%)	Formulas				
	1	2	3	4	5
Sodium chloride	100	75	50	25	0
Potassium chloride	0	25	50	75	100

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition)

วิเคราะห์ปริมาณ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และใยอาหารในตัวอย่างผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำโดยใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์สูตรต่าง ๆ ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (AOAC, 2000) สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตใช้วิธีการหาปริมาณส่วนต่างจากองค์ประกอบอื่น ๆ ในตัวอย่างผงคะน้าเม็กซิโก

วิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำโดยใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์สูตรต่าง ๆ โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Model color Flex, Reston, VIRG, USA) และรายงานในรูป L^* (lightness), a^* (redness/greenness) และ b^* (yellowness/blueness) สำหรับค่า (ΔE^*) จะได้จากการคำนวณตามวิธีของ Benjakul *et al*. (2017)

วิเคราะห์ปริมาณโซเดียม

วิเคราะห์ปริมาณโซเดียมของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำโดยใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์สูตรต่าง ๆ ตามวิธีของ Galvão *et al*. (2014) ซึ่งใช้สารละลายตัวอย่างผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรทที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนจนถึงจุดยุติจะเห็นตะกอนสีแดงอิฐของซิลเวอร์โครเมท บันทึกปริมาตรสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทที่ใช้เพื่อคำนวณหาปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในตัวอย่าง

วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (water activity)

วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำโดยใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์สูตรต่าง ๆ โดยดัดแปลงวิธีของ Shuen *et al*. (2021) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (AQUA LAB, Series 3TE, USA)

วัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำโดยใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์สูตรต่าง ๆ โดยดัดแปลงวิธีของ Chinabhark *et al.* (2007) ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (Metler, Five Easy plus, Switzerland)

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

การเตรียมตัวอย่างให้อยู่ในรูปของน้ำซุปโดยการใช้ผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำโดยใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์สูตรต่าง ๆ 20 กรัม ต้มในน้ำเดือด 1 ลิตรเป็นเวลา 3 นาที บรรจุน้ำซุป 30 มิลลิลิตร ในถ้วยพลาสติกทนร้อนชนิด polypropylene (PP) มีฝาปิดสนิท ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส

ก่อนทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 60 คน แบ่งเป็น ผู้ชายจำนวน 30 คนและ ผู้หญิงจำนวน 30 คน เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสเค็ม รสอูมามิ และความชอบรวม โดยวิธีทดสอบความชอบแบบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยมีเกณฑ์คะแนนจาก 1 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 คะแนน (ชอบมากที่สุด)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแต่ละปัจจัยที่ศึกษา วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยที่ศึกษา ด้วย Duncan’s Multiple Range Test วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมประมวลทางสถิติ SPSS (SPSS 10.0 for Window, SPSS.Ine, Chicaso, IL, USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของผงใบคะน้าเม็กซิโกแห้ง

องค์ประกอบทางเคมีของผงใบคะน้าเม็กซิโกแห้งแสดงดัง Table 2 พบว่า ผงใบคะน้าเม็กซิโกแห้งมีปริมาณใยอาหารสูงถึงร้อยละ 70.80 รองลงมาเป็นปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 43.75 ตามด้วยปริมาณโปรตีนร้อยละ 33.00 ปริมาณไขมันร้อยละ 8.88 ปริมาณเถ้าร้อยละ 8.78 และปริมาณความชื้นร้อยละ 5.59

Table 2 Chemical Composition of dried chaya leaves powder

%Moisture	%Protein	%Fat	%Ash	%Carbohydrate	%Fiber
5.5±90.18*	33.00±0.35	8.88±0.43	8.78±0.02	43.75±0.45	70.80±8.24

* Mean ± Standard Deviation (n=3)

องค์ประกอบทางเคมีของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำ

องค์ประกอบทางเคมีของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์สูตรต่าง ๆ แสดงดัง Table 3 พบว่า มีผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ทุกสูตรมีปริมาณร้อยละความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

Table 3 Formulas of low sodium seasoning powder product from Chaya leaves using sodium chloride substituted with potassium chloride at different ratios

Formulas	NaCl:KCl ratios	%Moisture	%Protein	%Fat[NS]	%Ash[NS]	%Carbohydrate	%Fiber[NS]
1	100:0	3.08±0.39[*a**]	25.66±0.22[b]	5.19±0.17	25.12±0.09	40.95±0.09[a]	17.11±0.12
2	75:25	3.45±0.05[b]	25.83±0.91[c]	5.24±0.30	25.16±0.39	40.32±1.23[b]	17.01±0.78
3	50:50	3.19±0.31[ab]	26.65±0.11[a]	5.34±0.29	24.79±0.14	40.03±0.24[a]	16.71±0.78
4	25:75	2.89±0.01[a]	26.10±0.11[ab]	5.51±0.23	25.22±0.46	40.28±0.17[a]	16.70±0.19
5	0:100	2.92±0.14[a]	25.99±0.12[ab]	5.37±0.06	25.32±0.09	40.40±0.39[a]	16.96±0.13

* Mean ± Standard Deviation (n=3)

** Different letters in the same row were statistically different at 95 percent confidence level ($p \leq 0.05$).

ns: not significant

ค่าสีของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำ

ค่าสีของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับต่าง ๆ แสดงดัง Table 4 พบว่า ผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับสูงขึ้น จะมีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ลดลง แต่ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และความต่างสี (ΔE*) กลับเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$)

Table 4 Color values of low sodium seasoning powder product from chaya leaves using sodium chloride substituted with potassium chloride at different ratios

Formulas	NaCl:KCl ratios	Color values			
		*L**	*a**	*b**	*ΔE**
1	100:0	40.89±0.08[*a**]	-8.89±0.02[a]	18.95±0.18[b]	5.40±0.04[d]
2	75:25	40.89±0.08[a]	-8.89±0.07[a]	18.95±0.26[b]	5.40±0.17[d]
3	50:50	39.37±0.03[b]	-8.60±0.14[b]	19.32±0.07[a]	5.77±0.02[c]
4	25:75	37.35±0.12[C]	-8.59±0.03[b]	19.38±0.13[a]	5.90±0.02[b]
5	0:100	37.64±0.08[C]	-8.42±0.02[c]	19.83±0.05[a]	5.95±0.01[a]

* Mean ± Standard Deviation (n=3)

** Different letters in the same row were statistically different at 95 percent confidence level ($p \leq 0.05$).

ปริมาณโซเดียมของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำ

ปริมาณโซเดียมของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับต่าง ๆ แสดงดัง Table 5 พบว่า การทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ในระดับที่สูงขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 100 ทำให้ผงปรุงรสจากผักคะน้าเม็กซิโกมีค่าปริมาณโซเดียมลดลงจาก 189 ถึง 0.3 มิลลิกรัมโซเดียมคลอไรด์/กรัมตัวอย่าง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$)

Table 5 Salt content of low sodium seasoning powder product from Chaya leaves using sodium chloride substituted with potassium chloride at different ratios

Formula	NaCl:KCl ratios	Salt content (mg NaCl/gram sample)
1	100:0	189.0±0.02*e**
2	75:25	141.0±0.10d*
3	50:50	069.0±0.48c
4	25:75	46.0±0.16b
5	0:100	0.3±0.23a

* Mean ± Standard Deviation (n=60)

** Different letters in the same row were statistically different at 95 percent confidence level ($p \le 0.05$).

ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) และค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ และค่าความเป็นกรดด่างของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับต่าง ๆ แสดงดัง Table 6 พบว่า ผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่สูงขึ้นมีปริมาณค่ากิจกรรมของน้ำอิสระลดลง แต่มีค่าความเป็นกรดด่างอเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ($p \le 0.05$)

Table 6 water activity (aw) and pH value (pH) of low sodium seasoning powder product from Chaya leaves using sodium chloride substituted with potassium chloride at different ratios

Formula	NaCl:KCl ratios	water activity (a_w)	pH
1	100:0	0.45±0.01*a**	6.33±0.1d
2	75:25	0.43±0.01a	6.44±0.1c
3	50:50	0.44±0.01a	6.48±0.1b
4	25:75	0.41±0.01b	6.53±0.1a
5	0:100	0.41±0.01b	6.53±0.1a

* Mean ± Standard Deviation (n=3)

** Different letters in the same row were statistically different at 95 percent confidence level ($p \le 0.05$).

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผงปรุงรสจากผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำ

การทดสอบยอมรับทางประสาทสัมผัสของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับต่าง ๆ แสดงดัง Table 7 พบว่า ผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับต่าง ๆ มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสเค็ม รสอูมามิ และความชอบรวมไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ขณะที่สูตรที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ระดับ 75:25 เป็นสูตรที่มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรส ความเค็ม และความชอบรวมสูงที่สุด ($p > 0.05$) และเมื่อเทียบกับสูตรที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ระดับ 100:0 และสูตรที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ระดับ 75:25 สามารถลดเกลือโซเดียมลงได้ถึงร้อยละ 25

Table 7 Sensory Acceptance Scores of low sodium seasoning powder product from Chaya leaves using sodium chloride substituted with potassium chloride at different ratios

Sensory characteristics	NaCl:KCl ratios				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
appearance^{NS}	6.43±1.97*	6.52±2.06	6.47±1.83	6.12±1.90	6.08±2.04
color^{NS}	6.62±1.82	6.68±1.92	6.68±1.80	6.35±1.71	6.38±1.85
smell^{NS}	5.67±1.77	5.95±2.17	5.77±2.06	5.60±2.02	5.57±1.85
salty^{NS}	5.95±1.62	6.23±2.01	5.57±1.76	5.17±1.92	5.17±1.98
Umami flavor^{NS}	6.12±1.64	6.35±2.17	5.63±1.78	5.07±1.84	5.17±1.81
overall liking	5.87±1.63^{b}	6.25±2.12^{a}	5.47±1.64^{c}	4.90±1.72^{d}	5.00±1.57^{d}

* Mean ± Standard Deviation (n=60)

** Different letters in the same row were statistically different at 95 percent confidence level ($p \leq 0.05$).

ns: not significant

วิจารณ์ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของผงใบคะน้าเม็กซิโกแห้งพบว่า มีใยอาหารพบมากที่สุดร้อยละ 70.28 รองลงมาเป็นคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 43.75 และโปรตีนถึงร้อยละ 33 (Table 2) (Babalola and Alabi, 2015) รายงานว่าใบคะน้าเม็กโกมีโปรตีนร้อยละ 31.14 (น้ำหนักแห้ง) (Kuti and Kuti, 1999) ขณะที่ใบคะน้าเม็กซิโกสดมีความชื้นร้อยละ 85.3, คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 4.2 โปรตีนร้อยละ 5.7 ไขมันร้อยละ 0.4 และใยอาหารร้อยละ 1.9 จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำสูตรต่าง ๆ (Table 3) พบว่า ค่าของร้อยละปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และความชื้น มีปริมาณไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์

ที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำ อย่างไรก็ตามผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับสูงขึ้นจะมีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ลดลง เนื่องจากโพแทสเซียมคลอไรด์จะมีสีคล้ำกว่าเกลือโซเดียมเซียมคลอไรด์ ซึ่งลักษณะทางด้านเคมีของเกลือทั้งสองชนิดนี้ มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีสี และไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขุ่น แต่แสดงให้เห็นว่าผงปรุงรสจะมีสีคล้ำขึ้นเมื่อระดับของเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์สูงขึ้นในสูตรผงปรุงรส นอกจากนี้การทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ในสูตรผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกในระดับที่สูงขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 100 ทำให้ผงปรุงรสจากผักคะน้าเม็กซิโกมีค่าปริมาณโซเดียมลดลงจาก 189 ถึง 0.3 มิลลิกรัมโซเดียมคลอไรด์/กรัมตัวอย่าง องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) แนะนำให้บริโภคเกลือ ไม่เกิน 5 กรัม/วัน คิดเป็นปริมาณโซเดียมไม่ควรบริโภคเกิน 2,000 มิลลิกรัม/วัน (Moreira *et al*., 2018)

ผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่สูงขึ้นมีปริมาณค่ากิจกรรมของน้ำอิสระลดลง แต่มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งมาตรฐาน มผช. ของผงปรุงรสกำหนดค่า ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระต้องไม่เกิน 0.65 ซึ่งค่าค่ากิจกรรมของน้ำอิสระเป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนการเก็บรักษาอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญและการสร้างพิษของจุลินทรีย์ (Charoenphun and Chaiporn, 2018) ผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับต่าง ๆ มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสเค็ม รสอูมามิ และความชอบรวมไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ผงปรุงรสจากคะน้าเม็กซิโกที่มีการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับร้อยละ 25 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดเพื่อทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ การใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ในปริมาณสูงตั้งแต่ร้อยละ 30-50 จะให้รสชาติไม่พึงประสงค์ เช่น รสขม และ Metallic aftertaste ดังนั้นการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์เพื่อทดแทนโซเดียมคลอไรด์สำหรับการผลิตอาหารเกลือต่ำ จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มวัตถุดิบที่ให้รสอูมามิเพื่อกลบรสขม และเพิ่มปริมาณของเครื่องเทศเพื่อทำให้เกิดความสมดุลของกลิ่นและรสชาติของอาหารที่มีการลดเกลือ (Winyangkul and Ruankham, 2017)

สรุปผลการวิจัย

ผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันทางเลือกใหม่ของผู้รักสุขภาพเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและอุดมไปด้วยโปรตีน และใยอาหารจากผักคะน้าเม็กซิโก นอกจากนี้การลดปริมาณโซเดียมลงร้อยละ 25 ด้วยการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในสูตรเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ได้ผงปรุงรสมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดีและผู้บริโภคยอมรับ และจะมีการศึกษาผงปรุงรสผักคะน้าเม็กซิโกสูตรโซเดียมต่ำสำหรับผู้ที่บริโภคอาหารกลุ่มมังสวิรัติและวีแกน เพื่อเพิ่มทางเลือกในการบริโภคให้กับผู้บริโภคทั้ง 2 กลุ่มนี้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากอุทยานวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โครงการการพัฒนาขีดความสามารถทางเทคโนโลยีและวิจัยของภาคเอกชนในพื้นที่ (Industrial Research and Technology Capacity Development Program: IRTC) ประจำปี พ.ศ. 2564 ร่วมกับ วิสาหกิจชุมชนการท่องเที่ยวเกษตรอินทรีย์และวิถีชุมชนคนเจียงฮาย และโครงการฝึกอบรมหลักสูตรประกาศนียบัตรเกษตรก้าวหน้า (Smart Farming) โดยเน้นการบูรณาการร่วมเนื้อหาแบบโมดูลกับการเรียนรู้แบบเน้น Project base เพื่อสร้างและพัฒนาบุคลากรด้านการเกษตรสมัยใหม่ในยุคไทยแลนด์ 4.0 ภายใต้โครงการพัฒนาและผลิตกำลังคนของประเทศเพื่อรองรับนโยบาย Thailand 4.0 ระหว่างวันที่ 16 พฤษภาคม 2564 ถึง วันที่ 16 กรกฎาคม 2564 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

AOAC, C.Y. 2000. **Official Methods of Analysis.** Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.

Babalola, J.O., and O.O. Alabi. 2015. Effect of processing methods on nutritional composition, phytochemicals, and anti-nutrient properties of chaya leaf (*Cnidoscolus aconitifolius*). **African Journal of Food Science** 9: 560-565.

Benjakul, S., S. Mad Ali, T. Senphan and P. Sookchoo. 2017. Biocalcium powder from precooked skipjack tuna bone: production and its characteristics. **Journal of Food Biochemistry** 41: e12412.

Charoenphun, N. and P. Chaiporn. 2018. Development of seasoning powder product from longan. **Journal of Science and Technology** 26: 631-640. [in Thai].

Chinabhark, K., S. Benjakul and T. Prodpran. 2007. Effect of pH on the properties of protein-based film from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) surimi. **Bioresource Technology** 98: 221-225.

Galvão, M.T.E.L., D.B. Moura, A.C.S. Barretto and M.A.R. Pollonio. 2014. Effects of micronized sodium chloride on the sensory profile and consumer acceptance of turkey ham with reduced sodium content. **Food Science and Technology** 34: 189-194.

García-Rodríguez, R.V., G.A. Gutiérrez-Rebolledo, E. Méndez-Bolaina, A. Sánchez-Medina, O. Maldonado-Saavedra, M.Á. Domínguez-Ortiz and J.S. Cruz-Sánchez. 2014. *Cnidoscolus chayamansa Mc Vaugh*, an important antioxidant, anti-inflammatory and cardioprotective plant used in Mexico. **Journal of Ethnopharmacology** 151: 937-943.

Kuti, J.O. and H. Kuti. 1999. Proximate composition and mineral content of two edible species of *Cnidoscolus* (tree spinach). **Plant Foods for Human Nutrition** 53(4): 275-283.

Moreira, P., A.S. Sousa, R.S. Guerra, A. Santos, N. Borges, C. Afonso and P. Padrão 2018. Sodium and potassium urinary excretion and their ratio in the elderly: results from the Nutrition UP 65 study. **Food & Nutrition Research** 62: 1-10.

Ramírez Rodrigues, M.M., J.C. Metri Ojeda, M. González Díaz and D.K. Baigts Allende. 2021. Use of chaya (*Cnidoscolous chayamansa*) leaves for nutritional compounds production for human consumption**.** **Journal of the Mexican Chemical Society** 65: 118-128.

Shuen, G.W., L.Y. Yi, T.S. Ying, G.C.Y. Von, Y.A.B. Yusof and P.L. Phing. 2021. Effects of drying methods on the physicochemical properties and antioxidant capacity of Kuini powder. **Brazilian Journal of Food Technology** 24: 1-14.

Srikan, P., S. Thatan, W. Srichanpan and C. Pinsaku. 2018. Relationship between knowledge, self-care agency, sodium reduction behavior and urinary sodium level of students and employees of the boromarajonnani college of nursing phayao. **Journal of Boromarajonani College of Nursing** 34: 21-33. [in Thai].

Sriungwan, S., P. Chalermchaiwat, U. Suttisunsanee, S. Jittinadndana, R. chemthong and O. Nattira. 2019. Development of reduced-sodium seasoning powder using yeast extract. **Walailak Procedia** 1(2019) 1-5.

Wilailux, C., S. Sriwattana, N.Chokumnoyporn and W.Prinyawiwatkul. 2020. Texture and colour characteristics, and optimisation of sodium chloride, potassium chloride and glycine of reduced sodium frankfurter. **International Journal of Food Science & Technology** 55: 2232-2241.

Winyangkul, P. and W. Ruankham. 2017. Effects of sodium intake on sleep quality with uncontrolled hypertension patients in rural Chiang Rai Province, Northern Thailand. **Journal of Health Research** 31: 185-190.

WHO Guideline. 2012. **Potassium Intake for Adults and Children.** Geneva: WHO. 52 p.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง

Development of Germinated Brown Rice Drink Product from Khaohom Mae Phaya Tongdam Rice with Soy Milk

แสงมณี เกิดพงษ์* หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ และถาวร ฉิมเลี้ยง

Sangmanee Keartpong*, Yardrung Suwannarat and Tawon Chimliang

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี 22000

Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi, Thailand 22000

*Corresponding author: jaijaiddtcj@hotmail.com

Abstract

The objective of this research was to develop the germinated brown rice drink product from Khaohom Mae Phaya Tongdam Rice with soy milk in the form of ready-to-drink product. The research comprised of two experiments as; 1) studying the ratio of germinated rice and soy milk and 2) studying the amount of sugar to add in products. The experiments were conducted by mixing the germinated brown rice drink with soy milk at the ratio of 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 and 0:100, heated at 65 ^{0}C for 30 min, hot filled in glass bottle, cooling and kept at 4 ^{0}C. The ready-to-drink product was evaluated the sensory, chemical and physical properties. The results showed that the panelists accepted the ready-to-drink products by mixing the germinated brown rice drink with soy milk at the ratio of 60:40 that higher than those of the other ratios. After that, the amount of sugar was studied by varying the sugar level at 0, 2, 4, 6, 8 and 10%. The ready-to-drink products was evaluated the sensory, chemical and physical properties. The results showed that the panelists accepted the germinated brown rice drink with soy milk products that adding 6% of sugar higher than the other level. The chemical and physical properties of the germinated brown rice drink with soy milk products had similar values in every ratio.

Keywords: germinated brown rice, Khaohom Mae Phaya Tong Dam rice, germinated brown rice, soy milk and anthocyanin

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองในรูปแบบพร้อมดื่ม การวิจัยประกอบด้วย 1) ศึกษาอัตราส่วนของน้ำข้าวกล้องงอกกับน้ำนมถั่วเหลือง และ 2) ศึกษาปริมาณน้ำตาลที่ผสมในผลิตภัณฑ์ การทดลองทำได้โดยนำน้ำข้าวหอมแม่พญาทองดำงอกผสมกับน้ำนมถั่วเหลืองในอัตราส่วน 100:0 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 และ 0:100 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที บรรจุร้อนในขวดแก้ว ทำให้เย็น และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำเครื่องดื่มที่ผลิตได้มาทดสอบประสาทสัมผัส วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนของน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมกับน้ำนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วน 60:40 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมสูงกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ นำผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากอัตราส่วนที่เหมาะสมไปศึกษาปริมาณน้ำตาล โดยแปรปริมาณน้ำตาลที่ระดับร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ ผลการทดลองพบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับเมื่อเติมน้ำตาลในผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองร้อยละ 6 สูงกว่าที่ระดับอื่น ๆ ส่วนคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองพร้อมดื่ม มีค่าใกล้เคียงกันทุกอัตราส่วน

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก ข้าวหอมแม่พญาทองดำ น้ำข้าวกล้องงอก น้ำนมถั่วเหลือง แอนโทไซยานิน

คำนำ

การดำเนินชีวิตของคนยุคใหม่ที่เต็มไปด้วยความเร่งรีบ มีการแข่งขันสูง และกำลังเผชิญหน้ากับสถานการณ์การระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้พฤติกรรมการบริโภคของคนเปลี่ยนไปเพื่อปรับตัวให้เข้ากับชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) ทำให้ผู้คนส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการบริโภคอาหารจากในอดีต โดยเลือกบริโภคอาหารที่รับประทานง่าย ใช้เวลาน้อยและมีประโยชน์ น้ำข้าวกล้องจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมกับการดำเนินชีวิตของคนในยุคนี้ เครื่องดื่มจากข้าวกล้องอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่ช่วยควบคุมการทำงานของเซลล์ร่างกายทุกเซลล์ให้ทำงานปกติแม้ร่างกายจะต้องการในแต่ละวันปริมาณน้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ วิตามินและแร่ธาตุที่มีในน้ำข้าวกล้อง เช่น วิตามิน บี1 บี2 วิตามินซี สังกะสี และเหล็ก รวมทั้งมีใยอาหารที่ช่วยซึมซับของเสียออกจากร่างกาย (Ministry of Public Health, 1992) การนำข้าวกล้องมาเพาะให้งอกจะได้กรดอะมิโนที่ผลิตจากกระบวนการ Decarboxylation ของกรดกลูตามิก (Glutamic acid) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า GABA (Gamma Amino Butyric Acid) มีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ในระบบประสาทส่วนกลาง ทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ช่วยให้สมองผ่อนคลายและหลับสบาย อีกทั้งยังทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อ (Anterior pituitary) ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต (HGH) เกิดการสร้างเนื้อเยื่อทำให้กล้ามเนื้อเกิดความกระชับ และเกิดสาร Lipotropic ซึ่งเป็นสารป้องกันการสะสมไขมัน (Zhang *et al.,* 2007) เมื่อนำข้าวกล้องสีม่วงซึ่งมีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ที่มีคุณสมบัติต้านสารอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูง เบาหวาน และโรคหัวใจ รวมทั้งทำให้เซลล์ประสาทในสมองทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Lazze *et al.*, 2004) ป้องกัน

โรคมะเร็ง ต้านอาการแพ้ ต้านไวรัส และต้านการอักเสบ (Chutipanya and Jiamyueng, 2008) มาเพาะงอกทำเป็นน้ำผสมกับน้ำนมถั่วเหลืองที่มีโปรตีนสูงจึงเป็นการเพิ่มคุณประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ ในงานวิจัยเรื่องการพัฒนาน้ำข้าวกล้องงอกผสมน้ำผักพร้อมดื่ม พบว่าในอัตราส่วนน้ำข้าวกล้องงอกและน้ำใบเตย 8:2 ต่อน้ำสะอาด 1 ลิตร ปรับด้วยน้ำผึ้งให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 11 องศาบริกซ์ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด (Prikbunchan and Rattanaphan, 2015) ข้าวหอมแม่พญาทองดำเป็นข้าวพื้นเมืองของจังหวัดจันทบุรี ที่มีลักษณะเด่นคือ เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีม่วง มีคุณสมบัติเป็นยาและมีใยอาหารสูง (Changthom, 2014) การปลูกข้าวหอมแม่พญาทองดำเพื่อบริโภคและการค้ายังไม่ได้รับการส่งเสริมในปัจจุบัน เนื่องจากข้าวชนิดนี้มีคุณสมบัติในการหุงต้มไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคกล่าวคือ ข้าวที่หุงสุกแล้วเมื่อเย็นตัวลงเมล็ดข้าวจะแข็งกระด้าง ส่วนการแปรรูปยังไม่ได้รับความสนใจของกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ประกอบการ ในอนาคตข้าวพันธุ์นี้จึงเสี่ยงที่จะสูญพันธุ์ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำข้าวหอมแม่พญาทองดำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่สามารถบริโภคได้ทุกช่วงวัย รวมทั้งเพื่อต้องการให้ผู้ที่มีความสนใจสามารถนำผลงานไปต่อยอดในเชิงการค้าและมีการส่งเสริมให้ปลูกข้าวสายพันธุ์นี้เชิงอนุรักษ์ในพื้นที่ท้องถิ่นและขยายออกไปยังภูมิภาคต่าง ๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองในรูปแบบพร้อมดื่ม โดยศึกษาอัตราส่วนของน้ำข้าวกล้องงอกกับน้ำนมถั่วเหลือง และปริมาณน้ำตาลที่เติมในผลิตภัณฑ์ และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบ

เตรียมข้าวกล้องงอกโดยนำข้าวหอมแม่พญาทองดำที่ผ่านการกระเทาะเปลือกจำนวน 1,000 กรัม ล้างน้ำให้สะอาด แช่ด้วยน้ำสะอาดโดยใช้อัตราข้าว 1 ส่วนต่อน้ำ 3 ส่วนเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เทน้ำทิ้ง นำข้าวใส่ภาชนะที่สะอาดคลุมด้วยผ้าขาวบางชุบน้ำหมาด บ่มที่อุณหภูมิห้อง 12-18 ชั่วโมง จมูกข้าวจะมีตุ่มเล็กๆ สีขาวงอกออกมา นำข้าวงอกที่ได้มาเตรียมน้ำข้าวกล้องงอก โดยนำข้าวหอมแม่พญาทองดำงอกที่เพาะไว้ไปล้างน้ำให้สะอาด กรองผ่านกระชอน ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ ปั่นด้วยเครื่อง Philips รุ่น HR2011 โถแก้ว ขนาด 1.5 ลิตร อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:4 กรองผ่านผ้าขาวบาง 4 ชั้น ได้น้ำข้าวกล้องแม่พญาทองดำงอก

เตรียมน้ำนมถั่วเหลืองโดยแช่ถั่วเหลืองแห้งเต็มเมล็ด (ตราไร่ทิพย์) ในน้ำสะอาดนาน 15 ชั่วโมง (อัตราส่วนถั่วต่อน้ำ 1:4) จากนั้น นำเมล็ดถั่วเหลืองมาแช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.01% (โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 30 นาที ด้วยอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อสารละลาย 1:3 ล้างด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง นำถั่วเหลืองไปปั่นด้วยเครื่องปั่น Philips รุ่น HR2011 โถแก้ว ขนาด 1.5 ลิตร ด้วยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำเป็น 1:4 ด้วยความเร็วระดับสูงสุดนาน 3 นาที เพื่อสกัดเอาโปรตีนจากถั่วเหลือง กรองแยกกากถั่วเหลืองออกด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น ได้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ทั้งหมด 6-7 องศาบริกซ์

2. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง

เตรียมน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง โดยใช้อัตราส่วนของน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง 7 อัตราส่วน ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 และ 0:100 เติมน้ำตาลปริมาณร้อยละ 8 เกลือร้อยละ 0.16 และคาราจีแนนร้อยละ 0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที บรรจุขณะร้อนใส่ขวดแก้วที่ฆ่าเชื้อแล้วขนาด 150 มิลลิลิตร ปิดฝา และทำให้เย็น เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน เลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุดไปแปรปริมาณน้ำตาล

3. การศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง

เตรียมน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาข้างต้น และนำมาแปรปริมาณน้ำตาล 6 ระดับ ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ ร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 เติมเกลือร้อยละ 0.16 และคาราจีแนนร้อยละ 0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี วางแผนการทดลองแบบ (Complete Randomized Design; CRD) ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) แต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง

การผลิตผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง โดยใช้อัตราส่วนของน้ำข้าวกล้องหอมแม่พญาทองดำงอกต่อน้ำนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วนต่าง ๆ เติมน้ำตาล เกลือ และคาราจีแนน ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และบรรจุในขวด ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ดัง Figure 1 ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะสีม่วงอ่อนไล่ระดับ กลิ่นหอม และเมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลองดัง Table 1 และ Table 2

(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g)

Figure 1 Germinated brown rice drink product from Khaohom Mae Phaya Tongdam rice with soy milk at different ratio: (a) 100:0, (b) 80:20, (c) 60:40, (d) 50:50, (e) 40:60, (f) 20:80 and (g) 0:100

Table 1 Sensory acceptability scores of the germinated brown rice drink product from Khaohom Mae Phaya Tongdam rice with soy milk at different ratios

Ratio of germinated brown rice to soy milk (%)	Sensory acceptability scores (mean score ± standard deviation)					
	Appearance	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
100:0	6.67 ± 1.47^{ab}	7.03 ± 1.56^{a}	7.40 ± 1.30^{a}	6.30 ± 2.41^{bc}	5.40 ± 2.51^{c}	7.00 ± 1.49^{ab}
80:20	6.60 ± 1.67^{ab}	6.67 ± 1.63^{ab}	7.40 ± 1.25^{a}	6.37 ± 2.13^{bc}	5.63 ± 2.25^{c}	6.77 ± 1.30^{abc}
60:40	7.17 ± 1.23^{a}	7.20 ± 1.49^{a}	7.50 ± 1.07^{a}	7.23 ± 1.74^{a}	6.97 ± 1.63^{a}	7.37 ± 1.22^{a}
50:50	6.93 ± 1.48^{a}	7.00 ± 1.41^{a}	7.10 ± 1.21^{ab}	6.83 ± 1.44^{ab}	7.03 ± 1.16^{a}	7.30 ± 1.37^{a}
40:60	6.60 ± 1.43^{ab}	6.63 ± 1.33^{ab}	6.67 ± 1.52^{b}	6.60 ± 1.63^{abc}	6.63 ± 1.38^{ab}	6.87 ± 1.50^{abc}
20:80	6.53 ± 1.53^{ab}	6.40 ± 1.85^{ab}	6.03 ± 1.69^{c}	6.07 ± 1.95^{bc}	6.17 ± 2.23^{bc}	6.50 ± 1.76^{bc}
0:100	6.20 ± 2.36^{b}	6.00 ± 2.69^{b}	5.87 ± 2.39^{c}	5.97 ± 2.34^{c}	5.60 ± 2.50^{c}	6.27 ± 2.00^{c}

Different superscripts within the same column indicate significant differences at $P\leq0.05$.

จากผลการทดลองใน Table 1 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกที่เตรียมจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วน 60:40 ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม สูงกว่าที่เตรียมได้จากอัตราส่วนอื่น ยกเว้นอัตราส่วน 50:50 โดยผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านลักษณะปรากฏ และสีของผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกที่เตรียมจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วน 60:40 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนอื่น ๆ ($p>0.05$) ยกเว้น ผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองล้วน ซึ่งมีคะแนนการยอมรับต่ำที่สุด ส่วนกลิ่นของผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วน 60:40 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับอัตราส่วน 100:0,

80:20 และ 50:50 ทางด้านรสชาติ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน 60:40 สูงกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ เช่นกัน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวควบคุมที่เตรียมโดยใช้น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำ และน้ำนมถั่วเหลืองล้วน ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกที่ใช้อัตราส่วน 60:40 ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน 50:50 แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกที่ใช้อัตราส่วน 60:40 มากกว่าที่ใช้น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำ และน้ำนมถั่วเหลืองล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาความชอบโดยรวม พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกที่ใช้อัตราส่วน 60:40 สูงกว่าที่อัตราส่วนอื่น ๆ แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน 100:0, 80:20, 50:50 และ 40:60 ($p>0.05$)

เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้ผลดัง Table 2

Table 2 Chemical and physical properties of the germinated brown rice drink product from Khaohom Mae Phaya Tongdam rice with soy milk at different ratios

Ratio of germinated brown rice to soy milk (%)	color			Total dissolved solids Dilute 1 to 10	pH Dilute 1 to 10
	L*	a*	b*		
100:0	35.40±0.00[g]	4.00±0.00[a]	1.23±0.06[d]	9.07±0.12[a]	6.33±0.01[b]
80:20	38.10±0.10[f]	3.67±0.06[b]	0.87±0.06[ef]	8.07±0.12[b]	6.34±0.01[ab]
60:40	40.77±0.86[e]	3.47±0.06[c]	0.77±0.06[f]	8.07±0.12[b]	6.34±0.01[ab]
50:50	44.83±0.06[d]	2.77±0.06[e]	1.00±0.00[e]	8.07±0.12[b]	6.34±0.01[a]
40:60	46.63±0.06[c]	2.97±0.06[d]	2.50±0.00[b]	8.07±0.12[b]	6.23±0.01[d]
20:80	52.57±0.12[b]	1.60±0.00[f]	1.80±0.10[c]	8.07±0.12[b]	6.30±0.01[c]
0:100	71.50±0.30[a]	-0.57±0.06[g]	7.63±0.21[a]	7.07±0.12[c]	6.33±0.01[b]

Different superscripts within the same column indicate significant differences at $P\leq0.05$.

จากผลการทดลองใน Table 2 พบว่าค่าความสว่างลดลงเมื่อปริมาณส่วนผสมของน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำเพิ่มมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และเมื่อผสมน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำในผลิตภัณฑ์ ค่าสีแดงสูงกว่าในผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำนมถั่วเหลืองเพียงชนิดเดียว ซึ่งตรงข้ามกับค่าสี เหลืองที่มีค่าสูงสุดเมื่อเป็นน้ำนมถั่วเหลืองเพียงชนิดเดียว ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง พบว่าการผลิตภัณฑ์ที่มีการผสมระหว่างน้ำข้าวกล้องงอก จากข้าวหอมแม่พญาทองดำและน้ำนมถั่วเหลือง มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่ พญาทองดำและน้ำนมถั่วเหลืองล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอก

จากข้าวหอมแม่พญาทองดำมีปริมาณสูงกว่าที่อัตราส่วนอื่น ๆ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีการผสมระหว่างน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำและน้ำนมถั่วเหลือง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่า pH ของผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกที่เตรียมจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองมีค่าระหว่าง 6.23±0.01-6.34±0.01

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและผลการวิเคราะห์ทางด้านเคมีและกายภาพ พบว่าหากพิจารณาคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม สามารถเตรียมผลิตภัณฑ์โดยใช้อัตราส่วนน้ำข้าวกล้องงอกข้าวหอมแม่พญาทองดำและน้ำนมถั่วเหลือง ที่อัตราส่วน 100:0, 80:20, 60:40 และ 50:50 แต่หากพิจารณาลักษณะเนื้อสัมผัส สามารถเตรียมผลิตภัณฑ์โดยใช้อัตราส่วน 60:40, 50:50 และ 40:60 เนื่องจากที่อัตราส่วน 100:0 และ 80:20 ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับต่ำกว่าที่อัตราส่วนอื่นที่มีการผสมระหว่างน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำกับน้ำนมถั่วเหลือง สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่า pH ของผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกที่เตรียมจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วนที่อัตราส่วนต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการส่งเสริมการนำข้าวหอมแม่พญาทองดำมาใช้ประโยชน์ จึงเลือกเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วน 60:40 ไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง

เตรียมผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวหอมแม่พญาทองดำงอกผสมน้ำนมถั่วเหลืองในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนของน้ำข้าวกล้องหอมแม่พญาทองดำงอกต่อน้ำนมถั่วเหลือง 60:40 มาแปรปริมาณน้ำตาลที่เติมในระดับต่าง ๆ และนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้ผลการทดลอง ดัง Table 3 และ Table 4

Table 3 Sensory acceptability scores of the germinated brown rice drink product from Khaohom Mae Phaya Tongdam rice with soy milk at different sugar content.

Sugar (%)	Sensory acceptability scores (mean score ± standard deviation)					
	Appearance	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
0	5.40±2.59^{c}	5.40±2.03^{c}	5.57±2.24^{c}	3.97±2.58^{c}	5.03±2.08^{c}	4.37±2.53^{b}
2	6.07±1.86^{bc}	5.83±1.80^{bc}	6.27±1.74^{bc}	4.97±2.17^{b}	5.73±1.66^{bc}	5.00±2.32^{b}
4	6.43±2.05^{ab}	5.97±1.77^{bc}	6.07±1.82^{c}	5.90±2.02^{a}	5.80±1.85^{bc}	6.23±1.87^{a}
6	6.67±1.42^{ab}	6.47±1.72^{ab}	7.17±1.26^{a}	6.63±1.50^{a}	6.53±1.63^{ab}	6.63±1.43^{a}
8	6.73±1.76^{ab}	6.87±1.17^{a}	6.90±1.60^{ab}	6.70±1.62^{a}	6.77±1.94^{a}	6.40±1.61^{a}
10	7.10±1.47^{a}	6.97±1.25^{a}	7.13±1.87^{a}	6.27±2.30^{a}	5.83±2.04^{bc}	6.33±1.56^{a}

Different superscripts within the same column indicate significant differences at P≤0.05.

จากผลการทดลองใน Table 3 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองในด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น สูงที่สุด เมื่อเติมน้ำตาลร้อยละ 10 และให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในด้านรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสสูงที่สุดเมื่อเติมน้ำตาลร้อยละ 8 เมื่อพิจารณาการเติมน้ำตาลในระดับต่าง ๆ พบว่าแม้ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองในด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดเมื่อเติมน้ำตาลร้อยละ 10 แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำตาลร้อยละ 4, 6 และ 8 เมื่อพิจารณาด้านสีและกลิ่น พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เมื่อเติมน้ำตาลที่ระดับ 6, 8 และ 10 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สำหรับด้านรสชาติ ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมน้ำตาลที่ระดับร้อยละ 4, 6, 8 และ 10 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาล ($p\leq0.05$) ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อเติมน้ำตาลร้อยละ 6 และ 8 โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามการเติมน้ำตาลที่ปริมาณร้อยละ 2, 4, 6 และ 10 ไม่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิมในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสเนื่องจากมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านความชอบโดยรวม พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง เมื่อเติมน้ำตาลตั้งแต่ร้อยละ 4, 6, 8 และ 10 โดยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

Table 4 Chemical and physical properties of the germinated brown rice drink product from Khaohom Mae Phaya Tongdam rice with soy milk at different sugar content.

Sugar (%)	Color			Total dissolved Solids (°Brix) Dilute 1 to 10	pH Dilute 1 to 10
	L*	a*	b*		
0	49.97±0.06^{a}	1.47±0.06^{b}	2.33±0.25^{a}	2.10±0.10^{f}	6.60±0.02^{a}
2	49.20±0.10^{b}	1.83±0.06^{a}	2.07±0.06^{b}	5.07±0.12^{e}	6.61±0.01^{a}
4	45.50±0.10^{c}	0.60±0.00^{e}	0.33±0.06^{cd}	7.07±0.11^{d}	6.54±0.01^{cd}
6	45.23±0.06^{d}	0.73±0.06^{d}	0.37±0.15^{cd}	9.07±0.11^{c}	6.56±0.01^{bc}
8	43.87±0.15^{e}	0.83±0.06^{c}	0.50±0.00^{c}	12.00±0.01^{b}	6.57±0.01^{b}
10	43.97±0.06^{e}	0.90±0.00^{c}	0.20±0.00^{d}	14.00±0.01^{a}	6.54±0.00^{d}

Different superscripts within the same column indicate significant differences at $P\leq0.05$.

จากผลการทดลองใน Table 4 พบว่าค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลือง ของผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำตาลมีความสว่างและค่าสีเหลืองสูงที่สุด ส่วนค่าสีแดงพบว่าเมื่อเติมน้ำตาลร้อยละ 2 ส่งผลให้มีค่าสีแดงสูงกว่าการเติมน้ำตาลที่ระดับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเติมน้ำตาลในระดับที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนค่า pH มีค่าระหว่าง 6.54±0.01-6.61±0.01

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง ที่มีการเติมน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ พบว่า การเติมน้ำตาลร้อยละ 6 มีความเหมาะสม โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 9.07±0.11

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดสอบประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี พบว่าการใช้สัดส่วนน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองที่ต่างกันไม่มีผลต่อความชอบของผู้บริโภค โดยความชอบทั้งสองคุณลักษณะแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับอัตราส่วนอื่น ๆ ($p > 0.05$) ยกเว้นสัดส่วน 0:100 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองเพียงชนิดเดียว ที่ได้คะแนนความชอบต่ำทุกลักษณะ น้ำนมถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวให้สีขาวน้ำนมไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค แตกต่างจากสีของสัดส่วนอื่นที่มีสีม่วงเล็กน้อยไปจนม่วงเข้ม (Figure 1) นอกจากนี้กลิ่นเหม็นเขียวของถั่วเหลืองก็มีส่วนทำให้ได้คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Prikbunchan and Rattanaphan (2015) ที่กล่าวไว้ว่าสีของใบเตยในผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกผสมน้ำผักมีผลต่อความชอบของผู้บริโภค โดยสีที่ได้จากสัดส่วนน้ำผักสูงสีจะไม่สวยทำให้ความชอบด้านคุณลักษณะและสีลดลง งานวิจัยของ Makapunyo (2010) การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำข้าวกล้องงอกผสมจากข้าวหอมนิลโดยใช้สูตรของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ฯ เป็นสูตรต้นแบบซึ่งมีส่วนประกอบ คือ ข้าวกล้องงอกขาวดอกมะลิ 105 นำมาทดแทนด้วยข้าวกล้องงอกหอมนิลที่คัดเลือกร้อยละ 100 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษะที่ระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก ได้แก่ คุณลักษณะปรากฏ (7.61±0.994) สี (7.59±0.830) กลิ่น (7.42±1.056) รสชาติ (7.62±0.972) และความชอบรวม (7.71±0.795) สอดคล้องกับการคัดเลือกสัดส่วนผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลืองอัตราส่วน 60:40 ที่ได้คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ (7.17±1.23) สี (7.20±1.49) กลิ่น (7.50±1.07) รสชาติ (7.23±1.74) และความชอบโดยรวม (7.37±1.22) สูงกว่าที่อัตราส่วนอื่น ๆ โดยมีความชอบลักษณะเนื้อสัมผัสในระดับชอบปานกลาง (6.97±1.63) การแปรปริมาณน้ำตาลที่ร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 พบว่าที่ร้อยละ 6 8 และ 10 มีผลการยอมรับของผู้บริโภคในแต่ละคุณลักษณะมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยคัดเลือกปริมาณน้ำตาลที่ร้อยละ 6 (6.63±1.43) เป็นปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จากคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ซึ่งคล้ายกับจากการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มธัญพืชสำเร็จรูปของ Wongpiyachon and Sukviwat (2008) ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่แปรน้ำตาลปริมาณ 6, 8, 10, 12 และ 14 กรัม

ต่อน้ำร้อน 150 มล. พบว่าปริมาณที่เหมาะสม คือ 12 กรัม เพราะให้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดในลักษณะรสชาติและความชอบโดยรวมเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำตาลร้อยละอื่น ๆ พบว่าแปรปริมาณน้ำตาลร้อยละ 6 ให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์ความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเจือจาง 1 ต่อ 10 เท่ากับ 9.07±0.11 pH 6.56±0.01 ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับแปรปริมาณน้ำตาลร้อยละ 4 และ 8 แตกต่างกับ pH ของผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกผสมน้ำผักของ Prikbunchan and Rattanaphan (2015) ที่ใช้สารให้ความหวานเป็นน้ำตาล (5.82±0.00) ซอร์บิทอล (5.83±0.01) และน้ำผึ้ง (5.84±0.02) ที่มีความเป็นกรดอ่อน ๆ เกิดจากน้ำผักเป็นตัวแปร

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง คือ ผสมน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำกับน้ำนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วน 60:40 และปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง คือ ปริมาณร้อยละ 6 ซึ่งผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง 45.23±0.06 ค่าสีแดง 0.73±0.06 ค่าสีเหลือง 0.37±0.15 ปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 9.07±0.11 และ pH 6.56±0.01 (เจือจาง 1 ต่อ 10) มีคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านต่าง ๆ จากผู้ทดสอบชิมในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยสำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือของอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่างที่เสียสละเวลาในการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ และอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาพร้อมแนะนำ ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

Changthom, C. 2014. Mae Phaya Thong Dam Hom Rice Chong's ancient rice Chanthaboon City. **Rice Garage** 3(27): 28-31. [in Thai].

Chutipanya, W. and S. Jiamyueng. 2008. Effects and amounts of some antioxidants in herbal germinated brown rice. **Food** 38(4): 345-354. [in Thai].

Lazze, M.C., M. Savio, R. Pizzala, O. Cazzalini, P. Perucca, A. Scovassi, L.A. Stivala and L. Bianchi. 2004. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human celllines. **Carcinogenesis** 25: 1427-1433.

Makapunyo, P. 2010. **Development of germinated Brown Rice Beverage from Purple Brown Rice.** Master of Science (home economics). Kasetsart University. 80 p. [in Thai].

Ministry of Public Health. 1992. **K. Rice and Khon Khon, Brown Rice, Delicacy of the Land.** Herbs for Self-reliance Project. Bangkok: Edison Press Podaks. 75 p. [in Thai].

Prikbunchan, P. and B. Rattanaphan. 2015. Development of germinated brown rice with vegetable juice ready-to-drink beverage. **Journal of Academic and Research, RMUTL, Special Issue, Academic Conference of Rajamangala University of Technology** 5: 87-92. [in Thai].

Wongpiyachon, S. and W. Sukviwat. 2008. Instant Cereal Beverage Product. **Thai Rice Research Journal** 2(2): 71-79. [in Thai].

Zhang, H., H.Y. Yao and F. Chen. 2007. Genotype and environmental effects on the relationshipbetween alpha-amylase activity and seedling growth in rice. **Bioscience Biotechnology Biochemistry** 5(70): 1160-1165.

ฤทธิ์ต้านการอักเสบและคุณสมบัติพรีไบโอติกของน้ำสกัดหยาบจากหน่อไม้ฝรั่ง

Anti-inflammatory Effect and Prebiotic Property of Crude Asparagus Juice

ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน[1*] อัจฉราภรณ์ อ่อนตะวงศ์[2] ปิยะนุช เนียมทรัพย์[1] และดวงพร อมรเลิศพิศาล[3]

Pairote Wongputtisin[1*] Atcharaporn Ontawong[2] Piyanuch Niamsup[1]

and Doungporn Amornlerdpison[3]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2] สาขาวิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

[3] คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1] Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2] Division of Physiology, School of Medical Science, University of Phayao, Thailand 56000

[3] Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: pairotewong@gmail.com

Abstract

Asparagus is a vegetable with high nutritional values, because of its dietary fiber and various vitamins, minerals, and phytochemicals content. Nowadays, asparagus has been widespread cultivated in Thailand, even though, asparagus is not Thai native vegetable. This research aimed to evaluate the anti-inflammatory activity and prebiotic property of the crude asparagus juice to encourage the processing of asparagus as functional foods. The results revealed that rutin and total sugar content were 0.24 and 5.0 mg/g fresh asparagus. The crude asparagus juice with the concentration of 0.3-5.0 mg/ml exhibited anti-inflammatory effect by decreasing of TNF-α and IL-1β secretion approximately 58-75 and 62-75% compared with the control group. Moreover, this crude juice could markedly promote the growth of probiotic *Lactobacillus salivarius* and *L. johnsonii* comparing to those with glucose as sole carbon source. When the mixed culture study was conducted, it was found that the crude juice contributed growth of 2 Lactobacilli significantly ($p<0.05$), resulting of complete inhibition of *Escherichia coli* and *Salmonella* Typhi growth ($p<0.05$) after 24 hr incubation. Thus, it might be concluded that asparagus could be considered as a promising raw material to be developed as food supplement and meet the demand of health-conscious consumers.

Keywords: asparagus, crude juice, anti-inflammatory effect, prebiotic property, functional food

บทคัดย่อ

หน่อไม้ฝรั่งเป็นผักที่มีคุณค่าโภชนาการสูงเนื่องจากมีองค์ประกอบของเส้นใยอาหาร วิตามิน เกลือแร่ และสารพฤกษเคมีหลายชนิด แม้หน่อไม้ฝรั่งเป็นผักจากต่างประเทศแต่ปัจจุบันได้มีเกษตรกรปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศไทย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้คือ เพื่อประเมินฤทธิ์ต้านการอักเสบและคุณสมบัติพรีไบโอติกของน้ำสกัดหยาบจากหน่อไม้ฝรั่ง เพื่อเป็นข้อมูลส่งเสริมการแปรรูปหน่อไม้ฝรั่งเป็นอาหารเชิงหน้าที่ จากการศึกษาพบว่าหน่อไม้ฝรั่งมีสารฟลาโวนอยด์ชนิดรูทินในปริมาณ 0.24 มก./กรัม น้ำหนักสด และมีน้ำตาลทั้งหมด 5 มก./กรัม น้ำหนักสด น้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งที่ความเข้มข้น 0.3-5 มก./มล. พบว่ามีฤทธิ์ต้านการอักเสบได้ โดยลดการหลั่งของสาร TNF-α และ IL-1β ลงร้อยละ 58-75 และ 62-75 ตามลำดับ (เทียบกับชุดควบคุม) นอกจากนี้ น้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งยังสามารถกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก *Lactobacillus salivarius* และ *L. johnsonii* ได้อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน ในขณะที่การทดสอบเพาะเลี้ยงแบบเชื้อผสมพบว่าน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งกระตุ้นการเจริญของ Lactobacilli 2 สายพันธุ์ ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่งผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Salmonella* Typhi โดยสมบูรณ์ ($p<0.05$) หลังเพาะเลี้ยง 24 ชั่วโมง ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าหน่อไม้ฝรั่งเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสำหรับการพัฒนาให้เป็นอาหารเสริมสุขภาพเพื่อสนองความต้องการผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

คำสำคัญ: หน่อไม้ฝรั่ง น้ำสกัดหยาบ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ คุณสมบัติพรีไบโอติก อาหารเชิงหน้าที่

คำนำ

หน่อไม้ฝรั่ง (asparagus) เป็นผักที่มีการเพาะปลูกและบริโภคแทบทุกภูมิภาคของโลก ซึ่งพบมากกว่า 200 สปีชีส์ โดยมีประเทศจีนเป็นผู้ปลูกรายใหญ่ที่สุด คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 80 ของผลผลิตทั่วโลก (Chitrakar *et al*., 2019) ในขณะที่ประเทศไทยนั้น ปัจจุบันได้จัดหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชเศรษฐกิจ สามารถขายทั้งแบบสดและแบบแปรรูปเพื่อการบริโภคในประเทศและเพื่อส่งออก โดยข้อมูลล่าสุดจากสำนักเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในปี พ.ศ. 2562 ระบุว่าประเทศไทยมีผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งรวมกว่า 11,289 ตัน ซึ่งมาจากภาคกลางร้อยละ 54 ภาคเหนือร้อยละ 32 และภาคตะวันออกเฉียงเหนือร้อยละ 14 (ที่มา: https://www.oae.go.th/) หากพิจารณาผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งโดยละเอียดแล้วพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือส่วนยอด (spear) ซึ่งใช้บริโภคและคิดเป็นน้ำหนักร้อยละ 23.5 ส่วนที่เหลือร้อยละ 76.5 เป็นส่วนเหลือทิ้งซึ่งเป็นส่วนก้านแข็ง (hard stem) และราก ในส่วนยอดหน่อไม้ฝรั่งนั้น พบว่าให้พลังงานเพียง 20 kcal (100 กรัม) มีน้ำตาล เส้นใยอาหาร ไขมัน และโปรตีนคิดเป็นร้อยละ 1.88 2.1 0.12 และ 2.2 ตามลำดับ และอุดมด้วยวิตามินเอ บี1 บี3 บี6 และเบต้า-แคโรทีน (Chitrakar *et al*., 2019) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าทุกส่วนของหน่อไม้ฝรั่งนอกจากอุดมไปด้วยสารอาหารแล้ว ยังมีสารพฤกษเคมี (phytochemicals) หลากหลาย ซึ่งออกฤทธิ์ต่อร่างกาย ทั้งช่วยลดความเสี่ยงโรคเบาหวาน (antidiabetic activity) และมะเร็ง (anticancer activity) ช่วยต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ลดไขมัน (hypolipidemic activity) ต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial activity) และต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) (Negi *et al*., 2010; Chitrakar *et al*., 2019; Guo *et al*., 2020)

สารพฤกษเคมีหลักที่พบในหน่อไม้ฝรั่งคือ กลุ่มสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) กรดฟีนอลิก (phenolic acid) และกรดไฮดรอกซีซินนามิก (hydroxycinnamic acids) กลุ่มสเตอรอล (sterols) กลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) และกลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์ (sulfur-containing compounds) (Fuentes-Alventosa *et al*., 2013; Chitrakar *et al*., 2019; Guo *et al*., 2020) ซึ่งมีปริมาณแตกต่างตามสายพันธุ์และส่วนของหน่อไม้ฝรั่ง ในขณะเดียวกัน มีรายงานว่าพบน้ำตาลกลุ่มฟรุกแตน (fructan) ในหน่อไม้ฝรั่งขนาดตั้งแต่ระดับโอลิโกแซคคาไรด์จนถึงโพลิแซคคาไรด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณราก ซึ่งเป็นการสะสมเพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำหรับการงอกของยอดหน่อไม้ฝรั่ง (Ueno *et al*., 2018) น้ำตาลกลุ่มนี้มีคุณสมบัติพรีไบโอติก (prebiotic property) กล่าวคือสามารถกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติก (probiotics) ในทางเดินอาหารผู้บริโภคได้ส่งผลให้เกิดสมดุลต่อระบบนิเวศน์จุลินทรีย์ในลำไส้และส่งเสริมสุขภาวะที่ดีแก่ผู้บริโภค (Wang and Gibson, 1993; Gibson *et al*., 1995) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าหน่อไม้ฝรั่งมีศักยภาพสูงมากในการนำมาแปรรูปและยกระดับให้เป็นอาหารเชิงหน้าที่ (functional foods) เพื่อสนองความต้องการของตลาดอาหารเสริมสุขภาพที่กำลังขยายตัวในปัจจุบัน งานวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินฤทธิ์ชีวภาพบางประการ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านการอักเสบและคุณสมบัติพรีไบโอติกของน้ำสกัดหยาบจากยอดหน่อไม้ฝรั่ง เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการแปรรูปหน่อไม้ฝรั่งเป็นอาหารเชิงหน้าที่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่ง

นำหน่อไม้ฝรั่งส่วนยอด สายพันธุ์บร็อคอิมพรู๊ฟ จากเกษตรกรอำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่ มาคั้นน้ำโดยใช้เครื่องสกัดแยกกาก ทำการกรองน้ำสกัดให้ใสด้วยกระดาษกรอง Whatmann® เบอร์ 1 และการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส จากนั้นเก็บรักษาส่วนใสไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ในระหว่างรอศึกษาขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้มีการวิเคราะห์สารประกอบฟลาโวนอยด์ชนิดรูทิน (rutin) ด้วยเครื่อง HPLC และวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) ด้วยวิธี phenol-sulfuric acid (Wongputtisin *et al*., 2015)

2. การศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบของน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่ง

2.1 การเพาะเลี้ยงเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ

เซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) ได้ถูกเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตร Dulbecco's modified Eagle's medium (DMEM) ที่มี fetal bovine serum (FBS) ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ penicillin–streptomycin ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยเลี้ยงเซลล์ใน 75 cm cell culture flask และ 96-well plates บ่มในตู้เพาะที่มีออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์สัดส่วนร้อยละ 95 และ 5 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เซลล์ที่เจริญถูกใช้ในการทดสอบต่อไป

2.2 การทดสอบฤทธิ์ของน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ

เพื่อศึกษาผลของน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) โดยใช้วิธี MTT (3-[4,5-dimethylthiazol-2-yl]- 2,3-diphenyl tetrazolium bromide) assay โดยเลี้ยงเซลล์ใน 96-well plates และบ่มด้วยน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งที่ความเข้มข้นต่างๆ ตั้งแต่ 0-5 มก./มล. และยาต้านอักเสบมาตรฐาน (CX; celecoxib) ความเข้มข้น 3.8 ไมโครกรัม/มล. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เติมสารละลาย MTT เข้าไปในเซลล์ที่มีอาหารเป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนครบเวลาบ่มหลังจากนั้นเอาอาหารออก และละลายตะกอน formazan ด้วยสาร DMSO และวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง microplate reader

2.3 การศึกษาผลของน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งต่อการสร้างสารก่ออักเสบในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ

โดยเลี้ยงเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) ใน 96-well plate เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มด้วยน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งที่ความเข้มข้นต่างๆ และยาต้านอักเสบ ในสภาวะที่มีหรือไม่มีสารเหนี่ยวนำภาวะอักเสบ (LPS; lipopolysaccharide) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บและปั่นเซลล์ที่ความเร็ว 4,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายส่วนใสไปวัดปริมาณสารก่ออักเสบ TNF-α และ IL-1β ด้วย ELISA kit

3. การศึกษาคุณสมบัติพรีไบโอติกของน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่ง

ทำการศึกษาด้วยวิธีการที่ดัดแปลงจาก Wongputtisin *et al.* (2015) โดยการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียโพรไบโอติกลงในอาหารเหลวสูตร basal medium (กรัม/ ลิตร: $MgSO_4$ 0.2 กรัม KH_2PO_4 1.0 กรัม K_2HPO_4 1.0 กรัม $CaCl_2$ 0.02 กรัม และ $FeCl_2$ 0.05 กรัม pH 7.0) ปริมาตร 100 มล. ที่เสริมน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งให้มีปริมาณน้ำตาลเทียบเท่า 1 กรัม จากนั้นเติมหัวเชื้อประมาณ 10^5 CFU ลงในอาหาร เพาะเลี้ยงโดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ใน anaerobic jar ทำการเก็บตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อในชั่วโมงที่ 0 และ 24 เพื่อนับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตด้วยเทคนิค total plate count บนอาหารแข็งสูตร MRS (de Man, Rogosa and Sharpe, HIMEDIA) ทั้งนี้เปรียบเทียบการเจริญกับกรณีที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน และสายพันธุ์โพรไบโอติกที่นำมาศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ *Enterococcus faecium* H1-1, *E. faecium* H1-12, *Lactobacillus salivarius* H1-23, *L. salivarius* H1-27, *L. paracasei* H1-44, *L. paracasei* H1-45, *E. hirae* H80, *L. salivarius* H82 และ *L. johnsonii* VCF29 จากห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีจุลินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

จากนั้นศึกษาการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรแบคทีเรียแบบผสม โดยคัดเลือกแบคทีเรียโพรไบโอติกที่เจริญได้ดีในน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งมาเพาะเลี้ยงร่วมกับแบคทีเรียก่อโรคสายพันธุ์ *Escherichia coli* และ *Salmonella* Typhi ในอาหารเหลวสูตร basal medium เช่นเดียวกับการทดลองก่อนหน้านี้ ทั้งนี้ปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นของโพรไบโอติกแต่ละสายพันธุ์เป็นสัดส่วนที่เท่ากันและรวมเป็น 10^6 CFU และปริมาณหัวเชื้อแบคทีเรียก่อโรคแต่ละสายพันธุ์เท่ากับ 10^6 CFU นับจำนวนเชื้อที่มีชีวิตเมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 0 และ 24 ชั่วโมง ด้วยเทคนิค total plate count โดยนับจำนวนโพรไบโอติก *E. coli* และ *S.* Typhi บนอาหารแข็งสูตร MRS สูตร EMB (Eosin Methylene Blue Agar, HIMEDIA) และสูตร SS (*Salmonella-Shigella*, HIMEDIA) ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลองอย่างน้อยสามซ้ำในแต่ละการทดลอง จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Tukey’s post hoc test หรือทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย two sample *t*-test โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ STATISTIX©

ผลการวิจัย

1. ฤทธิ์ต้านการอักเสบของน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่ง

จากการวิเคราะห์พบว่าน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งมีสารฟลาโวนอยด์ชนิดรูทินในปริมาณ 0.24 มก./กรัม น้ำหนักสด และน้ำสกัดหยาบที่ความเข้มข้น 0.3-5 มก./มล. ไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ทดสอบ (Figure 1A) ต่อมาเมื่อทำการทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งพบว่าที่ความเข้มข้น 3 และ 5 มก./มล. สามารถลดการหลั่งสารก่ออักเสบ TNF-α ลงร้อยละ 58-75 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยสาร LPS เช่นเดียวกันกับยาต้านอักเสบขนาด 3.8 ไมโครกรัม/มล. (Figure 1B) และที่ความเข้มข้น 0.3-5 มก./มล. สามารถลดการหลั่งสารก่ออักเสบ IL-1β ลงร้อยละ 62-75 เทียบกับกลุ่มที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยสาร LPS เช่นเดียวกันกับยาต้านอักเสบ (Figure 1C) จึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งมีฤทธิ์ต้านการอักเสบได้โดยไม่มีผลต่อการตายของเซลล์

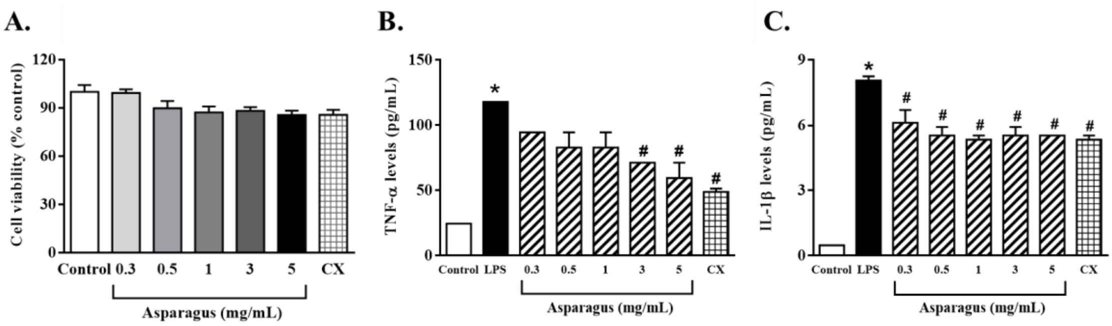


Figure 1 the effects of crude asparagus juice (CAJ) on inflammatory cytokines production in LPS-stimulated RAW 264.7 cells: the viability of RAW 264.7 cells after exposure to the different concentrations of CAJ with or without LPS for 24 hours (A), the production of tumor necrosis factor alpha (TNF-α (B) and interleukin 1 beta (IL-1β) (C). Values shown are mean ±S.E.M. (n=5), *p<0.05 vs control and #p<0.05 vs LPS.

2. คุณสมบัติพรีไบโอติกของน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่ง

น้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งมีน้ำตาลที่ละลายได้เป็นองค์ประกอบในปริมาณ 5 มก./กรัม น้ำหนักสด เมื่อนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนเพาะเลี้ยงแบคทีเรียโพรไบโอติกจำนวน 9 สายพันธุ์ เปรียบเทียบการเจริญกับการเพาะเลี้ยงโดยใช้

น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน ผลการทดลองแสดงดัง Figure 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าโพรไบโอติกส่วนใหญ่เจริญได้ดีเมื่อได้รับน้ำตาลกลูโคส ยกเว้นเพียง *L. salivarius* H1-27 และ *L. johnsonii* VCF29 (Figure 2A) แต่ในขณะที่เชื้อทั้งสองสายพันธุ์นี้กลับถูกกระตุ้นการเจริญได้มากขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อใช้น้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งเป็นแหล่งคาร์บอนรวมถึงเป็นแหล่งของสารอาหารอื่นๆ ด้วย (Figure 2B) จึงอาจกล่าวได้ว่าน้ำสกัดหยาบจากหน่อไม้ฝรั่งสามารถกระตุ้นการเจริญของโพรไบโอติกทั้งสองสายพันธุ์นี้อย่างเฉพาะเจาะจง และเมื่อได้ทำการทดสอบคุณสมบัติพรีไบโอติกของน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งต่อไปโดยการเพาะเลี้ยงแบบเชื้อผสมระหว่างโพรไบโอติกและเชื้อก่อโรค ผลทดสอบได้แสดงดัง Table 1 ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าโพรไบโอติกรวมทั้งสองสายพันธุ์ยังคงสามารถเจริญในอาหารที่มีน้ำสกัดหยาบเป็นองค์ประกอบได้ภายหลังการเพาะเลี้ยง 24 ชั่วโมง โดยเพิ่มจำนวนขึ้นประมาณ 1.4 logCFU/มล. แต่ไม่พบการเจริญเพิ่มขึ้นในอาหารที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและอาหารที่ปราศจากแหล่งคาร์บอน การเพิ่มขึ้นของโพรไบโอติกมีผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหารทั้ง *E. coli* และ *S.* Typhi จนกระทั่งไม่สามารถตรวจพบได้ ซึ่งนับเป็นผลการศึกษาที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง ในขณะเดียวกัน สามารถตรวจพบการเจริญของเชื้อก่อโรคทั้งสองเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เติมน้ำตาลกลูโคสหรือแม้กระทั่งในอาหารที่ไม่เติมแหล่งคาร์บอน ผลการทดลองทั้งหมดสามารถใช้ในการยืนยันถึงคุณประโยชน์ในแง่การเป็นสารพรีไบโอติกของน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งได้

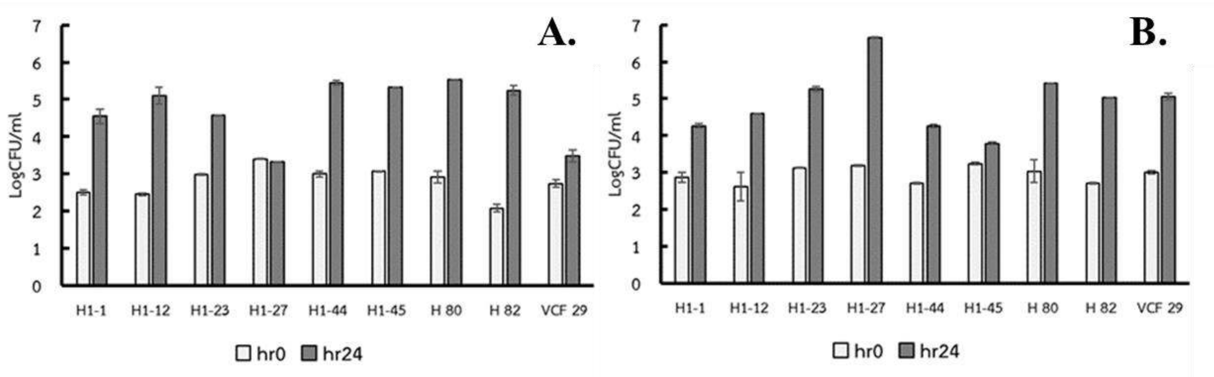


Figure 2 growth stimulation effect of various probiotic strains by glucose (A) and the crude asparagus extract (B)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งมีฤทธิ์ลดการอักเสบได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่แสดงให้เห็นว่าสารรูทินที่พบมากในหน่อไม้ฝรั่งมีฤทธิ์ลดการอักเสบทั้งชนิดเฉียบพลันและเรื้อรังในหนูทดลองที่มีภาวะข้ออักเสบ (Guardia *et al*., 2001) และสารรูทินยังช่วยลดการสร้างสารก่ออักเสบชนิด TNF-α ในเซลล์เม็ดเลือดขาวของมนุษย์ (Nikfarjam *et al*., 2017) นอกจากนี้ยังพบว่าสารรูทินมีฤทธิ์ลดการแสดงออกของสารก่ออักเสบชนิด TNF-α และ IL-1β ในระดับยีนของหนูที่เกิดการบาดเจ็บจากการไหลย้อนของเลือดภายหลังการขาดเลือดของรังไข่อีกด้วย (Nayki *et al*., 2018) ทั้งนี้ประมาณร้อยละ 60-80 ของสารประกอบฟีนอลิกในหน่อไม้ฝรั่งคือสารรูทิน (Chitrakar *et al*., 2019) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าฤทธิ์ต้านการอักเสบของน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งเกิดจากสารรูทินที่พบมากในหน่อไม้ฝรั่งเป็นหลัก สารรูทินยังมีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ ต้านเบาหวาน ฤทธิ์ลดการสร้างไขมัน (antiadipogenic effect) และฤทธิ์ปกป้องเซลล์ประสาท (neuroprotective effect) (Chitrakar *et al*., 2019) ยอดหน่อไม้ฝรั่งมีสารพฤกษเคมีอีกหลายชนิดเป็นองค์ประกอบด้วยไม่ว่าจะเป็นสารกลุ่มซาโปนินส์ (saponins) เช่น สารโพรโทไดออสซิน (protodioscin) และสารไดออสเจนิน (diosgenin) เป็นต้น ซึ่งมีฤทธิ์ต้านมะเร็งเม็ดเลือดขาว มะเร็งผิวหนัง และมะเร็งลำไส้ อีกทั้งลดระดับไขมันกลุ่ม LDL ด้วย

ฤทธิ์ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกดังที่พบในงานวิจัยครั้งนี้นั้น คาดว่ามาจากน้ำตาลกลุ่มฟรุกแตน (fructans) เป็นหลัก ซึ่งสะสมในหน่อไม้ฝรั่งทั้งส่วนยอด ก้านแข็ง และราก โดยส่วนรากมีการสะสมฟรุกแตนสูงสุดและส่วนใหญ่อยู่ในรูปน้ำตาลอินนูลิน (inulin) เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการแทงยอดของหน่อไม้ฝรั่ง (Ueno *et al*., 2018; Chitrakar *et al*., 2019) ในขณะที่ส่วนยอดมีน้ำตาลฟรุกแตนที่มีขนาดโมเลกุลเล็กในระดับโอลิโกแซคคาไรด์สะสมมากกว่า ได้แก่ น้ำตาลคีสโตส (kestose) นีโอคีสโตส (neokestose) และนีสโตส (nystose) และน้ำตาลทั้งสามชนิดนี้มีแนวโน้มเพิ่มปริมาณขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10-20 องศาเซลเซียส (Shiomi *et al*., 2007) น้ำตาลกลุ่มฟรุกแตนมีผลช่วยลดระดับน้ำตาลกลูโคสไตรเอซีลกลีเซอรอล (triacylglycerol) และคอเลสเตอรอลทั้งหมด (total cholesterol) ในเลือดได้ (Kaur and Gupta, 2002; Bharti *et al*., 2013) นอกจากนั้น น้ำตาลเหล่านี้ล้วนได้รับการยอมรับในการเป็นสารพรีไบโอติกที่มีศักยภาพ โดยส่งเสริมการเจริญของโพรไบโอติกหลายสายพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโพรไบโอติกกลุ่ม Bifidobacteria และ Lactobacilli (Wang and Gibson, 1993; Gibson *et al*., 1995; Wang *et al.*, 2015; Müller *et al*., 2016) ซึ่งสามารถผลิตกรดอินทรีย์สายสั้น (short chain fatty acid; SCFAs) ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) และกรดบิวทิริก (butyric acid) และสารกลุ่มแบคทิริโอซิน (bacteriocins) เช่น lactacin B lactacin F acidocin CH5 nisin และ lactocin S ได้ (Wang and Gibson, 1993; Parada *et al*., 2007) สารเหล่านี้ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคได้หลายชนิดรวมถึง *E. coli* และ *Salmonella* sp. ดังผลที่รายงานใน Table 1 ผลการศึกษาครั้งนี้จึงสามารถเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้มีการแปรรูปหน่อไม้ฝรั่งเป็นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพต่อไปได้ในอนาคต

Table 1 The change of bacterial population in the defined mixed culture cultivation supplemented by different carbon source

Microorganisms	C source	logCFU/ml ± SD	
		hr0	hr24
Mixed probiotic (H1-27 and VCF29)	Glucose	4.28±0.04 [a]	3.43±2.97 [a]
	Without C	4.28±0.09 [b]	0 [a]
	Asparagus	4.70±0.05 [a]	6.13±0.06 [b]

Table 1 (Continue)

Microorganisms	C source	logCFU/ml ± SD	
		hr0	hr24
E. coli	Glucose	4.42±0.03 [a]	6.97±0.20 [b]
	Without C	4.25±0.09 [a]	5.11±0.17 [a]
	Asparagus	4.24±0.14 [b]	0 [a]
S. Typhi	Glucose	2.39±2.07 [a]	7.23±0.04 [b]
	Without C	3.24±0.27 [a]	7.13±0.07 [b]
	Asparagus	3.75±0.09 [b]	0 [a]

Different superscript letters are significantly different at p<0.05 comparing between hr0 and 24 of each treatment.

สรุปผลการวิจัย

น้ำสกัดหยาบที่เตรียมจากยอดหน่อไม้ฝรั่งมีสารรูทินและน้ำตาลในปริมาณ 0.24 และ 5 มก./กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ โดยน้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งมีฤทธิ์ต้านการอักเสบได้เมื่อทดสอบในระดับเซลล์เพาะเลี้ยง โดยลดการหลั่งของสาร TNF-α และ IL-1β เช่นเดียวกับยาต้านการอักเสบทางการค้า นอกจากนี้ น้ำสกัดหยาบหน่อไม้ฝรั่งยังมีคุณสมบัติเป็นสารพรีไบโอติก โดยสามารถกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกสายพันธุ์ *L. salivarius* และ *L. johnsonii* และส่งผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค *E. coli* และ *S.* Typhi โดยสมบูรณ์ จึงทำให้หน่อไม้ฝรั่งมีแนวโน้มเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสำหรับการพัฒนาให้เป็นอาหารเสริมสุขภาพเพื่อสนองความต้องการผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณการสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือจากสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สาขาวิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา และศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางการเกษตรสำหรับบัณฑิตผู้ประกอบการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Bharti, S.K., S. Krishnan, A. Kumar, K.K. Rajak, K. Murari, B.K. Bharti and A.K. Gupta. 2013. Antidiabetic activity and molecular docking of fructooligosaccharides produced by *Aureobasidium pullulans* in poloxamer-407-induced T2DM rats. **Food Chemistry** 136: 813-821.

Chitrakar, B., M. Zhang and B. Adhikari. 2019. Asparagus (*Asparagus officinalis*): processing effect on nutritional and phytochemical composition of spear and hard-stem byproducts. **Trends in Food Science & Technology** 93: 1-11.

Fuentes-Alventosa, J.M., S. Jaramillo-Carmona, G. Rodríguez-Gutiérrez, R. Guillén-Bejarano, A. Jiménez-Araujo, J. Fernández-Bolaños and R. Rodríguez-Arcos. 2013. Preparation of bioactive extracts form asparagus by-product. **Food and Bioproducts Processing** 91: 74-82.

Gibson, G.R., E.R. Beatty, X. Wang and J.H. Cummings. 1995. Selective stimulation of Bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. **Gastroenterology** 108: 975-982.

Guardia, T., A.E. Rotelli, A.O. Juarez and L.E. Pelzer. 2001. Anti-inflammatory properties of plant flavonoids: effects of rutin, quercetin and hesperidin on adjuvant arthritis in rat. **Farmaco** 56: 683-687.

Guo, Q., N. Wang, H. Liu, Z. Li, L. Lu and C. Wang. 2020. The bioactive compounds and biological functions of *Asparagus officinalis* L. - a review. **Journal of Functional Foods** 65: 103727

Kaur, N. and A. Gupta. 2002. Applications of inulin oligosaccharide in health and nutrition. **Journal of Biosciences** 27: 703-714.

Müller, M., J. Reiner, L. Fleischhacker, H. Viernstein, R. Loppert and W. Praznik. 2016. Growth of selected probiotic strains with fructans from different sources relating to degree of polymerization and structure. **Journal of Functional Foods** 24: 264–275.

Nayki, C., U. Nayki, F.K. Cimen, M. Kulhan, O.E. Yapca, N. Kurt and A.B. Ozbek. 2018. The effect of rutin on ovarian ischemia-reperfusion injury in a rat model. **Gynecological endocrinology** 34: 809-814.

Negi, J.S., P. Singh, G.P. Joshi, M.S. Rawat and V.K. Bisht. 2010. Chemical constituents of *Asparagus*. **Pharmacognosy Reviews** 4: 215-220.

Nikfarjam, B.A., M. Adineh, F. Hajiali and M. Nassiri-Asl. 2017. Treatment with rutin - a therapeutic strategy for neutrophil-mediated inflammatory and autoimmune diseases: -anti-inflammatory effects of rutin on neutrophils. **Journal of Pharmacopuncture** 20: 52-56.

Parada, J.L., C.R. Caron, A.B.P. Medeiros and C.R. Soccol. 2007. Bacteriocins from lactic acid bacteria: purification, properties and use as biopreservatives. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 50: 521-542.

Shiomi, N., N. Benkeblia, S. Onodera, T. Omori, N. Takahashi, M. Fujishima and S. Kosaka. 2007. Saccharide and fructooligosaccharide contents, and invertase, 1-KHE, 1-SST, 1-FFT and 6G-FFT activities in green asparagus spears during storage: effects of temperature and spear portion. **Journal of Applied Glycosciene** 54: 187-194.

Ueno, K., T. Sonoda, M. Yoshida, N. Shiomi and S. Onodera. 2018. Purification, characterization, and functional analysis of a novel 6G&1-FEH mainly hydrolyzing neokestose from asparagus. **Journal of Experimental Botany** 69: 4296-4308.

Wang, K., W. Li, Y. Sun, H. Ye, B. Hu and X. Zeng. 2015. Influences of structures of galactooligosaccharides and fructooligosaccharides on the fermentation *in vitro* by human intestinal microbiota. **Journal of Functional Food** 13: 158–168.

Wang, X. and G.R. Gibson. 1993. Effect of the *in vitro* fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. **Journal of Applied Bacteriology** 75: 373-380.

Wongputtisin, P., R. Ramaraj, Y. Unpaprom, R. Kawaree and N. Pongtrakul. 2015. Raffinose family oligosaccharides in seed of *Glycine max* cv. Chiang Mai60 and potential source of prebiotic substances. **International Journal of Food Science & Technology** 50: 1750-1756.

ไมโครเอนแคปซูเลชันสารสกัดจากเมล็ดบัว: สภาวะการเตรียมและฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น

Microencapsulation of Lotus Seed (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) Extract Substance: Process Conditions and Antioxidant Activity

ศิริพร บุตรสีโคตร[1*] ทองกร พลอยเพชรา[1] วราภรณ์ ศรเดช[1] วิริยาภรณ์ สุ่มสกุล[2] สินี ศิริคูณ[1]
จิรเมธ อุพารวิวัฒน์[2] และธัญญานันท์ วิริยาภัคนันท์[1]
Siriporn Butseekhot[1*], Thongkorn Ploypetchara[1], Waraporn Sorndech[1], Wiriyaporn Sumsakul[2]
Sinee Siricoon[1], Chiramet Auranwiwat[2] and Tanyanun Wiriyapuknun[1]
[1] ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12120
[2] ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สมุนไพร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12120
[1] Researcher of Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research
Pathum Thani, Thailand 12120
[2] Researcher of Expert Center of Innovative Herbal Products, Thailand Institute of Scientific and Technological Research
Pathum Thani, Thailand 12120
*Corresponding author: siriporn_c@tistr.or.th

Abstract

This research was aimed at developing the encapsulated lotus seed extract by optimizing wall-material types, determination of physical properties, emulsion capacity/emulsion stability, wall-materials released after *in vitro* digestion and antioxidant activities. The results showed that the encapsulated lotus seed extract which was encapsulated with 10% maltodextrin, 0.7% tween-80 and heat at 60 °C that provided the emulsion capacity for 115 ml of oil/g extract. In addition, the emulsion stability of the optimized encapsulation was significantly more stable than that of other conditions at 95% confidential level. The moisture content and water activity of the encapsulated lotus seed extracts were 3.43% and 0.22, respectively. The maltodextrin which was used as a wall-material was easily released during in vitro digestion when compared to gum arabic. The antioxidant activities, measuring by DPPH and FRAP assay, were 52.80±1.87 and 70.61±0.93 of TEAC/g sample, respectively. Thus, lotus seed extract which was encapsulated by maltodextrin or gum arabic had a potential to be used as an functional ingredient for functional food product development.

Keywords: lotus seed extracted, emulsion, antioxidant, releasing, encapsulation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาชนิดของสารห่อหุ้มที่เหมาะสมกับสารสกัดเม็ดบัว คุณสมบัติทางกายภาพ ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัว การปลดปล่อยสารห่อหุ้มหลังถูกย่อยโดยเอนไซม์ และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ จากผลการทดลองพบว่าการห่อหุ้มด้วยมอลโทเดกซ์ทรินซ์ร้อยละ 10% และสาร tween 80 ร้อยละ 0.7% ร่วมกับการกวนผสมที่อุณหภูมิ 60 °C มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันได้เท่ากับ 115 มิลลิลิตรของน้ำมัน/กรัมสารสกัด และมีความคงตัวของอิมัลชันมากกว่าการห่อหุ้มด้วยสารอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อย ละ 95 สารสกัดมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 3.43% และปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.22 ผลการปลดปล่อยสารห่อหุ้มหลังถูกย่อยโดยเอนไซม์ที่จำลองสภาวะในร่างกาย พบว่าการห่อหุ้มด้วยมอลโทเดกซ์ทรินซ์สามารถถูกย่อยได้ดีกว่าการใช้กัมอะราบิก สมบัติการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH พบว่า 52.80±1.87 และ FRAP พบว่า 70.61±0.93 TEAC/g สารสกัดเม็ดบัว ดังนั้นสารสกัดจากเม็ดบัวที่ห่อหุ้มด้วยมอลโทเดกซ์ทรินซ์ หรือกัมอะราบิกจึงเป็นส่วนประกอบของอาหารที่มีศักยภาพสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันต่อไป

คำสำคัญ: สารสกัดเม็ดบัว อิมัลชัน คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ การปลดปล่อย การห่อหุ้ม

คำนำ

บัวหลวง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nelumbo nucifera* Gaertn. จัดอยู่ในวงศ์ Nelumbonaceae มีการใช้ในการแพทย์พื้นบ้านของไทย สรรพคุณทางเภสัชวิทยา เช่น เมล็ดบัว บำรุงรักษาประสาทและไต แก้อาการท้องร่วง ดีบัวสีเขียวเข้ม มีฤทธิ์ในการขยายหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ ใช้เป็นส่วนผสมขอยาหลายชนิด เช่น ยาลม ยาหอม หรือยานัตถุ ก้านใบและก้านดอกใช้ในยารักษาอาการท้องร่วง รากหรือเหง้าใช้ต้มเพื่อดื่มแก้ร้อนใน กระหายน้ำ ส่วนประกอบที่มีฤทธิ์ทางเภสัชและพบได้ในเมล็ดบัว คือ สารประกอบกลุ่มกรดฟีนอลิก (Phenolic acid) กลุ่มอัลคาลอยด์ (Alkaloid) (Liu *et al*., 2014) ฟลาโวนอยด์ และไกลโคไซด์ (Flavonoid and glycoside) เป็นต้น ได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการห่อหุ้ม (Encapsulation technology) มาใช้กับสารสกัดเพื่อรักษาคุณภาพของสารสกัดและปกป้องจากสภาวะแวดล้อมต่างๆ สารห่อหุ้มที่นิยมใช้ เช่น มอลโตเดกตรินซ์ กัมอะราบิก คาร์ราจีแนน เป็นต้น (Castro-López *et al*., 2021) โดยการเลือกใช้คำนึงถึงคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพในการเก็บกักสารสกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการเตรียมของการห่อหุ้มสารสกัดจากเมล็ดบัว และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดเมล็ดบัวที่เก็บกักในไมโครแคปซูล

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาชนิดของสารห่อหุ้มและวิธีการที่เหมาะสมในการกักเก็บสารสกัดจากเมล็ดบัว

ผงสารสกัดเมล็ดบัวนำไปผสมกับสารห่อหุ้ม (Wall material) ชนิดและอัตราส่วนดัง Table 1 ในเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (T25 IKA, Ultra-Turrax®, Germany) ที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที เวลา 5 นาที เพื่อทำให้ได้สารผสมระหว่างสารสกัดจากเมล็ดบัว และสารเคลือบ โดยตัวอย่างที่เตรียมได้นำแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบด บรรจุถุงพลาสติกปิดสนิทเก็บที่ตู้ความคุมความชื้น เพื่อรอการตรวจวิเคราะห์ (ดัดแปลงจาก Setiawan *et al.,* 2020)

Table 1 Type and concentration of wall materials on lotus seed extract encapsulation

Treatment	Sample	Maltodextrin (%M)	Gum Arabic (%GA)	Tween (0.7%)	Lotus seed concentration (%)
1	M-H	10	-	-	5
2	M-R	10	-	-	5
3	GA-H	8	2	-	5
4	GA-R	8	2	-	5
5	M20-H	10	-	20	5
6	M20-R	10	-	20	5
7	GA20-H	8	2	20	5
8	GA20-R	8	2	20	5
9	M80-H	10	-	80	5
10	M80-R	10	-	80	5
11	GA80-H	8	2	80	5
12	GA80-R	8	2	80	5

H = heat and stirred at 60 ℃, R = Stirred at room temperature

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของสารสกัดจากเมล็ดบัว

ค่าสีของตัวอย่างผงของสารสกัดจากเมล็ดบัว (L*, a*, b*) วัดด้วยเครื่องวัดสี (Color reader รุ่น CR-10/Japan) และรายงานผลในระบบสี CIE โดย ค่า L* (ความสว่าง) ค่า a* (ค่าสีแดง-ค่าสีเขียว) และ ค่า b* (ค่าสีเหลือง-ค่าสีน้ำเงิน) ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัด a_w (AQUA LAB 4TE, CX3TE, USA) และปริมาณความชื้น (Moisture content, %) อ้างอิงวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน AOAC (2000)

ความสามารถของสารสกัดจากเมล็ดบัวในการเกิดอิมัลชัน (Emulsion capacity) และความคงตัวของอิมัลชัน

ดัดแปลงจากวิธีของ McClements (1998) และวิธีของ Sathe and Salunka (1981) สารสกัดเมล็ดบัวความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ในน้ำกลั่นโดยน้ำหนักต่อปริมาตร ได้กวนให้ผสมกันที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ด้วย magnetic bar ความเร็ว 350 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บรักษาไว้ที่ที่อุณหภูมิประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้สารสกัดและสารเคลือบได้ดูดซับน้ำอย่างสมบูรณ์ จากนั้นเติมน้ำมันปาล์มลงไป ผสมให้เข้าด้วย Magnetic bar ความเร็ว 350 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที บันทึกปริมาตรน้ำมันสูงสุดที่สามารถกระจายตัวในวัฏภาคน้ำได้โดยไม่มีการแยกชั้นทันที รายงานผลเป็นปริมาณน้ำมัน (มิลลิลิตร) ต่อ ปริมาณสารสกัด 1 กรัม วัดความสูงของส่วนใส (Serum layer) (H_L) และความสูงของอิมัลชั่นทั้งหมด (H_E) บันทึกค่าคำนวณค่าดัชนีการแยกชั้นครีม (Creaming index) ดังสมการที่ (1) รายงานค่าดัชนีการแยกชั้นครีมของส่วนผสมในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

Creaming index (%) = $100 \times H_L/H_E$ (1)

การวิเคราะห์การปลดปล่อยสารสกัดจากเมล็ดบัวจากสารห่อหุ้มในสภาวะจำลองของเอนไซม์ของระบบทางเดินอาหารมนุษย์

การวิเคราะห์การปลดปล่อยสารสกัดจากเมล็ดบัวจากสารห่อหุ้มในสภาวะจำลองของเอนไซม์ของทางเดินอาหารมนุษย์ (ดัดแปลงจากวิธีของ Sopade and Gidley, 2009 นำตัวอย่าง 0.5 กรัม ละลายในน้ำลายจำลองที่ประกอบด้วยเอนไซม์ Porcine pancreatic α amylase; 250 ยูนิต จำนวน 1 มล. จากนั้นเติมเอนไซม์ Pepsin ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.02 โมล่าร์ (pH 2.0) ภายในเวลา 15-20 วินาที จำนวน 5 มล. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าที่ความเร็วรอบ 85 รอบต่อนาที หลังจากนั้นปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 โมล่าร์ จำนวน 5 มล. และเติม Acetate buffer จำนวน 25 มล. ผสมกับเอนไซม์ Pancreatin/amyloglucosidase ใน Acetate buffer 5 มล. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา180 นาที เก็บตัวอย่างทุกๆ 30 นาที เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยกลูโคส

คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเม็ดบัว

ทำการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเมล็ดบัว โดยวิธี DPPH assay (Siramon and Ohtani, 2007) และ Ferric reducing antioxidant power activity (FRAP) (ดัดแปลงจากวิธีของ Benzie and strain, 1996) โดยศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ประเทศไทย

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, Anova) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยวิธี ducan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16.0

ผลการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพเคมีของสารสกัดจากเม็ดบัว

จากผลการทดลอง Table 2 ผงสารสกัดจากเม็ดบัวที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเดกตรินซ์ (M) ร้อยละ 8-10 และมอลโตเดกตรินซ์ผสมกับสารห่อหุ้มชนิดอื่น ได้แก่ กัมอะราบิก (GA) ร้อยละ 2 สาร Tween 20 หรือ Tween 80 ที่ร้อยละ 0.7 พบว่ามีค่าความสว่าง (L) มากกว่าการห่อหุ้มด้วย GA อย่างเดียว และ GA ผสมกับสารห่อหุ้มตัวอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ค่า -a* ของสารสกัดจากเม็ดบัวมีค่าสีแดงเล็กน้อย ได้แก่ M20-H (-1.73), M20-R (-1.86), GA20-H (-0.17), GA20-R (-0.38),, M80-H (-1.69), M80-R (-1.70), GA80-H (-0.28), และ GA80-R (-0.47), ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับสารห่อหุ้มชนิดเดียวได้แก่ M และ GA โดยค่า b* อยู่ที่ช่วง 29.88-37.65 จากข้อมูลการทดสอบปริมาณความชื้นและและปริมาณของน้ำอิสระของสารสกัดจากเม็ดบัวหลังกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าสารสกัดจากเม็ดบัวมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 3.4-9.2% และค่าปริมาณน้ำอิสระ(Aw) ของสารสกัดจากเม็ดบัวทั้งหมด 12 ตัวอย่างอยู่ในช่วงระหว่าง 0.18-0.31 ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Physical and chemical properties of lotus seed extract capsules

Treatment	Sample	L*	a*	b*	%Moisture	Aw
1	M-H	81.65 ± 0.99^{d}	1.02 ± 0.31^{bc}	29.90 ± 1.28^{a}	6.10 ± 0.62^{b}	0.25 ± 0.05^{ab}
2	M-R	82.42 ± 1.78^{de}	0.78 ± 0.40^{b}	29.88 ± 3.97^{a}	6.10 ± 1.59^{b}	0.24 ± 0.08^{ab}
3	GA-H	72.86 ± 2.18^{a}	3.19 ± 0.31^{d}	31.18 ± 1.72^{ab}	8.93 ± 1.59^{c}	0.29 ± 0.03^{b}
4	GA-R	75.43 ± 2.83^{b}	2.64 ± 0.28^{cd}	$30.75\pm2.05_{ab}$	9.22 ± 1.66^{c}	0.30 ± 0.03^{b}
5	M20-H	83.40 ± 0.72^{de}	-1.73 ± 1.68^{a}	34.25 ± 2.76^{cd}	5.12 ± 1.98^{ab}	0.18 ± 0.10^{a}
6	M20-R	83.92 ± 0.64^{e}	-1.86 ± 1.68^{a}	33.72 ± 2.49^{bc}	4.87 ± 2.59^{ab}	0.18 ± 0.07^{a}
7	GA20-H	$77.34\pm1.76b^{c}$	-0.17 ± 2.55^{ab}	37.37 ± 3.25^{de}	6.33 ± 2.38^{b}	0.30 ± 0.11^{b}
8	GA20-R	$77.13\pm1.73b^{c}$	-0.38 ± 2.10^{ab}	36.90 ± 1.94^{cde}	6.52 ± 2.73^{b}	0.29 ± 0.12^{b}
9	M80-H	$82.69\pm0.24d^{e}$	-1.69 ± 1.16^{a}	34.76 ± 2.01^{cde}	3.43 ± 0.30^{a}	0.22 ± 0.05^{ab}
10	M80-R	83.17 ± 0.40^{de}	-1.70 ± 1.63^{a}	34.74 ± 2.93^{cde}	3.50 ± 0.47^{a}	0.22 ± 0.04^{ab}
11	GA80-H	77.06 ± 1.06^{bc}	-0.28 ± 1.49^{ab}	37.65 ± 1.74^{e}	5.03 ± 0.26^{ab}	0.31 ± 0.02^{b}
12	GA80-R	78.90 ± 1.79^{c}	-0.47 ± 1.79^{ab}	36.16 ± 1.82^{cde}	5.10 ± 0.39^{ab}	0.28 ± 0.03^{b}

^{a,b} significant different within the same column ($p\leq0.05$)

ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน

จากการศึกษาความสามารถในการเกิดอิมัลชันของสารสกัดจากเม็ดบัวที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเดกตรินซ์ผสมกับสาร Tween 80 ที่ให้ความร้อนร่วมด้วย (M80-H) และการห่อหุ้มด้วยกัมอาระบิกผสมสาร Tween 80 ที่อุณหภูมิห้องสามารถดูดซับน้ำมันมากกว่าสารห่อหุ้มชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งอิมัลชันที่รักษาความคงตัวด้วยอิมัลซิไฟเออร์ของสารสกัดจากเม็ดบัวที่เอนแคปซูเลทเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วันมีการเปลี่ยนแปลงความคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปดังแสดงเป็นค่าร้อยละของดัชนีของการเกิดครีม (%creamy index) พบว่าความคงตัวของอิมัลชันของสารสกัดจากเม็ดบัวที่ถูกห่อหุ้มด้วยสารผสมระหว่าง M และ tween 80 (M80-H และ M80-R) มีความคงตัวด้วยมากกว่าสารห่อหุ้มชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Emulsion capacity and creamy index of lotus seed extract encapsulated

Treatment	Sample	Oil volume added in ml/g of sample	%Creamy index
1	M-H	105.58 ± 2.59^{de}	8.47 ± 0.76^{de}
2	M-R	104.83 ± 3.37^{bcd}	9.02 ± 0.90^{e}
3	GA-H	100.91 ± 5.67^{abc}	7.45 ± 0.63^{bcd}
4	GA-R	98.33 ± 9.08^{ab}	9.08 ± 1.27^{e}
5	M20-H	97.50 ± 6.12^{a}	7.90 ± 0.70^{d}
6	M20-R	102.50 ± 7.52^{abc}	7.52 ± 0.57^{cd}
7	GA20-H	104.67 ± 5.16^{bcd}	7.84 ± 0.61^{d}
8	GA20-R	100.75 ± 6.11^{abc}	7.58 ± 0.87^{d}
9	M80-H	115.83 ± 6.83^{f}	5.68 ± 1.02^{a}
10	M80-R	110.83 ± 4.08^{ef}	6.36 ± 0.59^{a}
11	GA80-H	105.75 ± 4.07^{de}	6.59 ± 0.75^{abc}
12	GA80-R	113.00 ± 0.89^{f}	6.49 ± 0.66^{ab}

: ^{a,b} significant different within the same column ($p\leq0.05$)

การปลดปล่อยสารห่อหุ้มหลังถูกย่อยโดยเอนไซม์

เมื่อทำการย่อยสารสกัดเม็ดบัวที่ผ่านการห่อหุ้มที่คัดเลือกมาได้แก่ M80-H, M80-R, GA80-H และ GA80-R ด้วยเอนไซม์ที่จำลองมาจากการย่อยในระบบย่อยอาหารของมนุษย์ตั้งแต่ปากถึงลำไส้เล็ก พบว่าการห่อหุ้มโดยใช้ GA ผสมกับ tween 80 กวนผสมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณกลูโคสที่ถูกปลดปล่อยหลังจากการถูกย่อยน้อยกว่าการห่อหุ้มด้วย M ซึ่งสารสกัดจากเม็ดบัวที่ห่อหุ้มด้วย M กับ tween 80 สามารถปลดปล่อยกลูโคสออกมาสูงมากกว่า GA ประมาณ 1.5-2.0 เท่า มีปริมาณการปลดปล่อยกลูโคสตั้งแต่เริ่มการย่อยตั้งแต่ปากถึงลำไส้เท่ากับ 8 μg/ml

ดังแสดงใน Figure 1 ขณะที่การห่อหุ้มโดยผสมกับ tween 80 กวนผสมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณการปลดปล่อยกลูโคส 4 μg/ml

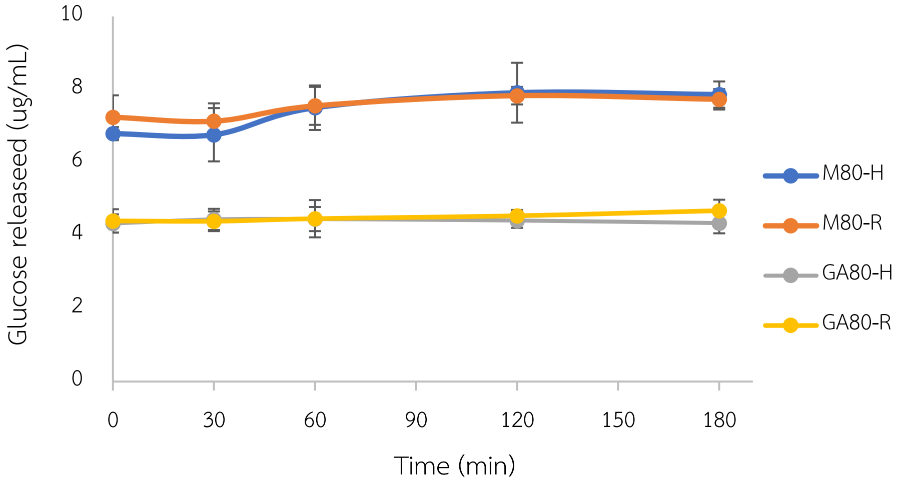


Figure 1 Glucose content (%) obtained from lotus seed encapsulants in enzymatic simulations of the human gastrointestinal tract. M80-H = Lotus seed extract encapsulated with maltodextrin and heat at 60 °C; M80-R = Lotus seed extract encapsulated with maltodextrin and stirred at room temperature; GA80-H = Lotus seed extract encapsulated with gum arabic and heat at 60 °C; GA80-R = Lotus seed extracts encapsulated with gum arabic and stirred at room temperature

คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเม็ดบัว

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเม็ดบัวที่สภาวะห่อหุ้ม M80-H ที่คัดเลือกมา พบว่าสามารถต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีวิเคราะห์ DPPH เท่ากับ 52.80 mg TEAC/g sample เทียบกับสารมาตรฐาน Trolox equivalent และมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีทดสอบ FRAP เท่ากับ 70.62 TEAC/g sample เทียบกับสารมาตรฐาน Trolox equivalent ดังแสดงใน Figure 2

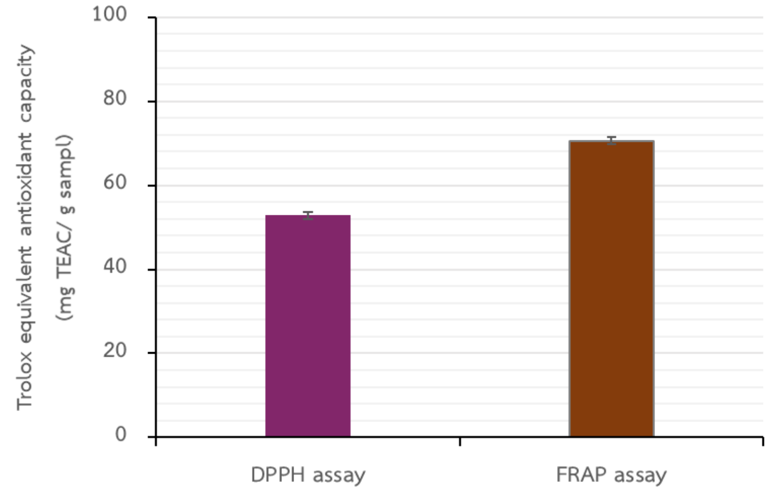


Figure 2 Antioxidant activities of lotus seed extract encapsulated

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาสภาวะการห่อหุ้มสารสกัดจากเม็ดบัวด้วยสารเคลือบชนิดต่างๆ พบว่าสารสกัดจากเม็ดบัวที่ห่อหุ้มด้วย M และ M กับสารห่อหุ้มชนิดอื่นที่สภาวะต่างๆ มีคุณลักษณะทางกายภาพ อาทิ ค่าสี ค่าความสว่างมากกว่าสารห่อหุ้มอื่น เนื่องจาก M มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวจึงส่งผลให้มีค่าความสว่างมากกว่าตัวอย่างอื่น สารสกัดจากเม็ดบัวมีสีเหลืองอ่อนปนแดงและมีสีเขียวอ่อนๆปน ปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระของสารสกัดจากเม็ดบัวจัดอยู่ในเกณฑ์มาตราฐานประเภทอาหารแห้ง (dehydrated food) ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของสารห่อหุ้ม tween 80 ประกอบด้วย polysorbate 80 ที่มีค่า hydrophile-lipophile balance (HLB) เท่ากับ 15.0 หมายถึงสารห่อหุ้มชนิดนี้มีสัดส่วนที่ชอบน้ำมากเทียบกับส่วนที่ชอบน้ำมันเมื่อผ่านกระบวนการละลายแล้วส่วนที่ชอบน้ำจะการจับตัวตัวโมเลกุลของสารละลายทั้งหมดจึงทำหันส่วนไม่ชอบน้ำออกมาบนผิวเคลือบสารจึงส่งผลทำให้ตัวอย่าง M80-H มีคุณสมบัติในการจับน้ำมันในระบบอิมัลชันได้ดี และมีความคงตัวของระบบอิมัลชันมากกว่าสารสกัดจากเม็ดบัวที่ถูกห่อหุ้มด้วยสารอื่น โดยจากกระบวนการของเอนไซม์ที่จำลองมาจากการย่อยในระบบย่อยอาหารของมนุษย์ตั้งแต่ปากถึงลำไส้เล็ก สารสกัดที่ห่อหุ้มด้วย GA มีการปลดปล่อยสารน้อยกว่าการเคลือด้วย M ทั้งนี้เกิดจากโครงสร้างของ GA ซึ่งประกอบด้วยเป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (Hetero-polysaccharides) ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และซับซ้อน ประกอบด้วยน้ำตาลและอนุพันธ์ของน้ำตาล 4 ชนิดคือ น้ำตาลกาแล็กโทส (galactose, 44%) แอราบิโนส (arabinose, 27%) แรมโนส (L- rhamnose,13%) และกรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid, 14.5%) นั้นทนต่อการย่อยโดยเอนไซม์ในร่างกายมากกว่า M มีโครงสร้างเป็นกลูโคสเพียงอย่างเดียว (Figure 1) จากผลการทดลองนี้จึงนำไปสู่การเลือกใช้สารห่อหุ้มที่เหมาะสมกับตำแหน่งเป้าหมายของระบบทางเดินอาหารที่ต้องการให้สารสกัดถูกปลดปล่อย นั่นคือ หากเป้าหมายการปลดปล่อยสารสกัด คือ ลำไส้เล็ก การใช้ M เป็นสารห่อหุ้มจะมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้ GA ในขณะที่การใช้ GA เป็นสารห่อหุ้ม จะเหมาะสมต่อการ

ปลดปล่อยสารสกัดในลำไส้ใหญ่มากกว่า เนื่องจากจุลชีพในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยโครงสร้างของ GA ได้ เป็นต้น ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการวิจัยของ de Rodríguez *et al*., (2019) ที่ศึกษาผลของการห่อหุ้มสารสกัดจากพืชด้วยสารห่อหุ้มชนิดต่างๆ และพบว่าการใช้อัลจิเนต (Alginate) เป็นสารห่อหุ้ม สามารถกักเก็บสารสำคัญจากพืชนั้น และถูกปลดปล่อยในระบบทางเดินอาหารเป้าหมายได้เป็นอย่างดี อีกทั้งสารสกัดจากเม็ดบัวมีคุณสมบัติที่ดีสามารถต้านอนุมูลอิสระทั้งยับยั้งอนุมูลอิสระในรูปแบบ DPPH• และ Ferric ไอออนได้ดี

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาสารกัดเม็ดบัวที่ห่อหุ้มด้วยสารเคลือบทั้งหมด 12 สภาวะ พบว่าสารสกัดจากเม็ดบัวความเข้มข้น 5% ที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเด็กตรินซ์ 8-10% ผสมกับสาร tween-80 เข้มข้น 0.7% และกวนที่อุณหภูมิ 60 ℃ หรืออุณหภูมิห้องร่วมด้วยมีความสามารถในการเกิดอิมัลชัน โดยมีความสามารถในการจับน้ำมันได้เท่ากับ 115 Oil volume added in ml/g of sample และมีความคงตัวของอิมัลชันดีที่สุด อีกทั้งมีการปลดปล่อยสารในระบบจำลองการย่อยของมนุษย์ตั้งแต่ปากจนถึงลำไส้ใหญ่ได้มากกว่าสารห่อหุ้มชนิดมอลโตเด็กตรินซ์อย่างเดียว รองลงมาคือ สารสกัดจากเม็ดบัวที่ห่อหุ้มด้วยกัมอะราบิกผสมกับสาร tween 80 เมื่อนำมาทดสอบวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูอิสระพบว่าสารสกัดจากเม็ดบัวมีความสามารถในการต้านอนุมูอิสระได้ดีทั้งยับยั้งอนุมูลอิสระในรูปแบบ DPPH• และ Ferric ไอออน ดังนั้นสารสกัดจากเม็ดบัวที่ผ่านกระบวนการห่อหุ้มด้วยสารเคลือบผสมของมอลโตเด็กตรินซ์และ tween 80 จึงมีแนวโน้มที่จะนำไปประยุกต์ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดจากเม็ดบัวในระดับห้องปฏิบัติการ ทดสอบทางด้านสัตว์ทดลองเบื้องต้นเพื่อเป็นข้อมูลวิจัยที่สามารถนำไปประยุกต์ได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ
2. พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่มีส่วนประกอบของสารสกัดจากเม็ดบัว เพื่อเป็นแนวทางในตลาดอาหารสุขภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ทีมวิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ และโครงการ การวิจัยและพัฒนาสารสกัดที่มีฤทธิ์ต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรังสำหรับผู้สูงอายุ รหัสโครงการ 6418202040 ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C. 2000. **Official Method of Analysis**. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Arlington: Virginia. 702 p.

Benzie, I.F.F. and Strain, l.J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant power": The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry** 239: 70-76.

Castro-López, C., Espinoza-González, C., Ramos-González, R., Boone-Villa, V.D., Aguilar-González, M.A., Martínez-´Avila, G.C.G., Aguilar, C.N. and Ventura-Sobrevilla, J.M. 2021. Spray-drying encapsulation of microwave-assisted extracted polyphenols from *Moringa oleifera*: Influence of tragacanth, locust bean, and carboxymethyl-cellulose formulations. **Food Research International** 144: 1-14.

de Rodríguez, D.J., G.N Puente-Romero, L. Díaz-Jiménez, R. Rodríguez-García, H. Ramírez-Rodríguez, J. A. Villarreal-Quintanilla, M. L. Flores-López, D. A. Carrillo-Lomelí, and Z. A. Genisheva. 2019. *In vitro* gastrointestinal digestion of microencapsulated extracts of *Flourensia cernua*, *F. microphylla*, and *F. retinophylla*. **Industrial Crops and Products** 138: 1-7.

Liu, C.H., H.M. Wu, W.J. Li, C.T. Huang, H.T. Li and C.Y. Chen. 2014. Antioxidant and Anticancer aporphine alkaloids from the leaves of *Nelumbo nucifera Gaertn*. cv. ***Rosa-plena*.** **Molecules** 19: 17829-17838.

McClememnts, D.J. 1998. Analysis of Food Emulsions. pp .571-585. *In* Nielsen. S.S. (Ed). **Introduction to Food Analysis**. New York: Chapman and Hall.

Sathe, S.K. and Salunkhe, D.K. 1981. Functional properties of great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins: emulsion, foaming, viscosity and gelation properties. **Journal of Food Science** 46: 71-74.

Siramon, P. and Y. Ohtani, 2007. Antioxidative and antiradical activities of *Eucalyptus camaldulensis* leaf oils from Thailand. **Journal of Wood Science** 53: 498-504.

Setiawan, A. P., S. Kumalaningsih and W. Wignyanto. 2020. The encapsulation of noni Fruit using foam mat drying method. **Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri** 9: 91-98.

Sopade, P.A. and M.J. Gidley. 2009. A Rapid *In vitro* digestibility assay based on glucometry for investigating kinetics of starch digestion. **Starch** 61: 245-255.

การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตรำข้าวหมักเพื่อใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ
Selection of Microorganisms for Production of Fermented Rice Bran as Food Supplement

อรจินดา กานุมัด และไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน*

Onjinda Kanumad and Pairote Wongputtisin*

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo university, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: pairotewong@gmail.com

Abstract

Rice bran is the by-product obtained from the rice milling process. It is rich in protein, dietary fiber, fat, and many phytochemicals with biological activities contributed to health, especially antioxidant activity. However, rice bran also contains anti-nutritional factors, which negatively affect body such as phytic acid. This research aimed to select a promising microorganism for the production of high-quality fermented rice bran, considering antioxidant activity and the content of available phosphate. Moreover, the optimal temperature for drying of fermented rice bran to maintain the product quality was studied. Two strains of genus *Bacillus* and 6 strains of *Lactobacillus*, *Rhizopus microsporus* BG5 fungus and *Saccharomyces cerevisiae* IR5 yeast were included. It was found that the *R. microsporus* BG5 showed the highest potential in rice bran fermentation. The fermented rice bran obtained from this fungus exhibited high antioxidant activity and phosphate content 87.32±2.185%, and 1.69±0.185 mg/g rice bran, respectively. When the quality of dried fermented rice bran was compared (60-100°C). It was found that 70 °C was the optimum drying temperature. Since the product obtained at the temperature contained the highest soluble protein content ($p<0.05$). However, to apply this fermented rice bran as food supplement, there are additional aspects to be investigated.

Keywords: fermented rice bran, antioxidant, phytochemicals, antinutritional actors, phytic acid

บทคัดย่อ

รำข้าวเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าวซึ่งอุดมด้วยสารอาหารที่หลากหลาย ทั้งโปรตีน เส้นใยอาหาร ไขมัน และสารพฤกษเคมีหลายชนิดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตามรำข้าวมีสารต้านโภชนะเป็นองค์ประกอบด้วย ซึ่งส่งผลเสียต่อร่างกาย เช่น กรดไฟติก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อคัดเลือกจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการผลิตรำข้าวหมักที่มีคุณภาพ โดยพิจารณาจากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟอสเฟตอิสระ รวมถึงเพื่อศึกษาอุณหภูมิการทำแห้งรำข้าวหมักที่เหมาะสม เพื่อคงสภาพผลิตภัณฑ์ แบคทีเรียจีนัส *Bacillus* 2 สายพันธุ์ และ *Lactobacillus* 6 สายพันธุ์ เชื้อรา *Rhizopus microsporus* BG5 และยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* IR5 ได้ถูกนำมาศึกษา ผลการวิจัยพบว่า เชื้อรา *R. microsporus* BG5 มีศักยภาพในการหมักรำข้าวมากที่สุด โดยรำข้าวหมักจากเชื้อราดังกล่าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 87.32±2.185 และผลิตฟอสเฟตอิสระ 1.69±0.185 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว และจากการเปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์จากการทำแห้งที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60-100 องศาเซลเซียส พบว่าการทำแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด โดยรำข้าวหมักมีปริมาณโปรตีนที่ละลายได้สูงสุด ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ในการประยุกต์ใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพนั้น จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในหลายประเด็น

คำสำคัญ: รำข้าวหมัก สารต้านอนุมูลอิสระ สารพฤกษเคมี สารต้านโภชนะ กรดไฟติก

คำนำ

รำข้าวเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว โดยรำข้าวนั้นมีราคาถูก ซึ่งพบว่ามีองค์ประกอบหลักเป็นโปรตีน เส้นใยอาหาร และไขมันในปริมาณ 11-13%, 11.5% และ 20% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบธาตุแมกนีเซียม เหล็ก และฟอสฟอรัสในปริมาณสูงด้วย (Gul *et al.,* 2015) โดยปกติแล้วรำข้าวถูกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ และสกัดน้ำมันรำข้าว (Wiboonsirikul *et al.,* 2007) รำข้าวเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุดของข้าวและเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เช่น วิตามินอี (**α**, **β**, **γ** tocopherols) สารโทโคไตรอีนอล (**α**, **β**, **γ**, **δ** tocotriennols) และ แกมมาโอไรซานอล (gamma-oryzanol) ซึ่งมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในช่วงไม่กี่ปีมานี้ รำข้าวได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางถึงคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและต้านโรคในความผิดปกติต่าง ๆ เช่น การลดความเสี่ยงของการเกิดมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ คอเลสเตอรอล และยังมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Gul *et al.,* 2015) ดังนั้นรำข้าวจึงเป็นของเหลือทิ้งที่ยังคงคุณค่า อย่างไรก็ตามเราสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับรำข้าวโดยใช้เทคโนโลยีการหมัก โดยกระบวนการหมักรำข้าวด้วยจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่ปลอดภัยนี้ ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย รา และยีสต์ จะช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของรำข้าว ทำให้ได้สารออกฤทธิ์ชีวภาพมากมาย เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถผลิตเอนไซม์หลายชนิดไม่ว่าจะเป็น hemicellulases, cellulases, esterase และ ligninolytic enzymes เป็นต้น เพื่อย่อยโครงสร้างผนังเซลล์รำข้าว ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกถูกขับออกมาจากเซลล์มากขึ้นและยังสลายพันธะเพื่อปลดปล่อย ferulic acid ออกมาจากโครงสร้างเส้นใยที่ผนังเซลล์ด้วย นอกจากนี้ เอนไซม์โปรติเอส (proteases) จากจุลินทรีย์ยังสามารถย่อยโปรตีนรำข้าวให้กลายเป็นเพปไทด์และกรดอะมิโนอิสระได้อีกด้วย โดย

คาดว่าสารเมแทบอไลท์ (metabolites) อีกหลายชนิดที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้นมาระหว่างกระบวนการหมักอาจมีบทบาทช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของรำข้าวหมักได้อีกด้วย และนอกจากนี้จุลินทรีย์บางสายพันธุ์สามารถกำจัดสารที่ให้โทษบางชนิดในรำข้าว หรือที่เรียกกันว่าสารต้านโภชนะ (antinutritional factor) ให้หมดไป จึงส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้มากขึ้น งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกจุลินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตรำข้าวหมักที่มีฤทธิ์ชีวภาพสูง และเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการหมักรำข้าว

จากการรวบรวมสายพันธุ์จุลินทรีย์จากคลังเชื้อ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยเป็นแบคทีเรีย 8 สายพันธุ์คือ *Lactobacillus acidophilus* (LA), *Lactobacillus bulgaricus* (LB), *Lactobacillus plantarum* (LP), *Lactobacillus lactis* (LL), *Lactobacillus johnsonii* CK3 (CK3), *Lactobacillus johnsonii* VCF29 (VCF29), *Bacillus* (TK8) และ *Bacillus* (MR-10), ยีสต์ 1 สายพันธุ์ คือ *Saccharomyces cerevisiae* (IR5) และเชื้อรา 1 สายพันธุ์ คือ *Rhizopus microsporus* (BG5) เตรียมหัวเชื้อแต่ละสายพันธุ์ด้วยสูตรอาหารและสภาวะการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมของแต่ละสายพันธุ์ โดยแบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อรา เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร nutrient broth, yeast extract peptone dextrose และ potato dextrose broth ตามลำดับ จากนั้นเก็บเซลล์หรือสปอร์ด้วยการปั่นเหวี่ยงและล้างให้สะอาดด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85% (w/v) อาหารแข็งที่ใช้ในการหมักเตรียมโดยผสมรำข้าวและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นทำการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น ถ่ายหัวเชื้อ (10^6 cells หรือ 10^6 สปอร์) ลงไป ผสมให้เข้ากัน และบ่มที่อุณหภูมิเหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์แต่ละชนิดเป็นเวลา 3 วัน แล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตอิสระ (available phosphate) ด้วย Fiske and Subbarow method (Kim *et al.,* 1998) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS scavenging activity โดยดัดแปลงจากวิธีของ Re *et al.* (1999) คัดเลือกจุลินทรีย์ที่เหมาะสมที่สามารถเพิ่มปริมาณฟอสเฟตอิสระและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดย dinitrosalicylic acid (DNS) method (Miller *et al.,* 1959) วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ด้วย Phenol-sulfuric acid method (BeMiller *et al.,* 2010) และ วิเคราะห์โปรตีนที่ละลายน้ำได้ด้วย Bradford assay method (Hammond *et al.,* 1988) เพื่อทำการศึกษาขั้นตอนต่อไป

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง

เมื่อได้จุลินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการหมักรำข้าวแล้ว ทำการหมักรำข้าวในขนาดการผลิต 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน โดยใช้ ปริมาณหัวเชื้อ 10^6 สปอร์ต่อกรัมรำข้าว จากนั้นนำตัวอย่างรำข้าวหมักมาทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนโดยทำการทดลองเปรียบเทียบอุณหภูมิทำแห้ง ที่ 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส เมื่อแห้งแล้ว ทำการบดละเอียด แล้ววิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตอิสระ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คัดเลือกระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อการทำแห้งรำข้าวหมัก และสร้างเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ผงรำข้าวหมักบรรจุแคปซูลต่อไป

ผลการวิจัย

1. การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการหมักรำข้าว

จากการรวบรวมสายพันธุ์จุลินทรีย์จากคลังเชื้อ โดยใช้แบคทีเรีย 8 สายพันธุ์ ยีสต์ 1 สายพันธุ์ และเชื้อรา 1 สายพันธุ์ เพื่อการหมักรำข้าวในระดับห้องปฏิบัติการ การทดลองพบว่าแบคทีเรีย TK8 และเชื้อรา BG5 มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระประมาณ 86% และ 87% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกัน (Figure 1) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟอสเฟตอิสระแล้วพบว่าจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (Figure 2) รำข้าวหมักด้วยเชื้อรา BG5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนคุณภาพด้านอื่นๆ ของรำข้าวหมัก พบว่ารำข้าวหมักด้วยจุลินทรีย์ทุกสายพันธุ์มีปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ทั้งหมดใกล้เคียงกันในปริมาณ 88-117 mg/g (Figure 3) โดยจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่รำข้าวหมักด้วยเชื้อรา TK8 พบว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Figure 4) ส่วนผลจากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในรำข้าวหมักนั้น พบว่าจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (Figure 5) รำข้าวหมักด้วยเชื้อรา BG5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งจากผลการศึกษาดังกล่าวนี้ ทำให้ตัดสินใจเลือกเชื้อรา *R. microsporus* BG5 สำหรับใช้ในการผลิตรำข้าวหมักต่อไป

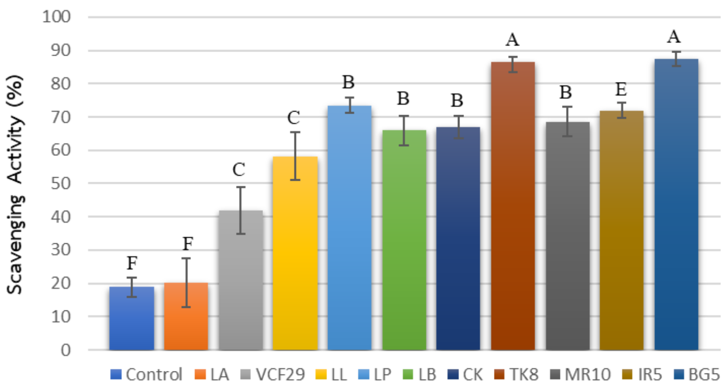


Figure 1 Antioxidant activity of the fermented rice bran produced from various microorganisms

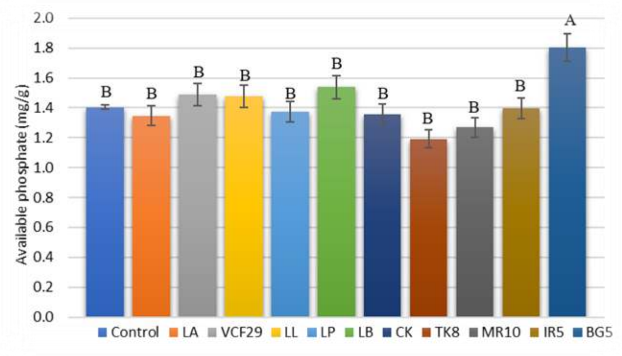


Figure 2 Phosphate content of the fermented rice bran produced from various microorganisms

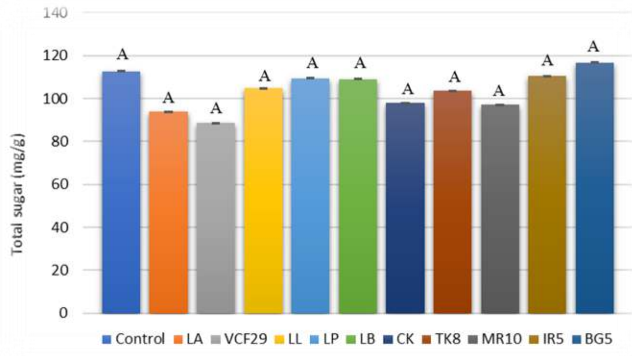


Figure 3 Total sugar of the fermented rice bran produced from various microorganisms

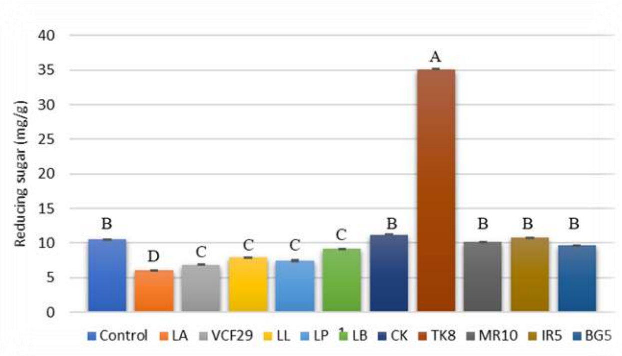


Figure 4 Reducing sugar of the fermented rice bran produced from various microorganisms

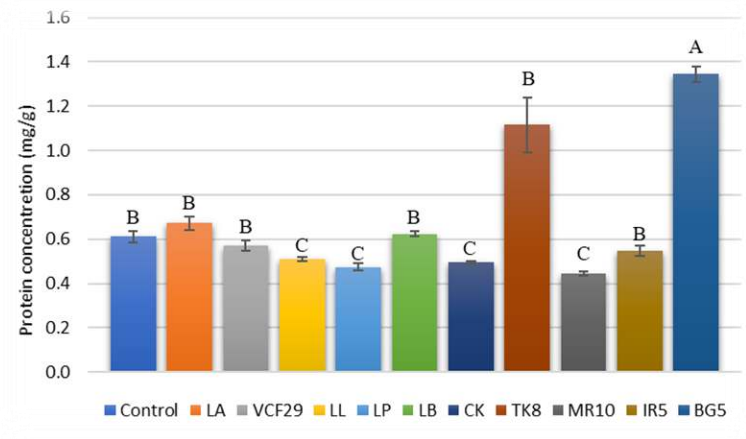


Figure 5 Protein concentration of the fermented rice bran produced from various microorganisms

2. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผลิตภัณฑ์

เมื่อทำการหมักรำข้าวด้วยเชื้อรา BG5 ทำให้ได้รำข้าวหมักที่มีลักษณะ Figure 6 จากนั้นนำมาศึกษาหาระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งรำข้าวหมักด้วยตู้อบลมร้อน โดยทำการทดลองเทียบอุณหภูมิทำแห้ง ที่ 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟอสเฟตในรำข้าวหมักที่ทำแห้งซึ่งเป็นเกณฑ์หลักที่ใช้บ่งบอกถึงคุณภาพของรำข้าวหมักจากงานวิจัยนี้ ผลการวิเคราะห์พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบ 80 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Figure 7A) ในขณะที่ปริมาณฟอสเฟตอิสระพบสูงสุดในผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ 90 องศาเซลเซียส โดยพบในปริมาณ 77 mg/g แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับผลิตภัณฑ์จากการอบที่ 100 องศาเซลเซียส (Figure 7B) อย่างไรก็ตาม พบว่าเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณโปรตีนที่ละลายได้กลับพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งทำให้มีค่าลดลงโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 7C และ D) ซึ่งแม้การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ได้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟอสเฟตสูงขึ้น แต่กลับทำให้สารอาหารอื่นลดลง ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสสำหรับการทำแห้งรำข้าวหมักซึ่งทำให้ภาพรวมของสารอาหารและสารออกฤทธิ์ชีวภาพของผลิตภัณฑ์รำข้าวหมักอยู่ในระดับเป็นที่น่าพอใจ

Figure 6 Characteristics of fermented rice bran fermented with BG5

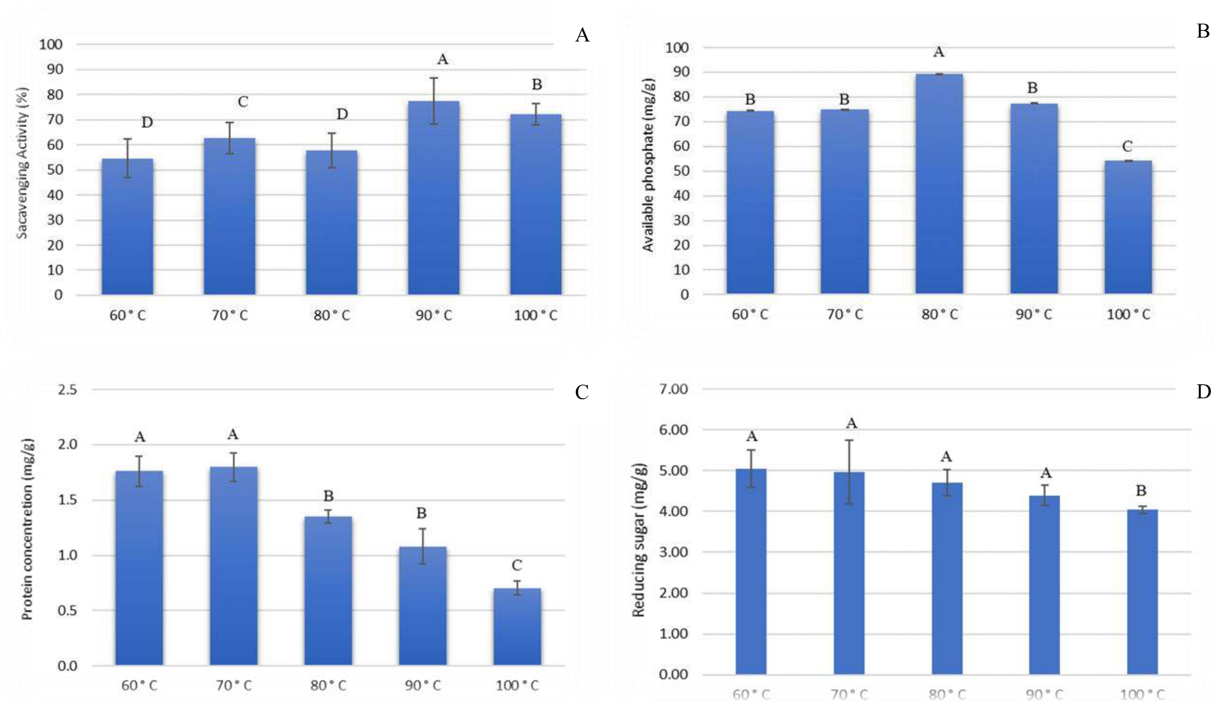


Figure 7 Composition of fermented rice bran produced from BG5

(A) Antioxidant activity (B) Phosphate content (C) Protein concentration (D) Reducing sugar

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบจึงมีข้อสรุปในการเลือกใช้เชื้อรา *Rhizopus Microsporus* BG5 ในการหมักรำข้าว เนื่องจากมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการทดลอง คือช่วยเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพในรำข้าวให้สูงขึ้น อีกทั้งช่วยกำจัด สารต้านโภชนะบางชนิดในรำข้าวได้ ซึ่งในกรณีของรำข้าวนี้พบว่ามี สารยับยั้งเอนไซม์ทริพซิน (trypsin inhibitors), heamagglutinin-lectin และกรดไฟติก (Gul *et al.,* 2015) สองชนิดแรกนั้นสามารถถูกกำจัดได้ด้วยความร้อนแต่การกำจัดกรดไฟติกต้องใช้เอนไซม์ไฟเตสในการย่อย ซึ่งทำให้ได้ฟอสเฟตอิสระออกมา ซึ่งนอกจากจะช่วยลดผลจากกรดไฟติกที่มีต่อสุขภาพแล้ว ยังทำให้ได้ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายด้วย ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเชื้อรา BG5 ปลดปล่อยฟอตเฟตจากรำข้าวสูงที่สุดและคาดว่าน่าจะเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ไฟเตสที่เชื้อรานี้ผลิตออกมา โดยจากรายงานของ Oliveira *et al.* (2010) พบว่าเชื้อราในสกุล *Rhizopus* บางสายพันธุ์ เช่น *R. oryzae* , *R. oligosporus* และ *R. stolonifera* สามารถผลิตเอนไซม์ ไฟเตส ไลเปส กลูโคอะไมเลสและอื่นๆ ได้ ซึ่งก่อนหน้านี้ผู้วิจัยได้ทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่า *R. microsporus* สายพันธุ์ BG5 นี้สามารถผลิตเอนไซม์อะไมเลส เซลลูเลส และไซแลนเนสได้ (ข้อมูลยังไม่ได้เผยแพร่) ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้ล้วนมีประโยชน์ช่วยย่อยโครงสร้างเส้นใยของรำข้าวให้เป็นน้ำตาลที่มีขนาดเล็กลงและละลายน้ำได้ ซึ่งง่ายต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในทางเดินอาหารผู้บริโภคได้ ในขณะที่กลไกที่คาดว่าจะช่วยให้ฤทธิ์ต้านอนุมลูอิสระของรำข้าวสูงขึ้นได้คือการเพิ่มปริมาณขึ้นของเพปไทด์ (peptides) สายสั้นและกรดอะมิโนอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่ง tyrosine, methionine, histidine, lysine และ tryptophan จากการย่อยของโปรตีนรำข้าวโดยเอนไซม์โปรติเอส เพปไทด์และกรดอะมิโนเหล่านี้ถูกรายงานว่ามีความสามารถต้านอนุมูลอิสระสูง (Wang and De Mejia, 2005)

จากผลการทดลองยังพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณโปรตีนมีค่าลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้ง เช่น ในช่วงอุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส ค่าที่ลดลงนี้คาดว่ามาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์กับกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา สารประกอบจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดแม้ว่ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงดังปรากฏในผลการทดลอง แต่เนื่องด้วยเกิดผลเสียต่อปริมาณน้ำตาลและโปรตีนของรำข้าว ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ในการทำแห้งรำข้าวหมักเพื่อยังคงสภาพสารอาหารให้สมบูรณ์มากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการหมักรำข้าว คือ *Rhizopus microsporus* BG5 เนื่องจากมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการทดลอง คือ ช่วยเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพในรำข้าวให้สูงขึ้น อีกทั้งช่วยกำจัดสารก่อโทษบางชนิดในรำข้าว และสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง คือ 70 องศาเซลเซียส สามารถเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและลดปริมาณกรดไฟติกได้ และนำไปเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ผงรำข้าวหมักบรรจุแคปซูลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และบริษัท สมา เฮลท์ตี้แคร์ จำกัด และขอขอบคุณการสนับสนุนของสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการให้ยืมใช้เครื่องมือและสถานที่

เอกสารอ้างอิง

BeMiller, J.N. 2010. Carbohydrate analysis. pp. 147-177. *In* **Food analysis**. Boston, MA.: Springer.

Gul, K., B. Yousuf, A. Singh, P. Singh and A. A. Wani. 2015. Rice bran: Nutritional values and its emerging potential for development of functional food-a review. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre** 6(1): 24-30.

Hammond, J. B., and N. J. Kruger. 1988. The Bradford Method for Protein Quantitation. pp. 25-32. *In* **New Protein Techniques.**

Kim, Y.-O., Kim, H.-K., Bae, K.-S., Yu, J.-H. and Oh, T.-K. 1998. Purification and properties of a thermostable phytase from *Bacillus* sp. DS11. **Enzyme and microbial technology**, 22(1): 2-7.

Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry** 31(3): 426-428.

Oliveira, M.D.S., V. Feddern, L. Kupski, E. Cipolatti, E. Badiale-Furlong and L. de Souza-Soares. 2010. Physico-chemical characterization of fermented rice bran biomass. **CyTA–Journal of Food** 8(3): 229-236.

Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free radical biology and Medicine** 26(9-10): 1231-1237.

Wang, W. and E.G. De Mejia. 2005. A new frontier in soy bioactive peptides that may prevent age-related chronic diseases. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety** 4(4): 63-78.

Wiboonsirikul, J., Y. Kimura, M. Kadota, H. Morita, T. Tsuno and S. Adachi. 2007. Properties of extracts from defatted rice bran by its subcritical water treatment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 55(21): 8759-8765.

Session 14

ภาคโปสเตอร์

ผลของสารเพิ่มความคงตัวต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไอศกรีมกะทิ
Effect of Stabilizers on Physical and Sensory Properties of Coconut Milk Ice Cream

ธัญลักษณ์ สายสืบ[1] พัชรมณี อุณหพิพัฒพงศ์[2] และกรผกา อรรคนิตย์[1*]
Thanyalak Saisueb[1], Patcharamanee Unhapipatpong[2] and Kornpaka Arkanit[1]*
[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2]สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[1]Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[2]Institute of Product Quality and Standardization, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
*Corresponding author: k_arkanit@hotmail.com

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of four stabilizers: 0.4% carboxymethyl cellulose (CMC), 0.5% guar gum (GG), 0.6% commercial stabilizer (EA 100), and 0.25% polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate (Tween 80), on the coconut milk ice cream properties. It was found that ice cream mix containing CMC and GG had higher viscosity than ice cream mix containing EA 100 and Tween 80. After freezing ice cream mix to produce coconut milk ice cream, it was found that % overrun and L* color value of coconut milk ice cream with stabilizer addition were significantly increased when compared to control ($p<0.05$). The highest value of % overrun of the coconut milk ice cream derived from the addition of CMC and the values decreased with the addition of GG, EA 100, and Tween 80, respectively. The a* and b* color values of coconut milk ice cream with stabilizer addition did not significantly differ compared to of control ($p>0.05$). Furthermore, the stabilizer addition had no effect on sensory properties in terms of appearance, color, odor, texture, and overall acceptance, except taste which the coconut milk ice cream containing Tween 80 had the highest taste score.

Keywords: ice cream, guar gum, carboxymethyl cellulose, Tween 80, stabilizer

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเพิ่มความคงตัว 4 ชนิด ได้แก่ คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (CMC) ร้อยละ 0.4 กัวร์กัม (GG) ร้อยละ 0.5 สารเพิ่มความคงตัวทางการค้า (EA 100) ร้อยละ 0.6 และ โพลีออกซีเอทิลีน (20) ซอร์บิแทน โมโนโอลิเอท (Tween 80) ร้อยละ 0.25 ต่อคุณสมบัติของไอศกรีมกะทิ พบว่า ไอศกรีมมิกซ์ที่เติม CMC และ GG มีค่าความหนืดสูงกว่าไอศกรีมมิกซ์ที่เติม EA 100 และ Tween 80 เมื่อนำไอศกรีมมิกซ์ไปปั่นเป็นไอศกรีมกะทิ พบว่า การเติมสารเพิ่มความคงตัวทำให้ % overrun และค่าสี L* ของไอศกรีมกะทิเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ($p<0.05$) โดยไอศกรีมกะทิที่เติม CMC มี % overrun สูงสุด รองลงมาคือ GG EA 100 และ Tween 80 ตามลำดับ ค่าสี a* และ b* ของไอศกรีมกะทิที่เติมสารเพิ่มความคงตัวไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนี้ การเติมสารเพิ่มความคงตัวไม่มีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกะทิด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ยกเว้นรสชาติ โดยไอศกรีมกะทิที่เติม Tween 80 มีคะแนนด้านรสชาติสูงสุด

คำสำคัญ: ไอศกรีม กัวร์กัม คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส ทวีน 80 สารเพิ่มความคงตัว

คำนำ

กะทิ (coconut milk) เป็นของเหลวที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าว (solid coconut endosperm) มีสีขาวทึบแสง อยู่ในรูปอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water emulsion) ที่เกาะยึดระหว่างโปรตีน น้ำมัน และน้ำ ซึ่งหยดน้ำมันในกะทิถูกล้อมรอบด้วยฟอสโฟลิปิดของเยื่อหุ้มเซลล์ (phospholipid membrane) ซึ่งทำหน้าที่เป็นอิมัลซีไฟเออร์ (emulsifier) ให้ระบบอิมัลชันในกะทิคงตัว โดยฟอสโฟลิปิดดังกล่าว คือ เซพาลิน (cephalic) และเลซีทิน (lecithin) ที่ล้อมรอบเม็ดไขมัน (oil globule) (Salunkhe *et al.*, 1992)

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งที่มีรสชาติหวานและมีกลิ่นหอม ส่วนผสมหลักประกอบด้วย นม น้ำตาล น้ำ สารปรุงแต่ง และสารให้ความคงตัวซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยปรับปรุงลักษณะของไอศกรีมให้เป็นที่ยอมรับมากขึ้น ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับไอศกรีมกะทิ ซึ่งเป็นของหวานที่มีการใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศ และได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย แต่คุณลักษณะบางประการของไอศกรีมกะทิ เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัสไม่เรียบเนียน และมีเกล็ดน้ำแข็งขนาดใหญ่ (Goft *et al.*, 1993) ส่งผลให้ไอศกรีมกะทิยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ จึงจำเป็นต้องมีการเติมสารเพิ่มความคงตัว เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของไอศกรีมกะทิให้ดีขึ้น

สารเพิ่มความคงตัวมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำ โดยการเกิดพันธะไฮโดรเจนและสร้างร่างแหสามมิติ ทำให้น้ำไม่เคลื่อนที่ หรือแยกตัวเป็นอิสระ ซึ่งเป็นการช่วยปรับปรุงความคงตัวของไอศกรีมและชะลอการเกิดผลึกน้ำแข็งในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความข้นหนืดทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่เนียนเรียบ ละลายช้า และป้องกันการแยกตัวของเวย์ในระหว่างการละลาย ลดปัญหาเนื้อไอศกรีมแตกง่าย อีกทั้งยังช่วยให้เกิดความลื่นคอ และช่วยในการปล่อยกลิ่นรสของไอศกรีมเมื่อรับประทานให้มีกลิ่นรสที่ชัดเจนขึ้น (Marshall *et al*., 2003; Lim *et al*., 2010)

สารเพิ่มความคงตัวส่วนใหญ่ที่นิยมใช้ในไอศกรีมมีหลายชนิด ได้แก่ เจลาติน แซนแทนกัม กัวร์กัม คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส เป็นต้น ซึ่งจากงานวิจัยของ Hongchai and Bunchoo (2015) ได้ทำการศึกษาผลของสารให้ความคงตัวต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งพบว่า การเติมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0.2 ลงในไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง มีผลทำให้อัตราการละลายน้อยลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม นอกจากนี้ยังมีการใช้ Tween80 ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ที่ช่วยป้องกันไม่ให้หยดไขมันห่อหุ้มโปรตีนในนมอย่างสมบูรณ์ ทำให้เนื้อไอศกรีมสามารถอุ้มโมเลกุลอากาศไว้ได้มากขึ้น ส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสดีและมีความคงตัว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Muse and Hartel (2004) ที่พบว่า การเติม Tween 80 ที่ความเข้มข้น 0.02-0.04% ในไอศกรีมมีผลช่วยทำให้อัตราการละลายของไอศกรีมลดลง จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าการใช้สารเพิ่มความคงตัวเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการผลิตไอศกรีมให้ได้คุณภาพเป็นที่ยอมรับ ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาชนิดและปริมาณ ของสารเพิ่มความคงตัวที่มีผลต่อคุณภาพกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกะทิ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง ไอศกรีมกะทิสูตรควบคุมมีส่วนผสมทั้งหมดประกอบด้วยน้ำกะทิ นมสด น้ำตาล เกลือ ร้อยละ 60, 40, 18 และ 6.7 ตามลำดับ และเติมสารเพิ่มความคงตัว ได้แก่ คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (CMC) กัวร์กัม (GG) สารเพิ่มความคงตัวทางการค้า (EA 100) และโพลีออกซิลเอทิลีน ซอร์บิเทน โมโนเลท (Tween 80) ร้อยละ 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.25 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ตามลำดับ กระบวนการผลิตไอศกรีมกะทิ เริ่มจากนำส่วนผสมของเหลวมาให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมส่วนผสมของแข็งที่เตรียมไว้ คนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทำให้เย็นทันที และนำส่วนผสมไปบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำตัวอย่างไปปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม บรรจุตัวอย่างไอศกรีมกะทิลงในภาชนะบรรจุ และเก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Soluble Solid) โดยใช้ Hand refractometer (0-32 %) ทำการอ่านและบันทึกค่าที่วัดได้

การวัดค่าความหนืด (Phungamngoen *et al.,* 2015) นำไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เทใส่บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าความหนืดโดยใช้เครื่องวัดความหนืด Viscometer (Brookfield รุ่น LVDV - IT + PRO ประเทศอเมริกา) ใช้หัวเข็ม (Spindle) เบอร์ 2,3,4 ที่ความเร็วรอบ 10-70 rpm

% Overrun (ดัดแปลง จาก Arbuckle, 1986) ชั่งน้ำหนักต่อหน่วยของไอศกรีมมิกซ์ และไอศกรีมกะทิหลังปั่น จากนั้นนำมาคำนวณหา % Overrun ดังสมการที่ 1

% Overrun = ((น้ำหนักไอศกรีมมิกซ์-น้ำหนักไอศกรีม)/น้ำหนักไอศกรีม) x 100 (1)

การวัดค่าสี วัดโดยใช้ colorimeter (Hunter Lab, รุ่นสี Flex, Reston, VIRG, USA) รายงานค่าในระบบสี CIE โดย L*-value (ความสว่าง), a*-value (สีแดง/สีเขียว) และค่า b*-value (สีเหลือง/สีน้ำเงิน)

การวิเคราะห์ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส ทดสอบโดยใช้ผู้ชิมแบบกึ่งฝึกฝน (semi-trained panelists) จำนวน 15 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA ความแตกต่างโดยวิธี Duncan's Multiple Range test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS (SPSS 20.0)

ผลการวิจัย

การเติมสารเพิ่มความคงตัว มีผลต่อการปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของไอศกรีมกะทิสด พบว่า ไอศกรีมที่เติม Tween 80 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มากกว่าไอศกรีมที่เติมสารเพิ่มความคงตัว ชนิดอื่นๆ ($p<0.05$) ขณะที่ไอศกรีมที่เติม CMC GG และ EA 100 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้น้อยกว่าสูตรควบคุม (control) ($p<0.05$) (Table 1)

Table 1 Total soluble solid of coconut milk ice cream

Treatment	Total Soluble Solid (Brix)
Ice cream (control)	23.75 ± 2.75^{a}
Ice cream + 0.4% CMC	18.50 ± 1.29^{b}
Ice cream + 0.5% GG	17.00 ± 0.82^{b}
Ice cream + 0.6% EA 100	18.00 ± 2.16^{b}
Ice cream + 0.25% Tween 80	25.50 ± 2.08^{a}

CMC = Carboxymethyl Cellulose, GG = Guar gum, commercial stabilizer = EA 100, Tween 80 = Polyoxyethylene Sorbitan Monooleate

Mean values ± standard deviation with different lowercase letters are significantly different among the same column ($p<0.05$).

เมื่อวัด % Overrun และความหนืดพบว่า สารเพิ่มความคงตัวมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ % Overrun และความหนืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าไอศกรีมที่เติม CMC มี % Overrun สูงที่สุด และสำหรับค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ พบว่า ไอศกรีมมิกซ์ที่เติม CMC และ GG มีค่าความหนืดสูงกว่าการเติม EA 100 และ Tween 80 (Table 2)

Table 2 % Overrun and viscosity (centipoint) of coconut milk ice cream

Treatment	% Overrun	Viscosity (centipoints)
ice cream (control)	4.20±0.30[d]	1,442.00±148.24[b]
ice cream + 0.4% CMC	28.46±1.44[a]	23,020.00±5,223.02[a]
ice cream + 0.5% GG	25.45±2.17[b]	17,993.25±8,572.79[a]
ice cream + 0.6% EA 100	23.61±2.51[b]	1,389.00±97.74[b]
ice cream + 0.25% Tween80	13.36±1.72[c]	5,860.25±5,391.07[b]

CMC = Carboxymethyl Cellulose, GG = Guar gum, commercial stabilizer = EA 100, Tween80 = Polyoxyethylene Sorbitan Monooleate
Mean values ± standard deviation with different lowercase letters are significantly different among the same column ($p < 0.05$)

สำหรับค่าสี พบว่า ไอศกรีมที่เติมสารเพิ่มความคงตัวมีแนวโน้มทำให้ค่า L* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นไอศกรีมที่เติม CMC ที่ให้ผลไม่แตกต่างกับสูตร control สำหรับค่า a* และ b* พบว่า ไอศกรีมที่เติม EA 100 ทำให้ค่า a* และ b* ลดลงมากกว่าสูตรอื่น (Table 3)

Table 3 Color measurement of coconut milk ice cream with stabilizer

Treatment	L*	a*	b*
Ice cream (control)	90.570 ± 0.378[c]	0.107 ± 0.128[a]	8.105 ± 0.115[a]
Ice cream + 0.4% CMC	90.605 ± 0.253[bc]	0.188 ± 0.124[a]	8.057 ± 0.136[a]
Ice cream + 0.5% GG	91.433 ± 0.169[a]	-0.060 ± 0.114[ab]	7.567 ± 0.142[a]
Ice cream + 0.6% EA 100	91.707 ± 0.058[a]	-0.347 ± 0.093[b]	6.930 ± 0.130[b]
Ice cream + 0.25% Tween80	91.193 ± 0.535[ab]	0.0800 ± 0.157[a]	7.917 ± 0.419[a]

CMC = Carboxymethyl Cellulose, GG = Guar gum, commercial stabilizer = EA 100, Tween80 = Polyoxyethylene Sorbitan Monooleate
Mean values ± standard deviation with different lowercase letters are significantly different among the same column. ($p<0.05$)

การวิเคราะห์ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่า การเติมสารเพิ่มความคงตัวมีผลต่อรสชาติของไอศกรีมกะทิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยไอศกรีมที่เติม Tween 80 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่าสูตรที่เติม CMC และสูตร control (Table 4)

Table 4 Sensory attributes of coconut milk ice cream with stabilizer

Treatment	Appearance[ns]	Color[ns]	Flavor[ns]	Taste	Texture[ns]	Overall acceptability[ns]
Ice cream (control)	5.60±1.99	6.47±1.13	5.93±1.87	4.00±1.60[a]	4.60±1.59	4.20±1.57
Ice cream + 0.4% CMC	5.87±1.88	6.27±1.49	4.80±2.01	4.33±2.09[a]	5.20±1.82	4.47±2.13
Ice cream + 0.5% GG	5.60±1.76	6.80±0.86	5.73±1.94	4.60±1.80[ab]	5.13±1.51	5.07±1.75
Ice cream + 0.6% EA 100	5.80±1.74	6.53±1.19	5.73±1.83	4.93±1.49[ab]	5.33±1.59	5.27±1.71
Ice cream + 0.25% Tween 80	6.33±1.50	6.53±1.19	5.47±2.20	5.73±.79[b]	5.20±1.78	5.53±1.88

CMC = Carboxymethyl Cellulose, GG = Guar gum, commercial stabilizer = EA100, Tween80 = Polyoxyethylene Sorbitan Monooleate
Mean values ± standard deviation with different lowercase letters are significantly different among the same column ($p<0.05$),
[ns]means values in the same column are not significantly different.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การเติมสารเพิ่มความคงตัวมีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ พบว่า การเติม CMC GG และ EA 100 มีผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ลดลง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวอาจเนื่องมาจากวิธีการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ Hand refractometer ซึ่งเป็นการวัดค่าการหักเหของแสงของของแข็งที่ละลายน้ำได้ในตัวอย่าง (refractive index) แต่เนื่องจากกะทิเป็นอิมัลชันธรรมชาติ (รูปแบบน้ำมันในน้ำ) และยังอุดมไปด้วยโปรตีน วิตามิน น้ำตาล เกลือแร่ กรดอะมิโน และอื่นๆ อีกมากมาย (Ariyaprakai and Tananuwong, 2015; Raghavendra and Ksms, 2010) ดังนั้นการตรวจวัดปริมาณของแข็งโดยใช้ Hand refractometer จึงอาจทำให้ไม่สามารถตรวจวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ จึงส่งผลให้ค่าที่เกิดเกิดความคลาดเคลื่อนไป

จากผลการทดลองของ Phungamngoen *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มความคงตัวทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ โลคัสบีนกัม กัวร์กัม และคาราจีแนนต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด โดยกำหนดปริมาณที่ 5 ระดับ ทั้งการใช้เพียงชนิดเดียวและการใช้ร่วมกัน และ Maliphun (2018) ได้ศึกษาการใช้สารให้ความคงตัวสำหรับการพัฒนาไอศกรีมเนื้อนิ่มจากน้ำนมข้าวกล้องโดยศึกษาสารให้ความคงตัว 2 ชนิด ได้แก่ แซนแทนกัม และเจลาติน โดย

กำหนดปริมาณที่ 4 ระดับ ทั้งการใช้เพียงชนิดเดียวและการใช้ร่วมกัน ซึ่งจากผลการทดลองทั้ง 2 พบว่า ชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความคงตัวไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ % Overrun ลดลง เนื่องจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในไอศกรีมมิกซ์ ส่งผลให้เกิดการขัดขวางการกักเก็บอากาศในระหว่างการปั่นผสม (Bikerman, 1973) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phanomvan and Wisespanich (2018) ที่มีการศึกษาปริมาณไวน์หม่อนในไอศกรีม โดยทำการศึกษาปริมาณที่เติม 3 ระดับ 10, 20 และ 30 พบว่า ไอศกรีมที่เติมไวน์หม่อน 30% มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้สูงที่สุด ขณะที่ % Overrun ที่มีค่าน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับไอศกรีมที่เติมไวน์หม่อนที่ 10 และ 20%

การเติมสารเพิ่มความคงตัวมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ % Overrun และความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ พบว่า ไอศกรีมกะทิที่เติม CMC มีผลให้ % Overrun สูงที่สุด สอดคล้องกับค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไอศกรีมมิกซ์ที่เติม CMC และ GG มีความหนืดสูงกว่าการเติม EA 100 และ Tween 80 เนื่องจากสาร CMC และ GG ตัวเป็นสารในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นแหล่งของเส้นใยที่ละลายน้ำ (soluble fiber) โมเลกุลของสารให้ความคงตัวดังกล่าวนี้เป็นโพลีเมอร์สายตรงหรือโพลีเมอร์ที่มีกิ่งแขนง สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำทำให้โมเลกุลของน้ำไม่สามารถแยกตัวเป็นอิสระได้ เมื่อทำการตีปั่นส่วนผสมให้เป็นฟอง จึงทำให้ฟองอากาศในไอศกรีม มีความคงตัว และเกิดการขึ้นฟูมากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างแบบเจล ช่วยเพิ่มความหนืด ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนระหว่างการรับประทาน ลดอัตราการละลาย ป้องกันการหดตัวและการแพร่ของน้ำออกจากไอศกรีมระหว่างการเก็บรักษา (Marshall *et al.,* 2003; Vega *et al*., 2005) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Phungamngoen *et al.* (2015) ที่พบว่า การเติมโลกัสบีนกัมและกัวร์กัม มีผลทำให้ค่าความหนืดและ% Overrun ของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดสูงกว่าคาราจีแนน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาผลของการเติมเจลาตินผง CMC และแคปปา-คาราจีแนน ในไอศกรีมเชอร์เบทใบชะมวง พบว่า สูตรที่เติม CMC ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดในทุกๆ ด้าน (Bureepakdee *et al*., 2016) ขณะที่ EA และ Tween 80 มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์ สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำและไขมันได้ จึงสามารถแทรกอยู่ที่ผิวระหว่างเม็ดไขมันและน้ำในเนื้อไอศกรีม มีผลช่วยลดแรงตึงที่ผิวระหว่างผิวของน้ำและผิวของไขมัน ลดการเกิดการแยกชั้นเป็นชั้นไขมันกับชั้นน้ำ ทำให้ไอศกรีมคงลักษณะอิมัลชันไว้ได้ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการกักเก็บฟองอากาศ และการขึ้นฟูของไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมละลายช้าลง (Marshall and Arbuckle, 1996; Clarke, 2004) สอดคล้องกับงานวิจัย Muse and Hartel (2004) ที่พบว่า การเติม Tween 80 ที่ความเข้มข้น 0.02-0.04% ในไอศกรีม มีผลทำให้อัตราการละลายของไอศกรีมลดลง

สำหรับค่าสี พบว่า การเติมสารเพิ่มความคงตัวมีแนวโน้มทำให้ค่า L* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากสารเพิ่มความคงตัวมีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมเรียบเนียนขึ้น จึงทำให้มีค่า L* เพิ่มขึ้น แต่ค่า a* และ b* ลดลง

การวิเคราะห์ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่า การเติมสารเพิ่มความคงตัว มีผลต่อรสชาติของไอศกรีมกะทิ แต่ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hongchai and Bunchoo (2015) ที่พบว่าการเติมสารเพิ่มความคงตัว ได้แก่ แซนเทนกัม CMC และคาราจีแนน ในไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคไม่แตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่า การเติมสารเพิ่มความคงตัว ช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ความหนืด และค่า L* ของไอศกรีมกะทิ โดยไอศกรีมที่เติม guar gum (0.5 % w/w) มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ % Overrun และค่าความหนืดสูง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และนอกจากนี้ยังได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตร control และ Tween 80

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Arbuckle, W.S. 1986. **Ice Cream.** 4th ed. New York: Van Nostrand Reinhold. 483 p.

Ariyaprakai, S., and K. Tananuwong. 2015. Freeze–thaw stability of edible oil-in-water emulsions stabilized by sucrose esters and Tweens. **Journal of Food Engineering** 152: 57-64.

Bikerman, J.J. 1973. **Foams.** New York: Springer-Verlag. 634 p.

Bureepakdee, W., L. Phoungkaew and N. Chouykarn. 2016. **Study in Optimum quality of *Garcinia cowa* and methods for *Garcinia cowa* sherbet ice cream.** 38 p. *In* Research Report. Songkhla: Rajamangala University of Technology Srivijaya. [in Thai].

Clarke, C. 2004. **The Science of Ice Cream**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry. 47 p.

Goff, H.D., K.B. Caldwell, D.W. Stanley and T.J. Maurice. 1993. The influence of polysaccharides on the glass transition in frozen sucrose solutions and ice cream. **Journal of Dairy Science** 76: 1268-1277.

Hongchai, P. and W. Bunchoo. 2015. Effect of stabilizers on the physiochemical properties of soy milk ice cream. **Thai Journal of Agriculture Science** 46(3): 405-408. [in Thai].

Lim, J., G.E. Inglett and S. Lee. 2010. Response to consumer demand for reduced-fat foods; multi-functional fat replacers. **Japan Journal of Food Engineering** 11(4): 163-168.

Maliphun, C. 2018. Used of Stabilizers for Developing a Formula of Brown Rice Milk Soft Serve Ice Cream. pp. 349-360. *In* **Proceedings 2nd National and International Research Conference 2018: NIRC II 2018.** Buriram: Buriram Rajabhat University. [in Thai].

Marshall, R.T., and W.S. Arbuckle. 1996. **Ice Cream.** 5th ed. New York: Chapman and Hall. 349 p.

Marshall, R.T., H.D. Goff and R.W. Hartel. 2003. **Ice Cream.** 6th ed. New York: Kluwer Acadamic Plenum Publishers. 371 p.

Muse, M.R., and R.W. Hartel. 2004. Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. **Thai Journal of Dairy Science** 87: 1-10.

Phanomvan N.A.R. and W. Wisespanich. 2018. Influence of mulberry wine addition on the physical, chemical and antioxidant properties of Ice-cream. **Thai Journal of Agricultural Science** 49(1): 633-636. [in Thai].

Phungamngoen, C., N. Choosuk, N. Namsui and S. Chaiyo. 2015. Effect of Stabilizers on qualities of corn milk ice cream. **Thai Journal of Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology)** 7(13): 1-14. [in Thai].

Raghavendra, S.N. and R. Ksms. 2010. Effect of different treatments for the destabilization of coconut milk emulsion. **Thai Journal of Food Engineering** 97(3): 341-347. [in Thai].

Salunkhe, D.K., J.K. Chavan, R.N. Adsule and S.S. Kadam. 1992. **World Oilseeds: Chemistry.** New York: Technology and Utilization. 554 p.

Vega, C., D.G. Dalgleish and H.D. Goff. 2005. Effect of K- carrageenan addition to dairy emulsion containing sodium caseinate and locust bean gum. **Food Hydrocolloids** 19: 187-195.

ผลของปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่เพื่อสุขภาพ

Effect of Mulberry Juice Contents on Quality of Blended Sappan Juice and Mulberry Juice for Health

วัฒนา วิริวุฒิกร

Wattana Wirivutthikorn

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130

Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi Pathum Thani, Thailand 12130

Corresponding author: wattana@rmutt.ac.th

Abstract

The aim of this research was to study the optimum mulberry amounts on the qualities of blended sappan juice and mulberry juice production. This research consisted in four treatments. Mulberry juice adding in various quantities of 0, 50, 75 and 100 ml. were conducted. The physical properties as appearance and color (L*, a* and b*), chemical properties and microbiological properties as pH, percent of total acidity (calculated as citric acid), total soluble solid, as well as total plate count were determined. In addition, a type of sensory evaluation of each product's color, odor, taste and overall acceptability using 30 of untrained panelists were 9-points hedonic scale. The physical properties were found that (L*, a* and b*) were significantly different. ($p<0.05$) The amounts of mulberry juice was increased and the trends of total soluble solid were increased. The chemical properties revealed that pH, percentage of acidity and total soluble solid were significantly different ($p<0.05$). The microbiological results demonstrated that total plate count followed in accordance with standard criteria Thai community product standard: Instant mixed herbs drink. (CPS. 1441/2013) The results of sensory evaluation indicated that color, odor, taste and overall acceptability of Treatment 3 (blended 750 ml of sappan juice and 75 ml of 100% mulberry (organic) juice) received the highest scores of 6.87, 7.10, 6.97 and 7.37, respectively.

Keywords: sappan juice, mulberry juice, product

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาปริมาตรน้ำมัลเบอร์รี่ที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่ การศึกษาครั้งนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 สิ่งทดลอง คือ โดยแปรปริมาตรน้ำมัลเบอร์รี่ที่ต่างกัน คือ 0, 50, 75 และ 100 มล. ตามลำดับ ศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L*, a* และb*) และลักษณะปรากฏ ศึกษาสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ร้อยละกรดทั้งหมดโดยคำนวณรูปกรดซิตริก และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ศึกษาสมบัติทางจุลชีววิทยาด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด และศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน แบบ 9-point hedonic scale ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพพบว่า ความสว่าง สีแดง สีเหลือง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเพิ่มปริมาตรน้ำมัลเบอร์รี่มากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า ความเป็นกรด-ด่าง ร้อยละกรดทั้งหมด และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดที่วัดได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาพบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานมผช. 1441/2556 เรื่อง มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า เมื่อพิจารณาสมบัติด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของสิ่งทดลองที่ 3 (ประกอบด้วยน้ำแก่นฝางปริมาตร 750 มล. และน้ำมัลเบอร์รี่ 100% ปริมาตร 75 มล.) ได้รับคะแนนการยอมรับมีค่าสูงสุดคือ 6.87, 7.10, 6.97 และ 7.37 ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำฝาง น้ำมัลเบอร์รี่ ผลิตภัณฑ์

คำนำ

ผลิตผลทางการเกษตรของไทยในปัจจุบันมีจำนวนมากหาได้ง่ายตามท้องตลาด และมีราคาถูกรวมถึงวิถีการดำรงชีวิตของคนในสังคมปัจจุบันที่เปลี่ยนไปตามยุคสมัยที่มีแต่ความเร่งรีบ และมีความต้องการความสะดวกสบาย ความรวดเร็วในการดำรงชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้นซึ่งมีผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอาหารทำให้อุตสาหกรรมอาหารต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่เพื่อให้มีความทันสมัยสนองตอบความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น และมีความหลากหลายมากขึ้นซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้นในแง่การ ตัดสินใจเลือกซื้ออาหารหรือเครื่องดื่มสำเร็จรูปที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและมีหน้าที่เสริมสุขภาพ กำลังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและมีแนวโน้มการขยายตัวมากขึ้นในอนาคต (Wirivutthikorn, 2021a, b, c) ในปัจจุบันอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพกำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างสูงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย กลุ่มเครื่องดื่มสมุนไพรเป็นหนึ่งในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ผู้บริโภคให้ความสนใจมาก ซึ่งจะเห็นได้จากการมีงานศึกษาวิจัยเกี่ยวข้องผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น เช่น ฝางเสริมคอลลาเจน (Sawasdikarn and Kaewkate, 2015) เครื่องดื่มสมุนไพรจากฝาง (Nakprasom *et al*., 2017) ชาสมุนไพรฝาง (Taokaenchan *et al*., 2017; Taokaenchan *et al*., 2018) จะเห็นได้ว่าเครื่องดื่มที่ผลิตจากสมุนไพรแต่ละชนิดมีประโยชน์ต่อสุขภาพแตกต่างกันไปตามสรรพคุณสมุนไพรชนิดนั้น ๆ

ฝางมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Caesalpinia sappan* L. เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางมีหนามตามลำต้นและกิ่งก้าน พบได้ทั่วไปในป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และตามป่าดงดิบ ในประเทศไทยฝางมี 2 ชนิด คือ ฝางเสนแก่นมีสีแดงเข้ม มีรสขมหวาน และฝางส้ม แก่นสีชมพูส้มถึงแดงมีรสฝาดขื่น สารสำคัญที่พบในแก่นฝาง ได้แก่ บราซิลิน (brazilin) ฮีมาทอกซิลิน(haematoxylin) และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ เป็นต้น ฝางจัดเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งโดยส่วนที่นำมาใช้นั้น คือ เนื้อไม้และแก่นฝาง แต่นิยมใช้แก่นฝางกันมากกว่าในอดีตมีการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของยาแผนโบราณในตำรับยาบำรุงโลหิตสตรี ขับประจำเดือน ยาฝาดสมาน นอกจากนี้ฝางยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยการนำไปต้มเป็นยาสมุนไพรรักษาโรคทั่วไป เช่น แก้หวัด แก้หอบหืด แก้ปวดเมื่อย ใช้ทำน้ำยาอุทัยผสมน้ำดื่ม และสามารถนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มสมุนไพรโดยนิยมนำมาต้มกับใบเตยเพื่อเพิ่มรส และยังสามารถใช้เป็นสีผสมอาหารจากธรรมชาติได้ เนื่องจากฝางเป็นสมุนไพรที่มีสีชมพูแดงสวยงาม (Nakprasom *et al.,* 2017; Sawasdikarn and Kaewkate, 2015; Taokaenchan *et al.,* 2018) ผลหม่อนหรืออมัลเบอรี่ (mulberry) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus alba* L. สายพันธุ์สำหรับรับประทานเมื่อผลสุกมีสีดำมีชื่อสามัญว่า black mulberry หม่อนเป็นไม้พุ่มขนาดย่อมนิยมปลูกกันมากทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อใช้ใบหม่อนสำหรับเลี้ยงหนอนไหมในการผลิตเส้นไหมเป็นเครื่องนุ่งห่ม และใช้ทำชาใบหม่อนซึ่งอาจคุ้นเคยกันดี แต่สิ่งที่เป็นผลพลอยได้คือ ผลหม่อนจัดเป็นผลไม้ลูกเล็ก ๆ แต่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ผลหม่อนดิบมีสีเขียวและรสเปรี้ยว ผลสุกมีสีแดงเข้มถึงม่วงดำและรสหวาน รงควัตถุที่สำคัญที่พบคือ แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง โรคหัวใจ บำรงุสายตา บำรุงผิว ตับ ไต ผ่อนคลายความเครียด และช่วยให้เซลล์เม็ดเลือดแดงเจริญเต็มที่ กรดโฟลิค วิตามินเอ วิตามินบี 6 และวิตามินซีสูง (Ounti and Hudthagosol, 2019)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำแก่นฝางจากแหล่งธรรมชาติด้วยการนำน้ำแก่นฝางมาผสมกับน้ำมัลเบอร์รี่เพื่อให้น้ำแก่นฝางมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อร่างกายและเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่สนใจผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเสริมสุขภาพ เนื่องจากเป็นการเสริมคุณค่าให้กับน้ำแก่นฝางซึ่งเป็นพืชสมุนไพรด้วยน้ำมัลเบอร์รี่ที่มีสรรพคุณที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอีกทั้งมีสีที่สวยงามอีกด้วย เป็นการเพิ่มมูลค่าพืชสมุนไพรไทยและเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มรูปแบบใหม่ที่ทำให้เกิดความหลากหลายในการเลือกบริโภคในเชิงพาณิชย์ และทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษา อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำมัลเบอร์รี่และน้ำแก่นฝางสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่เพื่อสุขภาพ และศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมน้ำแก่นฝาง

เตรียมส่วนผสมน้ำแก่นฝางเสนในอัตราส่วนแก่นฝาง 100 กรัม : น้ำสะอาด 3000 มล. ชั่งใบเตยหอม 100 กรัม และน้ำตาลทราย 70 กรัม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80-90°ซ. นาน 15 นาที จะได้น้ำแก่นฝางสีชมพูอมส้ม ต่อจากนั้นดำเนินการกรองเอาแก่นฝางและใบเตยออกแล้วตั้งทิ้งไว้ให้รอให้เย็นและทำการเตรียมส่วนผสมในขั้นตอนการผสมน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ขนาดบรรจุขวดปริมาตร 200 มล. ซื้อช่องทางออนไลน์ชอปปี้

ในปริมาตรที่แตกต่างกันจำนวน 4 สิ่งทดลองคือ สิ่งทดลองที่ 1 เป็นสูตรควบคุมไม่มีการเติมปริมาตรน้ำมัลเบอรี่ สิ่งทดลองที่ 2 ปริมาตรน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) 50 มล. สิ่งทดลองที่ 3 ปริมาตรน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100 %) 75 มล. และสิ่งทดลองที่ 4 ปริมาตรน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) 100 มล. ดัดแปลงวิธีการเตรียมน้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่จากวิธีการของ (Nakprasom *et al*., 2017; Sawasdikarn and Kaewkate, 2015; Wirivutthikorn, 2021a, b, c) โดยในขั้นตอนการผสมจะแบ่งน้ำแก่นฝางที่เตรียมได้ปริมาตร 750 มล. ต่อ 1 สิ่งทดลอง และเติมน้ำตาลทราย 50 กรัมลงในสิ่งทดลองที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60-70°ซ. เพื่อให้ส่วนผสมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิห้องทำการบรรจุลงในขวดพลาสติกปริมาตร 400 มล. ปิดสนิทดำเนินการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ. เพื่อรอการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสต่อไป

2. การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์

2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วิเคราะห์ค่าสี (L*, a* และ b*) ตามวิธีการของ AOAC (2000) ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ภายนอกดัดแปลงตามวิธีการของ Lertvowornwong and Osatanon (2008)

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีการของ AOAC (2000) ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ตามวิธีการของ AOAC (2000) ร้อยละกรดทั้งหมด (คำนวณในรูปกรดซิตริก) ตามวิธีการของ AOAC (2000)

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ตามวิธีการของ FDA Bacteriological Analytical Manual (BAM) (2008)

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ 9 point hedonic scale test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน คุณลักษณะที่ต้องการทดสอบ คือ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม (Wiriyajaree, 2002)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft excel 2016 (เป็นโปรแกรมการวิเคราะห์ค่าสถิติในชุดโปรแกรม Microsoft) การทดลองใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี สำหรับการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance ; ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) (Wiriyajaree, 2002)

ผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณภาพด้านกายภาพด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำแก่นฝางและน้ำมัลเบอร์รี่ ผลการศึกษาดัง Table 1

Table 1 Physical properties of blended sappan juice and mulberry juice

Treatment	Appearance	Values		
		L*	a*	b*
1	medium pink orange sediment	13.91±0.23^{a}	11.65±1.34^{a}	6.32±4.56^{a}
2	pale pink light purple few sappan mulberry sediment	12.68±0.51^{ab}	9.18±1.40^{b}	-1.70±3.62^{b}
3	pale pink medium purple medium sappan mulberry sediment	12.11±0.76^{b}	8.07±2.43^{b}	-2.26±6.64^{c}
4	pale pink dark purple few high mulberry sediment	11.23±2.21^{ab}	4.93±1.31^{c}	-2.53±1.25^{c}

N.B. Treatment 1 750 ml of sappan juice (control)
Treatment 2 blended 750 ml of sappan juice and 50 ml of 100% mulberry (organic) juice
Treatment 3 blended 750 ml of sappan juice and 75 ml of 100% mulberry (organic) juice
Treatment 4 blended 750 ml of sappan juice and 100 ml of 100% mulberry (organic) juice
* Different letters within a column indicate differences determined by Duncan's new multiple range test DMRT) at the 95 percent level of significance.

จากการศึกษาคุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่ ผลการศึกษาดัง Table 2

Table 2 Chemical properties of blended sappan juice and mulberry juice

Treatment	Values		
	pH*	Total acidity (%)*	Total soluble solid (°Brix)*
1	6.12±0.03^{a}	0.02+0.01^{c}	2.97±0.01^{d}
2	4.05±0.04^{b}	0.04±0.01^{b}	3.00±0.01^{c}
3	3.97±0.04^{c}	0.05±0.01^{b}	3.50±0.01^{b}
4	3.96±0.05^{c}	0.06±0.02^{a}	4.00±0.02^{a}

N.B. Treatment 1 750 ml of sappan juice (control)
Treatment 2 blended 750 ml of sappan juice and 50 ml of 100% mulberry (organic) juice
Treatment 3 blended 750 ml of sappan juice and 75 ml of 100% mulberry (organic) juice
Treatment 4 blended 750 ml of sappan juice and 100 ml of 100% mulberry (organic) juice
* Different letters within a column indicate differences determined by Duncan's new multiple range test DMRT) at the 95 percent level of significance.

จากการศึกษาคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่ทำการวิเคราะห์ปริมาณทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน ผลการศึกษาพบว่า ไม่พบการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในทุกสิ่งทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำแก่นฝางและน้ำมัลเบอร์รี่ ผลการศึกษาดัง Table 3

Table 3 Sensory evaluation properties of blended sappan juice and mulberry juice

Treatment	values			
	color*	odor*	taste*	overall acceptability*
1	6.90±0.66^{a}	6.60±0.67^{b}	6.33±0.80^{b}	6.63±0.61^{b}
2	6.13±0.78^{b}	6.00±1.14^{c}	5.70±0.88^{c}	5.97±0.81^{c}
3	6.87±0.43^{a}	7.10±0.84^{a}	6.97±0.61^{a}	7.37±0.72^{a}
4	5.53±0.82^{c}	5.53±0.82^{d}	5.17±0.91^{d}	5.47±0.73^{d}

N.B. Treatment 1 750 ml of sappan juice (control)

Treatment 2 blended 750 ml of sappan juice and 50 ml of 100% mulberry (organic) juice

Treatment 3 blended 750 ml of sappan juice and 75 ml of 100% mulberry (organic) juice

Treatment 4 blended 750 ml of sappan juice and 100 ml of 100% mulberry (organic) juice

* Different letters within a column indicate differences determined by Duncan's new multiple range test DMRT) at the 95 percent level of significance

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดลองจากการวิเคราะห์สมบัติกายภาพ (Table 1) พบว่า ทุกค่าที่วัดได้คือ ความสว่าง (L*) สีแดง (a*) และสีเหลือง/สีน้ำเงิน (b*) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้สัดส่วนปริมาตรน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) ในปริมาตรที่แตกต่างกัน (50, 75 และ 100 มล.) ต่อน้ำแก่นฝาง 750 มล. การเติมน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) ในปริมาตรที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าความสว่างและค่าสีแดงมีแนวโน้มลดลงแต่ค่าสีน้ำเงินมีค่าเพิ่มขึ้น (Wirivutthikorn, 2021a, b, c) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมัลเบอร์รี่มีสีม่วงเป็นสีของแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นรงควัตถุหลักที่พบในน้ำมัลเบอร์รี่ โดยพบปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 1,873.06±97.04 มก./100 กรัม (Thampitak *et al*., 2020) ส่วนน้ำแก่นฝางมีสีชมพูอมส้มถึงแดงเป็นสารประกอบบราซิลิน และแทนนิน (Yadava and Nigam, 1987) และน้ำแก่นฝางที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ไม่ค่อยดีส่งผลทำให้เกิดตะกอนบางส่วนทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ได้มีความขุ่นซึ่งโดยปกติน้ำมัลเบอร์รี่มีรงควัตถุสีม่วงเข้ม-ดำ เมื่อละลายน้ำผสมกับน้ำแก่นฝาง

จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีม่วงเข้ม-ดำและไม่มีความไวต่อแสงมากขึ้น เนื่องจากอนุภาคของแข็งที่ละลายน้ำได้ส่วนใหญ่เป็นตะกอนทั่วไปที่ประกอบด้วยเอนไซม์ สี ตัวเนื้อผลไม้ สมบัติสารประกอบมีลักษณะปกติไม่เกิดการสะท้อนแสง สีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่เข้มเป็นสีของน้ำมัลเบอร์รี่ (สีของแอนโธไซยานิน) ตามปริมาตรน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) ที่เติมลงไปและสีของน้ำแก่นฝาง (Nakprasom *et al*., 2017; Ounti and Hudthagosol, 2019; Sawasdikarn and Kaewkate, 2015; Thampitak *et al*., 2020; Wirivutthikorn, 2021a, b, c) จากการศึกษาลักษณะภายนอกที่ปรากฏในผลิตภัณฑ์ทั้งสี่สิ่งทดลอง พบว่า พบปริมาณตะกอนที่ปรากฏขึ้นมาจากน้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่มากขึ้นตามปริมาตรของน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) ที่เติมลงไป ซึ่งหากจะต้องการลดการเกิดปริมาณตะกอนหรือทำให้ลักษณะที่ปรากฏเป็นเนื้อเดียวกันในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนั้นควรมีการเติมสารที่ทำให้เกิดการรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันป้องกันการตกตะกอน เช่น เจลาตินทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นโดยเจลาตินจะเข้าไปช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของเจลส่งผลทำให้การเกิดตะกอนแยกชั้นลดน้อยลง แต่จะทำให้เครื่องดื่มมีลักษณะของความข้นหนืดเป็นเจลเพิ่มขึ้น เนื่องจากเจลาตินจะมีลักษณะที่ละลายได้ในน้ำร้อนไม่ละลายน้ำเย็น มีลักษณะอ่อนนุ่ม พองตัว และสร้างโครงร่างตาข่ายขึ้นมาจึงสามารถยึดจับกับอนุภาคที่มีขนาดเล็กเอาไว้ภายในทำให้ตะกอนแขวนลอยอยู่ในสารละลายไม่เกิดการแยกชั้น (Wirivutthikorn, 2021 a, b, c) แต่เนื่องจากในงานวิจัยนี้ต้องการดูลักษณะการเกิดสีและปริมาณตะกอนของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่เกิดขึ้นจึงไม่ได้ศึกษาการเติมปริมาณสารที่ทำให้เกิดความคงตัว

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีพบว่า ทุกค่าที่วัดได้คือ ความเป็นกรด-ด่าง ร้อยละกรดทั้งหมด (คำนวณในรูปกรดซิตริก) และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (น้ำแก่นฝาง) จากผลการทดลองที่ได้แสดงว่า การเติมน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) ในปริมาตรที่ต่างกันมีผลต่อการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และร้อยละกรดทั้งหมด (คำนวณในรูปกรดซิตริก) และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดทั้งนี้เนื่องจากทุกสิ่งทดลองมีอัตราส่วนผสมหลักที่เท่ากัน และการแปรปริมาตรน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) ที่ต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว (Thampitak *et al*., 2020; Wirivutthikorn, 2021a, b, c) สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่ (ออแกนิก 100%) จะมีค่าต่ำลงเมื่อเติมน้ำมัลเบอร์รี่ (ออแกนิก 100%) ที่มากขึ้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอธิบายได้ว่า รงควัตถุหลักสำคัญที่พบในมัลเบอร์รี่ (ออแกนิก 100%) คือ สารแอนโทไซยานินที่มีสีตามสภาวะที่เป็นด่าง (ความเป็นกรด-ด่าง >7) จะมีสีน้ำเงินเข้ม หากอยู่ในช่วงความเป็นกรด-ด่างที่มากขึ้นถึงเป็นกลาง (ความเป็นกรด-ด่าง 6-7) จะมีสีม่วง (Thampitak *et al*., 2020; Wirivutthikorn, 2019, 2021a, b, c) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลใน Table 1 พบว่า ค่าสีที่วัดได้มีความเข้มสีต่างกันมากตามปริมาตรน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) ที่เติมลงไป การเติมน้ำมัลเบอร์รี่ (ออแกนิก 100%) ในปริมาตรที่มากขึ้นทำให้ค่าสีที่วัดได้มีแนวโน้มไปในทางค่าสีน้ำเงินมากขึ้น ส่วนสภาวะเป็นกรด (ความเป็นกรด-ด่าง <7) จะเป็นสีแดงถึงส้ม ดังนั้นถ้าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่ (ออแกนิก 100%) ผ่านการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง และร้อยละกรดทั้งหมด (คำนวณในรูปกรดซิตริก) (Wirivutthikorn, 2019, 2021a, b, c) มัลเบอร์รี่เป็นพืชสมุนไพรที่นอกจากจะมีประโยชน์ต่อร่างกายในด้านสารอาหาร สารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระที่พบประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แทนนิน วิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีนที่ทำงานเสริมกันจึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้นโดยเฉพาะหากเป็นพืชสมุนไพรที่มีสี

เช่น สีม่วงหรือสีแดงประเภทแอนโธไซยานินเป็นกลุ่มสารประกอบฟลาโวนอยด์พบสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง (Hali and Rattanapan, 2017; Promsut and Asawapathanakul, 2019) แล้วมีรายงานว่า พบแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระในผลหม่อนสุก จังหวัดเพชรบูรณ์มีค่าเท่ากับ 1873.06 มก./100 กรัม 2327.70 มก. สมมูลของกรดแกลลิก/100 กรัม และ 675.77 มก./100 กรัม ตามลำดับ (Thampitak *et al*., 2020) ส่วนแก่นฝางเป็นพืชสมุนไพรเช่นเดียวกับมัลเบอร์รี่ มีรายงานศึกษาความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในเครื่องดื่มฝางเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องเท่ากับร้อยละ 74.39 และอุณหภูมิแช่เย็นอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 77.66 จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษามีผลต่อค่าที่วัดได้โดยที่อุณหภูมิแช่เย็นมีค่าความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระมากกว่าอุณหภูมิห้อง (Nakprasom *et al*., 2017) นอกจากนี้ค่าความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระยังขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุดิบและเวลาในการแช่ (Taokaenchan *et al*., 2018) หากการใช้อุณหภูมิสูงกว่า 70°ซ. ในการอบแก่นฝางเพื่อทำชาแก่นฝางมีผลทำให้ความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระลดลงได้ (Taokaenchan *et al*., 2017) มีงานวิจัยศึกษาการให้ความร้อนแบบพาสเจอร์ไรซ์มีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินเกิดการสลายตัวไป เนื่องจากรงควัตถุแอนโทไซยานินที่จะถูกทำลายได้ง่ายในกระบวนการแปรรูปให้ความร้อนและละลายน้ำได้ดีมีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินมีปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ (Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos, 2003; Teow *et al*., 2007) ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการเติมน้ำตาลทรายเติมในปริมาณที่เท่ากันในทุกสิ่งทดลอง ความหวานส่วนหนึ่งมาจากน้ำมัลเบอรี่ (ออแกนิก 100%) สำหรับงานวิจัยนี้ต้องการเน้นเป็นเครื่องดื่มสุขภาพจำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณน้ำตาลทำให้ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าในช่วง 2.97-4.00°บริกซ์

จากผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สิ่งทดลองภายหลังการเก็บรักษา 3 วันที่อุณหภูมิ 4°ซ. พบว่า ไม่พบการเจริญเติบโตในทุกสิ่งทดลอง ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป (มผช. 1441/2556) คือ จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1 x104 CFU/ml (Thai Industrial Standards Institute, 2013) แสดงว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทุกสิ่งทดลองผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์เซชันเป็นระดับอุณหภูมิที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้บางส่วน แต่จุลินทรีย์บางชนิดที่ทนต่ออุณหภูมิสูงสามารถเจริญเติบโตได้ (Sawasdikarn and Kaewkate, 2015) กระบวนการเทคนิคขั้นตอนในการผลิตมีความสะอาดและมีความปลอดภัยและผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มดังกล่าวมีฝางเป็นส่วนประกอบ

จากผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สิ่งทดลอง โดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9- point hedonic scale โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมพบว่า ทุกค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าปริมาตรน้ำมัลเบอร์รี่ (ออแกนิก 100%) ที่เติมลงไปและการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์และเวลามีผลต่อคะแนนการยอมรับทุกด้าน การเติมน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) ในปริมาตรที่มากกว่า 75 มล. คะแนนยอมรับทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มลดลงทุกด้าน(Nakprasom *et al*., 2017; Sawasdikarn and Kaewkate, 2015) ทั้งนี้เนื่องจาก น้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) มีรสชาติเปรี้ยว ฝาดและเฝื่อน และหากเป็นผลหม่อนที่มีระยะการสุกเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เกิดรสชาติเปรี้ยวมากขึ้น (Ounti and Hudthagosol, 2019; Thampitak *et al*., 2020) ซึ่งค่าที่ได้นี้มีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่าง และร้อยละกรดทั้งหมด (คำนวณในรูปกรดซิตริก) (ข้อมูล Table 2) จะเห็นได้ว่าสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด

เท่ากับ 3.96 และร้อยละกรดทั้งหมด (คำนวณในรูปกรดซิตริก) เท่ากับ 0.06 การเติมน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) ที่ปริมาตรมากเกินไปส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ได้ทั้ง 4 สิ่งทดลองมีรสชาติที่เปรี้ยว เฝื่อน และน้ำแก่นฝางก็มีรสชาติเฝื่อนซึ่งทั้งน้ำมัลเบอร์รี่ และน้ำแก่นฝางปริมาตรที่เหมาะสมมีส่วนช่วยเสริมด้านการยอมรับของผู้บริโภคด้วย (Wirivutthikorn, 2021a, b, c)

สรุปผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาปริมาตรน้ำมัลเบอรี่ (ออร์แกนิก 100%) ที่เหมาะสมที่เติมลงในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่ที่เหมาะสมจากผลการวิเคราะห์ด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส พบว่าการเติมน้ำแก่นฝางปริมาตร 75 มล. ลงในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่มีความเหมาะสมที่สุดเมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่นรสชาติ และความชอบโดยรวม และเนื่องจากมัลเบอร์รี่เป็นผลไม้มีกลิ่นและสีเฉพาะตัวและรสชาติที่เฝื่อน การเติมน้ำมัลเบอร์รี่ในปริมาตรที่มากกว่า 75 มล. มีผลโดยรวมผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มให้คะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวมที่ลดลงและเนื่องจากผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนี้เน้นเพื่อสุขภาพจำกัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดซึ่งโดยปกติในการผลิตเครื่องดื่มโดยทั่วไปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 13-15°บริกซ์ แต่จากผลการวิจัยที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 2.97-4.00°บริกซ์ จากข้อสรุปที่ได้นี้สามารถนำมาปรับใช้ในการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้เหมาะสำหรับผู้ที่มีความเป็นห่วงใยในเรื่องสุขภาพ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านสมุนไพรชนิดอื่นเพิ่มเติม เช่น ชาเขียวผสมแก่นฝาง สารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำ เช่น หญ้าหวาน สารให้ความข้นหนืดหลาย ๆ ชนิดและน้ำผลไม้ชนิดอื่นลงไปเพื่อให้มีความหลากหลายในด้าน สี กลิ่น สารอาหารที่ได้รับ เช่น ส้ม แอปเปิล รวมถึงอายุการเก็บรักษา เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง ผลของปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำแก่นฝางผสมน้ำมัลเบอร์รี่เพื่อสุขภาพสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารชั้นปีที่ 4 เจ้าหน้าที่สาขาฯ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้ช่วยเหลือด้านการเตรียมตัวอย่าง การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล และอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการปฏิบัติการตลอดจนการสนับสนุนทุนวิจัยด้วยงบประมาณคณะฯ จนแล้วเสร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2000. **Official of Association of Analytical Chemists**. 17th edition. Washington D.C.: Association of Analytical Chemists. 702 p.

Cevallos-Casals, B.A. and L.A. Cisneros-Zevallos. 2003. Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweet potato. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 51: 3313-3319.

FDA Bacteriological Analytical Manual (BAM). 2008. **Chapter 3 and 18**. [Online]. Available http://www.fda.gov/ Food/ Science Research /Laboratory Methods/ Bacteriological Analytical ManualBAM/default.htm (13 October 2008).

Hali, A. and B. Rattanapan. 2017. Study of antioxidant efficacies of 15 local herbs. **KMUTT Research and Development Journal** 40(2): 283-293. [in Thai].

Lertborwornwong, C. and R. Osatanon. 2008. Investigation of beverage processing for health from Khao Daeng. **Ramkhamhaeng Research Journal of Sciences and Technology**. 11(1): 1-10. [in Thai]

Nakprasom, N., Y. Thanongkankit, T. Thonnalak, M. Nookong, P. Saengcharoenrat and K. Nakprasom 2017. The Optimization of Developed Formula for Herbal Drink from *Caesalpinia sappan* L. by using mixture design. pp. 171-178. *In* **Proceedings of the 8th Plant Genetic Conservation Project under the Royal Initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn 29 November–1 December 2017.** Chiang Mai: Maejo University. [in Thai].

Ounti, N. and C. Hudthagosol, 2019. Health benefits of Thai Berries cultivated in Thailand. **Journal of Nutrition Association of Thailand** 54(1): 94-105. [in Thai].

Promsut, W. and T. Asawapathanakul. 2019. Evaluation of the antioxidant activity in Thai herbs. **Journal of Science Technol MSU.** 38(6): 619-624. [in Thai].

Sawasdikarn, J. and S. Kaewkate. 2015. Development of sappan drink (*Caesalpinia sappan* L.) with collagen. pp. 97-100. *In* **Proceedings of the 2nd The National Conference & Research Presentation 18-19 June 2015.** Nakhonratchasima: Nakhonratchasima College. [in Thai].

Taokaenchan, N., P. Areeseesom, T. Tangtrakoo, W. Kongbuntad, Y. Tarachai and R. Kawaree. 2017. Effect of Drying Temperatures on Antioxidant Capacity and Nutrition Value of *Caesalpinia sappan* L. tea. pp. 165-170. *In* **Proceedings of the 8th Plant Genetic Conservation Project under The Royal Initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn 29 November–1 December 2017.** Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Taokaenchan, N., P. Areeseesom and R. Kawaree. 2018. Antioxidant activities and sensory acceptability of herbal tea of *Caesalpinia sappan* L. obtained by different infusion processes. **Journal of Science and Technology** 26(8)(Suppl.): 1411-1421. [in Thai].

Teow, C.C., V.D. Truong, R.F. McFeeters, R.L. Thompson, K.V. Pecota and G.C. Yencho. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β-carotene contents of sweet potatoes genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry** 103: 829-838.

Thai Industrial Standards Institute. 2013. **Thai Community Product Standard: Instant Mixed Herbs Drink. (CPS.1441/2013)** Bangkok: Thai Industrial Standards Institute Ministry of Industry. 11 p. [in Thai].

Thampitak, K., R. Pimisa, P. Pongcharoen and N. Hwanhlem. 2020. Antioxidant activity, chemical, physical and microbiological properties of ripe black mulberry (*Morus nigra* L.) cultivated in Khaokho, Phetchabun. **Journal of Agricultural Science** 51(1)(Supple): 26-31. [in Thai].

Wirivutthikorn, W. 2019. Appropriate Ratios of Producing Riceberry Blended with Gac Fruit and Roselle Beverage. pp. 2117-2126. *In* **Proceedings of the 3rd National and International Research Conference 2019: NIRC III 2019, 1 February 2019.** Buriram: Buriram Rajabhat University. [in Thai].

_______. 2021a. Effects of Types and Quantities on Qualities of Riceberry Milk Beverage from Blended Goat Milk and Cow Milk. pp. 1106-1115. *In* **Proceedings of the 4th National and International Research Conference 2021: NIRC IV 2021, 7 January 2021.** Buriram: Buriram Rajabhat University. [in Thai].

_______. 2021b. Development of Riceberry Rice Juice Mixed with Berry Juice Beverage. pp. 146-153. *In* **Proceedings of the 15th Future Trends of Research and Innovation Poster Presentation 22-23 July 2021.** Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University. [in Thai].

_______. 2021c. Product Development of Ready to Drink Blended Powdered Purple Potato and Ginger Beverage for Health. pp. 1042-1053. *In* **Proceedings of the 14th Research Administration Network Conference, 5-6 August 2021.** Bangkok: Srinakharinwirot University. [in Thai].

Wiriyajaree, P. 2002. **Experimental Design**. 2nd edition. Chiang Mai: Department of Product Development Technology, Faculty of Agro Industry, Chiang Mai University. 202 p. [in Thai].

Yadava, R.N. and S.S. Nigam. 1987. Constituents on the heartwood of *Caesalpinia sapan* Linn. **Acta. Cienc. Indica Chemistry** 13: 87-88.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย
Product Development of Banana Cake with Job's Tears Flour

พรอริยา ฉิรินัง* สมิตานัน มิตรดี อารยา บุญยืน จินตนา สังโสภา และอัจฉริยะกูล พวงเพ็ชร์

Pornariya Chirinang*, Samitanan Mitdi, Araya Boonyaen, Jintana Sungsopha and Achariyakul Phaungphet

สาขาวิชาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เพชรบุรี 76000

Department of Applied Food and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Petchaburi Ratjabhat University

Petchaburi, Thailand 76000

*Corresponding author: pornariya.chi@mail.pbru.ac.th

Abstract

This research aims to study the development of banana cake with Job's tears flour. Standard recipe was selected to 1 recipe from three basic recipes. The results showed that standard banana cake recipe compose of flour, sugar, baking powder, baking soda, eggs, butter, banana at 200, 200, 200, 90, 200, 4, and 3 g, respectively. Then, effect of substitution wheat flour by Job's tears flour at five levels; 0, 25, 50, 75, 100 % was studied. The result exhibited that banana cake fortified with Job's tears flour at 50% was the most accepted without difference at the level 25% ($p>0.05$). The results of consumer acceptance in banana cake with Job's tears flour showed this product was healthy benefits for 37%. Acceptance of banana cake was 100%. Consumers decided to buy banana cake products were 87%.

Keywords: banana cake, Job's tears flour, banana, acceptance

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือยโดยการเลือกขนมเค้กกล้วยหอมสูตรทั่วไป 3 สูตร คัดเลือกเพียง 1 สูตร ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุดเพื่อเป็นสูตรพื้นฐาน ผลการทดลอง พบว่า เค้กกล้วยหอมสูตรพื้นฐานมีส่วนผสม ได้แก่ แป้งเค้ก น้ำตาลทราย กล้วยหอม เนยสด ไข่ไก่ ผงฟู เบคกิ้งโซดา เป็น 200, 200, 200, 90, 200, 4, และ 3 กรัม ตามลำดับ จากนั้นศึกษาผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งลูกเดือยในเค้กกล้วยหอมที่ 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 25 , 50 , 75 และ 100 ของน้ำหนักแป้ง ต่อการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า เค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือยที่ร้อยละ 50 ได้รับการยอมรับมากที่สุดโดยไม่แตกต่างกับระดับร้อยละ 25 ($p>0.05$) ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย พบว่า เค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือยมีประโยชน์ต่อสุขภาพคิดเป็นร้อยละ 37 การยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอมคิดเป็นร้อยละ 100 โดยผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย คิดเป็นร้อยละ 87

คำสำคัญ: เค้กกล้วยหอม แป้งลูกเดือย กล้วยหอม การยอมรับของผู้บริโภค

คำนำ

เค้กเป็นอาหารหวานที่ได้รับความนิยมในการบริโภคตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ส่วนประกอบหลักของเค้ก ได้แก่ แป้งสาลี น้ำตาล ไข่ และส่วนประกอบที่มีไขมัน เช่น เนย เนยเทียม นม เป็นต้น เค้กมีหลากหลายประเภทโดยเค้กที่ได้รับความนิยมในประเทศไทยหนึ่งในนั้น คือ เค้กกล้วยหอม ซึ่งเป็นขนมที่ได้รับความนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เพราะจัดเป็นอาหารสำเร็จรูปที่สะดวกสบายทั้งในการหาซื้อ การพกพา และยังสามารถเก็บไว้ได้นานหลายวัน เค้กกล้วยหอมยังนิยมใช้จัดเลี้ยงในงานโอกาสพิเศษต่าง ๆ เช่น งานเลี้ยงน้ำชา กาแฟ เพราะเป็นขนมที่ทำได้ง่าย รสชาติอร่อย อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการจากกล้วยหอมซึ่งมีประโยชน์มากมาย อย่างไรก็ตามปัจจุบันวิถีการดำเนินชีวิตของคนไทยเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสังคมเมือง ที่ผู้คนทำงานนอกบ้านและมีความเร่งรีบมากขึ้น จึงมองหาสิ่งที่ให้ความรวดเร็วและสะดวกสบายไม่เว้นแม้แต่อาหาร ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการทำอาหารรับประทานเองในบ้านน้อยลง อาหารพร้อมรับประทานจึงได้รับความนิยมมากขึ้น และเบเกอรี่เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคเลือกรับประทานเป็นอาหารว่างรวมไปถึงการบริโภคทดแทนอาหารมื้อหลัก ประกอบกับจากกระแสอาหารเพื่อสุขภาพทำให้ผู้บริโภคในยุคปัจจุบันหันมาใส่ใจในการบริโภคอาหารที่ดีต่อสุขภาพกันมากขึ้น ซึ่งเค้กจัดเป็นอาหารที่มีพลังงานสูง เมื่อรับประทานเป็นประจำจะทำให้มีน้ำหนักร่างกายเกินและมีโอกาสเป็นโรคอ้วน การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือยจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากที่สุด และเพิ่มทางเลือกอาหารเพื่อสุขภาพให้แก่ผู้บริโภค

ลูกเดือยเป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกกันอย่างแพร่หลายและจัดว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในประเทศไทย ลูกเดือยจัดเป็นธัญพืชตระกูลเดียวกับข้าว มีเม็ดสีขาว กลม รี รสชาติมันเล็กน้อย สามารถใช้รับประทานแทนข้าวได้ ใช้ทำขนมหรือทำเค้กได้แต่แป้งจากลูกเดือยเมื่อนำไปอบจะไม่ฟูเพราะไม่มีกลูเต็น ลูกเดือยมีคุณค่าทางอาหารสูง มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 12.1-14.2 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70.65 ใยอาหารร้อยละ 1.8-2.4 ไขมันร้อยละ 6.2-7.2 แร่ธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งช่วยบำรุงกระดูกในปริมาณสูง อุดมไปด้วยวิตามินเอ วิตามินบี 1 ซึ่งมีปริมาณมากกว่าข้าวกล้อง วิตามินบี 2 ลูกเดือยยังมีกรดอะมิโนทุกชนิดที่สูงกว่าความต้องการตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก ยกเว้นเมทไธโอนีนและไลซีน มีกรดไขมันจำเป็นชนิดไม่อิ่มตัวประมาณร้อยละ 84 เช่น กรดโอเลอิก และกรดลิโนเลอิก และมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวร้อยละ 16 (Wikipedia, 2564; Wu, Charles, and Huang, 2007) นอกจากนี้ลูกเดือยยังมีคุณสมบัติทางยา โดยมีความเชื่อว่าลูกเดือยช่วยให้กระเพาะอาหารและลำไส้แข็งแรง แก้บวมน้ำ ปวดข้อเรื้อรัง บำรุงม้ามและปอด แก้สตรีตกขาวมากกว่าปกติ แก้หูด และทำให้ผิวพรรณสดใส (Voonsrisang, 2003) ซึ่งได้มีงานวิจัยนำแป้งลูกเดือยมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว (Puangraya, 2017) คุกกี้ (Rongchoung and Luangsakul, 2018) เป็นต้น ดังนั้นจากคุณสมบัติของลูกเดือยที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและเป็นพืชที่ปลูกง่ายทั่วทุกภาคของประเทศไทย ผู้วิจัยจึงสนใจนำลูกเดือยมาแปรรูปเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนต่าง ๆ สำหรับผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอม เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตนในแป้งสาลี รวมถึงเป็นการส่งเสริมการบริโภคกล้วยหอมซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดเพชรบุรี โดยทำการศึกษาปริมาณแป้งลูกเดือยที่เหมาะสมต่อการทดแทนแป้งสาลีในเค้กกล้วยหอม และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาสูตรพื้นฐานเค้กกล้วยหอม

ทำการศึกษาหาสูตรพื้นฐานของเค้กกล้วยหอมจำนวน 3 สูตร โดยนำทั้ง 3 สูตรนี้มาประเมินหาคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะ สี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยให้มีการชิมแบบให้คะแนน 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) (Chompreeda, 2006) โดยผู้ชิมจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นอาจารย์และนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Table 1 Ingredients of three banana cake recipes

Ingredients	Content (g)		
	Recipe 1	Recipe 2	Recipe 3
Wheat flour	200	200	200
Ripe banana	200	200	200
Sugar	70	200	180
Milk	120	-	60
Egg	50	200	150
Butter	80	90	100
Baking powder	2.5	4	5
Baking soda	2.5	3	5
salt	2.5	-	5

* Recipe 1 Adapted from Foodtravel; Recipe 2: Adapted from Avani hotel; Recipe 3 Adapted from Rattanadilok na Phuket (2011)

2. การศึกษาลักษณะของแป้งลูกเดือยที่เหมาะสมในเค้กกล้วยหอม

การทดลองในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาหาลักษณะของแป้งลูกเดือยที่เหมาะสม สำหรับเติมลงไปในเค้กกล้วยหอมสูตรพื้นฐานที่ได้จากข้อ 1 โดยใช้ปริมาณแป้งลูกเดือยทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50 ซึ่งมี 2 ลักษณะ ได้แก่ แป้งลูกเดือยแบบบดเปียก ทำได้โดยนำลูกเดือยแช่น้ำไว้ 1 คืน จากนั้นต้มจนลูกเดือยสุกนิ่ม กรองเอาน้ำออกทิ้งให้อุ่น ทำการปั่นให้ละเอียด (Srisadjalertwaja *et al.,* 2017) และแป้งลูกเดือยแบบบดแห้ง โดยนำลูกเดือยปั่นให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงก่อนใช้งาน 2 ครั้ง นำแป้งทั้งสองชนิดใช้ในการผลิตเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน สี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือยด้วยวิธีการทดสอบการยอมรับแบบให้คะแนน 5 ระดับ (5 Point Hedonic Scale) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคลากรและนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Table 2 Ingredients of banana cake for studying type of Job’s tears flour

Ingredients	Content (g)
Wheat flour	100
Job’s tears flour	100
Ripe banana	200
Sugar	200
Egg	200
Butter	90
Baking powder	4
Baking soda	3

3. การศึกษาปริมาณของแป้งลูกเดือยที่เหมาะสมในเค้กกล้วยหอม

เตรียมตัวอย่างเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย โดยใช้แป้งลูกเดือยได้จากวิธีการในข้อ 2 หลังจากนั้นทำการแปรปริมาณการเสริมแป้งลูกเดือยในปริมาณร้อยละของน้ำหนักแป้งสาลีเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบการยอมรับแบบให้คะแนน 5 ระดับ (5 Point Hedonic Scale) โดยผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน คุณลักษณะที่ทำการทดสอบการยอมรับ ได้แก่ สี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

Table 3 Ingredients of banana cake with Job’s tears flour at various levels

Ingredients	Job’s tears flour levels (%)				
	0	**25**	**50**	**75**	**100**
Wheat flour	200	150	100	50	-
Job’s tears flour	-	50	100	150	200
Ripe banana	200	200	200	200	200
Sugar	200	200	200	200	200
Egg	200	200	200	200	200
Butter	90	90	90	90	90
Baking powder	4	4	4	4	4
Baking soda	3	3	3	3	3

4. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย

นำเค้กกล้วยหอมที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากข้อที่ 3 มาศึกษาการยอมรับในผลิตภัณฑ์ขนมเค้กกล้วยหอมประกอบด้วย ความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์ขนมเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมเค้กกล้วยหอมและการตัดสินใจซื้อขนมเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย จากผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คน

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows เปรียบเทียบคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อขนมเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย โดยการวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่โดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมเค้กกล้วยหอม

ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานขนมเค้กกล้วยหอม (Table 4) พบว่า มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของสูตรที่ 2 มีค่าคะแนนสูงที่สุด คุณลักษณะทางด้านสี ขนมเค้กกล้วยหอมสูตรที่ 2 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุดโดยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ทั้งนี้เป็นผลมาจากปริมาณไข่ไก่ที่ต่างกัน ทำให้สีขนมเค้กกล้วยหอมมีสีเข้มมากกว่า คุณลักษณะด้านกลิ่นของขนมเค้กกล้วยหอมทั้ง 3 สูตรได้กลิ่นมาจากกล้วยหอมที่ใส่ในส่วนผสมในปริมาณที่แตกต่างกันจึงพบความต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) คุณลักษณะด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้บริโภคให้การยอมรับเค้กกล้วยหอมสูตรที่ 2 มากที่สุดโดยมีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3

Table 4 Sensory evaluation of standard recipe of banana cake

Attribute	Scores		
	Recipe 1	Recipe 2	Recipe 3
Color	6.36 ± 1.65^{b}	8.00 ± 0.90^{a}	6.62 ± 1.38^{b}
Taste	6.42 ± 1.51^{c}	7.76 ± 0.96^{a}	6.94 ± 1.32^{b}
Flavor	6.42 ± 1.67^{b}	7.76 ± 1.12^{a}	7.00 ± 1.29^{b}
Texture	5.84 ± 2.07^{c}	7.52 ± 1.05^{a}	7.16 ± 1.46^{b}
Overall acceptance	6.74 ± 1.55^{b}	8.00 ± 0.97^{a}	7.06 ± 1.17^{b}

Values in the same row with different letters are significantly different ($p<0.05$)

2. การศึกษาลักษณะของแป้งลูกเดือยที่เหมาะสมในเค้กกล้วยหอม

การศึกษาลักษณะของแป้งลูกเดือยที่เสริมลงในเค้กกล้วยหอม พบว่า ทั้งการบดเปียกและบดแห้งให้ค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงเลือกวิธีการบดแป้งลูกเดือยแบบบดแห้ง เนื่องจากมีความสะดวกต่อกระบวนการผลิตและยังสามารถเก็บรักษาง่ายกว่าแบบบดเปียก

Table 5 Sensory evaluation of type of milling to produce Job’s tears flour

Attribute	Wet mill	Dry mill
Color^{ns}	3.86±0.99	4.38±0.67
Taste^{ns}	4.16±0.77	4.02±0.94
Flavor^{ns}	4.24±0.77	3.88±0.94
Texture^{ns}	4.06±0.87	3.88±0.98
Overall acceptance^{ns}	4.30±0.74	4.02±0.96

ns = not significant

3. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งลูกเดือยในเค้กกล้วยหอม

ผลการศึกษาปริมาณของแป้งลูกเดือยที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอมแสดงดัง Table 6 พบว่า เค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือยแบบบดแห้งที่ระดับร้อยละ 25 และ 50 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกด้านสูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเค้กกล้วยหอมสูตรพื้นฐาน ($p>0.05$) แสดงว่าหากต้องการผลิตเค้กกล้วยหอมโดยการทดแทนด้วยแป้งลูกเดือยในทางการค้าสามารถเลือกผลิตได้ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50

Table 6 Sensory evaluation of banana cake with Job’s tears flour at various levels

Attribute	Scores				
	0%	25%	50%	75%	100%
Color	3.63±1.16^{a}	3.44±0.77^{a}	3.27±0.98^{a}	2.90±0.96^{b}	2.93±1.05^{b}
Taste	3.67±1.03^{a}	3.30±1.21^{a}	3.03±1.19^{a}	2.63±0.96^{b}	2.67±1.15^{b}
Flavor	3.60±1.00^{a}	3.17±1.05^{a}	3.07±1.23^{a}	3.17±1.21^{a}	3.03±1.25^{a}
Texture	3.07±1.05^{a}	3.23±1.05^{a}	3.33±1.21^{a}	2.77±0.97^{b}	2.90±0.97^{a}
Overall acceptance	3.63±0.89^{a}	3.63±0.81^{a}	3.10±1.09^{a}	2.67±1.06^{b}	2.57±1.25^{b}

Values in the same row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

4. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย

ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือยแสดงดัง Table 7 พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความเห็น ว่าเค้กกล้วยหอมที่นำแป้งลูกเดือยมาผสมมีประโยชน์ต่อสุขภาพ คิดเป็นร้อยละ 37 ซึ่งสอดคล้องกับการให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอม ร้อยละ 100 และเลือกที่จะตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือย ร้อยละ 87

Table 7 Consumer acceptance to banana cake with Job 's tears flour (n=30)

Information	Amount	%
Opinion of banana cake with Job 's tears flour		
Interesting product	9	30
Healthy product	11	37
High nutrition product	6	20
Value added product	1	3
New product	3	10
Acceptance in banana cake with Job 's tears flour		
Yes	30	100
No	0	0
Buying decision in banana cake with Job 's tears flour		
Yes	26	87
No	4	13
Maybe	0	0

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของเค้กกล้วยหอมพบว่า สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุด ทั้งนี้เป็นผลมาจากส่วนผสมของผงฟูที่มีคุณสมบัติที่ทำให้ขนมเค้กกล้วยหอมขึ้นฟู ช่วยควบคุมขนาดของขนมเค้กกล้วยหอม โดยจะขยายตัวจากล่างขึ้นบน มีรูปทรงที่ดี เนื่องจากผงฟูจะทำหน้าที่ในการช่วยส่วนผสมตัวอื่นขึ้นฟู (Chammek and Naivikul, 2010). สำหรับผลการศึกษาการเตรียมแป้งลูกเดือยด้วย 2 วิธี พบว่าทั้งสองวิธีสามารถนำมาผลิตเค้กกล้วยหอมได้จริง ผู้บริโภคให้การยอมรับที่ในระดับที่ไม่แตกต่างกัน แต่เลือกวิธีการเตรียมด้วยการบดแห้ง เนื่องจากมีความสะดวกต่อกระบวนการผลิตขนมเค้กกล้วยหอมและยังสามารถเก็บรักษาง่ายกว่าแบบบดเปียก

การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งลูกเดือยในการผลิตเค้กกล้วยหอม พบว่า พิจารณาคุณลักษณะด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อปริมาณแป้งลูกเดือยเพิ่มขึ้น จนถึงระดับร้อยละ 50 เนื้อสัมผัสของขนมเค้กกล้วยหอมมีความนุ่มและรสชาติดี ทำให้คะแนนความชอบของตัวอย่างขนมเค้กกล้วยหอมที่ร้อยละ 25 และ 50 ได้รับคะแนนสูงสุดเนื่องจากเนื้อสัมผัสของขนมไม่มีความหยาบจนเกินไปมีเนื้อสัมผัสของแป้งลูกเดือยปานกลาง ไม่มากจนทำให้รสชาติเปลี่ยนไป ซึ่งเมื่อพิจารณาในแง่ของคุณค่าทางโภชนาการสามารถใช้แป้งลูกเดือยทดแทนแป้งสาลีได้ เพราะลูกเดือยไม่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบ จึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตนในแป้งสาลี

สรุปผลการวิจัย

สูตรพื้นฐานของขนมเค้กกล้วยหอมมีส่วนประกอบดังนี้ แป้งเค้ก น้ำตาลทราย กล้วยหอม เนยสด ไข่ไก่ ผงฟู เบคกิ้งโซดา เป็น 200, 200, 200, 90, 200, 4, และ 3 กรัม ตามลำดับ การเตรียมแป้งลูกเดือยด้วยการบดแบบแห้งจะทำให้ง่ายต่อการเตรียมผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งลูกเดือย คือ ที่ระดับร้อยละ 50 ผู้บริโภคให้การยอมรับเค้กกล้วยหอมเสริมแป้งลูกเดือยร้อยละ 100

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ โรงเรียนอาหารนานาชาติเพชรบุรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ และห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านอาหาร

เอกสารอ้างอิง

Chompreeda, P. 2006. **Sensory Evaluation and Consumer Acceptance**. Bangkok: Kasetsart University. 265 p. [in Thai].

Chammek, C. and O. Naivikul. 2010. **Basic Baking Science and Technology**. Bangkok: Kasetsart University. 224 p. [in Thai].

Puangraya, K. 2017. **Product Development of Noodles by Partially Substituting Rice Flour with Job's Tears Flour**. Master Thesis. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. 80 p. [in Thai]

Rattanadilok na Phuket, P. 2011. **Delicious cake**. Bangkok: Sangdad. 108 p. [in Thai].

Rongchoung, J. and N. Luangsakul. 2018. Development of cookies product from selected gluten-free flours. **Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)** 13(2): 34-45. [in Thai].

Srisadjalertwaja, S., P. Dejaya and R. Vijitpracha. 2017. Study of Chemical Compositions in Glutinous Job's Tears and Application for Substitute Wheat Flour in Bakery Products. pp. 152-162. *In* **Proceedings of the 4th National Conference of NMC 2017**. NaKhonratchasima, Nakhonratchasima College. [in Thai].

Voonsrisang, J. 2003. Glutinous Job's tears. **Kasikorn** 76(2): 98-103. [in Thai].

Wikipedia. 2021. **Job's tears**. [Online]. Available https://th.wikipedia.org/wiki/Job's tears. (26 September 2021). [in Thai].

Wu, T., A.L. Charles, and T., Huang. 2007. Determination of the contents of the main biochemical compounds of Adlay (*Coxi lachrymal-jobi*). **Food Chemistry** 104: 1509-1515.

Session 15

ภาคบรรยาย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรเพื่อยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช

Product Development from Medicinal Plants to Improve Standard of Community Products in Nakhon Si Thammarat Province

จุติพร อัศวโสวรรณ[1] จุฑามาศ ศุภพันธ์[1] เบญจพร จันทรโคตร[2] เอกลักษณ์ กาญจนเพ็ญ[3]
ธวัชชัย คงนุ่ม[1] ธัชชา สามพิมพ์[4] และประกิต ไชยธาดา[1*]
Jutiporn Assawasowan[1], Jutamas Supapan[1], Benjaporn Juntarakote[2], Ekkalak Kanchanapen[3]
Thawatchai Kongnoom[1], Tatcha Sampim[4] and Prakit Chaithada[1*]
[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280
[2]คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280
[3]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280
[4]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280
[1]Faculty of Education, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80280
[2]Faculty of Humanities and Social Sciences, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80280
[3]Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80280
[4]Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80280
*Corresponding author: prakit_cha@nstru.ac.th

Abstract

The objectives of this research were 1) to study the use of local medicinal plants to develop products and 2) to develop products and raise the standard of products in 2 communities. The target groups are Khon Haad Citronella Herbs and Ban Sai Nuea Herb Group. Data collection using interview and study the background data, problems and needs of the community. The tools used were interviews, observations, development activities, and participatory learning exchange activities. The interviews would be conducted with information from community leaders and village philosophers and explore the use of local medicinal plants. Delivering ready-to-use technologies in the production of herbal products were mosquito repellent sprays, mosquito repellent lotions, cold pressed coconut oil, herbal massage oil and herbal compress ball. Products were tested to develop standard by a laboratory. The results were revealed that Khon Haad citronella herb group used citronella as the main raw material to produce mosquito repellent sprays and mosquito repellent lotions, by reinforcing the identity of the community product by adding extracts from “Yor seeds” and “male palm oil flowers” extracts that have the effect of mosquito repellency. While Ban Sai Nuea herbal group uses coconut as the major raw material for their products such as cold-extracted coconut oil, herbal massage oil and herbal compress ball by enhancing the identity of the product by adding the *Piper longum* fruit. Various herbal products have raised product standards by analyzing parameters against community product standards.

Keywords: product development, medicinal plants, product standards, community identity local resources

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการใช้พืชสมุนไพรในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ และ 2) พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์และยกระดับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ จำนวน 2 ชุมชน โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือ กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด และกลุ่มสมุนไพรบ้านไสเหนือ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ ศึกษาข้อมูลเดิม ปัญหา และความต้องการของชุมชน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสัมภาษณ์ การสังเกต กิจกรรม การพัฒนา และกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม โดยการสัมภาษณ์ข้อมูลจากผู้นำชุมชนและปราชญ์ชาวบ้าน สำรวจการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นด้านพืชสมุนไพร ถ่ายทอดเทคโนโลยีพร้อมใช้ในการทำผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร ประกอบด้วย การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรย์ไล่ยุง โลชั่นกันยุง น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น น้ำมันนวดสมุนไพร และลูกประคบ และการทดสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์ในห้องปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาดใช้ตะไคร้หอมเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตสเปรย์ไล่ยุงและโลชั่นกันยุง โดยเสริมอัตลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ชุมชนโดยเติมสารสกัดจากเมล็ดยอและดอกน้ำมันปาล์มตัวผู้ซึ่งมีฤทธิ์ในการกำจัดยุง ในขณะที่กลุ่มสมุนไพรบ้านไสเหนือใช้มะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลักในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น น้ำมันนวดสมุนไพร และลูกประคบสมุนไพร โดยเสริมอัตลักษณ์ของผลิตภัณฑ์โดยใช้ผลดีปลี และผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรต่าง ๆ ได้ทำการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์โดยนำไปวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ พืชสมุนไพร มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อัตลักษณ์ชุมชน ทรัพยากรท้องถิ่น

คำนำ

จากวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตก่อให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ทั้งพืช สัตว์ จุลินทรีย์ ที่มีความเชื่อมโยงกันเป็นสายใยในระบบนิเวศ เรียกโดยรวมว่า ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) เพื่อให้ประเทศไทยมีความสมบูรณ์ทางทรัพยากรธรรมชาติต่อไป คนในประเทศจะต้องรู้จักใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างพอเหมาะ รู้จักค้นหาศักยภาพที่ซ่อนเร้น รวมถึงการปกป้องทรัพยากรธรรมชาติ (Baimai, 2005) การวิจัยและพัฒนาความหลากหลายทางชีวิตเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของประเทศ ซึ่งสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เล็งเห็นและให้ความสำคัญ (Jiwju *et al.*, 2016) พืชสมุนไพรอยู่คู่คนไทยมานับหลายร้อยปี สรรพคุณ และคุณค่าของสมุนไพรไทยถูกนำมาใช้เป็นยาและบำรุงร่างกายมานาน สามารถรักษาได้ตั้งแต่อาการเล็ก ๆ น้อย ๆ เช่น ปวดศีรษะ ปวดท้อง เจ็บคอ ไปจนถึงเจ็บป่วยหนัก ๆ เช่น เบาหวาน ความดัน โรคหัวใจ และมะเร็ง เป็นต้น ประเทศไทยเป็นแหล่งรวมของพืชสมุนไพรที่มีความหลากหลายมากกว่าหมื่นชนิด โดยความต้องการของตลาดภายในประเทศและต่างประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นประกอบกับประเทศไทยมีสภาพดินฟ้าอากาศที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของสมุนไพรทั้งที่ขึ้นเองตามธรรมชาติและนำมาปลูกเพื่อการค้า ปัจจุบันความต้องการใช้พืชสมุนไพรมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นโดยตลอด ทั้งในด้านการบริโภคโดยการนำมาปรุงแต่งอาหาร และใช้ในอุตสาหกรรมยา กระทรวงสาธารณสุขมีนโยบายการส่งเสริมการใช้พืชสมุนไพร เพื่อเสริมสร้างการพึ่งตนเองในด้านสุขภาพ และรัฐบาลได้กำหนดนโยบายการเร่งรัดพัฒนาสมุนไพรให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง และส่งเสริมให้มีการใช้เป็นยาอย่างแพร่หลาย (Ratanacharoenchai *et al*., 2019) รัฐบาลมีนโยบายสนับสนุนตลาดสมุนไพรไทย โดยมีแผนผลักดันพืชสมุนไพรไทยให้เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ที่ขับเคลื่อนโมเดล Thailand 4.0 ตัวอย่างเช่น แนวคิด Herb 4.0 เป็นหนึ่งในแนวคิดที่จะเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจไทยไปสู่ Value-based Economy เพื่อพัฒนาพืชสมุนไพรไทยและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากพืชสมุนไพร เพื่อให้ประเทศไทยก้าวเป็นผู้นำในตลาดสมุนไพรของอาเซียน (Thongyuen, 2017) ด้วยกระแสความใส่ใจทางด้านสุขภาพและความงามของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน ส่งผลให้ความต้องการผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติและสมุนไพรมีการเพิ่มขึ้นอย่างมาก การแปรรูปผลิตภัณฑ์สมุนไพรเป็นการเปลี่ยนสถานะของสมุนไพรให้แตกต่างจากเดิมเพื่อประโยชน์ในการใช้งานให้หลากหลายขึ้น สมุนไพรมีหลายชนิดและมีสรรพคุณทางยาที่แตกต่างกัน การศึกษารูป รส กลิ่น สี และชื่อสมุนไพรจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ เพื่อให้การแปรรูปสมุนไพรมีคุณภาพดี การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดความน่าสนใจและเป็นที่จดจำ จำเป็นต้องเสริมสร้างอัตลักษณ์ของชุมชนเพื่อสื่อสารไปยังผู้อุปโภคบริโภค

พืชสมุนไพรที่ใช้ในกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ตะไคร้หอม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle อยู่ในวงศ์ Gramineae เป็นไม้ขนาดเล็ก ขึ้นเป็นกอ ยอดโน้มเอียง ใบเป็นใบเดี่ยวยาว ดอกออกเป็นช่อเล็กเรียว ก้านช่อดอกเป็นปล้อง ๆ มีใบเล็ก ๆ ที่แต่ละข้อ เหง้าของต้นตะไคร้หอมมีน้ำมันหอมระเหย เมื่อนำมากลั่นด้วยไอน้ำจะได้มาเป็นน้ำมันตะไคร้หอมสามารถนำมาใช้ไล่ยุง (Picheansoonthon *et al*., 2017) จากการทดสอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเอทานอลร้อยละ 70 ในส่วนลำต้น พบสาร 6 ชนิด ได้แก่ 1-hydroxyl-2-propanone, acetic acid, α-citronellol, hedycaryol, farnesol isomer B และ α-eudesmol ขณะที่สารสกัดจากใบพบสารออกฤทธิ์ 9 ชนิด ได้แก่ 1-hydroxy-2-propanone, α-citronellol, α-eudesmol, 3-methyl-1-butmolanol, citronello, geraniol, endo-1-bourbonanol, hedycaryol และ t-cadinol ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และต้านการชัก (Puwaphut *et al*., 2017) ยอมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Morinda citrifolia* L. จัดอยู่ในวงศ์ Rubiaceae เป็นไม้ยืนต้น เปลือกต้นเรียบ ใบมีสีเขียวเข้ม ดอกออกเป็นช่อที่ซอกใบ ผลรียาวสีเขียว ลูกยอมีสารสำคัญหลายชนิด เช่น ลิกแนน ฟลาโวนอยด์ แอลคาลอยด์ กรดไขมัน อิริดอยส์ เป็นต้น (Levand and Larson, 2009; Mohd *et al*., 2007) ยอเป็นสมุนไพรพื้นบ้านที่คนไทยทั่วทุกภาครู้จัก และบริโภคเป็นอาหารมานานแล้วทั้งในส่วนของใบและผล ในทางยาผลยอใช้เป็นกระสายยา แก้อาเจียน ขับเลือดสตรี บำรุงธาตุ ช่วยเจริญอาหาร ส่วนใบใช้แก้ท้องร่วง แก้ไข้ แก้คลื่นไส้อาเจียน ผลของยอ ยาว 3-10 เซนติเมตร กว้าง 3-6 เซนติเมตร เป็นรูปไข่ สีเขียวถึงเหลือง ผิวภายนอกนูนขรุขระ มีตาเล็ก ๆ สีน้ำตาลแดง

เมื่อผลสุกจะมีสีเหลืองถึงขาวใส ผลสุกมีกลิ่นของ Butyric acid มีเมล็ดจำนวนมาก (Hiraga, 2012) สารสกัดจากน้ำกลั่นของเมล็ดยอพบสารอัลคาลอยด์ และสารสกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลของเมล็ดยอยังพบสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ และมีฤทธิ์ในการกำจัดลูกน้ำยุงด้วยค่า LC_{50} เท่ากับ 5.10±0.09 และ 3.65±0.06 ร้อยละโดยปริมาตร ตามลำดับ (Chaithada *et al.,* 2018) ต้นปาล์มน้ำมันมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis guineensis* จัดอยู่ในวงศ์ Arecaceae ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีทั้งช่อดอกตัวผู้และช่อดอกตัวเมียอยู่ในต้นเดียวกัน พบว่าสารสกัดจากน้ำกลั่นและเอทานอลมีฤทธิ์ในการกำจัดลูกน้ำยุงด้วยค่า LC_{50} เท่ากับ 2.82±0.05 และ 2.27±0.75 ร้อยละโดยปริมาตร ตามลำดับ (Chaithada *et al.,* 2018) มะพร้าวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* จัดอยู่ในวงศ์ Arecaceae เป็นไม้ยืนต้นตระกูลปาล์ม เป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย จัดเป็นพืชเศรษฐกิจ โดยเฉพาะทางภาคใต้เป็นแหล่งที่มีการปลูกมากที่สุดในประเทศ มะพร้าวยังเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอย่างมาก เนื้อมะพร้าวแห้งเป็นวัตถุดิบที่สามารถนำไปสกัดน้ำมันมะพร้าว ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องอุปโภคบริโภคมากมาย (Petchkeaw, 2002) ดีปลี มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Piper retrofractum* Vahl. จัดอยู่ในวงศ์ Piperaceae มีลักษณะเป็นไม้เถาหรือไม้เลื้อย มีรากงอกตามข้อคล้ายต้นพริกไท ลำต้นมีรูปทรงกระบอก ผิวเรียบ สีเขียวเข้ม ผลมีลักษณะอัดกันแน่น ยาวประมาณ 2.5-5 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียวอมเหลือง ผลแก่มีสีเขียวเข้ม เมื่อสุกผลจะเปลี่ยนเป็นสีแดง มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ลักษณะทางกายภาพและเคมีตรงกับมาตรฐานตำรับยาสมุนไพรไทย พบว่าระยะที่ผลมีสีเขียว (91-98 วัน) เป็นระยะที่มีคุณลักษณะโดยรวมดีที่สุด มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.5 และปริมาณ Piperine ซึ่งเป็นสารสำคัญของดีปลีร้อยละ 3.91 (Somphee and Kamwong, 2015) สารสกัดเอทานอลร้อยละ 80 จากดีปลีเมื่อนำไปเป็นส่วนผสมในสูตรของยาแก้ริดสีดวงทวารพบปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 2.1 mgGAE/g และมีฤทธิ์ในการป้องกันการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันด้วยค่า IC_{50} เท่ากับ 80.9 μg/ml (Klinthong *et al*., 2015)

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ตามท้องถิ่นที่เกิดจากภูมิปัญญาได้รับความสนใจจากผู้อุปโภคบริโภคเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้เกิดการแข่งขันในตลาดมากยิ่งขึ้น ชุมชนจึงจำเป็นต้องพัฒนาคุณภาพมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ รวมถึงสร้างอัตลักษณ์ให้เป็นที่จดจำของผู้บริโภค ในงานวิจัยนี้ ได้คัดเลือกชุมชนจำนวน 2 ชุมชน ได้แก่ กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด และกลุ่มสมุนไพรบ้านไสเหนือ เนื่องจากมีความพร้อมด้านทรัพยากรธรรมชาติด้านสมุนไพร และมีสมาชิกกลุ่มที่มีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดร่วมกัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พืชสมุนไพรในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร และพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ และยกระดับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรท้องถิ่น จำนวน 2 ชุมชน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ประชากร

กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด และกลุ่มสมุนไพรบ้านไสเหนือ โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แบบสำรวจการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นด้านพืชสมุนไพร

2.2 เทคโนโลยีพร้อมใช้ในการทำผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร ประกอบด้วย การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรย์ไล่ยุง โลชั่นกันยุง น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น น้ำมันนวดสมุนไพร และลูกประคบ

2.3 วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร และการทดสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์ในห้องปฏิบัติการ

2.4 พืชสมุนไพรท้องถิ่นของแต่ละชุมชน ได้แก่ ตะไคร้หอม เมล็ดยอ ดอกน้ำมันปาล์มตัวผู้ มะพร้าว ดีปลี

3. กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร

ถ่ายทอดเทคโนโลยีพร้อมใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรย์ไล่ยุงสูตรเมล็ดยอและดอกน้ำมันปาล์มตัวผู้ โลชั่นกันยุงสูตรเมล็ดยอและดอกน้ำมันปาล์มตัวผู้ น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น น้ำมันนวดสมุนไพรสูตรดีปลี และลูกประคบสูตรดีปลี

4. การยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร

ทำการวิเคราะห์ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งการวิเคราะห์ในประเด็นดังต่อไปนี้

4.1 คุณภาพทางกายภาพ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยวิธีมาตรฐานด้วย Atomic Absorption Spectrophotometric Method AOAC (2016)

4.2 คุณภาพทางเคมี ประกอบด้วย

1) การวิเคราะห์ร้อยละของความชื้น ด้วยเครื่องมือ Halogen Moisture Analyzer

2) การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ ด้วยเครื่องมือ Ebulliometer

3) การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (2016) method 965.33

4) การวิเคราะห์ค่ากรด ด้วยวิธีมาตรฐาน ISO 660: 1996

5) การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ ด้วยวิธีมาตรฐาน ISO 660: 1996

6) การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C ด้วยเครื่องมือ ตู้อบแห้งที่ 100-105 °C

4.3 การประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนักที่เป็นพิษ ประกอบด้วย

1) การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (2016) Method 999.10

2) การวิเคราะห์ปริมาณสารหนู ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (2016) AAS-Graphite Furnace

4.4 การประเมินการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

1) ปริมาณยีสต์และรา ด้วยวิธีมาตรฐาน Based on USFDA-BAM (2015)

2) ปริมาณเชื้อ *Staphylococus aureus* ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (2016) Method 987.09

3) ปริมาณเชื้อ *Clostridium perfringens* ด้วยวิธีมาตรฐาน ISO 7937

4) ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด ด้วยวิธีมาตรฐาน Based on USFDA-BAM (2015)

5) ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *Staphylococus aureus* ด้วยวิธี Broth macrodilution (Jose, 2005)

ผลการวิจัย

1. การศึกษาการใช้พืชสมุนไพรในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร

1.1 กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด (ชะอวด) ตั้งอยู่ในบ้านเลขที่ 105/1 หมู่ 4 ตำบลขอนหาด อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นกลุ่มที่ก่อตั้งขึ้นโดยขยายตัวมาจากกลุ่มผ้าทอบ้านเนินวง เนื่องมาจากในพื้นที่ตำบลขอนหาด อำเภอชะอวดมีการปลูกตะไคร้หอมจำนวน 20-30 ไร่ ซึ่งที่ผ่านมาได้ส่งขายต้นตะไคร้หอมสดไปยังตลาดต่าง ๆ แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2561-2563 วัตถุดิบเริ่มไม่เป็นที่ต้องการของตลาด จึงเกิดการรวมกลุ่มเพื่อแปรรูปผลิตภัณฑ์จากตะไคร้หอม

1.2 ศูนย์เรียนรู้เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบบ้านไสเหนือ ตั้งอยู่ในบ้านเลขที่ 109/1 หมู่ 8 ตำบลนาหลวงเสน อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีสมาชิกจำนวน 11 คน มีประธานกลุ่มคือ ว่าที่ ร.ต.หญิง อรุณพร จันทรเสน เป็นชุมชนต้นแบบเศรษฐกิจพอเพียงของการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ มีการปลูกผักปลอดสารพิษพิชิตความยากจน โดยนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้เป็นหลักในการดำเนินชีวิต ปัจจุบันมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร ได้แก่ น้ำมันเหลือง ซึ่งใช้วัตถุดิบตั้งต้นจากพืชท้องถิ่น ทั้งน้ำมันมะพร้าว และพืชสมุนไพรต่าง ๆ สมาชิกของกลุ่มมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการนวดแผนไทย และในชุมชนมีมะพร้าวเป็นจำนวนมาก จึงมีความสนใจที่จะนำมะพร้าวมาเป็นวัตถุดิบหลักในการทำผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร เสริมความเป็นอัตลักษณ์โดยใช้ดีปลี

2. การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ และยกระดับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรท้องถิ่น จำนวน 2 ชุมชน

ในการยกระดับมูลค่าผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรจากการตรวจวิเคราะห์ค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์จากพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) โดยจำแนกตามชุมชนและชนิดของผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร ดังนี้

2.1 ชุมชนที่ 1 กลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด

ผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดของชุมชนตะไคร้หอมชะอวด ได้แก่ สเปรย์ไล่ยุง และโลชั่นกันยุง (Figure 1) ได้เสริมอัตลักษณ์ของชุมชนโดยการใส่ส่วนประกอบของสารสกัดจากเมล็ดยอและดอกน้ำมันปาล์มตัวผู้ โดยนำพืชแต่ละชนิดน้ำหนัก 100 กรัม แช่ในเอทานอล 500 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นเจือจาง 4 เท่าเพื่อให้ได้ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร ก่อนนำไปเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ เมื่อนำไปทดสอบค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ ให้ผลดัง Table 1-2

Figure 1 mosquito repellent spray (A) and mosquito repellent lotion (B) of the Khon Haad citronella group

Table 1 The results of the analysis of the standard values of the mosquito repellent spray of the Khon Haad citronella group

No.	Parameter	Result	Community product standards
Physical quality			
1	pH value	5.7	not determined
Chemical quality			
2	Moisture	92.8 %	not determined
3	Ethanol	67.5 %	not determined
4	Peroxide value	1.7 mEq. peroxide/ 1 kg sample	not determined
Bacterial properties			
5	Yeast and mold	not detected	not determined
6	*Staphylococus aureus*	not detected	not determined
7	*Clostridium perfringens*	not detected	not determined

Table 2 The results of the analysis of standard values of the mosquito repellent lotion of the Khon Haad citronella group

No.	Parameter	Result	Community product standards
Physical quality			
1	pH value	5.5	not determined
Toxic heavy metal quality			
2	Lead (Pb)	< 0.1 mg/l	not determined
3	Arsenic (As)	< 0.1 mg/l	not determined
Bacterial properties			
4	yeast and mold	not detected	not determined
5	*Staphylococus aureus*	not detected	not determined
6	*Clostridium perfringens*	not detected	not determined

จาก Table 1-2 พบว่า แม้ไม่มีข้อกำหนดเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของสเปรย์ไล่ยุงและโลชั่นกันยุง และผู้วิจัยได้ศึกษาสมบัติต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมมาตรฐานและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต คุณสมบัติทางกายภาพได้ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า สเปรย์ไล่ยุงและโลชั่นกันยุงมีความเป็นกรดเล็กน้อยด้วยค่า pH เท่ากับ

5.7 และ 5.5 ตามลำดับ ไม่พบเชื้อของยีสต์ รา รวมทั้งแบคทีเรีย *S. aureus* และ *C. perfringens* สำหรับสเปรย์ไล่ยุง พบว่ามีความชื้นเท่ากับร้อยละ 92.8 มีปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 67.5 และมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1.7 mEq. peroxide/1 kg sample ขณะที่โลชั่นกันยุงพบว่า มีส่วนประกอบของตะกั่วและสารหนูน้อยกว่า 0.1 mg/l

2.2 ชุมชนที่ 2 กลุ่มสมุนไพรบ้านไสเหนือ

กลุ่มสมุนไพรบ้านไสเหนือได้พัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น น้ำมันนวดสมุนไพร และลูกประคบ (Figure 2) โดยน้ำมันนวดสมุนไพรและลูกประคบได้เสริมอัตลักษณ์ของชุมชนโดยการใส่ส่วนประกอบของสารสกัดจากดีปลี เมื่อนำไปทดสอบค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ ให้ผลดัง Table 3-5

Figure 2 coconut oil (A), herbal massage oils (B) and herbal compress balls (c) of Ban Sai Nuea herbal group

Table 3 The results of the analysis of various standards of coconut oil of the Ban Sai Nuea herbal group

No.	Parameter	Result	Community product standards
Physical quality			
1	pH value	5.4	not determined
Chemical quality			
2	Moisture	< 0.1 % fresh weight	not determined
3	Acid value	1.0 mg KOH/g	Less than 4.0 mg KOH/g
4	Free fatty acid	0.5 mg KOH/g	not determined
5	Peroxide value	17.6 mEq. Peroxide/1 kg sample	Less than 10.0 mEq. Peroxide/1 kg sample
6	Moisture content at 105 $^{\circ}C$	0.1 %	Less than 0.2 %
Toxic heavy metal quality			
7	Lead (Pb)	not detected	not determined

No.	Parameter	Result	Community product standards
Bacterial properties			
8	Aerobic plate count	not detected	not determined

Table 4 The results of the analysis of standard values of herbal massage oils of Ban Sai Nuea herbal group

No.	Parameter	Result	Community product standards
Physical quality			
1	pH value	3.5	5-8
Chemical quality			
2	Moisture	10.1 %	not determined
3	Peroxide value	8.9 mEq. Peroxide/1 kg sample	not determined
Toxic heavy metal quality			
4	Lead (Pb)	0.1 mg/l	Less than 20 g/kg
5	Arsenic (As)	not detected	Less than 2 mg/kg
Bacterial properties			
6	Yeast and mold	not detected	Less than $1x10^3$ CFU/g
7	*Staphylococus aureus*	not detected	must not be found
8	*Clostridium perfringens*	not detected	must not be found
9	Inhibitory of the growth of bacteria *S. aureus*	15.6 mm	not determined
10	Minimal bactericidal concentration of *S. aureus*; MBC	31.3 mg/ml	not determined
11	Minimal inhibitory concentration of *S. aureus*; MIC	15.6 mg/ml	not determined

Table 5 The results of the analysis of various standards of herbal compress balls of Ban Sai Nuea herbal group

No.	Parameter	Result	Community product standards
Chemical quality			
1	Moisture	16.5 %	7-15%
Bacterial properties			
2	Yeast and mold	$1.1x10^5$ CFU/g	Less than $5x10^4$ CFU/g
3	Aerobic plate count	$5.4x10^5$ CFU/g	Less than $5x10^7$ CFU/g

จากการวิเคราะห์ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรบ้านไสเหนือ พบว่าใน Table 3 น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น ต้องมีค่าของกรดน้อยกว่า 4.0 mg KOH/g ค่าเปอร์ออกไซด์ต้องน้อยกว่า 10.0 mEq. Peroxide/1 kg sample และปริมาณความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C ต้องน้อยกว่าร้อยละ 0.2 จากผลวิจัย พบว่าค่าของกรดและปริมาณความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C อยู่ในเกณฑ์ คือ 1.0 mg KOH/g และร้อยละ 0.1 ตามลำดับ ขณะที่ค่าเปอร์ออกไซด์ยังเกินมาตรฐานอยู่เล็กน้อยมีค่าเท่ากับ 17.6 mEq. Peroxide/1 kg sample ซึ่งผู้วิจัยจะต้องทำการค้นหาสาเหตุและปรับปรุงสูตรในลำดับถัดไป การวิเคราะห์ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำมันนวดสมุนไพรสูตรดีปลี ใน Table 4 พบว่าผลิตภัณฑ์ยังมีความเป็นกรดที่มากเกินไปมีค่า pH เท่ากับ 3.5 (ค่ามาตรฐานต้องอยู่ในช่วง 5-8) ขณะที่ปริมาณโลหะหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานพบปริมาณตะกั่ว 0.1 mg/l และไม่ตรวจพบสารหนู และการปนเปื้อนของแบคทีเรียต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ไม่พบยีสต์และรา และไม่พบแบคทีเรีย *S. aureus* และ *C. perfringens* รวมทั้งผู้วิจัยยังได้ตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์อื่น ๆ เพื่อยกระดับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 10.1 มีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 8.9 mEq. Peroxide/1 kg sample และยังแสดงฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* มีค่า MBC และ MIC เท่ากับ 31.3 mg/ml และ 15.6 mg/ml ตามลำดับ การวิเคราะห์ค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ลูกประคบสูตรดีปลีใน Table 5 พบว่าลูกประคบยังมีค่าความชื้นเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มีค่าเท่ากับร้อยละ 16.5 (ค่ามาตรฐานอยู่ในช่วงร้อยละ 7-15) ขณะที่คุณภาพแบคทีเรียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ยีสต์และรามีค่าเท่ากับ $1.1x10^5$ CFU/g (ค่ามาตรฐานต้องมีน้อยกว่า $5x10^4$ CFU/g) และจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดมีค่าเท่ากับ $5.4x10^5$ CFU/g (ค่ามาตรฐานต้องมีน้อยกว่า $5x10^7$ CFU/g)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้พืชสมุนไพรในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร พบว่าในพื้นที่ของกลุ่มตะไคร้หอมชะอวดอุดมไปด้วยตะไคร้หอมประมาณ 20-30 ไร่ ซึ่งก่อนหน้านี้ได้ส่งขายเป็นวัตถุดิบไปยังตลาดต่างประเทศ แต่ในช่วงสถานการณ์ที่ผ่านมาได้ถูกยกเลิกคำสั่งซื้อ และทางกลุ่มไม่มีความเชี่ยวชาญในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร ผู้วิจัยจึงได้เข้าไปถ่ายทอดนวัตกรรมการทำผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร โดยนำตะไคร้หอมมาแปรรูปเป็นสเปรย์ไล่

ยุงและโลชั่นกันยุง โดยได้เสริมอัตลักษณ์ของชุมชนด้วยการเติมสารสกัดจากเมล็ดยอและดอกน้ำมันปาล์มตัวผู้ซึ่งมีสารในกลุ่มอัลคาลอยด์และฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบ และมีการศึกษาพบฤทธิ์ในการกำจัดลูกน้ำยุงได้ ทำให้กลุ่มมีรายได้ทดแทนรายได้เดิมที่เสียไป และยังนำทรัพยากรท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ทั้งใช้เองในชุมชนและมีการจัดจำหน่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Anunvrapong, (2014) ที่ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนบางหัวเสือ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งชุมชนสามารถนำวัตถุดิบในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ สามารถต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์ สมาชิกกลุ่มสามารถนำความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดให้กับผู้สนใจอื่น ๆ มีการแบ่งปันระหว่างชุมชน และสร้างเครือข่ายให้ยั่งยืนต่อไป สำหรับกลุ่มสมุนไพรบ้านไสเหนือได้นำมะพร้าวซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่จำนวนมากในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อยอดให้เกิดประโยชน์ โดยทำเป็นน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น รวมทั้งสามาชิกกลุ่มยังมีความเชี่ยวชายในการนวดแผนไทย จึงร่วมพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันนวดสมุนไพรและลูกประคบ โดยเสริมสร้างอัตลักษณ์โดยใช้ดีปลี ซึ่งมีรายงานวิจัยพบสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ และต้านอนุมูลอิสระ ทำให้กลุ่มสามารถสร้างอัตลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ทั้งนำมาใช้ในกระบวนการนวด และยังจัดจำหน่ายได้อีกด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kamphaengphet *et al*. (2019) ซึ่งพบว่าทรัพยากรท้องถิ่นสามารถพัฒนาเป็นอัตลักษณ์ของแต่ละชุมชน สร้างสรรค์เป็นรูปร่างของทรัพยากรท้องถิ่นมิติต่าง ๆ ทั้งด้านธรรมชาติและด้านวัฒนธรรม เกิดการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนจังหวัดเลย โดยมีขั้นตอนการพัฒนา 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาบริบทชุมชน 2) การศึกษาอัตลักษณ์ผลิตภัณฑ์ชุมชน 3) การพัฒนากระบวนการสร้างอัตลักษณ์ชุมชน และ 4) การประเมินการสร้างอัตลักษณ์สำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน (Chaikulap, 2018)

การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ และยกระดับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรท้องถิ่น ผู้วิจัยได้พัฒนาฉลากบรรจุภัณฑ์ให้เป็นที่น่าจดจำโดยมีอัตลักษณ์ของชุมชน และได้นำผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ค่ามาตรฐานเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และการวิเคราะห์ค่าอื่น ๆ เพื่อเป็นการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์จากกลุ่มตะไคร้หอมขอนหาด ได้แก่ สเปรย์ไล่ยุงและโลชั่นกันยุง พบว่าผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรดเล็กน้อย ไม่พบเชื้อของยีสต์ รา รวมทั้งแบคทีเรีย *Staphylococus aureus* และ *Clostridium perfringens* สำหรับสเปรย์ไล่ยุงได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีเพิ่มเติม พบว่ามีความชื้นเท่ากับร้อยละ 92.8 มีปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 67.5 เอทานอล และมีค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1.7 mEq. peroxide/1 kg sample ผลิตภัณฑ์โลชั่นกันยุงได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพของโลหะหนักที่เป็นพิษ พบว่ามีส่วนประกอบของตะกั่วและสารหนูน้อยกว่า 0.1 mg/l ขณะที่ผลิตภัณฑ์จากกลุ่มสมุนไพรบ้านไสเหนือที่เสริมอัตลักษณ์ของชุมชน ได้แก่ น้ำมันนวดสมุนไพรสูตรดีปลี พบว่าปริมาณโลหะหนักและคุณภาพของแบคทีเรียต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ไม่พบยีสต์และรา รวมทั้งแบคทีเรีย *Staphylococus aureus* และ *Clostridium perfringens* แต่ยังมีความเป็นกรดเกินอยู่เล็กน้อย ซึ่งผู้วิจัยจะทำการหาสาเหตุและปรับปรุงสูตรต่อไป ในส่วนของลูกประคบสมุนไพรสูตรดีปลี พบว่าลูกประคบมีคุณภาพแบคทีเรียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งปริมาณยีสต์และราและจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด แต่ยังมีค่าความชื้นเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทางผู้วิจัยได้ร่วมพัฒนากับชุมชนทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ายังมีบางพารามิเตอร์ที่ยังไม่ผ่านมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้จะส่งผลต่อความน่าเชื่อถือ และการจัดจำหน่ายในระดับสูงขึ้นไปได้ (Thongkern, 2020)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการใช้พืชสมุนไพรในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรของกลุ่มสมุนไพรตะไคร้หอมขอนหาด พบว่าเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยตะไคร้หอม จึงได้นำวัตถุดิบมาพัฒนาเป็นสเปรย์ไล่ยุงตะไคร้หอมและโลชั่นกันยุงตะไคร้หอม โดยผู้วิจัยได้เสริมอัตลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ชุมชนโดยใส่สารสกัดจากเมล็ดยอและดอกน้ำมันปาล์มตัวผู้ซึ่งมีองค์ประกอบของสารในกลุ่มอัลคาลอยด์และฟลาโวนอยด์ และมีฤทธิ์ในการกำจัดยุง โดยเติมสารสกัดจากพืชสมุนไพรทั้งสองด้วยความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร กลุ่มสมุนไพรบ้านไสเหนือมีการนำส่วนต่าง ๆ ของมะพร้าวมาใช้ประโยชน์ โดยนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น น้ำมันนวดสมุนไพร และลูกประคบสมุนไพร โดยเสริมอัตลักษณ์ของผลิตภัณฑ์โดยใช้ผลดีปลี ทำให้สมาชิกของชุมชนซึ่งมีความสามารถในการนวดแผนไทย ได้ใช้ผลิตภัณฑ์สำหรับกระบวนการนวดที่ทำขึ้นเอง ลดต้นทุนค่าใช้จ่าย และยังนำไปจัดจำหน่าย รวมถึงออกบูทในเทศกาลต่าง ๆ อีกด้วย และผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรต่าง ๆ ได้พัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์ ฉลาก ที่บ่งบอกถึงอัตลักษณ์ของชุมชน และยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์โดยนำไปวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ทั้งคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางโลหะหนักที่เป็นพิษ คุณสมบัติทางแบคทีเรีย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ ต้องขอขอบคุณแหล่งทุนวิจัยจากสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ ประเด็นริเริ่มสำคัญที่ 20: ชุมชนนวัตกรรม (FS20)

เอกสารอ้างอิง

Anunvrapong, A. 2014. The Product Development Approach of Banghuosueo Community, Samut Prakan Province Following the Sufficiency Economy Philosophy. **Journal of fine arts research and appied arts** 1(2): 126-151. [in Thai]

Baimai, V. 2005. **Biodiversity, Thai culture and society**. Bangkok: Chuan Print. 224 p. [in Thai]

Chaikulap, I. 2018. **Identity Creation Process for Community Product Development in Loei Province.** Doctoral Dissertation. Naresuan University. 339 p. [in Thai]

Chaithada, P., R. Phetrob and B. Songsri. 2018. The Efficacy of Yor Seed and Male Palm Oil Extract in Controlling the Growth of Mosquito Larvae. **Walailak Procedia** 2019(4): 1-8. [in Thai]

Hiraga, C. 2012. Yor: 4-year research results supported by the National Research Council of Thailand. **Academic Journal: Council of University Administrative Staff of Thailand** 1(3): 1-5. [in Thai]

Jiwju, N., T. Siboonnun, P. Puapeuan, C. Siriksathien, T. Jangmo, and C. Nuamai. 2016. **Product Design Development to increase the Value of OTOP Products and Small Community Enterprise Management.** pp. 403-415 *In* Proceedings The 3rd Kamphaeng Phet Rajabhat University Annual Conference. [in Thai]

Kamphaengphet, M., S. Thammaapipon, and N. Sangraksa. 2019. Agripreneurship characteristics in green agribusiness. **Business Review** 11(1): 262-275. [in Thai]

Klinthong, S., R. Khammanit, S. Phornchirasilp, R. Temsiririrkkul and N. Siriwatanametanon. 2015. *In vivo* anti-inflammatory and *in vitro* antioxidant activities of a Thai traditional formul, Rid-si-duang-ma-ha-kan, for hemorrhoid treatment. **Mahidol University Journal Pharmaceutical Sciences** 42(3): 144-152.

Levand, O. and H. Larson. 2009. Some chemical constituents of *Morinda citrifolia*. **Planta Medica** 36(06): 186-187.

Mohd Zin, Z., A. Abdul Hamid, A. Osman, N. Saari and A. Misran. 2007. Isolation and identification of antioxidative compound from fruit of Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). **International Journal of Food Properties** 10(2): 363-373.

Petchkeaw, W. 2002. **Utilization of Coconut and Its Effect on Villagers: A Case Study of Tha Sala District, Nakhon Si Thammarat Province.** Master Thesis Thaksin University. 12 p. [in Thai]

Picheansoonthon, C., M. Chavalit, and W. Jeerawong 2017. **Description of the Textbook of Phra Narai's Medicine.** Bangkok: Amarin printing and publishing PLC. 272 p. [in Thai]

Puwaphut, R., W. Srichuay and Y. Muhammadbakhoree. 2017. A comparative study of bioactive compounds of leaf and shoot of *Citronella grass* collected from Narathiwas area. **Princess of Naradhiwas University Journal** 9(1): 136-142. [in Thai]

Ratanacharoenchai, C., K. Chaiwong, N. Pitiniyomrot, W. Yodpun and P. Boujai. 2019. Enhancement the product of a Houttuynia Cordata tea herbs for OTOP. **RMUTL Journal Socially of Engaged Scholarship** 3(1): 19-29. [in Thai]

Somphee, P. and W. Kamwong. 2015. Appropriate harvesting stage of long pepper (*Piper retrofractum* Vahl) to achieve Thai herbal phamacopeia. **Thai Agricultural Research Journal** 33(2): 132-143. [in Thai]

Thongkern, T. 2020. The development of herbal products following the community product standard affecting willingness to pay behavior: A case study of massage for health group of Wat Klong Kang, Amphur Muang, Nakhon Sawan Province. **Social Sciences Research and Academic Journal.** 15(3): 17-28. [in Thai]

Thongyuen, J. 2017. **Analyzing Guidelines for Greating Value in the Thai Herbal Medicine Industry in Thailand.** Master Thesis. Thammasat University. 54 p. [in Thai]

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประเภทสบู่จากน้ำนมแพะ เพื่อตอบโจทย์ความต้องการผลิตภัณฑ์ชุมชนเชิงสร้างสรรค์

Product Development of Cosmetic of Type Goat Milk Soap to Meet the Demand for Creative Community Products

ภูธฤทธิ์ วิทยาพัฒนานุรักษ์ รักษาศิริ[1*] ธัญชนก ปัญญาประดิษฐ์[1] คมกฤช ทองคล้าย[1] มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี[1] วุฒิชัย สหัสเตโช[2] และระชานนท์ ทวีผล[3]

Bhutharit Vittayaphattananurak Raksasiri[1*], Thanchanok Panyapradit[1], Komkrit Thongklai[1] Manatsanun Nopparatmaitee[1], Wuttichai Sahattacho[2] and Rachanon Taweephol[3]

[1]คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตเพชรบุรี เพชรบุรี 76120

[2]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

[3]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตเพชรบุรี เพชรบุรี 76120

[1]Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Phetchaburi, Thailand 76120

[2]Faculty of Management Science, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, Thailand 65000

[3]Faculty of Management Science, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Phetchaburi, Thailand 76120

*Corresponding author: raksasiri_b@silpakorn.edu

Abstract

The product development of cosmetic of type goat milk soap to meet the demand for creative community products. The experiments were divided into 4 groups. Consisted of cow's milk soap products, goat milk soap products, goat colostrum soap products and goat milk yogurt soap were tested by 74 volunteers for customer perception. In complete randomized controlled trial (CRD) experiment and tested for consumer's acceptance form 7-point Hedonic scales. It was found that the selection of scents for consumer products was the most acceptable for sunset scents and consumer acceptance in terms of smell, colour, texture, sanitary and overall acceptability of soap product after 15 days of use goat colostrum formula. And goat milk yogurt formula was significantly higher than other experimental groups ($P<0.05$). However, the acceptance value was at the level of both formulas, at the very favorable level (5.30-6.15). Chemical and biological found that colostrum soap products and goat milk yogurt formula had a statistically significantly stronger light reflectance ($P<0.05$), while vitamin E was maintained and pH value. No statistical differences were found. The valuation of bacteria is the standard in all trials.

Keywords: goat milk, product development, goat milk soap

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประเภทสบู่จากน้ำนมแพะ เพื่อตอบโจทย์ความต้องการผลิตภัณฑ์ชุมชนเชิงสร้างสรรค์ ทำการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมโค ผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมแพะ ผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมเหลืองแพะ และผลิตภัณฑ์สบู่โยเกิร์ตน้ำนมแพะ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ และการยอมรับได้ของผู้บริโภค แบบ 7-point Hedonic scales โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งสิ้น 74 ราย พบว่าการคัดเลือกกลิ่นสำหรับผลิตภัณฑ์ผู้บริโภคให้การยอมรับกลิ่น sunset มากที่สุด และผู้บริโภคให้การยอมรับด้าน กลิ่น สีสัน เนื้อสัมผัสฟองสบู่ ความสะอาด และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์สบู่ หลังการใช้ 15 วัน สูตรนมน้ำเหลืองแพะ และสูตรโยเกิร์ตน้ำนมแพะสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ดีค่าการยอมรับได้ของผู้บริโภคทั้ง 2 สูตร อยู่ในระดับชอบมาก (5.30-6.15) คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ พบว่าผลิตภัณฑ์สบู่สูตรนมน้ำเหลือง และสูตรโยเกิร์ตน้ำนมแพะมีค่าการสะท้อนกลับของแสงที่เข้มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่วิตามินอีคงอยู่ และค่าความเป็นกรดด่าง ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ และการประเมินค่าแบคทีเรียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในทุกการทดลอง

คำสำคัญ: น้ำนมแพะ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ สบู่น้ำนมแพะ

คำนำ

แนวคิดการพัฒนาประเทศไทยในฐานะเป็นประเทศกำลังพัฒนานั้น ก็ได้ให้ความสำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งหลักการที่สำคัญอย่างยิ่งคือการพัฒนาเศรษฐกิจกระแสหลักในระดับมหภาค ไปพร้อมกับเศรษฐกิจกระแสรองในระดับจุลภาคหรือหน่วยระดับครัวเรือนให้เกิดความสมดุลอย่างยั่งยืน ปัจจุบันประเทศไทยเผชิญกับปัญหาสถานการณ์การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม อันเนื่องมาจากผลกระทบจากปัญหาการแพร่ระบาดของไวรัส Covid-19 ที่สร้างผลกระทบกับประชากรทั้งประเทศ ซึ่งหน่วยงานต่างๆ ต้องแก้ปัญหากับภาวะวิกฤตของการแพร่ระบาดที่สร้างปัญหาในวงกว้าง ซึ่งประเทศไทยต้องเร่งรีบในการกระตุ้นให้เศรษฐกิจให้กิจกรรมต่างๆ ในสังคมกลับเข้ามาสู่ภาวะปกติโดยเร็ว โดยเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งที่สำคัญเร่งด่วนกับการกระตุ้นเศรษฐกิจทั้งนโยบายการเงินและนโยบายการคลัง คือการส่งเสริมการท่องเที่ยวทุกระดับให้สามารถขับเคลื่อนเศรษฐกิจระดับประเทศและระดับครัวเรือน ที่จะนำไปสู่การกระตุ้นให้เกิดการฟื้นตัวของระบบเศรษฐกิจได้ในอีกระยะหนึ่ง ในปี 2562-2563 มีจำนวนแพะในประเทศไทยทั้งสิ้น 832,533 ตัว (แพะนม 28,765 ตัว) มีเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะจำนวน 65,850 ครัวเรือน โดยในปัจจุบันกรมปศุสัตว์ได้ดำเนินการส่งเสริม และสร้างความเข้มแข็งแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากนมแพะมีไม่กี่ชนิดจึงทำให้การเลี้ยงแพะนมมีจำนวนลดลง จึงต้องมีการส่งเสริมการเลี้ยงแพะนม โดยการคิดค้นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากนมแพะหรือมีส่วนผสมที่มาจากนมแพะอยู่ด้วย เพื่อให้เกิดความนิยมในการเลี้ยงแพะนม สามารถสร้างรายได้ให้แก่ผู้เลี้ยง ซึ่งในปัจจุบันมีการนำน้ำนมแพะมาใช้เป็นส่วนผสมของครีมบำรุงผิว และเครื่องสำอางบางชนิด แต่ยังไม่ค่อยเป็นที่นิยมมากเนื่องจากมี

ปริมาณที่น้อย ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่สามารถเข้าถึงได้ ทั้งนี้หากสามารถแก้ปัญหานี้ได้อาจทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถเข้าถึงง่ายขึ้นและทำให้ตลาดเกิดความต้องการซื้อน้ำนมแพะเพื่อมาทำสินค้ามากขึ้น ซึ่งส่งผลให้การเลี้ยงแพะนมเป็นเรื่องที่น่าสนใจสำหรับเกษตรกร (Sodkomkham, 2016) อย่างไรก็ดีน้ำนมแพะมีคุณสมบัติเป็นไลโพโซมธรรมชาติสามารถซึมซาบเข้าสู่ผิวหนังได้ง่าย กรดคาพรีลิคในน้ำนมแพะช่วยขจัดเซลล์ผิวที่ตายแล้วให้หลุดลอกอย่างอ่อนโยน เมื่อสกัดแล้วนำไปทำผลิตภัณฑ์บำรุงผิวต่างๆ จะทำให้สารสกัดจากนมแพะซึมสู่ผิวได้ดีกว่า และคุณสมบัติโดดเด่นในเรื่องให้ความชุ่มชื้นในผิวได้ดีมาก (Raksasiri, 2020) ด้วยคุณสมบัติของนมแพะที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นรงควัตถุทางอาหารที่สามารถดูดซึมไปใช้ในระดับเซลล์ได้ดีกว่านมสัตว์ชนิดอื่น ตลอดจนยังให้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในรูปแบบของ Calories (70 cal/100 g) ซึ่งมีค่าสูงกว่านมโคอีกด้วย (Solaiman, 2010; Pangkham, 2012) ในขณะเดียวกัน น้ำมันทานตะวันมีแร่ธาตุชนิดต่างๆ เช่น โซเดียม (Na) แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) แมกนีเซียม (Mg) สังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) และมีวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 บี 2 วิตามินซี วิตามินอี และวิตามินเค โดยเฉพาะวิตามินอีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (National Sunflower Association, 2011) อย่างไรก็ดี นมจัดเป็นแหล่งสารอาหารที่สำคัญที่มีบทบาทต่อสุขภาพและมีโภชนาการสูงประกอบด้วยสารอาหารต่างๆ ที่ร่างกายของมนุษย์ต้องการอย่างครบถ้วน ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุและวิตามินต่างๆ แหล่งของนมได้จากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมหลายๆ สายพันธุ์ การบริโภคเป็นได้ทั้งนมสดหรือเป็นผลิตภัณฑ์นมแปรรูปต่างๆ เช่น เนย เครื่องสำอาง เป็นต้น (Namhong, 2013) แร่ธาตุต่าง ๆ ในน้ำนมที่อยู่ในรูปสารละลายเกลือหรือสารละลายคอลลอยด์จะสมดุลกัน โดยเฉพาะอัตราส่วนของแคลเซียมไอออนต่อแคลเซียมทั้งหมดซึ่งจะมีผลต่อความคงตัวของอนุภาคเคซีนในน้ำนมด้วยภาวะที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารเช่น การต้มเดือดหรือการระเหยน้ำจะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภาวะสมดุลของเกลือและความคงตัวของโปรตีนเคซีนในน้ำนมด้วย (Rattanapanon, 2008) ทั้งนี้ได้มีการคิดค้นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากนมแพะหรือมีส่วนผสมที่มาจากนมแพะ เพื่อให้เกิดความนิยมในการเลี้ยงแพะนมและยังสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะนม ในปัจจุบันมีการนำน้ำนมแพะมาใช้เป็นส่วนผสมของสบู่และเครื่องสำอางบางชนิด แต่อาจจะยังไม่ค่อยเป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากมีปริมาณที่น้อยและมีราคาที่ค่อนข้างสูง ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่สามารถเข้าถึงได้หากเราสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ก็อาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถเข้าถึงได้ง่ายขึ้นและทำให้ตลาดเกิดความต้องการน้ำนมแพะเพื่อมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สินค้ามากขึ้น ซึ่งน้ำนมแพะมีวิตามินหลากหลายที่ช่วยในเรื่องบำรุงผิวหนังและช่วยลดอนุมูลอิสระ ช่วยลดการเสื่อมสภาพของผิวหนังได้ดี น้ำนมแพะมีคุณสมบัติเป็นไลโพโซมธรรมชาติที่สามารถซึมซาบเข้าสู่ผิวหนังได้ง่ายและช่วยขจัดเซลล์ผิวที่ตายแล้วให้หลุดลอกอย่างอ่อนโยน ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้เป็นการนำวัตถุดิบพื้นถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างอัตลักษณ์สินค้าเกษตรนำไปสู่การสร้างแนวคิดของผลผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์จากน้ำนมแพะ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นตรงตามความต้องการของผู้บริโภค และยังเป็นแนวทางในการแปรรูปน้ำนมแพะ สามารถทำเป็นสินค้าเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะนมได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษารูปแบบของนมแพะต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และการยอมรับได้ของผู้ใช้สบู่นมแพะ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) โดยมีกลุ่มทดสอบของแต่ละกลุ่มสูตรการผลิตแตกต่างกัน 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 สบู่สูตรน้ำนมโค กลุ่มที่ 2 สบู่สูตรน้ำนมแพะ กลุ่มที่ 3 สบู่สูตรน้ำนมน้ำเหลืองแพะ และกลุ่มที่ 4 สบู่สูตรน้ำนมแพะหมัก โดยทั้ง 4 สูตรใช้น้ำมันทานตะวันสกัดเย็นเป็นส่วนประกอบ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมแพะจากฟาร์มเกษตรกร แล้วทำการพาสเจอร์ไรส์ ก่อนนำมาประกอบสูตร

Table 1 Soap ingredients

Ingredient (g)	Cow's milk soap	Goat milk soap	Goat colostrum soap	Goat milk yogurt soap
Glycerin (99.5%)	1,000	1,000	1,000	1,000
Cow's milk	200	-	-	-
Goat milk	-	200	-	-
Goat colostrum	-	-	200	-
Goat milk yogurt	-	-	-	200
Sunflower oil	100	100	100	100
Sodium Lauryl Sulfate	20	20	20	20
Perfume	1	1	1	1

Adapted from, Raksasiri, (2020)

วิธีการทดลอง

1. ทำการคัดเลือกกลิ่นเพื่อใส่ในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว กลิ่นที่ใช้ในการคัดเลือกได้แก่ กลิ่น Musk กลิ่น Sweet pink กลิ่น Sunset โดยเลือกจากความนิยม ที่ปริมาณร้อยละ 0.17 นำมาทดสอบค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบจำนวน 12 คน (ชาย 6 คน หญิง 6 คน) ในด้านกลิ่นก่อนใช้ กลิ่นหลังใช้ และความชอบโดยรวม โดยใช้ 7-point hedonic scale (Wiriyajaree, 2018.)

2. ทำการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ใช้เครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter) กรณีเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ให้ใช้ตัวอย่างโดยตรงทำการวัดความเป็นกรด-ด่าง ที่อุณหภูมิ (25 ± 1) °C ทดสอบตะกั่ว สารหนู ปรอท และแคดเมียม ให้ปฏิบัติตาม ACM 005 (ACM THA 05) เกณฑ์กำหนดความเป็นกรด-ด่างต้องไม่เกิน 4.0-6.9 ต้องไม่มีส่วนผสมของสารปนเปื้อน ได้แก่ ตะกั่วและสารประกอบของตะกั่วไม่เกิน 20 mg/kg, สารหนูและสารประกอบของสารหนูไม่เกิน 5 mg/kg, ปรอทและสารประกอบของปรอทไม่เกิน 1 mg/kg,

แคดเมียมและสารประกอบของแคดเมียมไม่เกิน 3 mg/kg (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 4965, 2560) วัดค่าสี (CIE L*, a*, b*) วัดค่าสีด้วยระบบ CIE system ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab Mini Scan EZ 4000L (Hunter Lab Inc, Reston, VA, USA) การตรวจสอบคุณภาพด้านจุลินทรีย์ วิธีตรวจแบคทีเรียตามมาตรฐานเครื่องสำอาง 152-2539 (Product Standard for Cosmetic Industry, 1996)

3. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการทดสอบแบบ Home Use Test กับผู้ใช้กลุ่มเป้าหมายเพศหญิงและเพศชาย จำนวน 74 คน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non probability sampling) แบบโควต้า (Sereerat, 1995) โดยการแจกแบบสอบถาม และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ให้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 15 วัน ให้ผู้ทดสอบประเมินความชอบต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์สบู่นมแพะ สูตรพื้นฐานในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นของสบู่ สีสันความสวยงาม ปริมาณของฟองสบู่ เนื้อสัมผัสฟองสบู่ ความสะอาด และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ 7-point hedonic scale (Wiriyajaree, 2018) โดยมีระดับคะแนนความชอบ 7 ระดับคือ 7 = ชอบมากที่สุด (6.16-7.00), 6 = ชอบมาก (5.30-6.15), 5 = ชอบ (4.44-5.29), 4 = เฉยๆ (3.58-4.43), 3 = ไม่ชอบ (2.72-3.57), 2 = ไม่ชอบมาก (1.86-2.71), และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด (1.00-1.85),

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี DMRT (Duncan’s new Multiple Rang Test) โดยใช้โปรแกรม R version 3.3.1 กำหนดค่านัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบที่ $P<0.05$

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการคัดเลือกกลิ่นสำหรับผลิตภัณฑ์สบู่จากน้ำนมแพะ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดคือกลิ่น sunset ซึ่งคะแนนความชอบสูงที่สุดจากทุกคุณลักษณะ ดังแสดงใน Table 2. ทั้งนี้ลักษณะของกลิ่นในผลิตภัณฑ์ถือเป็นสิ่งสำคัญทางประสาทสัมผัส นอกเหนือจากลักษณะที่ปรากฏ สี เนื่องจากเป็นปัจจัยหลักในการกระตุ้นความสนใจของผู้บริโภค (Raksasiri, 2020)

Table 2 Effect of sensory panel method of select scents on goat milk soap on 12 testers with no gender and age limit required

Assessed characteristics	Experimental group			SEM	P-value
	Musk	Sweet pink	Sunset		
Preference before use	$4.70^{c}\pm0.13$	$5.20^{b}\pm0.07$	$6.08^{a}\pm0.08$	0.131	0.012
Preference after use	$4.36^{b}\pm0.13$	$4.97^{a}\pm0.25$	$5.42^{a}\pm0.38$	0.146	0.047
Overall preference	$4.39^{b}\pm0.10$	$4.64^{b}\pm0.31$	$5.20^{a}\pm0.17$	0.111	0.019

^{a,b,c} Mean in the same row with different superscript differ (P<0.05)

การศึกษาการยอมรับได้ของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมแพะ (Sensory panel method) ทั้งสิ้น 4 กลุ่มการทดลอง ประกอบด้วย กลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมโค กลุ่มที่ 2 ผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมแพะ กลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมเหลืองแพะ และกลุ่ม ผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมโยเกิร์ตน้ำนมแพะ แบบ 7-point just about right (JAR) scale และการทดสอบความรู้สึก วิธี Just About Right หมายถึง วิธีการตรวจสอบการตอบสนองของผู้บริโภคในแง่การยอมรับหรือไม่ยอมรับ โดยผู้ทดลองใช้จำนวนผู้ใช้ทั้งสิ้น 74 ราย โดยไม่จำกัดเพศและอายุ การให้คะแนนความชอบจากคุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย ลักษณะปรากฏ กลิ่นของสบู่ สีสัน ความสวยงาม ปริมาณของฟองสบู่ เนื้อสัมผัสฟองสบู่ ความสะอาด และการยอมรับโดยรวม มีระดับคะแนนความชอบ 7 ระดับ คือ 7= ชอบมากที่สุด (6.16-7.00), 6 = ชอบมาก (5.30-6.15), 5 = ชอบ (4.44-5.29), 4 = เฉยๆ (3.58-4.43), 3 = ไม่ชอบ (2.72-3.57), 2 = ไม่ชอบมาก (1.86-2.71) และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด (1.00-1.85) พบว่าผู้บริโภคให้ความพึงพอใจทั้งด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นของสบู่ สีสัน ความสวยงาม ปริมาณของฟองสบู่ เนื้อสัมผัสฟองสบู่ ความสะอาด และการยอมรับโดยรวม ในกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมโยเกิร์ตน้ำนมแพะ สูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) รองลงมาคือ กลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมเหลืองแพะ กลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมแพะ และกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมโค ตามลำดับ อย่างไรก็ดี จากการศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้ใช้ให้ความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ในกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมโยเกิร์ตน้ำนมแพะและกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมเหลือง อยู่ในระดับชอบมาก (5.30-6.15) ในขณะที่ผู้บริโภคให้ความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ที่เหลือคือ ผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมแพะและกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมโค อยู่ในระดับชอบ (4.44-5.29) ในทุกลักษณะศึกษา ดังแสดงใน Table 3 อย่างไรก็ตามการใช้น้ำนมแพะเป็นองค์ประกอบหลักช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากน้ำนมแพะมีโครงสร้างโปรตีนนมขนาดเล็ก ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะกับความชื้นและไขมันในรูปแบบของตัวประสาน และโมเลกุลไขมันขนาดเล็กซึ่งจะสามารถยึดเกาะกับเซลล์ผิวหนัง (Pangkham, 2012; Raksasiri, 2020) อีกทั้งนมแพะมีวิตามินดีและวิตามินเอ ตลอดจนวิตามินอี ที่พบมากในน้ำมันทานตะวัน ซึ่งสามารถรักษาสภาพเซลล์ผิวหนังได้เป็นอย่างดี (Raksasiri *et al*., 2021)

Table 3 Effect of sensory panel method on goat milk soap on 74 testers with no gender and age limit required

Assessed characteristics	Experimental group				SEM	P-value
	Cow's milk soap	Goat milk soap	Goat colostrum soap	Goat milk yogurt soap		
Appearance	4.92±0.51	5.00±0.74	5.00±0.60	5.08±0.79	0.33	0.469
Smell	4.42^{b}±0.51	4.83^{b}±0.72	5.33^{a}±0.65	5.58^{a}±0.51	0.30	0.031
Color	4.75^{b}±0.45	4.92^{b}±0.29	5.42^{a}±0.51	5.33^{a}±0.49	0.22	0.018
Daintiness	4.17±0.71	4.58±0.67	5.58±0.67	6.17±0.58	0.33	0.051
Soapsuds	4.75±0.45	4.75±0.62	5.17±0.58	5.25±0.75	0.30	0.091
Texture	4.50^{b}±0.52	4.75^{b}±0.45	5.67^{a}±0.65	6.00^{a}±0.43	0.26	0.019
Sanitary	4.92^{b}±0.51	5.17^{b}±0.72	5.33^{b}±0.65	6.00^{a}±0.60	0.31	0.049
Overall score	4.33^{b}±0.49	4.67^{b}±0.49	5.75^{a}±0.45	6.42^{a}±0.51	0.24	0.023

^{a,b,c} Mean in the same row with different superscript differ (P<0.05)

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและชีวภาพของผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมแพะ พบว่า ค่าวิตามินอี (Vitamin E) ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด มีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมแพะ ผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมเหลืองแพะ และผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมโยเกิร์ตน้ำนมแพะ มีค่าเท่ากับ 0.87 0.87 และ 0.87 กลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมโค ที่มีค่าเท่ากับ 0.86 ทั้งนี้ค่าวิตามินอี เป็นสารบำรุงทำให้ผิวชุ่มชื้น วิตามินอีและอนุพันธ์ของวิตามินอี มีคุณสมบัติเป็น Antioxidant ซึ่งมีผลในการเกิด neutralized และส่งผลต่อเนื่องในการเกิด Free radicals ดังนั้นวิตามินอีจึงเป็นสารธรรมชาติสำคัญในการดูแลรักษาผิว (Idson, 1993) การวัดค่าการสะท้อนกลับของแสงพบว่าผลิตภัณฑ์ในกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมโคและกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมแพะ มีค่าสูงกว่ากลุ่ม ผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมเหลืองแพะ และผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมโยเกิร์ตน้ำนมแพะ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 65.80, 65.44, 60.08 และ 61.33 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าการสะท้อนกลับของแสง (L*) เป็นดัชนีชีวัดการเก็บรักษาความชื้นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งหากมีค่ามากแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีการไหลออกของของเหลวหรือน้ำมาก ในขณะเดียวกันค่าการสะท้อนกลับแสงสีแดงพบว่าผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมเหลืองแพะ มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับค่าในกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมโค และกลุ่ม ผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมแพะ และกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมโยเกิร์ตน้ำนมแพะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 1.68, 1.70, 1.94 และ 1.73 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีการเก็บรักษารงควัตถุที่เป็นโภชนะ เช่น โปรตีน เม็ดสี หรือเม็ดไขมันบางชนิดสูงขึ้นด้วย

Table 4 Assessment of physical and chemical properties of goat milk soap

Assessed characteristics	Experimental group				SEM	P-value
	Cow's milk soap	Goat milk soap	Goat colostrum soap	Goat milk Yogurt soap		
L* (lightness)	$65.80^{a}\pm4.83$	$65.44^{a}\pm0.84$	$60.08^{b}\pm1.16$	$59.33^{b}\pm1.23$	1.007	0.025
a* (redness)	$1.68^{b}\pm0.02$	$1.70^{ab}\pm0.04$	$1.94^{a}\pm0.03$	$1.73^{a}\pm0.03$	0.206	0.038
b* (yellowness)	21.07±0.61	21.20±0.80	21.75±0.70	22.67±0.37	0.310	0.288
Hue angle	38.20±5.66	39.55±11.58	34.48±5.40	38.36±6.50	3.642	0.749
Chroma	0.08±0.01	0.08±0.02	0.09±0.01	0.08±0.01	0.062	0.832
Vitamin E	0.86±0.40	0.87±0.31	0.87±0.27	0.87±0.32	0.162	0.061
pH	6.57±0.24	6.58±0.14	6.60±0.15	6.50±0.25	0.097	0.821

^{a,b} Mean in the same row with different superscript differ (P<0.05), A = soap + cow milk, GM = soap + goat milk
GM + C = soap + Goat colostrum, GM + S = soap + Yogurt

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและชีวภาพของผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมแพะ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์กลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมเหลืองแพะ มีค่าสูงกว่า กลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมโคและกลุ่ม ผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมน้ำนมแพะ กลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมโยเกิร์ตน้ำนมแพะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 6.57 6.58 6.60 และ 6.50 ตามลำดับ การศึกษาผลวิเคราะห์ของค่าแบคทีเรียโดยรวมในโลชั่นบำรุงผิวน้ำนมแพะ ทั้ง 4 สูตรทดลองไม่พบค่าเกินกำหนดของค่าจุลินทรีย์ตามเครื่องสำอาง 152-2008 (National Agricultural Commodity and Food Standard 6006, 2008) โดยประกอบด้วยค่า Total plate count (less than 10 CFU/g), Coliform bacteria (less than 3 MPN/g), *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* และ *Streptococcus* spp. (not found in 20 g)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่นมแพะไปจนถึงการศึกษาและการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวทั้งโดยภาพรวมรวมทั้งแต่คุณสมบัติแต่ละด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นของสบู่ สีสัน ความสวยงาม ปริมาณของฟองสบู่ เนื้อสัมผัสฟองสบู่ ความสะอาด แต่ทั้งนี้กลุ่มที่มีการผสมโยเกิร์ตกับน้ำนมแพะให้การรวมรับสูงกว่าทรีตเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์สบู่สูตรผสมโยเกิร์ตน้ำนมแพะพบว่ามีค่าพีเอช (pH) ต่ำ มีค่าสะท้อนกลับของแสงต่ำ มีค่าวิตามินอีและค่าการสะท้อนกลับของแสงสีเหลืองสูง ซึ่งบ่งบอกถึงการที่ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาความชื้นและรงควัตถุประเภทไขมันและโปรตีนได้ดี เมื่อเปรียบเทียบจากสูตร

การทดลองอื่น ๆ ทั้งนี้จากการคัดเลือกกลิ่นสำหรับผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมแพะ พบว่าสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด คือ กลิ่น sunset จากการศึกษาสามารถนำไปเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ผลผลิตจากภาคการเกษตรสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะนม ที่นอกจากจะเพิ่มช่องทางการจำหน่ายหรือใช้ประโยชน์ผลผลิตแล้วยังสามารถเพิ่มมูลค่าผลผลิตแล้วยังเป็นทางเลือกให้สำหรับผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพร่วมกับสามารถสนับสนุนเกษตรกรได้โดยตรงอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี สนับสนุนทุนวิจัยภายใต้แผนบูรณาการพัฒนาศักยภาพ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัยและนวัตกรรม ชมรมแพะ-แกะ 291 โคราช และโครงการวิจัยทานตะวันหลังนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำมันทานตะวัน เพื่อการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Idson, B. 1993. Vitamins and the Skin. **Cosmetics & Toiletries** 108: 79-93.

Namhong, T. 2013. Goat milk: a new alternative for health. **Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi** 1: 170-178. [in Thai]

National Agricultural Commodity and Food Standard 6006. 2008. **Raw goat milk**. [Online]. Available http://www.acfs.go.th/agri_standards.php (January 10, 2021). [in Thai]

National Sunflower Association. 2011. **Sunflower oil.** [Online]. Available http://www.sunflowernsa.com/oil/ what-is- high- oleic- sunflower-oil/ (October 23, 2020).

Pangkham, P. 2012. **Nutrition of Small Ruminant Animals**. Nakhon Ratchasrima: Animal Production Technology School of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology. 275 p. [in Thai]

Product Standard for Cosmetic Industry. 1996. **Notification of the Ministry of Industry No. 4462** (B.E. 2555) [in Thai]

Raksasiri, B.V. 2020. **Processing and Management of Livestock Products**. Nakhon Prathom: Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University. 382 p. [in Thai]

Raksasiri B.V., N. Boonrod, C. Suthibutr, P. Na Chiangmai, S. Phangkham, S. Kianngam, A. Thienthong, Y. Pu Tang-on and M. Nopparatmaitree. 2021. Product development and user acceptance of goat milk skin care products. **Kasetsart Core** 1(Special): 15-20. [in Thai]

Rattanapanon, N. 1984. **Milk Chemistry and Dairy Products**. Teaching Documents of The Department of Food Science and Technology. Chiang Mai: Chiang Mai University. 160 p. [in Thai]

Rattanapanon N. 2008. **Food Chemistry**. 3rd edition. Bangkok: O.S. Printing House. 163 p. [in Thai]

Sereerat, S. 1995. **Consumer Behavior**. Bangkok: Education Development. 367 p. [in Thai]

Sodkomkham, S. 2016. **Graduate of Maejo Raising Sanan milk goats, easy to eat, grow well, give a lot of milk, make good money**. [Online]. Available: https://dlink.me/Q3x5L. (February 5, 2021). [in Thai]

Solaiman, S.G. 2010. **Goat Science and Production**. WILEY-BLACKWELL: A John Wiley & Sons, Inc., Publication. 425 p.

Wiriyajaree, P. 2018. **Sensory Assessment**. 2nd Edition. Chiang Mai: Department of Product Development Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University. 35 p. [in Thai]

การสกัดคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเศษข้าวโพดอาหารสัตว์
Extraction of Carboxymethyl Cellulose from Corn Waste

ณัฐพร จันทร์ฉาย* มนสิชา จำปาทาสี และสุดารัตน์ ปาโมกข์

Nuttaporn Chanchay*, Monsicha Jumpatase and Sudarat Pamok

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

Agro-Industrial Biotechnology Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: nuttapornchanchay@gmail.com

Abstract

A study on the production of carboxymethyl cellulose (CMC) from corn dust, cobs and fodder corn husks showed that CMC extracted from feed corn husks soaked in 10% hydrogen peroxide solution showed the clearest color and odor lessness. The L*, a* and b* values were analyzed, it was found that CMC from corn husks soaked in 10% hydrogen peroxide solution gave L* value of 53.160, a* value of 0.680 and b* value of 17.330. The difference was statistically significant ($p \leq 0.05$), pH was 5.64, DS value was 0.2767 and biodegradable within 60 hours. When testing the sensitization properties of CMC extracted from corn feeds on 30 volunteers, none of the volunteers experienced any allergic reactions. It has been shown that CMC extracted from fodder corn husks can be used as a coating and as a skin conditioning ingredient in cosmetics.

Keywords: carboxymethyl cellulose, corn dust, corn cob, corn husk, cosmetics

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (ซีเอ็มซี) จากฝุ่น ซัง และเปลือกข้าวโพดอาหารสัตว์ พบว่า ซีเอ็มซีที่สกัดได้จากเปลือกข้าวโพดอาหารสัตว์ที่ฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ และสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ให้สีที่ใสที่สุด และไม่มีกลิ่น และให้ค่า L* เท่ากับ 53.160 ค่า a* เท่ากับ 0.680 และ ค่า b* เท่ากับ 17.330 ($p \leq 0.05$) และมีความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.64 ค่าระดับการแทนที่ (DS) เท่ากับ 0.2767 ซึ่งมีผลลัพธ์ไม่ต่างจากซีเอ็มซีทางการค้า และเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 60 ชั่วโมง เมื่อทำการทดสอบคุณสมบัติอาการแพ้ของซีเอ็มซีที่สกัดได้จากเปลือกข้าวโพดอาหารสัตว์กับอาสาสมัครจำนวนทั้งสิ้น 30 คน พบว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่เกิดอาการแพ้ใด ๆ จึงสรุปได้ว่าซีเอ็มซีที่สกัดได้จาก เปลือกข้าวโพดอาหารสัตว์สามารถใช้เป็นสารเคลือบและใช้เป็นส่วนผสมของสารปรับสภาพผิวในเครื่องสำอางได้

คำสำคัญ: คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ฝุ่นข้าวโพด ซังข้าวโพด เปลือกข้าวโพด เครื่องสำอาง

คำนำ

ข้าวโพดอาหาสัตว์มีความจำเป็นต่อเกษตรไทยและที่สำคัญยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความต้องการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละปี ซึ่งพบว่าในปี พ.ศ. 2559-2560 ข้าวโพดอาหารสัตว์ให้ผลผลิตถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ เพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งออก คิดเป็นมูลค่ารวมประมาณ 8 หมื่นล้านบาทต่อปี มีการปลูกในพื้นที่ที่เหมาะสม 3.30 ล้านไร่ มีปริมาณซังข้าวโพดเหลือทิ้งจำนวน 1.2 ล้านตัน/ปี เปลือกข้าวโพดจำนวน 3.1 แสนล้านตัน/ปี หรือคิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิต (Khunphaphdileis, 2017) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดอาหารสัตว์จำนวนมาก ทำให้เกิดการเผาไหม้หลังการเก็บเกี่ยวทำให้ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่และสุขภาพของประชาชน รวมทั้งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ (Laceiyk, 2015) โดยทั้งฝุ่นซังและเปลือกข้าวโพดอาหารสัตว์มีองค์ประกอบของเซลลูโลสอยู่มากถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุแห้ง Saengju *et al.* (2008) นำฟางข้าวที่เหลือทิ้งมาสกัดเซลลูโลสให้บริสุทธิ์ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตซีเอ็มซี Kanokphanon *et al.* (2017) ศึกษาการใช้เปลือกมะพร้าวสกัดเซลลูโลส และเปลือกทุเรียนมาสกัดซีเอ็มซี ได้ซีเอ็มซี 138.12 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเซลลูโลสตั้งต้น ละลายน้ำได้ดี มีความบริสุทธิ์ 95.63 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะผงเป็นสีเหลืองอ่อน ซึ่งคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสนั้นไม่มีกลิ่น ไม่มีรสและไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ Phanomwong *et al.* (2018) ได้ทำการศึกษาสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวาเพื่อนำมาเป็นส่วนผสมของสารปรับสภาพผิว ซึ่งสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสสามารถนำไปใช้ในการเคลือบผิวผลไม้ ทำเป็นแผ่นฟิล์มเคลือบอาหาร เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง และอื่น ๆ อีกมากมาย ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการผลิตสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากของเหลือทิ้งจากข้าวโพดอาหารสัตว์ (ฝุ่น ซัง และเปลือกข้าวโพด) เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่เศษเหลือทิ้งจากข้าวโพดอาหารสัตว์ และลดปัญหาจากการเผาไหม้ที่จะเกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตลง โดยงานวิจัยนี้ได้ทดสอบปัจจัยทางกายภาพบางประการ ได้แก่ การสังเกตสี กลิ่น วัดลักษณะทางกายภาพด้วยเครื่อง Hunter lab ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระดับการแทนที่ ความคงตัว และอาการแพ้ต่าง ๆ ที่ผิวกับอาสาสมัครทั้ง 30 คน

อุปกรณ์และวิธีการ

กระบวนการผลิตสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเศษข้าวโพดอาหารสัตว์

ขั้นตอนที่ 1 การฟอกเนื้อเยื่อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ชั่งเนื้อเยื่อฝุ่นข้าวโพดแห้ง ซังข้าวโพดแห้ง และเปลือกข้าวโพดแห้ง 10 ก. ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มล. จำนวน 2 ชุด โดยเติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (ชุดที่ 1) และ 10 เปอร์เซ็นต์ (ชุดที่ 2) ปริมาตร 250 มล. คนด้วยแท่งแก้วคนสารให้เข้ากัน จากนั้นปิดด้วยพลาสติกห่อหุ้มอาหารตั้งทิ้งไว้ 2 ชม. (ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง) นำเนื้อเยื่อฝุ่น ซัง และเปลือกข้าวโพด ที่ฟอกแล้วล้างน้ำสะอาด กรองด้วยตะแกรง จากนั้นใส่ลงในถาดอะลูมิเนียม แล้วไปอบที่อุณหภูมิ 55 °ซ จนแห้ง นำมาเก็บในกล่องพลาสติกใส (ดัดแปลงจาก Phanomwong *et al.*, 2018)

ขั้นตอนที่ 2 การต้มเนื้อเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ชั่งเนื้อเยื่อฝุ่น ซัง และเปลือกข้าวโพด 10 ก. จากชุดที่ 1 และ 2 (จากขั้นตอนฟอกเนื้อ) ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มล. โดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ (ชุดที่ 1) และ 1 โมลาร์ (ชุดที่ 2) ปริมาตร 400 มล. คนด้วยแท่งแก้วคนสารให้เข้ากัน จากนั้นนำไปต้มบน Hot plate ตั้งค่าที่ความแรง เบอร์ 2 เมื่อเดือดจึงค่อยปรับระดับลงเหลือเบอร์ 1 จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 3 ชม. เมื่อครบ 3 ชม. นำไปล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำใส่จานเพาะเชื้อ นำไปอบที่อุณหภูมิไว้ที่ 55 °ซ เป็นเวลา 15 ชม. ทำซ้ำ และอบอีก 2 ชุด คือ 22 และ 24 ชม. ได้ผงเซลลูโลสจากฝุ่น ซัง และเปลือกข้าวโพด แล้วเก็บในกล่องพลาสติกใสขนาดเล็ก (ดัดแปลงจาก Phanomwong *et al*., 2018)

ขั้นตอนที่ 3 การสกัดคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (ซีเอ็มซี) จากฝุ่น ซัง และเปลือกข้าวโพด

ชั่งผงเซลลูโลสจากฝุ่น ซัง และเปลือกข้าวโพด 5 ก. จากชุดที่ 1 และ 2 (จากขั้นตอนการต้มเนื้อเยื่อ) ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มล. ชั่งกรดคลอโรอะซิติก 8 ก. นำมาละลายในสารละลายไอโซโพรพานอลที่ตวง 20 มล. ตวงสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 40 มล. จากนั้นเติมลงในบีกเกอร์ที่มีผงเซลลูโลส แช่ไว้ 30 น. จากนั้นปิดด้วยพลาสติกห่อหุ้มอาหาร และนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 55 °ซ เป็นเวลา 3.5 ชม. แล้วกรองส่วนที่เป็นของเหลวทิ้ง จากนั้นนำเนื้อเซลลูโลสใส่สารละลายเมทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ แล้วปรับให้เป็นกลางด้วยกรดซิตริก 90 เปอร์เซ็นต์ สุดท้ายกรองของเหลวทิ้ง และแช่เนื้อด้วยสารละลายเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ แช่ไว้ 10 น. แล้วกรองของเหลวทิ้ง (ทำซ้ำเป็นเวลา 5 ครั้ง) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 55 °ซ เป็นเวลา เป็นเวลา 24 ชม. จนได้เป็นผงคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (ซีเอ็มซี) จากฝุ่น ซัง และเปลือกข้าวโพด แล้วเก็บในกล่องพลาสติกใสขนาดเล็ก (ดัดแปลงจาก Phanomwong *et al*., 2018)

การทดสอบคุณสมบัติของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสด้านสี และปริมาณที่สกัดได้เปรียบเทียบระหว่างฝุ่น ซัง และเปลือกข้าวโพด

นำซีเอ็มซีที่สกัดได้จากฝุ่น ซัง และเปลือกข้าวโพด จำนวน 1 ก. (จากกระบวนการผลิตสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเศษข้าวโพดอาหารสัตว์) ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กละลายน้ำ 5 ลบ.ซม. แล้วคนด้วยแท่งแก้วคนสารให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที คนด้วยแท่งแก้วคนสารอีกครั้ง สังเกตสี กลิ่น และบันทึกผลจากการทดลอง และวัดสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab ของค่า L*, b* และ a* ที่ดีที่สุด (ดัดแปลงจาก Phanomwong *et al*., 2018)

การทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สกัดได้เปรียบเทียบกับซีเอ็มซีทางการค้า

เลือกซีเอ็มซีจากเปอร์เซ็นต์ที่ให้ผลการสังเกต สี กลิ่น และลักษณะทางกายภาพด้วยเครื่อง Hunter lab ที่ดีที่สุด และซีเอ็มซีทางการค้ามาทดสอบความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง และบันทึกผล (ดัดแปลงจาก Phanomwong *et al*., 2018)

การทดสอบคุณสมบัติของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสด้านปริมาณที่สกัดได้เปรียบเทียบกับซีเอ็มซีทางการค้าด้วยวิธีระดับการแทนที่

การวิเคราะห์ค่าระดับการแทนที่ตามมาตรฐาน ASTM D 1439–03 ซึ่งทำโดยชั่งซีเอ็มซีที่เตรียมได้ประมาณ 4 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มล. เติมเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาตร 75 มล. กวน

ของผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน เติมกรดไนตริก 5 มล. คนต่อ 1-2 นาที ให้ความร้อนจนเดือดและปล่อยให้เดือดเป็นเวลา 1-2 นาที ยกบีกเกอร์ลงและคนต่อเป็นเวลา 10-15 นาที เทของเหลวเบา ๆ บนกระดาษกรอง ล้างตะกอนด้วยเอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร จนหมด นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 °ซ เป็นเวลา 3 ชม. ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งตัวอย่างซีเอ็มซีที่ได้ประมาณ 1-1.5 ก. ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มล. เติมน้ำ 100 มล. และสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ปริมาตร 25 มล. ให้ความร้อนจนเดือดพร้อมคนส่วนผสมตลอดเวลา และปล่อยให้เดือดนานเป็นเวลา 10-15 นาที นำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ขณะร้อนโดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ เพื่อหาปริมาณ NaOH ที่เหลืออยู่ในสารละลาย คำนวณหาปริมาณ NaOH ที่ทำให้ซีเอ็มซีกลายเป็นเกลือเพื่อหาระดับการแทนที่ของหมู่ฟังก์ชัน (ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ) โดยทำการเปรียบเทียบการผลิตซีเอ็มซีระหว่างกระบวนการผลิตทางเคมีกับกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ (Rattanaweeladirot and Kunthon, 1998)

การทดสอบคุณสมบัติความคงตัวของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สกัดได้เปรียบเทียบกับซีเอ็มซีทางการค้า

นำซีเอ็มซีที่ให้ผลดีที่สุดและซีเอ็มซีทางการค้า มาอย่างละจำนวน 1 ก. ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กละลายน้ำ 5 ลบ.ซม. แล้วเทใส่ลงในจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้ 24 ชม. เพื่อทดสอบความคงตัว และเตรียมดินที่ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ในการทดสอบการฝังกลบ โดยมีการเตรียมดินเป็นตัวกำหนดความลึกของดินตามต้องการและมีผลไปถึงการรักษาคุณสมบัติของดินและความชื้นในดิน ทำให้ดินร่วนระบายน้ำ และอากาศได้ดี เพื่อฆ่าเชื้อโรคในดิน และแมลงศัตรูที่อยู่ในดินป่าเต็งรังในที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบการย่อยสลายโดยตัดชิ้นส่วนของซีเอ็มซีขนาด 1x1 ตร.ซม. นำไปฝังในดินที่เตรียมไว้ในบีกเกอร์ลึก 10 ซม. โดยภายใน 1 บีกเกอร์ จะมีชิ้นส่วนของซีเอ็มซีจำนวน 10 ชิ้น ซึ่งจะใช้ความชื้นของดินที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน คือ 0, 12, 24, 36, 48, 60 และ 72 ชม. สังเกตและบันทึกผลจากการทดลอง (Gouhua *et al.*, 2006; Rudnik and Briassoulis, 2011)

การทดสอบคุณสมบัติการแพ้ของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สกัดได้เปรียบเทียบกับซีเอ็มซีทางการค้า

นำสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ให้ผลดีที่สุดและซีเอ็มซีทางการค้า อย่างละ 1 ก. ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กละลายน้ำ 5 ลบ.ซม. คนด้วยแท่งแก้วคนสาร ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที คนด้วยแท่งแก้วคนสารอีกครั้งกรองแยกส่วนที่ละลายเป็นของเหลวใสและส่วนที่เป็นของเหลวขุ่น นำเจลในสภาพของเหลวใสไปใช้กับผู้ทดสอบทั้ง 30 คน โดยใช้แท่งแก้วจุ่มสารแล้วหยดลงบนพลาสเตอร์ปริมาณเท่าเม็ดถั่วเขียว ติดลงบนท้องแขนของอาสาสมัคร เริ่มจับเวลาถ้ามีอาการแพ้ในชั่วโมงแรกให้รีบล้างออก ถ้าไม่มีอาการคันหรือมีผื่นหรือผิวหนังบวม ให้รอจนครบเวลา 12, 24, 36 และ 48 ชม. สังเกตและบันทึกผลเมื่อครบเวลา ตามลำดับนำเจลในสภาพของเหลวขุ่นไปใช้กับผู้ทดสอบทั้ง 30 คน โดยใช้แท่งแก้วจุ่มสารแล้วหยดลงบนพลาสเตอร์ปริมาณเท่าเม็ดถั่วเขียว ติดลงบนท้องแขนของอาสาสมัคร เริ่มจับเวลาถ้ามีอาการแพ้ในชั่วโมงแรกให้รีบล้างออก ถ้าไม่มีอาการคันหรือมีผื่นหรือผิวหนังบวม ให้รอจนครบเวลา 12, 24, 36 และ 48 ชม. สังเกตและบันทึกผลเมื่อครบเวลา ตามลำดับ (ดัดแปลงจาก Phanomwong *et al*., 2018)

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบคุณสมบัติของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสด้านสี และปริมาณที่สกัดได้เปรียบเทียบระหว่างฝุ่น ซัง และเปลือกข้าวโพด

ผลการศึกษาคุณสมบัติของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (ซีเอ็มซี) ที่สกัดได้จากวัตถุดิบตั้งต้นทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ฝุ่นข้าวโพด (Corn dust) ซังข้าวโพด (Corn cob) และเปลือกข้าวโพด (Corn husk) โดยเมื่อสังเกต จากสี และกลิ่น (Table 1) พบว่าเปลือกข้าวโพดซึ่งเป็นวัตถุดิบตั้งต้นที่ผ่านขั้นตอนการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ให้สีของซีเอ็มซีทั้งก่อนและหลังผสมน้ำสว่างที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบตั้งต้นอื่น ๆ และในขั้นตอนการต้มเนื้อเยื่อด้วยสารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นที่ 0.5 และ 1.0 โมลาร์ พบว่าความเข้มข้นของสารละลายดังกล่าวในแต่ละชนิดของวัตถุดิบตั้งต้นให้ผลของสี และกลิ่นของซีเอ็มซีที่ไม่แตกต่างกัน

Table 1 Test results of properties of carboxymethylcellulose extracted from corn dust, cob and corn husks by color and odor test after mixing with water

Example	NaOH	Hydrogen peroxide solution (H_2O_2)					
		5%			10%		
	(Molar)	Color after extraction	Color after mixing with water	Smell	Color after extraction	Color after mixing with water	Smell
Corn dust	0.5	*	**	No	*	*	No
	1.0	*	**	No	*	*	No
Corn cob	0.5	**	*	No	**	**	No
	1.0	**	**	No	**	**	No
Corn husk	0.5	***	***	No	***	***	No
	1.0	***	***	No	***	***	No

* the darkest color; ** the middle dark color in; *** Mean Gives the clearest or lightest color

จากการวิเคราะห์จากค่า L* a* และ b* (Table 2) แสดงให้เห็นว่า เปลือกข้าวโพดที่ฟอกสีด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และต้มเนื้อเยื่อด้วยสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 โมลาร์ มีคุณสมบัติของซีเอ็มซีด้านสีทางกายภาพเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีค่า L* a* และ b* ที่เหมาะสม โดยความเข้มข้นของสารละลาย NaOH ไม่มีผลต่อสีทางกายภาพในวัตถุดิบที่เป็นชนิดเดียวกัน (p>0.05) ดังนั้น เปลือกข้าวโพดที่ฟอกสีด้วยด้วยสารละลาย

H_2O_2 ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ และต้มเนื้อเยื่อด้วยสารละลาย NaOH ที่ 0.5 โมลาร์ เป็นวัตถุดิบตั้งต้น และสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดซีเอ็มซีที่สุด โดยเหตุผลด้านความเข้มข้นของสารละลายต่ำ แต่ไม่ส่งผลเสียต่อผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งมีสีใสและสีขาวที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า (Figture 1) และมีค่า +L* (สีสว่าง) สูงที่สุด เท่ากับ 53.160±0.456 ค่า -a* (สีเขียว) และ -b* (สีน้ำเงิน) ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.680±0.250 และ 17.330±0.081 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบตั้งต้นอื่น ๆ ที่ฟอกสีและต้มเนื้อเยื่อด้วยความเข้มข้นต่างกัน

Table 2 The results of the coloring performance study by Hunter lab (color after extraction)

Example	NaOH	Hydrogen peroxide solution (H_2O_2)					
		5%			10%		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Corn dust	0.5 M	$45.110^{Ba}\pm0.065$	$2.390^{Bb}\pm0.464$	$18.900^{Ab}\pm0.258$	$44.560^{Bb}\pm0.553$	$2.340^{Ca}\pm0.156$	$18.300^{Ba}\pm0.233$
	1.0 M	$45.849^{Ba}\pm0.717$	$2.223^{Ba}\pm0.286$	$18.490^{Aa}\pm0.170$	$45.234^{Bb}\pm0.392$	$2.140^{Ca}\pm0.035$	$19.157^{Ca}\pm0.041$
Corn cob	0.5 M	$38.900^{Cb}\pm0.359$	$4.600^{Cb}\pm0.364$	$20.130^{Cb}\pm0.257$	$41.820^{Ca}\pm0.649$	$2.570^{Ca}\pm0.113$	$18.320^{Ba}\pm0.136$
	1.0 M	$37.895^{Cb}\pm0.941$	$4.122^{Ca}\pm0.316$	$20.846^{Ca}\pm0.619$	$40.879^{Ba}\pm0.133$	$1.454^{Ba}\pm0.231$	$18.640^{Ba}\pm0.301$
Corn husk	0.5 M	$48.120^{Ab}\pm0.179$	$1.220^{Ab}\pm0.124$	$19.510^{Bb}\pm0.367$	$53.160^{Aa}\pm0.456$	$0.680^{Aa}\pm0.250$	$17.330^{Aa}\pm0.081$
	1.0 M	$48.653^{Ab}\pm0.564$	$1.491^{Ab}\pm0.130$	$18.022^{Ab}\pm0.048$	$54.029^{Aa}\pm0.146$	$1.001^{Ba}\pm0.096$	$17.546^{Aa}\pm0.011$

ABC is the comparison of concented of NaoH; ab is the comparison of concented of H_2O_2.

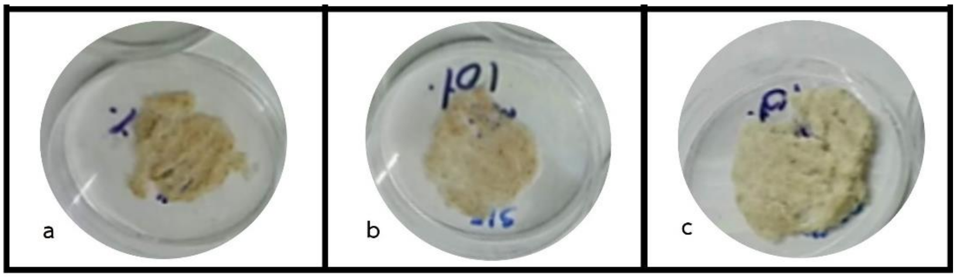


Figure 1 Characteristics of extracted carboxymethylcellulose from corn waste; (a) corn cob, (b): corn dust (c) corn husk by bleaching with H_2O_2 10% and NaOH 0.5%

ผลการทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง และระดับการแทนที่ (DS) ของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สกัดได้เปรียบเทียบกับซีเอ็มซีทางการค้า

ผลความเป็นกรด-ด่างของซีเอ็มซีที่วัดได้หลังจากการผสมน้ำ (Table 4) พบว่า ความเป็นกรด-ด่างของซีเอ็มซีที่สกัดจากเปลือกข้าวโพด ในสภาวะที่ฟอกสีด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และต้มเนื้อเยื่อด้วยสารละลาย NaOH 0.5 โมลาร์ เท่ากับ 5.64±0.026 และซีเอ็มซีทางการค้ายี่ห้อเคมีภัณฑ์ เท่ากับ 4.31±0.021 ไม่มีความแตกต่างกันกับความเป็นกรดด่างของซีเอ็มซีทางการค้า และผลการทดสอบคุณสมบัติของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสด้านปริมาณที่สกัดได้เปรียบเทียบกับซีเอ็มซียี่ห้ออื่นด้วยวิธีระดับการแทนที่ (Table 3) พบว่า ความสำเร็จของปฏิกิริยาการเกิดซีเอ็มซีประเมินจากค่าระดับการแทนที่ของหมู่คาร์บอกซีเมทิลในเซลลูโลส หรือ DS ตามมาตรฐาน ASTM D 1439-03 ซึ่งมีหลักการ คือ ละลายซีเอ็มซีที่สกัดได้และซีเอ็มซีทางการค้าในกรดไนตริกเข้มข้น เพื่อให้หมู่ไนเตรทไปแทนที่หมู่คาร์บอกซีเมทิลในซีเอ็มซีได้เป็นซีเอ็มซีในรูปกรด (Acid CMC) แล้วทำการล้างกำจัดกรดส่วนเกินออกด้วยเอทานอล นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 °ซ นำซีเอ็มซีในรูปกรดที่อบแห้งเรียบร้อยแล้วไปละลายใน NaOH ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ เพื่อเปลี่ยนซีเอ็มซีในรูปกรดให้เป็นซีเอ็มซีเกลือโซเดียมที่ละลายได้ แล้วไทเทรตสารละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก พบว่า ซีเอ็มซีที่สกัดได้มีค่าระดับการแทนที่น้อยกว่าซีเอ็มซี (Kanokphanon *et al.*, 2017)

Table 3 The pH test results of extracted CMC compared with commercial CMC

Example	pH	DS
Extracted carboxymethyl cellulose	5.64±0.026	0.2767±0.0015
Commercial carboxymethyl cellulose	4.31±0.021	0.2855±0.0009
F-test	**ns**	**ns**

ผลการทดสอบคุณสมบัติความคงตัวของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สกัดได้เปรียบเทียบกับซีเอ็มซีทางการค้า

นำซีเอ็มซีที่ให้ผลดีที่สุดและซีเอ็มซีทางการค้า มาอย่างละจำนวน 1 ก. ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กละลายน้ำ 5 ลบ.ซม. แล้วเทใส่ลงในจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้ 24 ชม. เพื่อทดสอบความคงตัว (Figure 3) และเตรียมดินที่ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ ในการทดสอบการฝังกลบ โดยมีการเตรียมดินเป็นตัวกำหนดความลึกของดินตามต้องการและมีผลไปถึงการรักษาคุณสมบัติของดินและความชื้นในดิน ทำให้ดินร่วนระบายน้ำและอากาศได้ดีเพื่อฆ่าเชื้อโรคในดิน และแมลงศัตรูที่อยู่ในดินป่าเต็งรังจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบการย่อยสลายโดยตัดชิ้นส่วนของซีเอ็มซีขนาด 1x1 ตร.ซม. (Figure 2) นำไปฝังในดินที่เตรียมไว้ในภาชนะลึก 10 ซม. โดยภายใน 1 ภาชนะจะมีชิ้นส่วนของซีเอ็มซีจำนวน 10 ชิ้น ซึ่งจะใช้ความชื้นของดินที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน คือ 0, 12, 24, 36, 48, 60 และ 72 ชม. (Figure 3) สังเกตและบันทึกผลจากการทดลอง (Table 4)

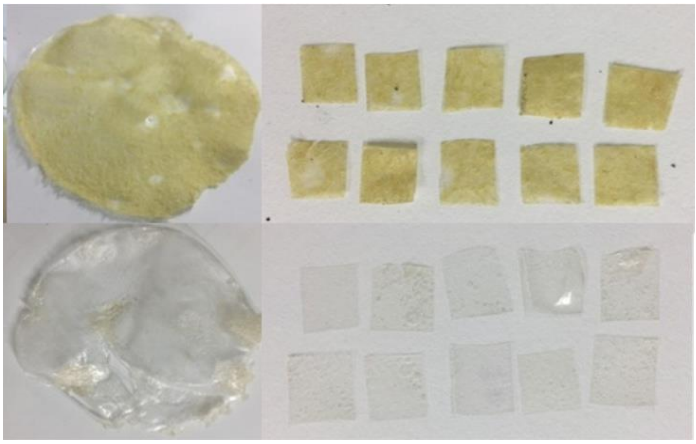


Figure 2 CMC products that have been tested for degradation by cutting a piece of CMC size 1x1 cm^2

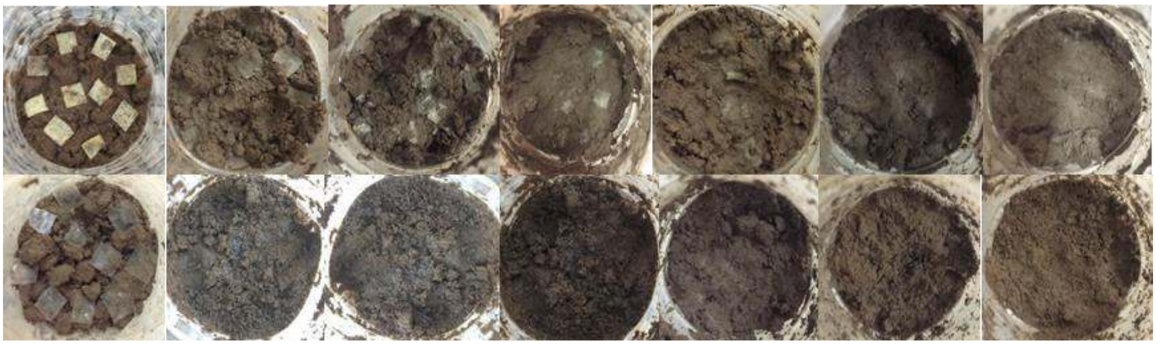


Figure 3 The results of degradation testing of CMC components buried in the soil, depth of 10 cm

Table 4 The results of degradation testing of CMC components buried in the soil, depth of 10 cm

Example	Time (Hour)						
	0	**12**	**24**	**36**	**48**	**60**	**72**
CMC extractable	50	80	80	80	80	100	100
CMC commercial	50	100	100	100	100	100	100

ผลการทดสอบคุณสมบัติการแพ้ของสารคาร์บอกซีเมทลิเซลลูโลสที่สกัดได้เปรียบเทียบกับซีเอ็มซีทางการค้า

การทดสอบอาการแพ้ของซีเอ็มซีที่สกัดได้ที่เป็นของเหลวใสและของเหลวขุ่น รวมถึงซีเอ็มซีของทางการค้า พบว่า ในชั่วโมงที่ 12, 24, 36 และ 48 ผู้ทดสอบทั้ง 30 คนไม่มีอาการแพ้ใด ๆ

วิจารณ์ผลการวิจัย

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (ซีเอ็มซี) จากฝุ่น ซัง เปลือกข้าวโพดที่สกัดได้ในครั้งนี้ พบว่าซีเอ็มซีจากเปลือกข้าวโพดที่แช่สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% ให้สีที่ใสและอ่อนที่สุด หลังจากนั้นได้นำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สกัดได้จากฝุ่นข้าวโพด ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพดมาผสมกับน้ำในหลอดทดลอง พบว่า ซีเอ็มซีจากเปลือกข้าวโพดที่แช่สารละลาย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% ให้สีที่อ่อนที่สุด ซึ่งซีเอ็มซีจากฝุ่นข้าวโพด ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพดไม่มีตัวอย่างใดมีกลิ่น สอดคล้องกับการทดลองของ Saengju *et al*. (2008) กล่าวว่าซีเอ็มซีนั้นไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ Phanomwong *et al*. (2018) ทดสอบสมบัติของสารสกัดซีเอ็มซีจากก้านผักตบชวาและใบธูปฤาษี พบว่าเป็นสารซีเอ็มซีที่มีสีขาว และไม่มีกลิ่น เมื่อนำซีเอ็มซีจากฝุ่นข้าวโพด ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพด 5% และ 10% มาวิเคราะห์ค่า L* a* และ b* เปรียบเทียบกันทั้งแนวตั้งและแนวนอน พบว่าซีเอ็มซีจากเปลือกข้าวโพดที่แช่สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% ให้ค่า L* เท่ากับ 53.160 ค่า a* เท่ากับ 0.680 และ ค่า b* เท่ากับ 17.330 จะเห็นได้ว่าเปลือกข้าวโพดนั้นจะให้ค่า L* สีใส โปร่งแสงสูงที่สุด และให้ค่า a* และค่า b* ต่ำสุด เหมาะแก่การใช้เป็นสารเคลือบและสารปรับสภาพผิวมากกว่าซีเอ็มซีจากเปลือกข้าวโพดที่แช่สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5 % สอดคล้องกับการทดลองของ Bono *et al.* (2009) ที่เตรียมซีเอ็มซีจากกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม มีค่า DS เท่ากับ 0.68 สามารถละลายน้ำได้ดี มีค่าความสว่าง (L*) 85.82 ค่าแสดงความเป็นสีแดงหรือเขียว (a*) -0.67 และค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน (b*) 18.05 และสอดคล้องกับการทดลองของ Rattanaweeladirot and Kunthon (1998) ศึกษาสมบัติของซีเอ็มซีจากกากอ้อย พบว่าซีเอ็มซีที่สกัดได้เป็นผงละเอียด ให้สีขาว ฟู และมีน้ำหนักเบา มีค่าความสว่าง (L*) สูง และมีค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลง และสอดคล้องกับการทดลองของ Saengju *et al.* (2008) ศึกษาสมบัติของซีเอ็มซีจากฟางข้าว พบว่าซีเอ็มซีที่สกัดได้มีค่าความสว่าง L* เท่ากับ 93.60 และมีค่าสีแดง a* เท่ากับ 0.47 และค่าสีเหลือง b* เท่ากับ 3.10 หลังจากนั้นนำซีเอ็มซีที่สกัดได้จากเปลือกข้าวโพดมาวัดค่า pH ได้เท่ากับ 5.64 และสารซีเอ็มซีทางการค้าให้ค่า pH เท่ากับ 4.31 ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Phanomwong *et al*. (2018) ศึกษาสมบัติของสารซีเอ็มซีที่สกัดได้จากก้านผักตบชวาและใบธูปฤาษี พบว่าสารที่สกัดได้จากผักตบชวาให้ค่า pH เท่ากับ 7.0 และไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jinnaphan *et al.* (2012) กล่าวว่า ซีเอ็มซีจากเยื่อฟางข้าวมีค่า pH เท่ากับ 7.5 เมื่อนำมาศึกษาระดับการแทนที่ พบว่าซีเอ็มซีที่ได้มีค่าระดับการแทนทีของหมู่คาร์บอกซีเมทิลในโครงสร้างของเซลลูโลสจากเปลือกข้าวโพด (DS) เท่ากับ 0.2767 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทางการค้า (DS มีค่าเท่ากับ 0.2855) โดยค่า DS เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการละลายน้ำ ถ้าค่า DS ต่ำกว่า 0.4 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ได้จะพองตัว แต่ไม่ละลายน้ำ แต่ถ้ามีค่ามากกว่า 0.4 ขึ้นไป ซีเอ็มซีจะสามารถละลายน้ำได้ ดังนั้น ซีเอ็มซีจากแปลือกข้าวโพดที่สังเคราะห์ได้จึงละลายน้ำได้ไม่ดี ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rachtanapun *et al.* (2012) ทำการสังเคราะห์ซีเอ็มซีจากเปลือกทุเรียน ให้ค่า DS ประมาณ 0.56 และไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rattanaweeladirot and Kunthon (1998) ที่ได้เตรียมซีเอ็มซีจาก

ชานอ้อย พบว่า มีค่า DS เท่ากับ 0.79 และสามารถละลายน้ำได้ดี อย่างไรก็ตามปริมาณ ค่า DS ในเซลลูโลสที่สกัดได้มีค่าที่แตกต่างจากการศึกษาของ Rachtanapun *et al.* (2012) และ Rattanaweeladirot and Kunthon (1998) อาจเกิดจากการใช้พืชหรือวัตถุดิบตัวอย่างและกระบวนการสกัดที่แตกต่างกันจึงทำให้ผลค่าระดับการแทนที่ค่อนข้างแตกต่างกัน เมื่อนำฟิล์มซีเอ็มซีที่สกัดได้มาทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ พบว่าเกิดการย่อยสลายได้ดีหรือไม่มีฟิล์มเหลืออยู่ในดิน ภายในระยะเวลา 60 ชม. ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Tengrang *et al*. (2015) ได้นำฟิล์มซีเอ็มซีมาทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ พบว่าไม่มีฟิล์มเหลืออยู่ในดินจุดที่ฝังกลบ และฟิล์มทุกตัวสามารถย่อยสลายได้ภายในระยะเวลา 24 ชม. ด้วยการฝังกลบในดินสำหรับปลูกต้นไม้ ที่ระดับความลึก 10 ซม. มีความชื้นในดินมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และฟิล์มซีเอ็มซีทางการค้าเมื่อนำมาทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ พบว่าไม่มีฟิล์มเหลืออยู่ในดิน ภายในระยะเวลา 24 ชม. ที่ระดับความลึก 10 ซม. มีความชื้นในดินโดยประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Tengrang *et al.* (2015) ได้นำฟิล์มซีเอ็มซีมาทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ พบว่าไม่มีฟิล์มเหลืออยู่ในดินจุดที่ฝังกลบ ฟิล์มทุกตัวสามารถย่อยสลายได้ภายในระยะเวลา 24 ชม. ด้วยการฝังกลบในดินสำหรับปลูกต้นไม้ที่ระดับความลึก 10 ซม. มีความชื้นในดินมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุที่ฟิล์มซีเอ็มซีที่สกัดได้ย่อยสลายได้ช้ากว่าฟิล์มซีเอ็มซีทางการค้า เนื่องจากฟิล์มซีเอ็มซีทางการค้าเป็นพลาสติกที่ละลายน้ำได้ดีมากกว่าซีเอ็มซีที่สกัดได้ เมื่อฝังในดินที่มีความชื้นสูงจึงเกิดการย่อยสลายได้ดีกว่าซีเอ็มซีที่สกัดได้

สรุปผลการวิจัย

สารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (ซีเอ็มซี) ที่ดีที่สุดที่สกัดได้จากเปลือกข้าวโพดที่แช่สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% ให้สีที่ใสที่สุดและไม่มีกลิ่น เกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้ภายในระยะเวลา 60 ชม. เมื่อนำไปทดสอบอาการแพ้ พบว่าอาสาสมัครทั้ง 30 คน ไม่มีอาการแพ้ใด ๆ แสดงว่าซีเอ็มซีที่สกัดได้จากเปลือกข้าวโพดนั้นสามารถเป็นสารเคลือบ ใช้เป็นส่วนผสมของสารปรับสภาพผิวได้ นำไปใช้ในการเคลือบผิวผลไม้ ทำเป็นแผ่นฟิล์มเคลือบอาหาร เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง และอื่น ๆ อีกมากมาย การศึกษาการผลิตสารซีเอ็มซีจากข้าวโพดอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่เศษเหลือทิ้งจากข้าวโพดอาหารสัตว์ และลดปัญหาจากการเผาไหม้ที่จะเกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตลง โดยงานวิจัยนี้ได้ทดสอบปัจจัยทางกายภาพบางประการ ได้แก่ การสังเกตสี กลิ่น ลักษณะทางกายภาพด้วยเครื่อง Hunter lab ค่า pH ระดับการแทนที่ ความคงตัว และอาการแพ้ต่อผิวของอาสาสมัคร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Bono, A., P.H. Ying, F.Y. Yan, C.L. Muei, R. Sarbatly and D. Krishnaiah. 2009. Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose from Palm Kernel Cake. **Advances in Natural and Applied Sciences** 3(1): 5-11.

Gouhua, Z., L. Ya, F. Cuilan, Z. Min, Z. Caiqiong and C. Zongdao. 2006. Water resistance, mechanical properties and biodegradability of methylated cornstarch/poly(vinyl alcohol) blend film. **Polymer Degradation and Stability** 91(4): 703-711.

Kanokphanon, S., S. Intaphan, and A. Bunsiri. 2017. The use of coconut hulls as a material through cellulose extraction. **Academic and Research Journal, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon** 4(4): 521-581. [in Thai]

Khunphaphdileis, S. 2017. **Assessment The potential of biogas production from agricultural waste in the north.** 107 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Chiang Mai University. [in Thai]

Jinnaphan, N., J. Sangsuwan, S. Sutthasupha and S. Khamthai. 2012. Properties of carboxymethyl cellulose film from rice straw pulp. **Journal of Agricultural Science** 43(33): 616-620. [in Thai]

Laceiyk, L. 2015. **Corncob burning : smog problem.** 34 p. *In* Research Report. Bangkok office of the permanent secretary for ministry of agriculture and cooperatives. [in Thai]

Phanomwong, K., S. Paveechochai and A. Dxkmingam. 2018. **Studies carboxylic methyl cellulose from water hyacinth to be used as Skin conditioner ingredients.** 27 p. *In* Research Report. Nonthaburi: Debsirin Nonthaburi school. [in Thai]

Rachtanapun, P., S. Luangkamin, K. Tanprasert and R. Suriyatem. 2012. Carboxymethyl cellulose film from durian rind. **LWT - Food Science and Technology** 48(1): 52-58.

Rattanaweeladirot, P. and S. Kunthon. 1998. **The Synthetic carboxymethyl cellulose from bagasse.** 52 p. *In* Research Report. Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]

Rudnik, E. and D. Briassoulis. 2011. Degradation behaviour of poly (lactic acid) films and fibers in soil under Mediterranean field conditions and laboratory simulations testing. **Industrial Crops and Products** 33(3): 648-658.

Saengju, N., C. Putnual, W. Pongsakchat, K. Limrungrueangrat and A. Sangnak. 2008. Methods and conditions suitable for bud production carboximethyl cellulose from rice straw. **Journal of Research and Development KMUTT** 31(4): 797-809. [in Thai]

Tengrang, S., P. Xenmak, N. Liapwan, K. Loylert, S. Sukhakasem, W. Watthanawichit, K. Satayuthu, S. Klinkachorn, J. Rattanasakuntham and S. Changpraserith. 2015. **Research and development of packing degradable products from agricultural products.** p. 198. In Research and development package report. Bangkok Office of Postharvest and Product Processing Research and Development, Farmers' Products, Agriculture. [in Thai]

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร่วมกับสารสกัดหยาบจากห้อม เห็ดเยื่อไผ่ และวอเตอร์เครส เพื่อประยุกต์ใช้เป็นเครื่องสำอาง

Carboxymethyl Cellulose with Crude Extracts of Hom, Bamboo Mushroom Mucus and Vegetable Watercress for Cosmetics Application

ณัฐพร จันทร์ฉาย* มนสิชา จำปาทาส และอัญศญา บุญประจวบ

Nuttaporn Chanchay*, Monsicha Jumpatase and Ansaya Boonprajaub

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

Agro-Industrial Biotechnology, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: nuttapornchanchay@gmail.com

Abstract

Carboxymethyl cellulose (CMC) is highly soluble, non-hazardous to users and biodegradable. When combined formulation with antioxidants such as rutin from Hom, allantoin from bamboo mushroom mucus and vitamin C from watercress, it was found that the formula containing CMC from fodder corn husks 0.25 g + 0.25 g rutin extract from Hom, 1 ml of allantoin from bamboo pulp and 0.25 ml of vitamin C from watercress, added to 10 ml of distilled water gave the highest satisfaction value. Increased skin moisture from 21.16 percent to 27.55 percent, and average sebum increased from 28.02 percent to 28.27 percent. Therefore, CMC, an ingredient in skin conditioning agents, together with rough extracts from Hom, bamboo mushroom mucus and vegetable watercress were effective, can help add moisture to the skin can be applied as a cosmetic.

Keywords: conditioner, carboxymethyl cellulose, rutin, allantion, ascorbic acid

บทคัดย่อ

สารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดี ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้และสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ เมื่อนำมาประกอบสูตรตำรับร่วมกับสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกรูตินจากห้อม สารอัลลันโทอินจากเมือกเห็ดเยื่อไผ่ และวิตามินซีจากผักวอเตอร์เครส พบว่า สูตรตำหรับที่ประกอบด้วย CMC จากเปลือกข้าวโพดอาหารสัตว์ 0.25 กรัม+สารสกัดหยาบรูตินจากห้อม 0.25 กรัม สารอัลลันโทอินจากเมือกเห็ดเยื่อไผ่ 1 มิลลิลิตร และวิตามินซีจากผักวอเตอร์เครส 0.25 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ให้ค่าความพึงพอใจมากที่สุด ให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวเพิ่มจาก 21.16 เปอร์เซ็นต์ เป็น 27.55 เปอร์เซ็นต์ และให้ค่าความมันเฉลี่ยเพิ่มจาก 28.02 เปอร์เซ็นต์ เป็น 28.27 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น สารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่เป็นส่วนผสมในสารปรับสภาพผิวร่วมกับสารสกัดหยาบจากห้อม เมือกเห็ดเยื่อไผ่ และผักวอเตอร์เครส มีประสิทธิภาพสามารถช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิวสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องสำอาง

คำสำคัญ: สารปรับสภาพผิว คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส สารต้านอนุมูลอิสระจำพวกรูติน สารอัลลันโทอิน วิตามินซี

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีครีมหรือเครื่องสำอางบำรุงผิวมากมายหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบได้มีนวัตกรรมที่แตกต่างกันออกไปมีทั้งที่ดีและไม่ดี มีทั้งที่ปลอดภัยและที่ไม่ปลอดภัย มีผู้ประกอบการได้หาช่องทางในการเอาเปรียบผู้บริโภคในหลาย ๆ รูปแบบ หนึ่งในนั้นคือ การใส่สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสารเคมีอันตรายเหล่านี้มักจะทำให้ได้ผลดีและสามารถเห็นผลได้ชัดเจน เช่น สารเร่งผิวขาว และสารลดฝ้า แต่สารเคมีอันตรายเหล่านี้มักส่งผลเสียในระยะยาวต่อสุขภาพของผู้บริโภคไม่ว่าจะเป็นโรคมะเร็งหรือในบางกรณีอาจจะเกิดอาการแพ้สารเคมีจนทำให้มีผื่นแดง เกิดการอักเสบของผิวหนังและอาจถึงแก่ชีวิตได้ ด้วยเหตุนี้เพื่อลดการใช้สารเคมีในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง จึงได้มีการศึกษาสารชีวภัณฑ์ที่ช่วยในเรื่องของการบำรุงผิว ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการเพิ่มความชุ่มชื้น ลดรอยเหี่ยวย่น กระตุ้นการสร้างคอลลาเจน ลดจุดด่างดำ และลดการอักเสบของสิว เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภค และส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์ที่ได้จากพืชท้องถิ่นมาเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางบำรุงผิวมากยิ่งขึ้น

สารอัลลันโทอิน (Allantoin) ในเห็ดเยื่อไผ่ ซึ่งมีลักษณะเป็นเจลเข้มข้น มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Smiderle *et al.,* 2014) ลดการระคายเคืองของผิว (Bedlovicova *et al.,* 2016) เพิ่มความชุ่มชื้น ฟื้นฟูเซลล์ผิวที่เสื่อมสภาพ ช่วยกระตุ้นให้เซลล์ผิวมีการเจริญเติบโตและแข็งแรง ช่วยซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอของผิวหนัง ช่วยลดอาการอักเสบต่าง ๆ ให้ได้ผลดี (Smiderle *et al.,* 2014) ช่วยต่อต้านอาการระคายเคืองและอาการแพ้ต่าง ๆ ช่วยให้ผิวหนังชั้นนอกที่เสื่อมสภาพแล้วหลุดลอกออกไป กระตุ้นให้เกิดการสร้างเซลล์ผิวใหม่ที่สมบูรณ์ขึ้นมาทดแทน ทำให้ผิวชุ่มชื้นอ่อนนุ่มไม่หยาบกร้าน มีผู้นำสารชนิดนี้ไปเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ เพื่อรักษาสิว และยาทาแผล เพื่อให้รอยแผลจากการเป็นสิวและแผลอักเสบได้รับการสมานและหายเร็วขึ้น นอกจากนั้น ยังช่วยลดการเกิดแผลเป็นจากสิวอย่างได้ผลและมีประสิทธิภาพสูง ผู้ผลิตและจำหน่ายสกินแคร์และเครื่องสำอางหันมาใช้อัลลันโทอินที่เป็นสารสกัดจากธรรมชาตินี้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว

เพื่อเน้นเรื่องของการช่วยให้มีผิวที่เรียบเนียนมากขึ้น (Chang and Miles, 2004) สารต้านอนุมูลอิสระจำพวก รูติน (Rutin) พบได้ในต้นห้อมช่วยให้วิตามินซีถูกดูดซึมไปทำงานได้ดียิ่งขึ้น ช่วยในการสร้างคอลลาเจน ต้านอนุมูลอิสระ ชะลอการเกิดริ้วรอยบนผิวหนัง ซ่อมแซมและให้ความแข็งแรงของเซลล์ผิว ผิวพรรณดีมีความยืดหยุ่น เมื่อวิตามินซีทำงานร่วมกับสารกลุ่มไบโอฟลาโวนอยด์จะช่วยให้ระบบการไหลเวียนเลือดดี เพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังหลอดเลือดฝอย ลดรอยฟกช้ำ ป้องกันหลอดเลือดเปราะแตกง่าย และช่วยลดอาการเส้นเลือดขอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kanika and Dinesh, 2019) วิตามินซี (Ascorbic acid) จากผักวอเตอเครส สามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพผิวพรรณ สร้างเซลล์ผิวใหม่ ป้องกันการเกิดริ้วรอยก่อนวัย ช่วยต้านการเกิดเม็ดสีเมลานินอันเป็นต้นเหตุของการเกิดฝ้า เร่งกระบวนการรักษาแผล โดยเฉพาะแผลที่ถูกไฟไหม้ น้ำร้อนลวก (Damsup and Bumee, 2017) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี (Carboxymethyl cellulose; CMC) เป็นไฮโดรคอลลอยด์เป็นของแข็ง สีขาว ไม่มีกลิ่น-รส ไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ละลายน้ำได้ดี มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ช่วยในการยึดเกาะและเป็นสารคงสภาพ ซึ่งสามารถสกัดได้จากพืชหลายชนิด เช่น เปลือกข้าวโพดอาหารสัตว์ (Rachtanapun *et al.*, 2012)

ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการประกอบตำรับเครื่องสำอางเพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่พืชพื้นเมือง และลดการใช้สารเคมีลง โดยนำของเหลือทิ้งจากข้าวโพดอาหารสัตว์มาสกัดเป็นซีเอ็มซีที่ใช้เป็นสารปรับสภาพผิวในเครื่องสำอางร่วมกับรูตินที่สกัดจากห้อม (Assam indigo) สารอัลลันโทอินจากเห็ดเยื่อไผ่ (Bamboo mushroom) และวิตามินซีจากผักวอเตอร์เครส (Watercress) ในปริมาณต่าง ๆ และนำมาทดสอบความพึงพอใจ และทดสอบประสิทธิภาพความชุ่มชื้น เพื่อประยุกต์ใช้เป็นเครื่องสำอาง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี

นำเปลือกข้าวโพดแห้ง 10 ก. โดยเติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 250 มล. คนให้เข้ากัน จากนั้นปิดด้วยพลาสติกห่อหุ้มอาหารตั้งทิ้งไว้ 2 ชม. (ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง) แล้วล้างน้ำสะอาด กรองด้วยตะแกรง แล้วไปอบที่อุณหภูมิ 55 °ซ. จนแห้ง จากนั้นนำมาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 400 มล. คนให้เข้ากัน จากนั้นนำไปต้มบน Hot plate ตั้งค่าที่ความแรง เบอร์ 2 เมื่อเดือดจึงค่อยปรับระดับลงเหลือเบอร์ 1 จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 3 ชม. นำไปอบที่อุณหภูมิไว้ที่ 55 °ซ. เป็นเวลา 15-24 ชม. ทำซ้ำ ได้ผงเซลลูโลสจากเปลือกข้าวโพด 5 ก. ชั่งกรดคลอโรอะซิติก 8 ก. นำมาละลายในสารละลายไอโซโพรพานอลที่ตวง 20 มล. ตวงสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 40 มล. จากนั้นเติมลงในบีกเกอร์ที่มีผงเซลลูโลส แช่ไว้ 30 น. จากนั้นปิดด้วยพลาสติกห่อหุ้มอาหาร และนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 55 °ซ. เป็นเวลา 3.5 ชม. แล้วกรองส่วนที่เป็นของเหลวทิ้ง จากนั้นนำเนื้อเซลลูโลสใส่สารละลายเมทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ แล้วปรับให้เป็นกลางด้วยกรดซิตริก 90 เปอร์เซ็นต์ สุดท้ายกรองของเหลวทิ้ง และแช่เนื้อด้วยสารละลายเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ แช่ไว้ 10 นาที แล้วกรองของเหลวทิ้ง (ทำซ้ำเป็นเวลา 5 ครั้ง) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 55 °ซ. เป็นเวลา เป็นเวลา 24 ชม. จนได้เป็นผงคาร์บอกซี

เมทิลเซลลูโลส (ซีเอ็มซี) จากเปลือกข้าวโพด แล้วเก็บในกล่องพลาสติกใสขนาดเล็ก นำซีเอ็มซี จำนวน 1 ก. ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กละลายน้ำ 5 ลบ.ซม. แล้วคนด้วยแท่งแก้วคนสารให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 15 น. คนด้วยแท่งแก้วคนสารอีกครั้ง

การเตรียมสารสกัดหยาบจากห้อม และการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกรูติน

ทำการเก็บห้อมใบใหญ่สายพันธุ์ *Baphicacanthus cusia* voucher จากพื้นที่บ้านนาตอง จังหวัดแพร่ มาล้างทำความสะอาดแล้วผึ่งให้น้ำแห้งที่อุณหภูมิห้อง (เวลาที่เก็บตัวอย่างก่อน 06.00 น.) และจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 °ซ. และทำการบดตัวอย่างให้ละเอียด น้ำหนักของตัวอย่างที่น้ำหนัก 100 กรัม (ดัดแปลงจาก Flesar *et al.,* 2010) นำตัวอย่างที่ได้มาสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกรูตินด้วยการสกัดแบบต่อเนื่องด้วยตัวทำละลาย คือ เมทานอล นำตัวอย่างที่ได้ชั่ง 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมเมทานอล 180 มล. แช่ทิ้งไว้เป็นเวลานาน 3 ชม. หลังจากนั้นนำสารที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไปประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 40-50 °ซ. จนกระทั่งสารสกัดหยาบ (Crude) ที่ได้แห้งสนิท จะได้สารสกัดหยาบ (ดัดแปลงจาก Boonpung and Tontaptimthong, 2009) หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกรูตินทั้งหมดในสารสกัดหยาบที่สกัดได้ เตรียมสารสกัดหยาบ 1 มล. ละลายด้วยเมทานอล 1 มล. ทิ้งไว้อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 425 นาโนเมตร (Ordonez *et al.,* 2006) เทียบกับกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน รูติน

การเตรียมสารสกัดหยาบจากเห็ดเยื่อไผ่ และการวิเคราะห์ปริมาณสารอัลลันโทอิน

นำตัวอย่างเมือกเห็ดเยื่อไผ่มาต้มกับน้ำแร่ที่อัตราส่วน (1 : 10) นำสารสกัดหยาบ 5 มล. ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มล. ละลายด้วยเมทานอล 10 มล. และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร เพื่อให้ได้ปริมาณความเข้มข้นของสารอัลลันโทอิน (Igile *et al.*, 2014) เทียบกับกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานสารอัลลันโทอิน

การเตรียมสารสกัดหยาบจากวอเตอร์เครส และการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

เก็บใบวอเตอร์เครส จากพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ (บ้านดิน) จังหวัดแพร่ มาล้างทำความสะอาดแล้วผึ่งให้น้ำแห้งที่อุณหภูมิห้อง (เวลาที่เก็บตัวอย่างก่อน 06.00 น.) และจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 °ซ. และทำการบดตัวอย่างให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างที่น้ำหนัก 100 กรัม (Flesar *et al.,* 2010) นำตัวอย่างที่ได้มาสกัดวิตามินซีด้วยการสกัดแบบต่อเนื่องด้วยตัวทำละลาย คือ น้ำกลั่น นำตัวอย่างมา 100 กรัม ใส่ลงในเครื่องปั่น เติมน้ำกลั่น 500 มล. จากนั้นปั่นให้ละเอียด กรองผ่านผ้าขาวบาง ถ่ายสารสกัดที่ได้ลงในขวดสีชา (Uawonggul *et al.*, 2017) จะได้สารสารสกัดหยาบ (Crude) นำสารสกัดหยาบที่ได้มา 0.5 มล. นำมาละลายในสารละลายบัฟเฟอร์ KH_2PO_4-H_3PO4, ที่ pH 3.0 ความเข้มข้น 0.02 โมลาร์ ต่อเมทานอล ในอัตราส่วน 1 : 20 โดยปริมาตร และทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (Damsup and Bumee, 2017) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานวิตามินซี

การศึกษาสารสกัดหยาบจากห้อม เมือกเห็ดเยื่อไผ่ และวอเตอร์เครสกับสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเพื่อนำมาเป็นส่วนผสมสารปรับสภาพผิว

ศึกษาเปรียบเทียบสารสกัดหยาบจากห้อม เมือกเห็ดเยื่อไผ่ และวอเตอร์เครสกับสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกข้าวโพดอาหารสัตว์เป็นส่วนผสมสำหรับสารปรับสภาพผิวสำหรับผู้ทดสอบ แต่ละชุดการทดลอง คือ

สูตรที่ 1: CMC จากข้าวโพดอาหารสัตว์ 0.25 กรัม (ในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร)

สูตรที่ 2: CMC ทางการค้า 0.25 กรัม (ในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร)

สูตรที่ 3: CMC จากข้าวโพดอาหารสัตว์ 0.25 กรัม (ผงถ่าน 0.5 กรัม + ผงทานาคา 0.5 กรัม + ผงดินสอพอง 0.5 กรัม + น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร)

สูตรที่ 4: CMC ทางการค้า 0.25 กรัม + (ผงถ่าน 0.5 กรัม + ผงทานาคา 0.5 กรัม + ผงดินสอพอง 0.5 กรัม + น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร)

สูตรที่ 5: CMC จากข้าวโพดอาหารสัตว์ 0.25 กรัม + สารสกัดหยาบจากห้อม 0.5 กรัม เมือกเห็ดเยื่อไผ่ 0.5 มิลลิลิตร และวอเตอร์เครส 0.5 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร

สูตรที่ 6: CMC จากข้าวโพดอาหารสัตว์ 0.25 กรัม + สารสกัดหยาบจากห้อม 0.25 กรัม เมือกเห็ดเยื่อไผ่ 0.25 มิลลิลิตร และวอเตอร์เครส 1 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร

สูตรที่ 7: CMC จากข้าวโพดอาหารสัตว์ 0.25 กรัม + สารสกัดหยาบจากห้อม 0.25 กรัม เมือกเห็ดเยื่อไผ่ 1 มิลลิลิตร และวอเตอร์เครส 0.25 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร

สูตรที่ 8: CMC จากข้าวโพดอาหารสัตว์ 0.25 กรัม + สารสกัดหยาบจากห้อม 1 กรัม เมือกเห็ดเยื่อไผ่ 0.25 มิลลิลิตร และวอเตอร์เครส 0.25 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร

นำทุกสูตรป้ายลงบนท้องแขนของอาสาสมัครจำนวน 30 คน (Figure 1) และนำมาวิเคราะห์โดยศึกษาความพึงพอใจของผู้ที่ได้รับการเผยแพร่การใช้สารปรับสภาพผิวที่มีส่วนผสมของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสกับอาสาสมัครด้วยแบบประเมินความพึงพอใจของผู้รับการเผยแพร่สารปรับสภาพผิว โดยมีรายการประเมินคุณสมบัติ 1) สีของสารปรับสภาพผิว 2) กลิ่นของสารปรับสภาพผิว 3) เนื้อสัมผัสของสารปรับสภาพผิวของผิวทดสอบ 4) การทำความสะอาด 5) ความรู้สึกขณะใช้ 6) ความสะอาดของผิว 7) ผิวสัมผัสหลังใช้ 8) ความพึงพอใจโดยรวม

Figure 1 The process of testing the satisfaction with volunteers in all 8 formulas

การทดสอบความชุ่มชื้นและความมันของผิว

เปิดรับอาสาสมัครจำนวน 30 คน ช่วงอายุ 20-25 ปี เพื่อทดสอบสารปรับสภาพผิว โดยการนำสารปรับสภาพผิวมาทาบนผิวหนังใต้ท้องแขนข้างที่ไม่ถนัด ปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานาน 5 นาที แล้วเช็ดออก จากนั้นจับเวลาอีก 5 นาที จนผิวแห้งสนิท นำเครื่องตรวจวัดความชุ่มชื้นผิว Digital Skin Facial Face Moisture Oil Analyzer Moni มาวัดค่าความชุ่มชื้นและความมันของผิวบริเวณที่ใช้สารปรับสภาพผิวดังกล่าว

การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญของสูตรที่ดีที่สุดหลังการผสมตำรับเครื่องสำอาง

หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกรูตินที่มีอยู่หลังประกอบสูตรตำรับเครื่องสำอาง โดยการเตรียมตำรับเครื่องสำอางที่ประกอบสูตรตำรับแล้ว 1 มล. ละลายด้วยเมทานอล 1 มล. ทิ้งไว้อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 425 นาโนเมตร (Ordonez *et al.*, 2006)

หาปริมาณสารอัลลันโทอินที่มีอยู่หลังประกอบสูตรตำรับเครื่องสำอาง โดยการเตรียมตำรับเครื่องสำอางที่ประกอบสูตรตำรับแล้ว 5 มล. ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มล. ละลายด้วยเมทานอล 10 มล. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร (Igile *et al.,* 2014)

หาปริมาณวิตามินซีที่มีอยู่หลังประกอบสูตรตำรับเครื่องสำอาง โดยการเตรียมตำรับเครื่องสำอางที่ประกอบสูตรตำรับแล้ว 0.5 มล. นำมาละลายในสารละลายบัฟเฟอร์ KH_2PO_4-H_3PO_4, pH 3.0 ความเข้มข้น 0.02 โมลาร์ต่อเมทานอลในอัตราส่วน 1 : 20 โดยปริมาตร และทิ้งไว้ 15 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (Damsup and Bumee, 2017)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลของการเตรียมสารสกัดหยาบจากห้อมและการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในรูติน

หลังจากการสกัดสารสำคัญออกมาเรียบร้อยแล้ว ได้นำสารสกัดหยาบที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกรูตินด้วยเทคนิค UV-Visible เทียบกับกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานรูติน (Table 1)

Table 1 Effects of crude extract preparation and quantitative analysis of rutin antioxidants

Coarse extract	Antioxidants of rutin (micrograms per milliliter)
Powder	38.33 ± 0.0776

ผลของการเตรียมสารสกัดหยาบจากเห็ดเยื่อไผ่และการวิเคราะห์ปริมาณสารอัลลันโทอิน

จากผลการศึกษา นำตัวอย่างเมือกเห็ดเยื่อไผ่มาต้มกับน้ำแร่ที่อัตราส่วน (1 : 10) จะได้สารสกัดหยาบออกมา หลังจากนั้นนำไปวัดปริมาณสารอัลลันโทอินจากสารสกัดหยาบที่สกัดได้จากเมือกเห็ดเยื่อไผ่ ด้วยเทคนิค UV-Visible เทียบกับกราฟมาตรฐานของสารอัลลันโทอิน (Table 2)

Table 2 The results of crude extract from bamboo pulp mushroom and allantoin content analysis

Coarse extract	Allantoin content (Micrograms per milliliter)
Bamboo mushroom mucus	25.82 ± 0.1870

ผลของการเตรียมสารสกัดหยาบจากวอเตอร์เครส และการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

Table 3 The results of the analysis of vitamin C content from watercress vegetables

Coarse extract	Vitamin C content (micrograms per milliliter)
Watercress	62.73 ± 0.0566

ผลการศึกษาสารสกัดหยาบจากห้อม เมือกเห็ดเยื่อไผ่ และวอเตอร์เครสกับสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เพื่อนำมาเป็นส่วนผสมสารปรับสภาพผิว

นำตำรับเครื่องสำอาง ทั้ง 8 สูตรป้ายลงบนท้องแขนของอาสาสมัครจำนวน 30 คน และนำมาวิเคราะห์โดยศึกษาความพึงพอใจของผู้ที่ได้รับการเผยแพร่การใช้สารปรับสภาพผิวที่มีส่วนผสมของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากของเหลือทิ้งข้าวโพดอาหารสัตว์กับอาสาสมัครด้วยแบบประเมินความพึงพอใจของผู้รับการเผยแพร่สารปรับสภาพผิว พบว่า อาสาสมัครพึงพอใจตำรับที่ 5 มากที่สุดอาจเนื่องมาจากตำรับที่ 5 มีส่วนผสมของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากข้าวโพดอาหารสัตว์ที่สกัดได้ 0.25 กรัม + สารสกัดหยาบจากห้อม 0.25 กรัม เมือกเห็ดเยื่อไผ่ 1 มล. และวอเตอร์เครส 0.25 มล. ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 10 มล. ทำให้สามารถล้างออกได้ง่ายและไม่มีสิ่งตกค้างหรือสีที่ล้างไม่ค่อยออก อีกทั้งยังให้ผิวสัมผัสหลังใช้ที่ให้ความรู้สึกนุ่มชุ่มชื้นมากกว่าสารปรับสภาพผิวสูตรที่ 2 ที่มีส่วนผสมของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทางการค้า 0.25 กรัม + ผงถ่าน 0.5 กรัม + ผงทานาคา 0.5 กรัม + ผงดินสอพอง 0.5 กรัม + น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ที่ให้ความรู้สึกหลังใช้ตรึง และรู้สึกแห้งจนเกินไป

ผลการทดสอบความชุ่มชื้นและความมันของผิว

นำสารปรับสภาพผิวที่อาสาสมัครพึงพอใจมากที่สุดมาทาบนผิวหนังใต้ทองแขนข้างที่ไม่ถนัด ปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานาน 30 นาที แล้วลอกออก นำเครื่องตรวจวัดความชุ่มชื้นผิว Digital Skin Facial Face Moisture Oil Analyzer Moni มาวัดค่าความชุ่มชื้นและความมันของผิวบริเวณที่ใช้สารปรับสภาพผิว (Figure 2)

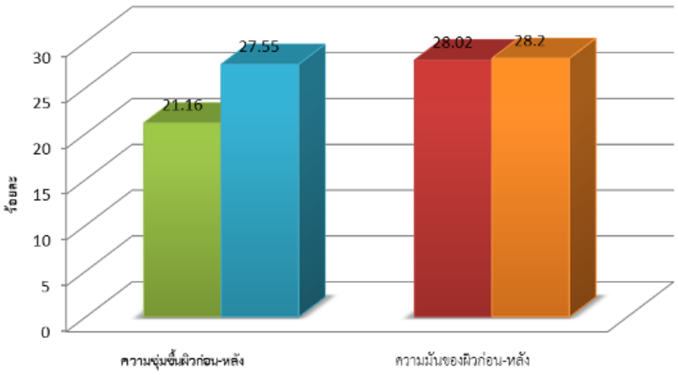


Figure 2 Percentage of skin moisture and oil test results before-after using cosmetic formulas of volunteers

ปริมาณสารสำคัญหลังการประกอบสูตรที่ดีที่สุด

หลังการประกอบตำรับเครื่องสำอางทดสอบความพึงพอใจเรียบร้อยแล้ว จะได้ตำรับที่ดีที่สุด นำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกรูติน สารอัลลันโทอิน และวิตามินซีหลังประกอบตำรับเครื่องสำอาง (Table 4)

Table 4 The best content of active ingredients after formulation

Example	Important substance content (micrograms per milliliter)
Rutin	29.34 ± 0.023
Allantoin	10.29 ± 0.665
Vitamin C	29.96 ± 0.392

จาก Table 4 หลังจากที่ได้ประกอบสูตรตำรับเครื่องสำอางที่ได้รับความพึงพอใจมากที่สุดขึ้นมานั้น พบว่าปริมาณสารสำคัญที่ได้จากห้อม เห็ดเยื่อไผ่ และผักวอเตอร์เครส มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกรูตินที่ได้จากห้อมเท่ากับ 29.34 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จาก 38.33 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารอัลลันโทอินที่ได้จากเมือกเห็ดเยื่อไผ่ เท่ากับ 10.29 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จาก 25.82 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และมีปริมาณวิตามินซีที่ได้จากผักวอเตอร์เครส เท่ากับ 29.96 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จาก 62.73 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ซึ่งปริมาณสารทั้ง 3 ชนิดจะมีปริมาณที่ลดลงจากปริมาณเริ่มต้นก่อนการประกอบสูตรต้นตำรับ

วิจารณ์ผลการวิจัย

การสกัดสารสกัดหยาบจากห้อม เมือกเห็ดเยื่อไผ่ และผักวอเตอร์เครส แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบจากห้อมให้ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกรูติน เท่ากับ 38.33 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดหยาบจากเมือกเห็ดเยื่อไผ่ให้ปริมาณสารอัลลันโทอิน เท่ากับ 25.84 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดหยาบจากผักวอเตอร์เครสให้ปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 62.73 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นได้ทำการประกอบตำรับสูตรเครื่องสำอาง 8 ตำรับ เพื่อทดสอบความพึงพอใจกับอาสาสมัคร พบว่า เมื่อวัดปริมาณของสารที่คงอยู่หลังการประกอบตำรับ มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกรูตินที่ได้จากห้อม เท่ากับ 29.34 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารอัลลันโทอินที่ได้จากเมือกเห็ดเยื่อไผ่ เท่ากับ 10.29 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารอัลลันโทอินจากตัวอย่างเครื่องสำอางโฮมเมดอยู่ระหว่าง 95.75 เปอร์เซ็นต์ ถึง 102.09 เปอร์เซ็นต์ (Fotini *et al.,* 2013) มีความเข้มข้นอยู่ 3 ระดับ คือ 0.04, 0.08 และ 0.16 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีปริมาณวิตามินซีที่ได้จากผักวอเตอร์เครส เท่ากับ 29.96 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร Lathong and Sanprakob (2019) ศึกษาหาปริมาณวิตามินซีจากผลไม้ พบว่า มะขามป้อม มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุดเท่ากับ 0.70±0.00 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.56 การกระจายตัวที่มีการรวมกลีเซอรีนอยู่สามารถรักษาปริมาณกรดแอลแอสคอร์บิคเริ่มต้นได้ดีกว่าการรวมของน้ำ Mirela *et al.* (2012) ศึกษาประสิทธิภาพของวิตามินซีที่ละลายในไขมันเช่น กรด Etra-isopalmitoyl ascorbic (IPAA) ที่มักใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง จึงได้มีการศึกษาสูตรเครื่องสำอางที่มี IPAA ในการให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวหนัง โดยใช้วิธี HPLC ผลการศึกษาพบว่าสูตรที่มี IPAA มีความคงตัวปานกลางและมีผลต่อการเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวชั้นนอก ยังช่วยบำรุงผิวให้มีความเรียบเนียนและลดความหยาบกร้านลง ซึ่งปริมาณสารทั้ง 3 ชนิดจะมีปริมาณที่ลดลงจากปริมาณเริ่มต้นก่อนการประกอบสูตรต้นตำรับ อย่างไรก็ตามการลดลงของปริมาณสารนั้นอาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาที่ไม่พ้นแสงและมีการเปิดใช้งานบ่อยจนเกินไปหรือได้รับความเย็นที่ไม่มากพอ จึงทำให้สารระเหยออกไปได้ในปริมาณหนึ่ง เมื่อนำสารปรับสภาพผิวสูตรตำรับที่ 7 มาทดสอบวัดค่าความชุ่มชื้นและความมันของผิว พบว่า ให้ค่าเฉลี่ยความชุ่มชื้นจาก 21.16 เปอร์เซ็นต์ เป็น 27.55 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความมันเฉลี่ยจาก 28.02 เปอร์เซ็นต์ เป็น 28.27 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าสารปรับสภาพผิวในสูตรตำรับที่ 7 สามารถเพิ่มความชุ่มชื้นได้เฉลี่ย เท่ากับ 6.39 เปอร์เซ็นต์ และสารปรับสภาพผิวในสูตรตำรับที่ 7 เพิ่มความมันได้เฉลี่ย เท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการวัดค่าความชื้นและความมันของผิวนั้น อาจมีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นและลดลงที่แตกต่างกันออกไป อาจขึ้นอยู่กับสภาพผิวของอาสาสมัครของแต่ละคนด้วยจึงทำให้มีค่าความแตกต่างเกิดขึ้น ในส่วนของความคงตัวของสารสำคัญหลังจากประกอบสูตรตำหรับเครื่องสำอางที่ทำให้ฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ลดลงนั้น ในความเป็นจริงทางการค้าการที่จะนำสารสำคัญดังกล่าวมาใช้ประโยชน์อาจต้องใช้กรรมวิธีป้องกันที่ดีพอ เช่น ใช้กระบวนการห่อหุ้ม (Encapsulation) และทำให้เป็นผงแห้งด้วยวิธี Spray drying

สรุปผลการวิจัย

จากสูตรตำหรับที่ประกอบด้วย CMC จากข้าวโพดอาหารสัตว์ 0.25 กรัม + สารสกัดหยาบรูตินจากห้อม 0.25 กรัม สารอัลลันโทอินจากเมือกเห็ดเยื่อไผ่ 1 มิลลิลิตร และวิตามินซีจากผักวอเตอร์เครส 0.25 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพสามารถช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิว เนื่องจากเมื่อทำการทดสอบคุณสมบัติการแพ้ของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สกัด ได้พบว่า อาสาสมัครทั้ง 30 คน ไม่มีอาสาสมัครเกิดอาการแพ้ใด ๆ ให้ค่าความพึงพอใจมากที่สุด และสามารถให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวจาก 21.16 เปอร์เซ็นต์ เป็น 27.55 เปอร์เซ็นต์ และให้ค่าความมันเฉลี่ยจาก 28.02 เปอร์เซ็นต์ เป็น 28.27 เปอร์เซ็นต์ แต่อาจต้องทำการศึกษาการเพิ่มกลิ่นของตำรับเครื่องสำอางให้มีความน่าใช้มากยิ่งขึ้น ควรมีการศึกษาต่อยอดเพิ่มในด้านการทดสอบประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อสิว การเพิ่มความกระจ่างใส และการเพิ่มความยืดหยุ่นแก่ผิวและการทดสอบความชุ่มชื้น โดยให้อาสาสมัครทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ในระยะเวลาที่ยาวนานมากขึ้นอย่างต่อเนื่องประมาณ 1-2 เดือน ดังนั้น สามารถใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสสกัดจากเปลือกที่เป็นของเหลือทิ้งจากข้าวโพดอาหารสัตว์ร่วมกับสารสกัดหยาบจากห้อม เห็ดเยื่อไผ่ และวอเตอร์เครส เพื่อประยุกต์ใช้เป็นเครื่องสำอาง ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมแก่การใช้เป็นส่วนผสมในสารปรับสภาพผิว และสารสกัดหยาบจากห้อม เมือกเห็ด เยื่อไผ่ และผักวอเตอร์เครสมีประสิทธิภาพสามารถช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิวได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Bedlovicova, Z., M. Smrcova, I. Strapac and Z. Steffekova. 2016. Mushrooms as the source of potential antimicrobial agents: A review. **Current Organic Chemistry** 20(999): 1-2.

Boonpung, S. and P. Tontaptimthong. 2009. **The Extraction of the Active Ingredient from Thongsupang**. Bangkok: Technology Rajamangala University of Technology Krungthep. 73 p. [in Thai]

Chang, S.T. and G.P. Miles. 2004. Dictyophora – Formerly for the few. **BioScience** 344-348.

Damsup, C. and R. Bumee. 2017. Determination of vitamin C content in certain bananas by technique HPLC and UV-Visible. pp. 980-985. *In* **Proceedings of the 4th National Academic Conference.** Kamphaeng Phet: Kamphaeng Phet Rajabhat University. [In Thai]

Flesar, J., J. Havlik, P. Kloucek, V. Rada, D. Titera, B. Michal, M. Stropnicky and L. Kokoska. 2010. *In Vitro* growth-inhibitory effect of plant-derived extracts and compounds against *Paenibacillus larvae* and their acute oral toxicity to adult honey bees. **Veterinary Microbiology** 28(145): 129-133.

Fotini, N.L., K. Christos, and A.S. Mohamed. 2013. Simultaneous determination of allantoin and glycolic acid in snail mucus and cosmetic creams with high performance liquid chromatography and ultraviolet detection. **Elsevier** 1322(2): 49-53.

Igile, G.O., G.A. Essiet, F.E. Uboh and E.E. Edet. 2014. Rapid method for the identification and quantification of allantoin in body creams and lotions for regulatory activities. **Elsevier** 11(3): 552-557.

Kanika, P. and K. Dinesh. 2019. Chapter 26; The beneficial role of rutin, a naturally occurring flavonoid in health promotion and disease prevention: A Systematic Review and Update**. Elsevier** 25(2): 457-479.

Lathong, K. and P. Sanprakob. 2019. **Application of Vitamin C from Fruits in Mark Products Night page.** Bangkok: Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology. Phranakhon Rajabhat University. 6 p. [in thai]

Mirela, D.G., M.C. Patricia, B.C. Flavio and R.G. Lorena. 2012. Application of tetra-isopalmitoylascorbic acid in cosmetic formulations: stability studies and *In Vivo* efficacy. **Elsevier** 82(3): 580-586.

Ordonez A.A.L., J.D. Gomez, M.A. Vattuone and M.L. Isla. 2006. Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jecq.) Swartz extracts. **Food Chem.** 97(3): 452-458.

Rachtanapun, P., S. Luangkamin, K. Tanprasert and R. Suriyatem. 2012. Carboxymethyl cellulose film from durian rind. **LWT–Food Science and Technology** 48(1): 52-58. [in thai]

Smiderle, F.R., C.H. Baggio, D.G. Borato, A.P. Santanafilho, G.L. Sassaki and M. Iacomini. 2014. Anti-inflammatory properties of the medicinal mushroom cordyceps militaris might be related to its linear (13)-β-d-glucan. **Plos One** 9(10): 110-266.

Uawonggul, N., C. Rattanamalee and S. Daduang. 2017. Determination of vitamin C content in native vegetables and fruits. **SDJ Res.J.** 10(1): 153-170. [in thai]

คุณสมบัติการต้านออกซิเดชันและชีวเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากเมล็ดดาวอินคา

Antioxidant and Biochemical Properties of Protein Hydrolysate from Sacha Inchi Meal

ศรัญญา สุวรรณอังกูร[1]* ธีระพล เสนพันธุ์[1] และขนิษฐา รุตรัตนมงคล[2]

Saranya Suwanangul[1*], Theeraphol Senphan[1] and Khanitta Ruttarattanamongkol[2]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1] Program of Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University Phitsanulok, Thailand 65000

*Corresponding author: saranya_sw@mju.ac.th

Abstract

Sacha inchi oil is one type of oil which is very popular, especially among health-conscious person. However, after the oil extraction process, there was 50% of meal (residue) from the initial material remained. This research aimed to add value to the sacha inchi meal by turning it to protein hydrolysate and peptide, which are good source of antioxidants and have a biochemical effect to restrain the enzyme causing chronic diseases; such as, hypertension, diabetes, and obesity. Enzymatic hydrolysate of sacha inchi meal protein isolate was prepared by treatment with flavourzyme. The sacha inchi protein hydrolysate (SPH) was further fractionated into peptide sizes of 1, 3, 5 and 10 kDa using membrane ultrafiltration. The <1 kDa peptides exhibited significantly better (*p<0.05*) diphenyl-1-picryhydradzyl (DPPH) and hydroxyl radical scavenging activities when compared to peptide fractions of higher molecular weights. The high activity of <1 kDa peptides in these antioxidant assay systems may be related to the high levels of total hydrophobic and aromatic amino acids. In comparison to glutathione, the SPH and its membrane fractions had higher ability to chelate metal ions. Moreover, the <1 kDa peptides had the greatest ACE-inhibition, DPP-IV inhibition, α-amylase inhibition and α-glucosidase inhibition an IC_{50} value of 1.56, 2.31, 3.77 and 1.84 mg/ml, respectively.

Keywords: sacha inchi meals, protein hydrolysate, antioxidant properties, bioactive peptide

บทคัดย่อ

น้ำมันเมล็ดดาวอินคาเป็นน้ำมันชนิดหนึ่งที่ผู้คนนิยมรับประทานโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่รักสุขภาพ แต่เนื่องจากภายหลังการบีบน้ำมันจะได้ส่วนกากประมาณร้อยละ 50 ของปริมาณวัตถุดิบเริ่มต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับกากเมล็ดดาวอินคา โดยการนำกากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันมาผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทและเปปไทด์ที่มีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันและออกฤทธิ์ทางชีวเคมีในการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวของกับการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคความดันโลหิตสูง (ACE-inhibitor) โรคเบาหวาน (DPP-IV inhibitor) และโรคอ้วน (α-amylase และ α-glucosidase) โปรตีนไฮโดรไลเซทถูกเตรียมจากโปรตีนไอโซเลทของกากเมล็ดดาวอินคาย่อยด้วยเอนไซม์ฟลาโวไซม์ จากนั้นโปรตีนไฮโดรไลเซท (SPH) ถูกกรองผ่านเยื่อกรองเมมเบรนระดับอัลตราฟิลเตรชันขนาด 1, 3, 5 และ 10 กิโลดาลตัน พบว่าเปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และอนุมูลไฮดรอกซิลดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเปปไทด์ที่มีขนาดใหญ่ อาจเนื่องจากมีกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำและกรดอะมิโนอะโรมาติกอยู่จำนวนมาก นอกจากนี้ SPH และเปปไทด์มีความสามารถดักจับอิออนของโลหะได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลูตาไธโอน โดยเปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งเอนไซม์ ACE, DPP-IV, α-amylase และ α-glucosidase มีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.56, 2.31, 3.77 และ 1.84 มก./มล. ตามลำดับ

คำสำคัญ: กากเมล็ดดาวอินคา โปรตีนไฮโดรไลเซท สมบัติต้านอนุมูลอิสระ เปปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ

คำนำ

ถั่วดาวอินคาหรือดาวอินคา(Sacha inchi) จัดเป็นพืชที่ให้น้ำมัน (Oleaginous plant) อยู่ในตระกูล Euphorbiaceae เมล็ดดาวอินคาอุดมด้วยน้ำมันร้อยละ 35-60 ซึ่งถือเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี เนื่องจากมีกรดไขมันจำเป็นในปริมาณสูง ได้แก่ กรดไขมันโอเมก้า 3 ร้อยละ 45-63 กรดไขมันโอเมก้า 6 ร้อยละ 34-39 และกรดไขมันโอเมก้า 9 ร้อยละ 6-10 (Wang *et al.,* 2018) นอกจากนี้ยังอุดมด้วยโปรตีนร้อยละ 27-33 และองค์ประกอบของวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด (Jagersberger, 2013; Maurer *et al.,* 2012) จากศักยภาพที่ดีด้านคุณภาพของน้ำมันเมล็ดดาวอินคาส่งผลให้แนวโน้มความต้องการทางการตลาดเพิ่มสูงขึ้น และมีผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการบีบน้ำมัน (กากเมล็ดดาวอินคา) ในปริมาณมหาศาล หรือคิดเป็นร้อยละ 50 ของปริมาณวัตถุดิบเริ่มต้น โดยกากเมล็ดดาวอินคามีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 56.63 และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด เช่น Cysteine, Tyrosine, Threonine และ Tryptophan ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าในเมล็ดพืชที่ให้น้ำมันหลายๆชนิด (Jagersberger, 2013) การนำผลิตผลพลอยได้ดังกล่าวมาเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจด้วยเหตุผลทางด้านคุณค่าทางโภชนาการที่มีอยู่สูงในกากเมล็ดดาวอินคาโดยเฉพาะโปรตีน ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ และยังสามารถแก้ไขปัญหาเรื่องการจัดเก็บกากเมล็ดดาวอินคาหรือการจัดจำหน่ายในรูปแบบอาหารสัตว์ที่มีราคาต่ำ ทั้งนี้การบริโภคโปรตีนจากพืชนิยมบริโภคในรูปแบบโปรตีนธรรมชาติที่ยังไม่ผ่านการย่อยสลายโปรตีน ส่งผลให้การย่อยและการดูดซึมตลอดจนการนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายเป็นไปได้ช้ากว่าโปรตีนที่ผ่านการย่อยสลายหรือที่เรียกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซท (Protein hydrolysates) โปรตีน

ไฮโดรไลเซทเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ หรือการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ของโปรตีนได้เปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลแตกต่างกันและกรดอะมิโนอิสระ กระบวนการผลิตสามารถทำได้โดยการใช้สารเคมี กรด ด่าง หรือเอนไซม์โปรติเอสในสภาวะเหมาะสม นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจะส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของโปรตีน (Sasithorn and Kongruang, 2019) การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทสามารถผลิตได้จากแหล่งโปรตีนที่หลากหลาย หนึ่งในแหล่งโปรตีนไฮโดรไลเซทที่สำคัญคือ โปรตีนจากพืชซึ่งมีบทบาทสำคัญทางด้านอุตสาหกรรมอาหาร นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในแง่ของคุณค่าโภชนเภสัช และสารต้านอนุมูลอิสระ โดยโปรตีนดังกล่าวยังเหมาะสำหรับบุคคลที่มีข้อจำกัดทางด้านอาหาร เช่น ผู้ที่ทานมังสวิรัติ ผู้ที่แพ้โปรตีนจากสัตว์ หรือผู้ที่มีปัญหาด้านการย่อยโปรตีนในเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ยังสามารถเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์ มีงานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืชน้ำมันมีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านจุลินทรีย์ ยับยั้งเอนไซม์ก่อโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น เอนไซม์ ACE เอนไซม์ DPP-IV รวมทั้งสามารถยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วน เช่น **α**-amylase และ **α**-glucosidase เป็นต้น (Santos *et al.,* 2018; Han *et al.,* 2019; Awosika and Aluko, 2019) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันเมล็ดดาวอินคา โดยการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทและเปปไทด์ที่มีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันและออกฤทธิ์ทางชีวเคมีในการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากเมล็ดดาวอินคา

นำกากเมล็ดดาวอินคาที่ผ่านการสกัดน้ำมันโดยการบีบเย็นจาก บริษัท ไท.ซี.เอ็ม.เอส สแตนดาร์ด อินดัสเตรียล จำกัด จังหวัดเชียงราย ปริมาณ 100 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ปรับ pH เป็น 11.5 ด้วย 2 M NaOH จากนั้นนำไปบ่มที่ 60°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำสารละลายปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที ที่ 25°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายส่วนใสมาตกตะกอนโปรตีนที่ pH 7.0 ด้วย 2 M HCl และปั่นเหวี่ยงอีกครั้งจะได้ตะกอนโปรตีนไอโซเลท (SPI) ที่มีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 นำ SPI ผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ปรับ pH 6.5 ด้วย 2 M HCl และบ่มที่ 55°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมเอนไซม์ฟลาโวไซม์ร้อยละ 1 (Flavourzyme from *Aspergillus oryzae*) ร่วมกับการกวนด้วยเครื่อง Overhead stirrer ที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที พร้อมทั้งควบคุม pH และอุณหภูมิให้คงที่ตลอดระยะเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วยการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นและนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารละลายส่วนใสคือโปรตีนไฮโดรไลเซท (SPH) และนำไปทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง

การผลิตเปปไทด์ตามน้ำหนักโมเลกุลด้วยเมมเบรนระดับอัลตราฟิลเตรชัน

นำสารละลาย SPH แยกขนาดเปปไทด์ตามน้ำหนักโมเลกุล โดยใช้เทคโนโลยีเมมเบรนระดับอัลตราฟิลเตรชัน ชนิด Amicon stirred ultrafiltration ที่มี Molecular weight cut off ที่ขนาดแตกต่างกันคือ 1, 3, 5 และ10 กิโลดาลตัน การแยกขนาดเปปไทด์เริ่มจากนำสารละลาย SPH กรองผ่านเมมเบรนขนาด 1 กิโลดาลตัน ซึ่งจะได้ Peptide fraction

ขนาดต่ำกว่า 1 จากนั้นนำสารละลาย SPH ที่เหลือกรองผ่านเมมเบรนขนาด 3, 5 และ 10 กิโลดาลตัน ซึ่งจะได้ Peptide fraction ขนาด 1-3, 3-5 และ 5-10 กิโลดาลตัน ตามลำดับ หลังจากนั้นนำ Peptide fraction ทำแห้งโดยกระบวนการแช่เยือกแข็ง (Awosika and Aluko, 2019) จากนั้นคำนวณปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry (Markwell *et al.,* 1978) และร้อยละผลผลิตของ SPH หรือเปปไทด์ = (ปริมาณโปรตีน SPH หรือเปปไทด์/น้ำหนักเริ่มต้นของ SPI หรือน้ำหนักเริ่มต้นของ SPH) x 100%

วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ

กรดอะมิโนอิสระของ SPI, SPH และเปปไทด์ตรวจสอบด้วยเครื่อง HPLC (SpectraLab Scientific Inc, แคนาดา) โดยใช้คอลัมน์ Pico-Tag ทำการย่อยตัวอย่างด้วย 6 M HCl เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นแยกสารละลายด้วย performic acid เพื่อให้สามารถตรวจเมไทโอนีนและซิสเทอีนได้ ในขณะเดียวกันปริมาณทริปโตเฟนถูกตรวจสอบด้วย NaOH (Landry and Delhaye, 1992)

การวิเคราะห์ระดับการย่อยสลาย (Degree of hydrolysis) ด้วยวิธี OPA assay

ดัดแปลงวิธีจาก Malomo *et al.* (2015) ด้วยการเตรียม OPA reagent ดังนี้ 12.5 มล. ของ 100 mM Sodium tetraborate เติมลงใน 1.25 มล. ของ 20% Sodium tetraborate decahydrate ที่ผสมกับ 20 มก. ของ OPA และ 50 ไมโครลิตร ของ 2-mercaptoethanol โดยส่วนผสมทั้งหมดละลายในเมทานอลและปรับปริมาตรเป็น 500 ไมโครลิตร จากนั้นปิเปต OPA reagent ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมกับ 10 ไมโครลิตรของ SPH จากนั้นตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 340 นาโนเมตร ทั้งนี้จำนวนหมู่อะมิโนอิสระของ SPI ตรวจสอบด้วยการย่อยใน 6 M HCl ที่ 110°C ด้วยเครื่อง Auto-digestion system เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และคำนวณระดับการย่อยสลายจากสูตร (%DH) = $[(NH_2)_{tx}-(NH_2)_{t0}/ (NH_2)_{total}-(NH_2)_{t0}]$ x100 เมื่อ $(NH_2)_{tx}$ คือจำนวนหมู่อะมิโนอิสระ ณ เวลา X นาที, $(NH_2)_{total}$ คือจำนวนหมู่อะมิโนอิสระของ SPI และ $(NH_2)_{t0}$ คือ จำนวนหมู่อะมิโนอิสระที่เวลา 0 นาที ของ SPH

ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงวิธีจาก Girgih *et al.* (2011) เตรียมสารละลาย DPPH reagent โดยละลาย DPPH 0.0040 กรัม ในเมทานอลปริมาตร 100 มล. และละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ ใน 0.1 M sodium phosphate buffer, pH 7.0 ที่มี Triton X-100 ทดสอบการออกฤทธิ์ด้วยการปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตรลงใน 96 well plate จากนั้นเติม reagent ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับกลูตาไธโอนและใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุม สามารถคำนวณจากสมการ % Inhibition = $[(A_{control}-A_{sample})/ A_{control}]$ x100

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดักจับอนุมูลไฮดรอกซิล ดัดแปลงวิธีจาก Girgih *et al*. (2011) ตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ ถูกละลายด้วย 0.1 M sodium phosphate buffer, pH 7.4 ทดสอบการออกฤทธิ์ด้วยการปิเปตตัวอย่างปริมาตร 50 ไมโครลิตรลงใน 96 well plate จากนั้นเติมสาร 3 mM 1,10-phenanthroline ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และ 3 mM $FeSO_4$ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร รวมทั้ง 0.01% Hydroperioxide ปริมาตร 50 ไมโครลิตร บมที่อุณหภูมิ 37°C นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร และอ่านค่าการดูดกลืนแสงทุกๆ 10 นาที จนครบ 1

ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับกลูตาไธโอนและใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุม สามารถคำนวณจากสมการ % Inhibition = $[(\Delta A/min)_{control}-(\Delta A/min)_{sample}) / (\Delta A/min)_{control}] \times 100$

การเกิดคีเลชันของโลหะดัดแปลงวิธีจาก Girgih *et al.* (2011) ตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ ถูกละลายในน้ำกลั่น ทดสอบการออกฤทธิ์ด้วยการปิเปตตัวอย่างปริมาตร 500 ไมโครลิตร ลงใน 96 well plate จากนั้นเติมสาร 5 mM Ferrozene ปริมาตร 50 ไมโครลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 925 ไมโครลิตร และ 2 mM $FeCl_2$ ปริมาตร 25 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 562 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับกลูตาไธโอนและใช้น้ำกลั่นเป็นตัวอย่างควบคุม คำนวณจากสมการ % Inhibition = $[(A_{control}-A_{sample})/ A_{control}] \times 100$ ทั้งนี้การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแสดงเป็นค่า EC_{50} คือ ความเข้มข้นของตัวอย่างที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% โดยคำนวณจากกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างกับค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งโดยใช้โปรแกรม Graph Pad 6.05

ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ต่างๆ

การยับยั้ง Angiotensin-converting enzyme (ACE) ทดสอบด้วย ACE activity assay kit เติมตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 50 mM Tris-HCl buffer, pH 7.5 ปริมาตร 20 ไมโครลิตรลงใน 96 well plates จากนั้นเติมเอนไซม์ ACE ปริมาตร 10 ไมโครลิตร และ 0.5 mM FAPGG ปริมาตร 170 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 345 นาโนเมตร โดยอ่านค่าการดูดกลืนแสงทุกๆ 1 นาที จนครบ 30 นาที โดยเปรียบเทียบกับแคปโตพริลและใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุม การยับยั้งจากสมการ % Inhibition = $[(slop_{control}- slop_{sample})/slop_{control}] \times 100$

การยับยั้ง Dipeptidyl peptidase-IV (DPP-IV) ทดสอบด้วย DPP-IV activity assay kit เติมตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 100 mM Tris-HCl buffer, pH 8.0 ปริมาตร 20 ไมโครลิตรลงใน 96 well plates จากนั้นเติมเอนไซม์ DPP-IV ปริมาตร 30 ไมโครลิตร และซับสเตรท (0.75 mM Gly-Pro-p-NA) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มที่ 37°C เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 405 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับ Tripeptide diprotin A (Ile-Pro-Ile) และใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุม คำนวณการยับยั้งจากสมการ % Inhibition $=1-[(A_{test\ sample} - A_{test\ sample\ blank})/(A_{positive\ control} - A_{negative\ control})] \times 100$ เมื่อ $A_{test\ sample}$ คือ ตัวอย่าง+ซับสเตรท+เอนไซม์ DPP-IV, $A_{test\ sample\ blank}$ คือ ตัวอย่างที่+ซับสเตรท+บัฟเฟอร์, $A_{positive\ control}$ คือ บัฟเฟอร์+ซับสเตรท+เอนไซม์ DPP-IV และ $A_{negative\ control}$ คือ บัฟเฟอร์+สารตั้งต้น

การยับยั้งเอนไซม์ α-amylase ดัดแปลงจากวิธีของ Awosika and Aluko (2019) ตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 0.02 M Sodium phosphate buffer, pH 6.9 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มที่ 37°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมเอนไซม์ α-amylase ที่ความเข้มข้น 1 มก./มล. ปริมาณ 100 ไมโครลิตร และละลายแป้ง 100 ไมโครลิตร บ่มที่ 25°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมสารละลาย DNS ปริมาณ 200 ไมโครลิตร (96 mM DNS, 2M sodium potassium tartrate tetrahydrate และ 2M NaOH) และนำไปต้มเป็นเวลา 5 นาที เมื่อสารละลายเย็นตัวเติมน้ำกลั่น 3 มล. และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับอะคาโบสและคำนวณการยับยั้งจากสมการ % Inhibition= $[A_{control} – (A_{sample} - A_{sample\ blank})/A_{control})] \times 100$ เมื่อ $A_{control}$ คือ เติมบัฟเฟอร์แทนตัวอย่าง, A_{sample} คือ ไม่เติมบัฟเฟอร์ และ $A_{sample\ blank}$ คือ เติมบัฟเฟอร์แทนเอนไซม์

การยับยั้งเอนไซม์ α-glucosidase ดัดแปลงวิธีจาก Awosika and Aluko (2019) เตรียมเอนไซม์อย่างหยาบ (Rat intestinal acetone power) 300 มก. ละลายใน 0.9% NaCl ปริมาตร 9 มล. จากนั้นปั่นเหวียงที่ความเร็ว 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ดูดสารละลายส่วนใสและเก็บแช่แข็งรอจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ ปิเปตตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 0.1 M Sodium phosphate buffer, pH 6.9 ปริมาตร 50 ไมโครลิตรลงใน 96 well plates และเติมเอนไซม์อย่างหยาบ 50 ไมโครลิตร บ่มที่ 37°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมซับสเตรต 5 mM PNP-glycoside ปริมาตร 100 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร โดยอ่านค่าการดูดกลืนแสงทุกๆ 30 วินาที จนครบ 30 นาที โดยเปรียบเทียบกับอะคาโบสและคำนวณการยับยั้งจากสมการ % Inhibition= $[(A_{control} - A_{control\ blank})/(A_{sample} - A_{sample\ blank})]\times100$ เมื่อ $A_{control}$ คือ บัฟเฟอร์+เอนไซม์+ซับสเตรต, $A_{control\ blank}$ คือ บัฟเฟอร์+ซับสเตรต, A_{sample} คือ ตัวอย่าง+เอนไซม์+ซับสเตรต และ $A_{sample\ blank}$ คือ ตัวอย่าง+บัฟเฟอร์+ซับสเตรต ทั้งนี้การออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ต่างๆ แสดงด้วยค่า IC_{50} คือ ความเข้มข้นของตัวอย่างที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ 50% โดยคำนวณจากกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างกับค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งโดยใช้โปรแกรม Graph Pad 6.05

ผลการวิจัย

ปริมาณโปรตีนและร้อยละผลผลิต

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของโปรตีนไอโซเลท (SPI) โปรตีนไฮโดรไลเซท (SPH) และเปปไทด์ขนาดต่างๆ พบว่า SPI มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 91.23 ซึ่งสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ SPH ซึ่งมีโปรตีนร้อยละ 90.16 ในขณะที่เปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1, 1-3, 3-5 และ 5-10 กิโลดาลตัน มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 59.00, 82.83, 90.18 และ 90.09 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาร้อยละผลผลิตพบว่า SPH มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 65.10 ในขณะที่เปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1, 1-3, 3-5 และ 5-10 กิโลดาลตัน มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 9.00, 11.83, 13.18 และ 13.30 ตามลำดับ

ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ

ปริมาณกรดอะมิโนอิสระของ SPI, SPH และเปปไทด์ขนาดต่างๆ แสดงดัง Table 1 พบว่า SPH มีกลูตามิกร้อยละ 10.76 และแอสปาร์ติกร้อยละ 10.04 สูงขึ้นเมื่อย่อยด้วยเอนไวม์ฟลาโวไซม์ โดยกรดอะมิโนทั้งสองจัดเป็นกรดอะมิโนที่ให้รสอร่อย และ SPH พบกรดอะมิโนชนิดจำเป็นมากกว่า SPI ได้แก่ วาลีน เมไทโอนีน ไอโซลูซีน ลิวซีน ฟีนิลอะลานีน ฮีสทิดีน ไลซีน และทริปโตแฟน นอกจากนี้เปปไทด์ขนาดต่ำกว่า1, 1-3, 3-5 และ 5-10 กิโลดาลตัน มีปริมาณกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) เพิ่มขึ้น เช่น อะลานีน ลิวซีน ไอโซลูซีน ฟีนิลอะลานีน เมื่อเทียบกับกรดอะมิโนอิสระของ SPI

Table 1 Amino acid compositions (%) of SPI, SPH and fractionated peptides

Amino acid	SPI	SPH	<1 kDa	1-3 kDa	3-5 kDa	5-10 kDa
Aspartic acid	7.61	10.04 (2.43)	3.96 (-3.65)	2.15 (-5.46)	5.14 (-2.47)	5.38 (-2.23)
Threonine*	3.74	3.53 (-0.21)	4.97 (1.23)	2.50 (-1.24)	3.33 (-0.41)	2.76 (-0.98)
Serine	3.40	5.31 (1.91)	5.69 (2.29)	3.27 (-0.13)	4.08 (0.68)	4.70 (1.30)
Glutamic acid	9.09	10.76 (1.67)	9.92 (0.83)	6.93 (-2.16)	8.02 (-1.07)	11.84 (2.75)
Proline	2.76	3.22 (0.46)	4.87 (2.11)	3.11 (0.35)	2.79 (0.03)	2.04 (-0.72)
Glycine	3.42	4.25 (0.83)	4.96 (1.54)	2.12 (-1.30)	2.61 (-0.81)	1.07 (-2.35)
Alanine	2.15	3.09 (0.94)	3.91 (1.76)	2.72 (0.57)	3.24 (1.09)	3.85 (1.70)
Cysteine	1.10	1.16 (0.06)	1.22 (0.12)	1.13 (0.03)	1.21 (0.11)	0.85 (-0.25)
Valine*	3.06	4.16 (1.10)	5.54 (2.48)	4.87 (1.81)	1.96 (-1.10)	1.56 (-1.50)

Table 1 (Continued)

Amino acid	SPI	SPH	<1 kDa	1-3 kDa	3-5 kDa	5-10 kDa
Methionine*	0.53	1.01 (0.48)	1.72 (1.19)	0.51 (-0.02)	0.67 (0.14)	0.84 (0.31)
Isoleucine*	2.10	3.16 (1.06)	5.02 (2.92)	2.55 (0.45)	3.18 (1.08)	3.83 (1.73)
Leucine*	3.31	5.12 (1.81)	7.12 (3.81)	4.46 (1.15)	5.11 (1.80)	5.03 (1.72)
Tyrosine	2.50	3.43 (0.93)	5.19 (2.69)	3.70 (1.20)	4.46 (1.96)	4.56 (2.06)
Phenylalanine*	1.02	1.35 (0.33)	2.39 (1.37)	1.81 (0.79)	1.10 (0.08)	2.22 (1.20)
Histidine*	1.11	2.06 (0.95)	3.57 (2.46)	1.23 (0.12)	1.51 (0.04)	2.54 (1.43)
Lysine*	2.20	3.57 (1.37)	4.54 (2.34)	2.54 (0.34)	2.82 (0.62)	2.42 (0.22)
Arginine	4.92	8.14 (3.22)	5.01 (0.09)	6.22 (1.30)	5.77 (0.85)	8.73 (3.81)
Tryptophan*	0.96	1.55 (2.44)	2.44 (1.48)	2.17 (1.21)	2.57 (1.61)	2.11 (1.15)

*Essential amino acid, SPI (sacha inchi protein isolate) and SPH (sacha inchi protein hydrolysate)

ระดับการย่อยสลาย (Degree of hydrolysis)

ผลการศึกษาระยะเวลาในการย่อยต่อค่าระดับการย่อยสลายของ SPH พบว่า ค่าระดับการย่อยสลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 120 นาทีแรก จากนั้นที่เวลาในการย่อย 150-240 นาที ค่าระดับการย่อยสลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งระยะเวลาที่ให้ค่าระดับการย่อยสลายสูงสุด คือ การย่อยเป็นเวลา 240 นาที ตามด้วย 150, 120, 90, 60 และ 30 นาที มีค่าระดับการย่อยสลายเท่ากับร้อยละ 27.79, 27.42, 24.39, 21.90, 16.55 และ 12.80 ตามลำดับ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ความสามารถในการออกฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระแสดงดัง Table 2 โดยค่า EC_{50} เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดประสิทธิภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระ และ EC_{50} ที่ต่ำบ่งชี้ถึงกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูง พบว่า เปปไทด์ขนาดต่ำว่า 1 กิโลดาลตัน มีประสิทธิภาพขจัดอนุมูลอิสระ DPPH และอนุมูลไฮดรอกซิลสูงสุดด้วยค่า IC_{50} ที่ต่ำกว่า 0.97 และ 0.39 มก./มล. ในขณะที่ SPI มีกิจกรรมต่ำสุดโดยมีค่า EC_{50} สูงกว่าในช่วง 4.05 และ 0.56 มก./มล. ตามลำดับ และพบว่า SPH และเปปไทด์มีความสามารถดักจับอิออนของโลหะได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตราฐานกลูตาไธโอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ต่างๆ

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ ACE ของตัวอย่างทั้งหมด พบว่า ค่า IC_{50} ของเปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีฤทธิ์การยับยั้ง ACE สูงที่สุดแสดงโดยค่า IC_{50} ที่ต่ำที่สุด 1.56 มก./มล. ในขณะที่เปปไทด์ขนาด 5-10 กิโลดาลตัน มีค่า IC_{50} สูงกว่า หมายถึง มีฤทธิ์การยับยั้ง ACE ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบค่า IC_{50} ของเปปไทด์ขนาดอื่นๆ ผลการศึกษาดังกล่าวยังสอดคล้องกับการออกฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV เอนไซม์ α-amylase และเอนไซม์ α-glucosidase พบว่า เปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีบทบาทสำคัญในออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์สูงสุดโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.31, 3.77 และ 1.84 มก./มล. ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Antioxidant and biochemical properties of SPI, SPH and fractionated peptides

sample	EC_{50} (mg/ml)			IC_{50} (mg/ml)			
	DPPH	HSRA	Fe^{2+} chelating	ACE-inhibition	DPP-IV inhibition	α-amylase	α-glucosidase
SPI	4.05	0.87	5.55	5.14	11.83	6.13	4.11
SPH	1.89	0.56	1.91	3.75	7.45	5.64	4.03
<1 kDa	0.97	0.39	1.50	1.56	2.31	3.77	1.84
1-3 kDa	1.37	0.44	1.61	1.80	4.10	3.82	2.05
3-5 kDa	1.58	0.41	1.54	1.95	5.69	4.05	3.23
5-10 kDa	1.93	0.50	1.82	3.16	7.09	5.18	3.47
Standard	0.31	0.17	3.45	0.47	0.73	0.21	0.46

SPI (sacha inchi protein isolate) and SPH (sacha inchi protein hydrolysate), Reference standard; antioxidant activity is glutathione (GSH), ACE-inhibition is captopril, DPP-IV inhibition is tripeptide diprotin A (Ile-Pro-Ile), α-amylase and α-glucosidase are acarbose.

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของ SPI พบว่า SPI มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 91.23 โดยโปรตีนไอโซเลทที่ได้มีปริมาณโปรตีนสูง ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนตั้งต้นในการผลิต SPH เนื่องจากแหล่งโปรตีนตั้งต้นที่เหมาะสมในการนำมาผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทควรมีองค์ประกอบโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ซึ่งปริมาณโปรตีนตั้งต้นสูงจะช่วยส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสให้มีความว่องไวมากยิ่งขึ้น (Zheng *et al.,* 2015) นอกจากนี้เมื่อนำเปปไทด์ขนาดต่างๆ วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนพบว่า เปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด อาจเกิดจากการรวมกันของเปปไทด์กับสารละลาย NaOH ซึ่งส่งผลให้การละลายลดลงเมื่อทดสอบด้วยวิธี Lowry ซึ่งสอดคล้องกับจากงานวิจัยของ Adebiyi and Aluko (2011) รายงานว่าเปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลต่ำกว่า 3 กิโลดาลตันจะมีปริมาณโปรตีนลดลงซึ่งเกิดจากการปรากฏตัวของส่วนประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน เช่น โพลีฟีนอล ซึ่งมีผลต่อการขัดขวางการทำปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนและสารที่ใช้ติดตามปริมาณโปรตีน ดังนั้นผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของเปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1 และ 1-3 กิโลดาลตันจึงมีปริมาณโปรตีนลดลง เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตรวมทั้งหมดของเปปไทด์ขนาดต่างๆ พบว่า เปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1, 1-3, 3-5 และ 5-10 กิโลดาลตัน มีผลรวมของผลผลิตเท่ากับร้อยละ 47.31 ซึ่งมีปริมาณร้อยละผลผลิตน้อยกว่า SPH เนื่องจากเปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า 10 กิโลดาลตัน ไม่สามารถซึมผ่านเมมเบรนได้ จึงทำให้ผลรวมของผลผลิตของเปปไทด์ทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณผลผลิตรวมต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ SPH ที่มีปริมาณผลผลิตร้อยละ 65.10 เป็นต้น เมื่อวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนใน SPI, SPH และเปปไทด์ขนาดต่างๆ พบว่า SPH และเปปไทด์ขนาดต่างๆ มีกรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำ (อะลานีน) และกรดอะมิโนอะโรมาติก (ฟีนิลอะลานีน) โดยกรดอะมิโนเหล่านี้ช่วยส่งเสริมการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Fasuan *et al*., 2018) ขณะที่ Udenigwe and Aluko (2011) ระบุว่ากรดกลูตามิกและกรดแอสปาร์ติกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แข็งแกร่งเนื่องจากสามารถให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ นอกจากนี้ SPH ยังพบกรดอะมิโนวาลีน กรดแอสปาร์ติก อาร์จินีน ไทโรซีน และซิสเทอีน สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนไฮโดรไลเซทจาก งา ถั่วเหลือง และถั่วลันเตา (Gorissen *et al.,* 2018) ผลการศึกษาระยะเวลาต่อระดับการย่อยสลายของ SPH ภายใต้สภาวะที่กำหนดและตรวจสอบระดับการย่อยสลายที่ระยะเวลา 30 ถึง 240 นาที พบว่าการย่อยสลาย SPH ในช่วง 120 นาทีแรก มีระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจาก SPH มีโปรตีนกลอบูลินและอัลบูมินเป็นกลุ่มโปรตีนหลัก ซึ่งโปรตีนทั้งสองกลุ่มนี้สามารถละลายได้ดีในน้ำและน้ำเกลือ ตามลำดับ จึงถูกไฮโดรไลซ์อย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาแรกๆ ของการเกิดปฏิกิริยา (Parrado *et al.,* 1993) แต่เมื่อระยะเวลาการย่อยสลายเพิ่มขึ้นจาก 120 นาที เป็น 150 และ 240 นาที ระดับการย่อยสลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากกลุ่มของโปรตีนที่ละลายน้ำได้ดีที่เป็นสับสเตรทถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ ทำให้ได้เปปไทด์สายสั้นๆ หรือกรดอะมิโนอิสระ ส่งผลให้เอนไซม์ไม่สามารถไฮโดรไลซ์ได้อีกทำให้สับสเตรทไม่เพียงพอต่อเอนไซม์ หรือเกิด Product inhibition และทำให้ค่าระดับการย่อยสลายคงที่ (Jack and Mona, 1966) อย่างไรก็ตามพบว่าระดับการย่อยสลายของ SPH มีระดับการย่อยสูงสุดเมื่อทำการย่อยสลายโปรตีนเป็นระยะเวลา 240 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Chirinos *et al.* (2020) พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเมล็ดดาวอินคาที่สกัดน้ำมันด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์ฟลาโวไซม์มีระดับการย่อยสลายต่ำกว่าร้อยละ 5 ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการย่อยที่แตกต่างกันอาจเป็นผลมา

จากวัตถุดิบที่นำมาใช้ ขั้นตอนการย่อย โครงสร้างโปรตีน องค์ประกอบและ/หรือลำดับกรดอะมิโน (Barbana and Boye, 2010) เป็นต้น

ภาวะถูกออกซิไดซ์เกินสมดุล (Oxidative stress) เกิดจากการเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระ หรือความบกพร่องของการป้องกันอันตรายจากการเกิดออกซิเดชัน เนื่องจากปริมาณเอนไซม์ที่ทำหน้าต้านการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวลดลง หรือการทำงานที่ผิดปกติ หรือมีระดับสารต้านออกซิเดชันที่ลดลง อนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญต่อชีวโมเลกุลภายในเซลล์ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน น้ำตาล และกรดนิวคลิอิก และส่งผลให้เซลล์ถูกทำลาย นอกจากนี้อนุมูลอิสระมีความสำคัญต่อกระบวนการเสื่อมของเซลล์และการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคที่เกี่ยวกับความผิดปกติของสมอง โรคเบาหวาน โรคกล้ามเนื้อหัวใจและโรคหลอดเลือดหัวใจ (Lepping *et al*., 2011) การมีอยู่ของกรดอะมิโนบางชนิด เช่น ฟีนิลอะลานีน ไทโรซีน เมไทโอนีน ฮิสติดีน และทริปโตเฟน มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Udenigwe and Aluko, 2011) จากการพิจารณา Table 1 พบว่าเปปไทด์ที่มีขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีกรดอะมิโนดังกล่าวสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Girgih *et al*. (2011) พบว่าเปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด นอกจากนี้การมีอยู่ของ ไลซีน ฮิสติดีน และอาร์จินีน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจับอิออนของโลหะได้ดี (Saiga *et al.,* 2003) จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเปปไทด์ที่ช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย ไม่ให้ส่งผลกระทบหรือลดระดับของการทำลายโครงสร้างและหน้าที่ของสารชีวโมเลกุล ไม่ว่าจะเป็นไขมัน โปรตีน และดีเอ็นเอ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้

การยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคอ้วน ด้วยสารสกัดจากธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากเปปไทด์สามารถสร้างประโยชน์ต่อวงการแพทย์ได้ แม้การออกฤทธิ์จะไม่เทียบเท่ากับสารสังเคราะห์ แต่เปปไทด์เหล่านี้ไม่มีผลข้างเคียงเหมือนสารสังเคราะห์ ทั้งนี้เปปไทด์จะทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งที่มีโครงสร้างคล้ายกับสารตั้งต้นและเข้าไปเกาะบริเวณแอกทีฟไซด์ของเอนไซม์ทำให้สารตั้งต้นไม่สามารถเข้าไปเกาะบริเวณแอกทีฟไซด์ จึงสามารถช่วยระงับอาการหรือลดภาวการณ์เกิดโรคของผู้ป่วยได้ (Aluko, 2019) ผลการวิจัยพบว่าเปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ ACE (โรคความดันโลหิตสูง) เอนไซม์ DPP-IV (โรคเบาหวานชนิดที่ 2) และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วน (α-amylase และ α-glucosidase) ได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับเปปไทด์ขนาดมากกว่า 1 กิโลดาลตัน เนื่องจากเปปไทด์สายสั้นสามารถเข้าสู่บริเวณไซต์แอคทีฟของเอนไซม์ได้ง่ายและมีโอกาสในการดูดซึมในลำไส้ได้มากขึ้น (โดยไม่ทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหาย) เมื่อเปรียบเทียบกับเปปไทด์สายยาว (Mundi and Aluko, 2014) นอกจากนี้เปปไทด์สายสั้นยังมีกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำมาก ซึ่งช่วยเพิ่มการออกฤทธิ์ทางชีวเคมีได้ดีกว่าเปปไทด์สายยาว (Aluko, 2019) นอกจากนี้กรดอะมิโนทริปโตแฟน ฟีนิลอะลานีน และอะลานีน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการการยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV (Lan *et al.,* 2015) และการยับยั้งเอนไซม์เอนไซม์ α-amylase และ α-glucosidase ที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วนได้ (Malomo *et al.,* 2015)

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทและเปปไทด์ในการรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับภาวะไม่สมดุลของการเกิด Oxidative stress ได้ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และสามารถ

นำไปใช้ในการพัฒนาสูตรอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพรวมถึงอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคอ้วน นอกจากนี้ยังเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้กับประชาชนในการหันมาบริโภคสารจากธรรมชาติ ลดการใช้ยาในรูปแบบสารสังเคราะห์รวมถึงการหันมาบริโภค Functional foods มากขึ้น ซึ่งระยะยาวจะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายของประเทศในด้านการรักษาพยาบาลของประชาชน และยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับกากเมล็ดดาวอินคาซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมัน อย่างไรก็ตามการนำเปปไทด์จากพืชมาใช้ทดแทนยาสังเคราะห์ จำเป็นต้องมีการศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์ ดังนั้นการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์จะดำเนินการในลำดับถัดไปเพื่อสร้างโอกาสในการพัฒนายารักษาโรคในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท ไท.ซี.เอ็ม.เอส สแตนดาร์ด อินดัสเตรียล จำกัด จังหวัดเชียงราย ประเทศไทย ที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบในการดำเนินการวิจัย และขอขอบพระคุณ Prof. Rotimi E. Aluko ภาควิชาอาหารและโภชนาการมนุษย์ มหาวิทยาลัยแมนิโทบา ประเทศแคนาดา ตลอดจนห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

Adebiyi, A.P. and R.E. Aluko. 2011. Functional properties of protein fractions obtained from commercial yellow field pea (*Pisum sativum* L.) seed protein isolate. **Food Chem.** 128(4): 902-908.

Aluko, R.E. 2019. Food protein-derived renin-inhibitory peptides: in vitro and in vivo properties. **J. Food Biochem.** 43: e12648.

Awosika, T.O. and R.E. Aluko. 2019. Inhibition of the in vitro activities of α-amylase, α-glucosidase and pancreatic lipase by yellow field pea (*Pisum sativum* L.) protein hydrolysates. **Int. J. Food Sci. Technol**. 54(6): 2021-2034.

Barbana, C. and J.I. Boye. 2010. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of chickpea and pea protein hydrolysates. **Food Res. Int.** 43: 1642-1649.

Chirinos, R., R. Pedreschi and D. Campos. 2020. Enzyme-assisted hydrolysates from sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) protein with in vitro antioxidant and antihypertensive properties. **J. Food Process. Preserv.** 44(12): 14969.

Fasuan, T.O., S.O. Gbadamosi and T.O. Omobuwajo. 2018. Characterization of protein isolate from Sesamum indicum seed: *In VItro* protein digestibility, amino acid profile, and some functional properties. **Food Sci. Nutr.** 6(6): 1715-1723.

Girgih, A.T., C.C. Udenigwe and R.E. Aluko. 2011. *In Vitro* antioxidant properties of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysate fractions. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 88:381–389.

Gorissen, S.H.M., J.J.R. Crombag, J.M.G. Senden, W.A.H. Waterval, J. Bierau, L.B. Verdijk and L.J.C. Loon. 2018. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. **Amino Acids.** 50(12): 1685-1695.

Han, R., J., Maycock, B.S. Murray and C. Boesch. 2019. Identification of angiotensin converting enzyme and dipeptidyl peptidase-IV inhibitory peptides derived from oilseed proteins using two integrated bioinformatic approaches. **Food Res Int.** 115: 283-291.

Jack, F.K. and I. Mona. 1966. The kinetics of the papain-catalyzed hydrolysis of esters of carbobenzoxyglycine evidence for an acyl-enzyme intermediate. **J. Biochem**. 5: 783-791.

Jagersberger, J. 2013. **Development of Novel Products on Basis of Sacha Inchi-Use of Press Cakes and Hulls.** Austria: University of Vienna. 125 p.

Lan, V.T., K. Ito, M. Ohno, T. Motoyama, S. Ito and Y. Kawarasaki. 2015. Analyzing a dipeptide library to identify human dipeptidyl peptidase IV inhibitor. **Food Chem.** 175: 66-73.

Landry, J. and S. Delhaye. 1992. Simplified procedure for the determination of tryptophan of foods and feedstuffs from barytic hydrolysis. **J. Agric. Food Chem**. 40(5): 776-779.

Lepping, P., J. Delieu, R. Mellor, J.H.H. Williams, P.R. Hudson and C. Hunter-Lavin. 2011. Antipsychotic medication and oxidative cell stress: A systematic review. **J. Clin. Psychiatry** 72(3): 273-285.

Malomo, S.A., J.O. John, A.T. Girgih and R.E. Aluko. 2015. Structural and antihypertensive properties of enzymatic hemp seed protein hydrolysates. **Nutrients** 7: 7616-7632.

Markwell, M.A.K., S.M. Haas, L.L. Bieber and N.E. Tolbert. 1978. A modification of the Lowry procedure to simplify protein determination in membrane and lipoprotein samples. **Anal. Biochem.** 87(1): 206-210.

Maurer, N.E., B. Hatta-Sakoda, G. Pascual-Chagman and L.E. Rodriguez-Saona. 2012. Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. **Food Chem.** 134(2): 1173-1180.

Mundi, S. and R.E. Aluko. 2014. Inhibitory properties of kidney bean protein hydrolysate and its membrane fractions against renin, angiotensin-converting enzyme, and free radicals. **Austin J Nutri Food Sci.** 2(1): 11.

Parrado, J., F. Millan, I. Hernandez-Pinzon, J. Bautista and A. Machado. 1993. Characterization of enzymatic sunflower protein hydrolyzates. **J. Agric. Food Chem**. 41: 1821-1825.

Saiga, A., S. Tanabe and T. Nishimura. 2003. Antioxidant activity of peptides obtained from porcine myofibrillar proteins by protease treatment. **J. Agric. Food Chem.** 51(12): 3661-3667.

Santos, P.M., D.L.J. Batista, L.A.F. Ribeiro, E.F. Boffo, M.D. Cerqueira, D. Martins, R.D. Castro, L.C. Souza-Neta, E. Pinto, L. Zambotti-Villelae, P. Colepicoloe, L.G. Fernandez, G.A.B. Canuto and P.R. Ribeiro. 2018. Identification of antioxidant and antimicrobial compounds from the oilseed crop Ricinus communis using a multiplatform metabolite profiling approach. **Ind. Crops Prod.** 124(15): 834-844.

Sasithorn, T. and S. Kongruang. 2019. functional properties and applications of egg white protein hydrolysates. **Journal of Food Technology, Siam University** 14(1): 69-87.

Udenigwe, C.C. and R.E. Aluko. 2011. Chemometric analysis of the amino acid requirements of antioxidant food protein hydrolysates. **Int. J. Mol. Sci.** 12(5): 3148-3161.

Wang, S., F. Zhu and Y. Kakuda. 2018. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. **Food Chem.** 265: 316-328.

Zheng, L., Y. Zhao, C. Xiao, D. Sun-Waterhouse, M. Zhao and G. Su. 2015. Mechanism of the discrepancy in the enzymatic hydrolysis efficiency between defatted peanut flour and peanut protein isolate by flavorzyme. **Food Chem**. 168: 100-106.

ผลของการดูดซับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำคั้นหัวหอมแขกด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอน
Effect of Bioactive Compounds Adsorption on Onion Juice by Activated Carbon

รุ่งทิพย์ กาววารี* และสมคิด ดีจริง

Rungthip Kawaree* and Somkid Deejing

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: rungthip-k@gmaejo.mju.ac.th

Abstract

This study examined the effect of activated carbon (AC) adsorption of onion juice on bioactive compounds was found that the total phenolic compounds in fresh onion juice were 331.22±2.84 µg GAE/gram fresh weight. When applied to activated carbon, there was a decrease in total phenolic compounds and a minimum value at cycles 3-6th range 216.20 to 229.25 µg GAE/g weight. The total phenolic compounds of heated juice were 282.78±4.16 µg GAE/g fresh weight. After thru activated carbon, it was reduced to the lowest cycle 3-5th range 155.02 to 171.58 µg GAE/g fresh weight. The antioxidant activity test by DPPH and ABTS assay showed that freshly juice had IC_{50} value 57.79±1.27 mg/ml and TEAC value 46.17±0.13 µg TEAC/g fresh weight, respectively. The antioxidant activity was reduced and became to be stable in cycles 5-7th and cycles 2-7th, respectively. The heated juice had IC_{50} value 74.95±3.03 mg/ml and TEAC value 57.61±0.28 µg TEAC/g fresh weight, respectively. When applied to activated carbon, the antioxidant activity was reduced like fresh onion juice. In conclusion, the activated carbon was able to absorb bioactive compounds. Therefore, it is possible to use AC as a food ingredient in food without harm to consumers.

Keywords: *Allium cepa* var. *viviparum*, activated carbon, total phenolic compounds, antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการดูดซับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำคั้นหัวหอมแขกด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอน (AC) พบว่า น้ำคั้นหัวหอมแขกสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมเท่ากับ 331.22±2.84 µg GAE/กรัมน้ำหนักสด เมื่อนำไปผ่าน AC พบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมลดลงและมีค่าต่ำสุดรอบที่ 3-6 มีค่าช่วง 216.20 ถึง 229.25 µg GAE/กรัมน้ำหนักสด ส่วนน้ำคั้นให้ความร้อนมีค่า 282.78±4.16 µg GAE/กรัมน้ำหนักสด เมื่อผ่าน AC พบว่าลดลงไปต่ำสุดรอบที่ 3-5 มีค่าช่วง 155.02 ถึง 171.58 µg GAE/กรัมน้ำหนักสด การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่า น้ำคั้นสด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 57.79±1.27 มก./มล. และค่า TEAC เท่ากับ 46.17±0.13 µg TEAC/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อนำไปผ่าน AC พบว่า มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงและคงที่ในรอบที่ 5-7 และรอบที่ 2-7 ตามลำดับ ส่วนน้ำคั้นให้ความร้อน มีค่า IC_{50} เท่ากับ 74.95±3.03 มก./มล. และค่า TEAC เท่ากับ 57.61±0.28 µg TEAC/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อนำไปผ่าน AC พบว่า มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงเช่นเดียวกับน้ำคั้นหัวหอมแขกสด สรุปได้ว่า AC สามารถดูดซับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ ดังนั้นจึงมีแนวโน้มว่าจะสามารถนำ AC ไปดูดซับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพตามธรรมชาติแล้วนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารได้เลยซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ: หัวหอมแขก แอคติเวเต็ดคาร์บอน สารประกอบฟีนอลิครวม ต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

หัวหอมแขก (*Allium cepa* var. *viviparum*) เป็นหนึ่งในพืชที่ปลูกเก่าแก่ที่สุด ซึ่งใช้กันทั่วโลกทั้งในด้านผักและเครื่องปรุง มีกรดอะมิโน ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ สารประกอบกำมะถันหรือซัลเฟอร์ สารกลุ่ม Thiosulfinates (แอลลิซิน) วิตามิน และแร่ธาตุมากมาย ประกอบด้วยเมแทบอไลต์ทุติยภูมิหลายชนิด ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ไฟโตสเตอรอล และซาโปนิน โดยสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์เป็นสารในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิค มีคุณสมบัติเป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Mariangela *et al.,* 2018) การรับประทานหัวหอมเป็นประจำจะช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคมะเร็ง ช่วยลดคอเลสเตอรอล ลดไขมันในเส้นเลือด ทำให้เลือดหมุนเวียนได้ดีขึ้น งานวิจัยของ Kawaree *et al*. (2020) พบว่า น้ำคั้นหัวหอมแขกที่ผ่านการให้ความร้อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าการนำหัวหอมแขกไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนในการทำอาหาร หรือแปรรูปเพื่อทำผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ จะไม่สูญเสียสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ส่วน Activated Carbon (AC) คือ ถ่านที่มีรูพรุนหรือรอยแตกขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรจำนวนมหาศาล ทำให้การดูดซับของโมเลกุลขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้นได้ นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และยารักษาโรค มีประสิทธิภาพในการแยก Polyphenol ออกจากสารประกอบที่ละลายในน้ำ (Pengphithak, 2019; Garcia-Perez *et al.,* 2019) มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาการดูดซับแบบ Fixed-bed และการคายการดูดซึมของสารประกอบฟีนอลิคในน้ำองุ่นโดยใช้ AC พบว่า ไม่ส่งผลต่อความบริสุทธิ์หรือฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารละลายส่วนที่ชะผ่านออกมา (Soto *et al.,* 2008) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษากระบวนการดูดซับของสารสกัดของต้นคว่ำตายหงายเป็น พบว่า AC สามารถดูดซับปริมาณโพลีฟีนอลรวมในสารสกัดได้มากกว่า 99% โดยใช้ AC ปริมาณ 7 มก. (Garcia-Perez *et al.,* 2019) ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาผลของการดูดซับของ AC ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิธี ABTS และ DPPH assay เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านอาหาร อาจใช้ AC ดูดซับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพตามธรรมชาติแล้วนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารได้เลยซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำคั้นหัวหอมแขก

นำหัวหอมแขกสดปอกเปลือก ล้างให้สะอาด นำไปคั้นแยกน้ำออกด้วยเครื่องแยกกาก จากนั้นนำน้ำคั้นหัวหอมแขกสดที่ได้แบ่งไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วนำทั้งสองส่วนไปผ่านสารดูดซับแอคติเวเต็ดคาร์บอน (AC) ขนาด ASTM 8x30, Iodine number 1100 จำนวน 7 รอบ ในสัดส่วนน้ำหัวหอมแขกต่อ AC 1:20 จากนั้นนำตัวอย่างน้ำคั้นสด น้ำคั้นที่ผ่านความร้อน และที่ได้จากการผ่าน AC จากรอบที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะได้เป็นผงแห้งของสารสกัดตัวอย่าง แล้วนำไปทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป

วิธีการทดสอบ

1. ทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวม ด้วย Folin-Ciocalteu reagent ดัดแปลง (Singleton and Rossi, 1965) นำสารสกัดตัวอย่างความเข้มข้น 100 มก./มล. ปริมาตร 2 ไมโครลิตร ใส่ลงในไมโครเพลท เติมน้ำกลั่นปริมาตร 118 ไมโครลิตร เติม Folin-Ciocalteu reagent (Merck, Germany) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วจับเวลา 3 นาที เติม 20% Sodium carbonate (Ajax, Australia) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วจับเวลา 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm ด้วยเครื่องอ่านไมโครเพลท (BMG Labtech, Germany) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้ Gallic acid (Sigma Aldrich, USA) ความเข้มข้นช่วง 0.05-0.80 มก./มล. เป็นสารมาตรฐาน นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Gallic acid รายงานปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมในรูปของ ไมโครกรัม Gallic acid equivalent (GAE)/กรัมน้ำหนักสด

2. ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH ดัดแปลง (Hatano *et al*., 1988) นำสารสกัดตัวอย่างความเข้มข้น 0.8, 1.6, 3.1, 6.3, 12.5, 25, 50, 100 มก./มล. ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ใส่ลงในไมโครเพลท เติม DPPH reagent (Sigma Aldrich, USA) ปริมาตร 180 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วจับเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้ α-tocopherol หรือ vitamin E (Fluka, Japan) ความเข้มข้น 0.00195-0.25 มก./มล. เป็นสารมาตรฐาน นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณ % inhibition จากสูตร % inhibition = [(Abs control - Abs sample) / Abs control] x 100 พล๊อตกราฟระหว่าง %inhibition กับความเข้มข้น หาค่า IC_{50} โดยแทนค่า y เท่ากับ 50 ในสมการเส้นตรงที่ได้ รายงานฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรูปของ IC_{50} หน่วย มก./มล.

3. ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี ABTS ดัดแปลง (Cao and Cutler, 1993) นำสารสกัดตัวอย่างความเข้มข้น 40 มก./มล. ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ใส่ลงในไมโครเพลท เติม ABTS$^{\circ+}$ working (Sigma Aldrich, USA) ปริมาตร 180 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วจับเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้ Trolox (Sigma Aldrich, USA) ความเข้มข้นช่วง 0.00625-0.025 มก./มล. เป็นสารมาตรฐาน นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณ % inhibition จากสูตร % inhibition = [(Abs control - Abs sample) / Abs control] x 100 นำ % inhibition ของตัวอย่างเทียบ % inhibition ของ Trolox รายงานฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ในรูปของไมโครกรัม Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)/กรัมน้ำหนักสด

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าที่ได้รายงานในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple tests ด้วยโปรแกรม IBM SPSS statistics v.28.0.0.0(190) (2021)

ผลการวิจัย

ผลการเตรียมตัวอย่าง

หัวหอมแขก 100 กรัม คั้นแยกน้ำได้ปริมาตร 66.09 มล. มีลักษณะสีชมพูม่วงใส เมื่อนำน้ำคั้นหัวหอมแขกสดไปผ่านสารดูดซับ AC มีลักษณะดัง Figure 1 (a) ส่วนน้ำคั้นหัวหอมแขกที่ให้ความร้อนไปผ่านสารดูดซับ AC มีลักษณะแสดงใน Figure 1 (b) เมื่อนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีลักษณะดัง Figure 1 (c) และ Figure 1 (d) ตามลำดับ

(a)


(b)



(c)


(d)

Figure 1 (a) Fresh juice adsorbed on AC (b) Fresh juice adsorbed on AC after freeze-drying (c) Heated juice adsorbed on AC (d) Heated juice adsorbed on AC after freeze-drying

ผลการทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวม โดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวม พบว่า สารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกสด (Fresh) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวม เท่ากับ 331.22±2.84 µg GAE/กรัมน้ำหนักสด เมื่อนำไปผ่าน AC พบว่า มีปริมาณลดลงไปต่ำสุดในรอบที่ 3-6 (Fresh 3-6) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีค่า GAE เท่ากับ 216.20±11.42 ถึง 229.25±3.09 µg GAE/กรัมน้ำหนักสด ส่วนสารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกให้ความร้อน (Heated) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวม เท่ากับ 282.78±4.16 µg GAE/กรัมน้ำหนักสด เมื่อนำไปผ่าน AC พบว่า มีปริมาณลดลงไปต่ำสุดในรอบที่ 3-5 (Heated 3-5) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีค่า GAE เท่ากับ 155.02±9.35 ถึง 171.58±6.87 µg GAE/กรัมน้ำหนักสด แสดงใน Table 1 และ Figure 2

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า สารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกสด (Fresh) มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 57.79±1.27 มก./มล. เมื่อนำไปผ่าน AC พบว่า มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และคงที่ในรอบที่ 5-7 (Fresh 5-7) โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 96.24±2.19 ถึง 99.04±0.80 มก/มล. ส่วนสารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกให้ความร้อน (Heated) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 74.95±3.03 มก./มล. เมื่อนำไปผ่าน AC พบว่า มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงและมีค่าต่ำสุดในรอบที่ 4 (Heated 4) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 256.19±4.97 มก./มล. และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในรอบที่ 5-7 (Heated 5-7) ซึ่งเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินอี มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.05±3.03 มก./มล. ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 3

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี ABTS

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบว่า สารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกสด (Fresh) มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรูป TEAC มีค่าเท่ากับ 46.17±0.13 µg TEAC/กรัมน้ำหนักสด เมื่อนำไปผ่าน AC พบว่า มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงในรอบที่ 1 และคงที่ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในรอบที่ 2-7 (Fresh 2-7) โดยมีค่า TEAC เท่ากับ 52.22±0.01 ถึง 52.33±0.01 µg TEAC/กรัมน้ำหนักสด ส่วนสารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกให้ความร้อน (Heated) มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรูป TEAC มีค่าเท่ากับ 57.61±0.28 µg TEAC/กรัมน้ำหนักสด เมื่อนำไปผ่าน AC

พบว่า มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงและคงที่ เช่นเดียวกับสารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกสด โดยมีค่า TEAC เท่ากับ 65.96±0.03 ถึง 66.38±0.01 μg TEAC/กรัมน้ำหนักสด แสดงดัง Table 1 และ Figure 4

Table 1 The total phenolic compounds and antioxidant activity by ABTS and DPPH assay.

Sample	Total Phenolic (μg GAE/g Fresh Weight)	Antioxidant-DPPH assay IC_{50} (mg/ml)	Antioxidant-ABTS assay (μg TEAC/g Fresh Weight)
Fresh	331.22±2.84 ^{a}	57.79±1.27 ^{b}	46.17±0.13 ^{g}
Fresh 1	262.18±3.42 ^{c}	74.28±0.79 ^{c}	50.62±0.38 ^{f}
Fresh 2	288.67±4.75 ^{b}	79.95±1.17 ^{d}	52.26±0.04 ^{e}
Fresh 3	229.25±3.09 ^{d}	106.82±0.39 ^{g}	52.25±001 ^{e}
Fresh 4	227.84±4.33 ^{d}	84.38±1.74 ^{e}	52.22±0.01 ^{e}
Fresh 5	220.93±2.99 ^{d}	98.12±2.43 ^{f}	52.26±0.04 ^{e}
Fresh 6	216.20±11.42 ^{d}	99.04±0.80 ^{f}	52.26±0.01 ^{e}
Fresh 7	295.11±7.49 ^{b}	96.24±2.19 ^{f}	52.33±0.01 ^{e}
Heated	282.78±4.16 ^{b}	74.95±3.03 ^{c}	57.61±0.28 ^{d}
Heated 1	190.94±4.04 ^{e}	158.36±2.48 ^{k}	65.16±0.07 ^{c}
Heated 2	259.02±20.48 ^{c}	151.48±1.91 ^{j}	66.32±0.03 ^{a}
Heated 3	171.58±6.87 ^{f}	199.77±2.00 ^{m}	66.25±0.02 ^{a}
Heated 4	159.80±13.09 ^{f}	256.19±4.97 ^{n}	66.18±0.03 ^{a}
Heated 5	155.02±9.35 ^{f}	189.27±2.24 ^{l}	65.96±0.03 ^{b}
Heated 6	221.97±8.51 ^{d}	133.45±1.66 ^{i}	66.32±0.03 ^{a}
Heated 7	198.87±21.20 ^{e}	126.79±2.77 ^{h}	66.38±0.01 ^{a}
Vit.E	-	0.05±0.00 ^{a}	-

mean ± SD (from 3 replicates)

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n; different letters in the same row indicate significant differences between mean values (p<0.05)

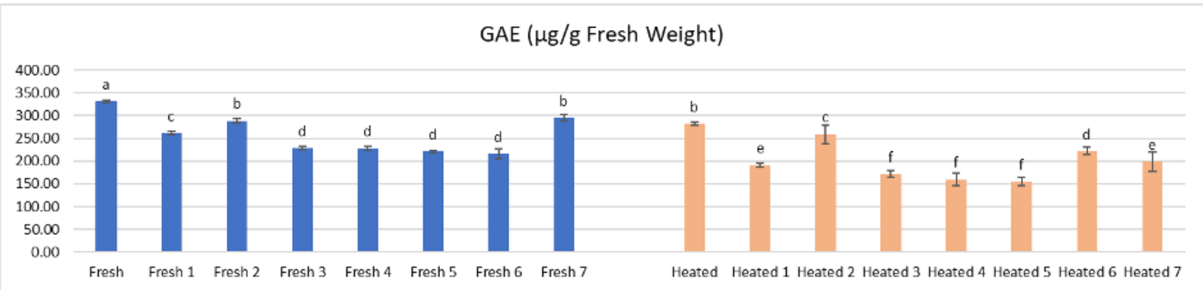


Figure 2 Total phenolic compounds of fresh and heated juice

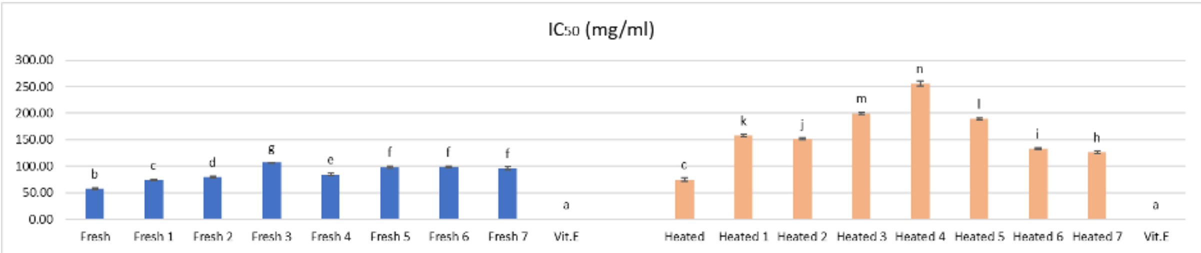


Figure 3 Antioxidant activity of DPPH assay of fresh and heated juice

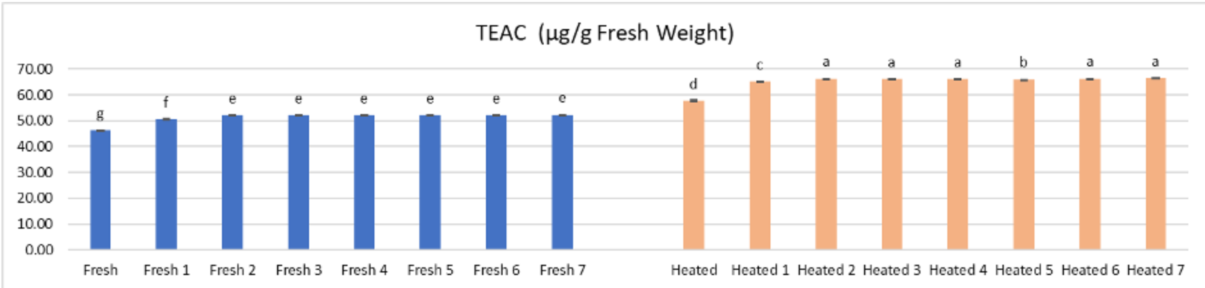


Figure 4 Antioxidant activity of ABTS assay of fresh and heated juice

วิจารณ์ผลการวิจัย

การตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวม โดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent พบว่า สารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมสูงกว่าสารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกที่นำไปให้ความร้อนเพียงเล็กน้อย เมื่อนำไปผ่าน AC พบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมลดลงในรอบที่ 3-6 (Fresh 3-6) จาก 331.22±2.84 เป็น 216.20±11.42 ถึง 229.25±3.09 µg GAE/g น้ำหนักสด และกลับมามีปริมาณสูงขึ้นในรอบที่ 7 (Fresh 7) มีปริมาณ 295.11±7.49 µg GAE/g น้ำหนักสด เมื่อนำน้ำคั้นหัวหอมแขกที่ให้ความร้อนไปผ่าน AC พบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมลดลงในรอบที่ 3-5 (Heated 3-5) จาก 282.78±4.16 เป็น 155.02±9.35 ถึง 171.58±6.87 µg GAE/g น้ำหนักสด และกลับมามีปริมาณสูงขึ้นในรอบที่ 6-7 (Heated 6-7) มีปริมาณ 198.87±21.20 ถึง 221.97±8.51 µg GAE/g น้ำหนักสด เนื่องจาก AC ดูดซับจนเต็มพื้นผิว ซึ่ง AC สามารถดูดซับปริมาณโพลีฟีนอลรวมในสารสกัดได้มากกว่า 99% โดยใช้ AC ปริมาณ 7 มก. (Garcia-Perez *et al.*, 2019) แสดงให้เห็นว่า AC สามารถดูดซับสารประกอบฟีนอลิครวมออกจากสารละลายที่เป็นน้ำได้ ในส่วนของการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า สารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกสดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกที่ให้ความร้อนเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kawaree *et al*. (2020) เมื่อนำน้ำคั้นหัวหอมแขกสดไปผ่าน AC พบว่า มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และคงที่ในรอบที่ 5-7 (Fresh 5-7) ส่วนสารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกที่ให้ความร้อนมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงและมีค่าต่ำสุดในรอบที่ 4 (Heated 4) และกลับมามีฤทธิ์

เพิ่มขึ้นในรอบที่ 5-7 (Heated 5-7) และสุดท้าย ในส่วนของการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบว่า สารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกสดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดน้ำคั้นหัวหอมแขกที่ให้ความร้อน เมื่อนำทั้งตัวอย่างสดและให้ความร้อนไปผ่านสารดูดซับ AC พบว่า ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงตั้งแต่ผ่านสารดูดซับในรอบที่ 1 และมีฤทธิ์คงที่ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในรอบที่ 2-7

จากผลการวิจัยข้างต้น จะเห็นว่า การให้ความร้อนกับน้ำคั้นหัวหอมแขก พบว่า มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิครวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างจากน้ำหัวหอมแขกสด และเมื่อนำไปผ่านสารดูดซับ AC จำนวน 2-4 รอบ มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่า AC สามารถดูดซับสารประกอบฟีนอลิครวมและสารต้านอนุมูลอิสระได้ตั้งแต่ผ่าน AC ในรอบที่ 1 เนื่องจาก AC มีรูพรุนหรือรอยแตกขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรจำนวนมหาศาล ทำให้ดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถแยกสารประกอบโพลีฟีนอลออกจากสารประกอบที่ละลายในน้ำ (Pengphithak, 2019; Garcia-Perez *et al.,* 2019) นอกจากนี้ AC ไม่ส่งผลต่อความบริสุทธิ์หรือฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารละลายส่วนที่ชะผ่านออกมา (Soto *et al.,* 2008) ดังนั้นจึงมีแนวโน้มว่าจะสามารถนำ AC ไปดูดซับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพตามธรรมชาติแล้วนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารได้ ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย

ผลจากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า น้ำคั้นหัวหอมแขกสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และ ABTS สูงกว่าน้ำคั้นหัวหอมแขกให้ความร้อน และสารดูดซับ AC มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระให้มีแนวโน้มลดลงและกลับมาเพิ่มขึ้นเมื่อสารดูดซับอิ่มตัว โดย AC สามารถดูดซับสารประกอบฟีนอลิครวมและสารที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำคั้นหัวหอมแขกได้ ดังนั้นจึงมีแนวโน้มว่าจะสามารถนำ AC ไปดูดซับสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติแล้วนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารได้ โดยไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้สนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 เรื่อง การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของหัวหอมแขก (*Allium cepa* var. *viviparum*) และผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์จากหอมแขก และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้จนงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

Cao, G., H.M. Alessio and R.G. Cutler. 1993. Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. **Free Radical Biology and Medicine** 14: 303-311**.**

García-Pérez, P., S. Losada-Barreiro, P.P. Gallego and C. Bravo-Díaz. 2019. Adsorption of gallic acid, propyl gallate and polyphenols from *Bryophyllum* extracts on activated carbon. **Scientific Reports** 9: 14830.

Hatano, T., H. Kagawa, T. Yasuhara and T. Okuda. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licore root: their relative astringency and radical scavenging affects. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin** 36: 2090-2097.

Kawaree R., S. Deejing and C. Pawong. 2020. Effect of Heating on the Antioxidant Activities of Hom-Kaek (*Allium cepa* var. *viviparum*) Squeezed Juice. pp. 381-389. *In* **Proceedings of the 6th Phibunsongkhram Research National Conference 2020 (Oral) 12 February 2020.** Phitsanulok: Phibunsongkhram Rajabhat University (Talay Kaew). [in Thai]

Marrelli, M., V. Amodeo, Gi. Statti and F. Conforti. 2018. Biological properties and bioactive components of *Allium cepa* L.: focus on potential benefits in the treatment of obesity and related Comorbidities. **Molecules** 24: E119

Pengphithak, C. 2019. **Activated carbon.** Division of Chemicals and Consumer Products, Department of Science Service. [Online]. Available http://lib3.dss.go.th/fulltext/ dss_knowledge/chem-2-62-charcoal.pdf (February 2019). [in Thai]

Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture** 16: 144-158.

Soto, M.L., A. Moure, H. Domínguez and J.C. Parajó. 2008. Charcoal adsorption of phenolic compounds present in distilled grape pomace. **Journal of Food Engineering** 84(1): 156-163.

การกำจัดโมโนแซคคาไรด์จากสารสกัดหอมแดงโดยใช้ตัวดูดซับถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไย

Monosaccharaide Removal from Shallot Extract by Longan Seed Activated Carbon as Adsorbent

ธนภรณ์ สาดเจริญวัฒนา[1] เทวราช เพิ่มสิน[2] อนรรฆอร ศรีไสยเพชร[1]
ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน[3] และศักดินันท์ นันตัง[1,2]*
Thanaporn Sadcharoenwatthana[1], Tewarach Permsin[2], Anakhaorn Srisaipet[1]
Pairote Wongputtisin[3] and Sakdinun Nuntang[1,2]*
[1]สาขาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2]สาขาเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[1]Applied Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[2]Program in Industrial Chemistry and Textile Technology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
[3]Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290
*Corresponding author: Sakdinun.nt@gmail.com

Abstract

This research studied the preparation of longan seed activated carbon (LSAC) as absorbent for removal monosaccharide from extracted shallot compared to commercial activated carbon. The textural properties of LSAC were measured by iodine absorption technique. It was found that prepared by the condition as temperature/time carbonization 400 ˚C/1.5 h, carbon/NaOH ratio: 1:2 and temperature/time activation 700 ˚C/1.5 h exhibited the highest iodine number. The absorption studied for removal monosaccharide from extracted shallot was operated by using adsorbent/extracted shallot as 0.1 g/10 ml, room temperature and 12 h. It was found that LSAC-B exhibited low amount of total sugar (TS) but revealed a higher of average degree of polymerization (DP) nearly to activated carbon commercial.

Keywords: adsorbent, longan seed activated carbon, longan seed, monosaccharide, shallot

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมตัวดูดซับถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไย (LSAC) เพื่อนำไปกำจัดโมโนแซคคาไรด์ออกจากสารสกัดหอมแดงเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์เชิงการค้า ศึกษาสมบัติความพรุนของถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่เตรียมได้โดยเทคนิคการหาค่าการดูดซับไอโอดีน พบว่าถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่เตรียมผ่านสภาวะอุณหภูมิและเวลาคาร์บอไนซ์ 400 องศาเซลเซียส 1.5 ชั่วโมง สัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 1:2 อุณหภูมิและเวลาในการกระตุ้นที่ 700 องศาเซลเซียส 1.5 ชั่วโมง ที่ศึกษา ได้แก่ สัดส่วนระหว่างตัวดูดซับ/สารสกัดหอมแดงเท่ากับ 0.1 กรัม/10 มล. ดูดซับที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าตัวดูดซับ LSAC-B มีการดูดซับน้ำตาลทั้งหมด (TS) น้อย แต่กับมีค่าการดูดซับโมโนแซคคาไรด์ที่พิจารณาจากจำนวนโดยปริมาณของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่อยู่ในสายพอลิเมอร์ (DP) เทียบเท่าถ่านกัมมันต์เชิงการค้า

คำสำคัญ: ตัวดูดซับ ถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไย ลำไย โมโนแซคคาไรด์ หอมแดง

คำนำ

หอมแดง (Shallot) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Allium ascalonicum* Linn. ในหอมแดงประกอบด้วยสารเคมีสำคัญมากมาย เช่น น้ำมันหอมระเหยคูมาริน (Coumarins) สารโพรพิลไดซัลไฟด์ (Propyl disulfide) ที่ทำให้เกิดกลิ่นช่วยลดปริมาณไขมันในร่างกาย สารสำคัญที่ช่วยลดน้ำตาลกลูโคสในเลือด คือ สารโพรพิลอัลลิลไดซัลไฟด์ (Propyl-allyl disulfide) และสารไดโพรพิลไดซัลไฟด์ (Dipropyl disulfide) นอกจากนี้สารเควอซิติน (Quercetin) ที่สกัดได้จากหอมแดงซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย รวมถึงเมื่อหอมแดงถูกทุบหรือทำให้แตกจะมีสารแอลลิซิน (Allicin) ที่ส่งผลให้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อีกด้วยเช่นกัน (Lavendel, 2019) นอกจากนี้สารสกัดจากหอมแดงยังมีสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ คือ น้ำตาล ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructooligosaccharide; FOS) และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) จำพวกกลูโคสหรือฟรักโตส เป็นองค์ประกอบอีกด้วย

พรีไบโอติก (Prebiotic) คือ อาหารชนิดหนึ่งซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ อาหารเหล่านี้จึงเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ในรูปที่ไม่เปลี่ยนแปลง และจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียโพรไบโอติกส์ สารพรีไบโอติกสามารถพบได้ในพืชผักชนิดต่าง ๆ เช่น พืชตระกูลหอม กระเทียม หน่อไม้ฝรั่ง หัวแก่นตะวัน กล้วย สตาซีโอส และในธัญพืชต่าง ๆ (Dasaesamoh, 2014) สารพรีไบโอติกมักเป็นสารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่อาจพบได้ในอาหาร เช่น โอลิโกแซคคาไรด์ และฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ เป็นต้น (Siriwan, 2015) อาหารที่มีกลูโคสเป็นส่วนผสมสามารถทำให้จุลินทรีย์เกิดการเจริญได้ดี ทั้งนี้เป็นเพราะว่ากลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่เป็น โมโนแซคคาไรด์ (Monosaccharide) หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่ไม่ซับซ้อน จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้รวดเร็ว จึงทำให้มีอัตราการเจริญที่สูงตามไปด้วย พบว่าเชื้อก่อโรคจะใช้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวก่อนในการเจริญเติบโต (Waditee, 1996)

ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นถ่านที่มีสมบัติในการดูดซับและคายสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ในของเหลวหรือก๊าซได้ดี เนื่องจากมีความพรุนตัวสูงและมีรูพรุนขนาดเล็ก (Microporous) จำนวนมาก จึงถูกนำไป

ประยุกต์ใช้กับงานต่าง ๆ มากมาย เช่น การบำบัดน้ำ ตัวดูดซับกลิ่น ตัวดูดซับสีและสารกรอง (Nabais *et al*., 2008) ตัวเร่งหรือตัวรองรับตัวเร่ง (Catalyst supports) และวัสดุกักเก็บพลังงาน เป็นต้น วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์มีหลายชนิด ส่วนใหญ่มักเป็นพวกสารอินทรีย์หรือชีวมวลที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ มีปริมาณสารระเหยต่ำ คุณสมบัติคงที่ ราคาถูกและหาได้ง่าย เช่น แกลบ กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย และเมล็ดลำไย เป็นต้น (Feng *et al*., 1997) เมล็ดลำไยเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตลำไยอบแห้งในประเทศไทยซึ่งเป็นวัสดุที่หาง่ายและมีราคาถูก นอกจากนี้เมล็ดลำไยมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีสมบัติความพรุนสูงได้ ซึ่งถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่เตรียมได้มีความน่าสนใจนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับสำหรับกำจัดโมโนแซคคาไรด์ออกจากสารสกัดหอมแดง ทำให้ได้สารละลายที่มีปริมาณน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ต่ำเพื่อนำไปผลิตเป็นสารพรีไบโอติกต่อยอดเป็นอาหารฟังชันก์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงได้

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุและสารเคมี

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH; AR grade, 97%) และกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4; AR grade, 99%) จากบริษัท Merck ถ่านกัมมันต์เชิงการค้า จากบริษัท MAZUMA และเมล็ดลำไยที่ผ่านการตากแห้งจาก วิสาหกิจชุมชนบ้านห้วยม่วงไร่พัฒนา อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน

การเตรียมถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไย (Longan seed activated carbon; LSAC)

การเตรียมถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยในงานวิจัยนี้ประยุกต์การเตรียมจากงานวิจัยของ Yang *et al.* (2015) โดยนำเมล็ดลำไยที่ถูกบดและคัดขนาดแล้วปริมาณ 35 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นทำคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง จากนั้นนำถ่านที่ผ่านการคาร์บอไนซ์มากระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนถ่านคาร์บอนต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1:1 และ 1:2 ใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง จากนั้นนำถ่านที่ได้มาบดละเอียดและคัดขนาดอีกครั้ง แล้วนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นจนสารละลายที่ผ่านการกรองมีค่า pH เท่ากับ 7 นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งจะได้ถ่านกัมมันต์ ได้แก่ LSAC-A และ LSAC-B แสดงใน Table 1 (Yang *et al*., 2015)

Table 1 The condition for preparation of activated carbon from longan seed (LSAC)

Sample	Carbonization Temperature (°C)	Carbonization Time (hour)	C:NaOH w/w	Activation Temperature (°C)	Activation Time (hour)
LSAC-A	400	1.5	1:1	700	1.5
LSAC-B	400	1.5	1:2	700	1.5

การเตรียมถ่านกัมมันต์เชิงการค้า (Activated carbon)

ถ่านกัมมันต์ที่นำมาใช้เป็นถ่านกัมมันต์เชิงการค้า ยี่ห้อ MAZUMA แบบเม็ดเล็กละเอียด นำมาทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด ล้างจนน้ำใสตามด้วยน้ำกลั่นประมาณ 1,000 มิลลิลิตร นำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบด แล้วนำไปคัดแยกขนาดให้ได้ขนาด 100 mesh ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นผงแข็งสีดำของตัวดูดซับถ่านกัมมันต์

การวิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีนจำเพาะ (X/M) ตามมาตรฐาน ASTM D4607-94

ชั่งถ่านตัวอย่าง 0.25, 0.50 และ 0.75 กรัม ใส่ในขวดรูปกรวยที่มีฝาปิดขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 3 ขวดเติมสารละลายกรดไฮโดรคอลริกความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก 10 มิลลิลิตร แกว่งเบา ๆ เพื่อให้ถ่านกัมมันต์ทุกส่วนชุ่มด้วยสารละลาย จากนั้นต้มให้เดือด 30 วินาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติมสารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.10 นอร์มอล 100 มิลลิลิตร ปิดฝาและเขย่าแรง ๆ เป็นเวลา 30 วินาที กรองแยกถ่านกัมมันต์ออกจากสารละลายด้วยกระดาษกรอง โดยทิ้งสารละลายในช่วงแรกจนกระทั่งกระดาษกรองอิ่มตัวด้วยสารละลาย จึงรองรับสารละลายด้วยขวดรูปกรวยขนาด 100 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายที่กรองได้ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปกรวยขนาด 100 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.10 นอร์มอลจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 2-3 หยด จะได้สารละลายสีน้ำเงิน ไทเทรตต่อจนสารละลายใสไม่มีสี บันทึกปริมาตรของโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้และคำนวณความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนที่เหลือ

การเตรียมสารสกัดหอมแดง

ปอกเปลือกหอมแดงนำไปล้างให้สะอาด นำหอมแดงที่ปอกเปลือกแล้วไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด แล้วสกัดน้ำตาลจากหอมแดงโดยผสมน้ำเปล่าที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส ในสัดส่วน 1:1 กวนผสม และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วทำให้ใสด้วยการกรองและการปั่นเหวี่ยง

การศึกษาการดูดซับน้ำตาลในสารสกัดหอมแดงโดยใช้ถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยและถ่านกัมมันต์เชิงการค้า

ชั่งตัวดูดซับ LSAC-A, LSAC-B และถ่านกัมมันต์เชิงการค้า ที่เตรียมได้มา 0.1 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปิเปตสารสกัดหอมแดงที่เตรียมได้มา 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีตัวดูดซับ ปิดฝาขวดรูปชมพู่โดยพาราฟิล์ม จากนั้นนำเข้าเครื่องเขย่าที่ควบคุมอุณหภูมิ (Water bath shaker) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ต่อมานำไปกรองที่เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum pump) เพื่อแยกสารสกัดหอมแดงกับตัวดูดซับ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) และน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธี Phenol sulfuric method

สารสกัดหอมแดงที่ได้นำมาเจือจาง 1,000 เท่า จากนั้นนำสารสกัดหอมแดงที่เจือจางแล้วมา 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง แล้วเติมสารละลายฟีนอล ความเข้มข้น 5% (w/v) 0.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2.5 มิลลิลิตร ทำการเขย่าสารละลายที่ได้ด้วยเครื่อง Vortex จากนั้นจับเวลา 10 นาที (ปฏิบัติในตู้ดูดควัน) นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำไปคำนวณปริมาณน้ำตาลเทียบกับกราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Dinitrosalicylic acid method (DNS method)

สารสกัดหอมแดงที่ได้นำมา เจือจาง 50 เท่า จากนั้นนำสารสกัดหอมแดงที่เจือจางแล้วมา 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง แล้วเติมสารละลาย Dinitrosalicylic acid (DNS) 0.5 มิลลิลิตร ทำการเขย่าสารละลาย ด้วยเครื่อง Vortex แล้วนำไปต้ม 15 นาที เมื่อครบเวลานำออกมาปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายอีกครั้งก่อนนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำไปคำนวณปริมาณน้ำตาลเทียบกับกราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส (Degree of Polymerization; DP จำนวนหน่วยเฉลี่ยของน้ำตาลโอลิโกแซดคาไรด์จากสัดส่วนของน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์) ดังสมการที่ 1

$$DP = \frac{\text{Total sugar (mg/ml)}}{\text{Reducing sugar (mg/ml)}} \qquad (1)$$

ใช้น้ำตาลกลูโคส (Fluka®) ฟรุกโตส (Merck®) ซูโครส (Fluka®) คีสโตส (GF_2)(Sigma-Aldrich®) และนีสโตส (GF_2)(Sigma-Aldrich®) 1^F-ฟรุกโทฟูราโนซิลนีสโทส (GF_4) เป็นน้ำตาลมาตรฐานการวิเคราะห์น้ำตาลด้วยเทคนิค TLC นั้นใช้สารละลาย บิวทานอลต่อเอทานอลต่อน้ำในอัตราส่วน 5:3:2 เป็น mobile phase และแผ่นอลูมิเนียมที่เคลือบด้วยซิลิกาเจล (Merck รุ่น 60 F254) เป็น stationary phase จากนั้นทำให้แถบน้ำตาลปรากฏขึ้นด้วยการจุ่มในสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 5% (v/v) ที่เตรียมในเมทานอล และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จนกระทั่งปรากฏแถบน้ำตาล

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีนจำเพาะของถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไย

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไยทั้ง 2 ชนิด คือ LSAC-A และ LSAC-B มีลักษณะเป็นผงขนาดเล็กสีดำเหมือนกัน แต่มีพื้นผิวที่แตกต่างจากเริ่มต้น เนื่องจากผ่านกระบวนการกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิสูงจึงส่งผลทำให้พื้นผิวของถ่านมีสมบัติความพรุนเกิดขึ้น เพราะโซเดียมไฮดรอกไซด์ไปทำปฏิกิริยากับผิวของถ่านคาร์บอนส่งผลให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวสูงขึ้น เมื่อนำถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่เตรียมได้ไปศึกษาค่าการดูดซับไอโอดีนจำเพาะ เพื่อวิเคราะห์ความพรุนของถ่านกัมมันต์ต่อความสามารถในการดูดซับ จากข้อมูล Table 2 พบว่าถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่เตรียมได้แสดงค่าดูดซับไอโอดีนจำเพาะที่สูง และสอดคล้องกับมาตรฐาน มอก. 900-2547 ที่กำหนดซึ่งมาตรฐานระบุไว้ว่าคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จะต้องมีเลขไอโอดีนสูงกว่า 600 mg/g (Maneewan *et al*., 2011) เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดซับไอโอดีนของ LSAC ทั้ง 2 ชนิด พบว่ามีค่าน้อยกว่าถ่านกัมมันต์เชิงการค้าเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไยที่เตรียมได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะและสมบัติความพรุนน้อยกว่าถ่านกัมมันต์เชิงการค้า อย่างไรก็ตาม ถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยทั้ง 2 ชนิดที่เตรียมโดยใช้สัดส่วนระหว่างถ่านคาร์บอนกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการกระตุ้นที่แตกต่างกัน พบว่า LSAC-A ที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการกระตุ้นน้อยกว่า LSAC-B แสดงค่าการดูดซับไอโอดีนจำเพาะที่ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการกระตุ้นส่งผลต่อสมบัติความพรุนของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ ทำให้ LSAC-B มีพื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดรูพรุนในการดูดซับไอโอดีนที่สูงกว่า LSAC-A

Table 2 Specific iodine number of activated carbon from longan seed (LSAC) and commercial activated carbon (A.C.)

Amount of A.C. used (g)	LSAC-A (mg/g)	LSAC-B (mg/g)	Commercial A.C.
0.25	3604	4479	5210
0.50	1939	2488	3105
0.75	1398	1676	2198

ผลการศึกษาการดูดซับน้ำตาลในสารสกัดหอมแดงโดยใช้ถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยและถ่านกัมมันต์เชิงการค้า

Table 3 แสดงปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และค่า DP ของสารสกัดหอมแดงก่อนและหลังจากการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไย (LSAC-A และ LSAC-B) เปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์เชิงการค้าที่เวลาในการดูดซับ 12 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่าสารสกัดหอมแดงที่ผ่านการดูดซับด้วยตัวดูดซับทั้ง 3 ชนิด แสดงค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่ลดลง แต่ค่า DP เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดหอมแดงก่อนการดูดซับ เนื่องจากน้ำตาลที่อยู่ในสารสกัดหอมแดงถูกดูดซับไปบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ เมื่อเปรียบเทียบผลการดูดซับของถ่านกัมมันต์แต่ละชนิด พบว่าการใช้ถ่านกัมมันต์เชิงการค้าเป็นตัวดูดซับแสดงค่า DP เฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าไอโอดีนจำเพาะ (Table 2) แสดงถึงสมบัติความพรุนที่สูงกว่า LSAC ที่เตรียมได้ โดยค่า DP เฉลี่ยที่สูง แสดงให้เห็นว่าน้ำตาลที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ได้แก่ กลูโคสและฟรุกโตส จะถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับในสัดส่วนที่สูงกว่าน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ นอกจากนี้พบว่าสารสกัดหอมแดงที่ผ่านการดูดซับด้วย LSAC-B มีค่า DP ที่สูงกว่า LSAC-A และใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์เชิงการค้า เนื่องมาจาก LSAC-B อาจจะมีปริมาตรรูพรุนสูงและปริมาณรูพรุนขนาดเล็กที่มากกว่า LSAC-A ส่งผลต่อการดูดซับน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กบนพื้นผิวสูง เมื่อนำมาคำนวณค่า DP ตามสมการที่ 1 จึงแสดงค่าที่สูงกว่าเช่นเดียวกับผลของตัวดูดซับถ่านกัมมันต์เชิงการค้า

Table 3 Total sugar, reducing sugar and DP of extracted shallot before and after adsorption with LSAC-A, LSAC-B and commercial A.C. at 12 h

Extracted Shallot	Total sugar (mg/ml)	Reducing sugar (mg/ml)	DP
Before adsorption	380.69	26.88	14.17
Adsorbed with LSAC-A	139.65	4.76	29.40
Adsorbed with LSAC-B	222.76	3.54	62.90
Adsorbed with commercial A.C.	139.31	2.08	67.09

LSAC-A = Longan Seed Activated Carbon A, LSAC-B = Longan Seed Activated Carbon B
and commercial A.C. = commercial Activated Carbon

เมื่อพิจารณาผลวิเคราะห์การกระจายตัวของน้ำตาลด้วยเทคนิค TLC (Figure 1) พบว่าแถบที่แสดงปริมาณของน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส ที่อยู่ในสารสกัดหอมแดงเมื่อผ่านการดูดซับด้วยตัวดูดซับทั้ง 3 ชนิด เรียงลำดับความเข้มจากน้อยไปมาก ดังนี้ ถ่านกัมมันต์เชิงการค้า < LSAC-B < LSAC-A แสดงให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์เชิงการค้าสามารถกำจัดโมโนแซคคาไรด์ในสารสกัดหอมแดงได้มากที่สุดสอดคล้องกับค่า DP (Table 3) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลการดูดซับน้ำตาลไดแซคคาไรด์ (ซูโครส) และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (คีสโตส นีสโตส และฟรุกโทฟูราโนซิลนีสโทส) ของตัวดูดซับทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีความเข้มของแถบ TLC ลดลงในสัดส่วนที่เท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดหอมแดงเริ่มต้น ซึ่งเห็นความแตกต่างไม่ชัดเจนจึงไม่สามารถเปรียบเทียบผลการดูดซับเชิงปริมาณได้

Figure 1 The results of the sugar dispersion analysis of shallot extract by TLC technique using different adsorbents at 12 h. (Glu+Fru = glucose + fructose, Su = sucrose, Kes = kestose, Nys = nystose, Fny = fructofuranosyl nystose and A.C. = activated carbon)

ผลของเวลาในการดูดซับน้ำตาลในสารสกัดหอมแดง

ในงานวิจัยนี้ดำเนินการทำการดูดซับสารสกัดหอมแดงที่เวลาแตกต่างกัน ได้แก่ 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง โดยใช้ตัวดูดซับที่แตกต่างกัน จากนั้นนำไปวิเคราะห์การกระจายตัวของน้ำตาลด้วยเทคนิค TLC แสดงใน Figure 2 การดูดซับด้วย LSAC-A (Figure 2A) พบว่าแถบที่แสดงปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสมีความเข้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดที่ 24 ชั่วโมง จนที่ 48 ชั่วโมงจะมองเห็นจาง ๆ แต่แถบของน้ำตาลซูโครส มองเห็นได้ชัดว่าไม่มีความเข้มที่ลดลง แสดงให้เห็นว่า LSAC-A สามารถกำจัดโมโนแซคคาไรด์ในสารสกัดหอมแดงได้เพียงเล็กน้อย

เมื่อเทียบกับการดูดซับด้วยตัวดูดซับ LSAC-B (Figure 2B) พบว่าแถบที่แสดงปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสมีความเข้มลดลงตั้งแต่การดูดซับที่เวลา 12 ชั่วโมง แต่จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะไม่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงในทางตรงกันข้ามแถบความเข้มของน้ำตาลซูโครสมีความเข้มลดลงตั้งแต่ที่เวลา 12 ชั่วโมง และแทบไม่ปรากฏที่ 48 ชั่วโมง ซึ่งแถบน้ำตาลมีความเข้มลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับสารสกัดหอมแดงเริ่มต้น จะเห็นว่า LSAC-B สามารถกำจัดไดแซคคาไรด์ (ซูโครส) ในสารสกัดหอมแดงได้ดีมากเมื่อดูดซับที่ 36 ชั่วโมง เป็นต้นไป

การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์เชิงการค้า (Figure 2C) พบว่าแถบที่แสดงปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสเริ่มมีความเข้มลดลงตั้งแต่ที่ 12 ชั่วโมง และแทบไม่ปรากฏแถบน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครสที่ 48 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์เชิงการค้า สามารถกำจัดโมโนแซคคาไรด์และไดแซคคาไรด์ในสารสกัดหอมแดงได้มากที่สุดเมื่อใช้เวลาในการดูดซับที่ 48 ชั่วโมง

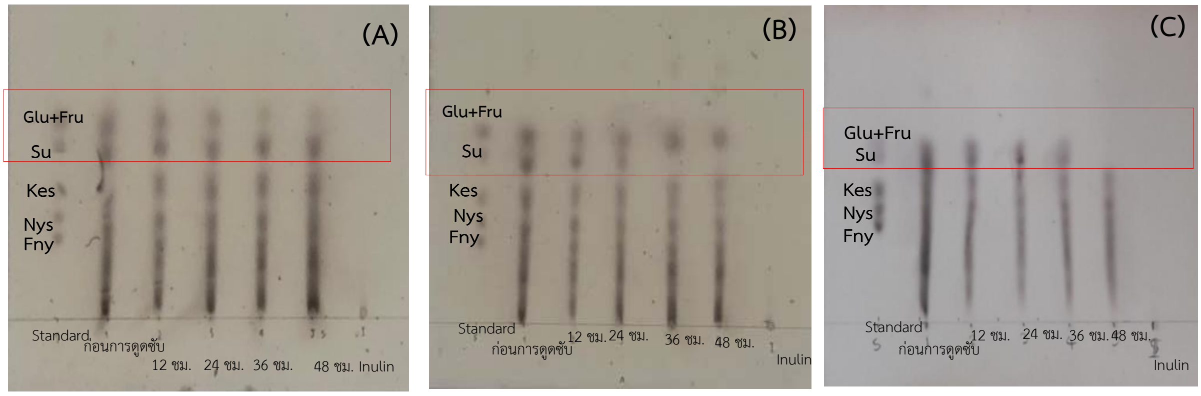


Figure 2 The results of the sugar dispersion analysis of shallot extract by TLC technique using (A) LSAC-A, (B) LSAC-B and (C) Commercial A.C. in different times. (Glu+Fru = glucose + fructose, Su =sucrose, Kes = kestose, Nys = nystose and Fny = fructofuranosyl nystose)

ผลของสัดส่วนระหว่างตัวดูดซับและสารสกัดหอมแดง

การศึกษาสัดส่วนของตัวดูดซับและสารสกัดหอมแดงดำเนินการโดยใช้สัดส่วนตัวดูดซับ 0.1 กรัม ต่อสารสกัดหอมแดง 10, 15 และ 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลที่เหลืออยู่ในสารสกัดหอมแดง (Table 4) พบว่าที่สัดส่วนตัวดูดซับ 0.1 กรัม ต่อสารสกัดหอมแดง 10 มิลลิลิตร ของตัวดูดซับทั้ง 3 ชนิด (LSAC-A LSAC-B และถ่านกัมมันต์เชิงการค้า) แสดงค่า DP สูงกว่าสัดส่วนอื่น ๆ และเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดหอมแดงพบว่าค่า DP มีแนวโน้มที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากปริมาณตัวดูดซับที่มีปริมาณเท่าเดิมไม่สามารถดูดซับน้ำตาลได้เพิ่มหรือดูดซับน้ำตาลได้เต็มปริมาณแล้ว เมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดหอมแดงสูงขึ้นจึงส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลที่ไม่ถูกดูดซับเหลืออยู่ในสารสกัดในปริมาณที่สูง จึงเห็นได้ว่าที่สัดส่วนตัวดูดซับ 0.1 กรัม ต่อสารสกัดหอมแดง 10 มิลลิลิตร เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

นอกจากนี้จากการศึกษาสัดส่วนของตัวดูดซับและสารสกัดหอมแดงทั้ง 3 สัดส่วน พบว่าการใช้ตัวดูดซับ LSAC-B แสดงค่า DP ที่สูงกว่า LSAC-A แต่ยังน้อยกว่าถ่านกัมมันต์เชิงการค้า ซึ่งสังเกตได้จาก Table 3 ถ่านกัมมันต์เชิงการค้าให้ค่า DP สูงที่สุด คือ 69.09 และ LSAC-B, LSAC-A ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าตัวดูดซับ LSAC-B สามารถดูดซับน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ได้ดีกว่าน้ำตาลโอลิโกแซคคาไรด์ และมีประสิทธิภาพการดูดซับได้ใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์เชิงการค้า เนื่องจาก LSAC-B มีสมบัติความพรุนที่ดีกว่า LSAC-A และใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์เชิงการค้า ดังนั้นการประยุกต์ใช้ตัวดูดซับ LSAC-B ในการกำจัดน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์

Table 4 Total sugar, reducing sugar and DP of extracted shallot before and after adsorption with LSAC-A, LSAC-B and commercial A.C. at 12 h in different absorbent (g)/solution (mL.) ratio

Ratio	Total sugar (mg/ml)	Reducing sugar (mg/ml)	DP
Initial extracted shallot	380.69	26.88	14.17
LSAC-A 0.1 g/ 10 ml	139.65	4.75	29.36
LSAC-A 0.1 g/ 15 ml	310.69	17.00	18.28
LSAC-A 0.1 g/ 20 ml	354.48	18.08	19.61
LSAC-B 0.1 g/ 10 ml	222.76	3.54	62.89
LSAC-B 0.1 g/ 15 ml	292.41	14.46	20.21
LSAC-B 0.1 g/ 20 ml	356.55	17.45	20.43
A.C. 0.1 g/ 10 ml	139.31	2.08	67.09
A.C. 0.1 g/ 15 ml	248.97	13.71	18.16
A.C. 0.1 g/ 20 ml	279.66	13.90	20.13

LSAC-A = Longan Seed Activated Carbon A, LSAC-B = Longan Seed Activated Carbon B
and commercial A.C. = commercial Activated Carbon

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เตรียมตัวดูดซับถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไย (LSAC) จากนั้นนำวัสดุที่เตรียมได้มาศึกษาลักษณะสมบัติ จากผลการศึกษาพบว่า ตัวดูดซับถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไย LSAC-A และ LSAC-B ที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายกัน แต่ LSAC-A แสดงค่าการดูดซับไอโอดีนจำเพาะน้อยกว่า LSAC-B บ่งบอกได้ว่าความสามารถในการดูดซับของ LSAC-B สามารถดูดซับได้ดีกว่า เนื่องจากมีสมบัติความพรุนที่ดีกว่า LSAC-A และเมื่อนำตัวดูดซับ LSAC ที่เตรียมได้มาศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ในสารสกัดหอมแดง เปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์เชิงการค้า พบว่าตัวดูดซับ LSAC-B แสดงประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ได้ใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์เชิงการค้า และดีกว่าตัวดูดซับ LSAC-A จากผลการวัด TLC จะเห็นได้ว่าตัวดูดซับ LSAC-B สามารถกำจัดน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ ได้แก่ กลูโคสและฟรุกโตส ในสารสกัดหอมแดงได้หมด เมื่อใช้เวลาในการดูดซับ 48 ชั่วโมง โดยใช้สัดส่วนของตัวดูดซับ 0.1 กรัมต่อสารสกัดหอมแดง 10 มิลลิลิตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณประจำปี พ.ศ. 2563 ในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณบุคลากรสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ และสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้คำแนะนำและสั่งสอนให้ความรู้ในด้านต่าง ๆ ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ สารเคมี และอุปกรณ์ต่าง ๆ และสุดท้ายขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่สละเวลาช่วยกันทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Dasaesamoh R. 2014. **Extraction and Purification of Oligosaccharide from Dragon Fruit's Flesh and Evaluation of Prebiotic Properties**. Master Thesis. Prince of Songkla University. 124. p. [in Thai]

Feng, X., G.E. Fryxell, L.Q. Wang, A.Y. Kim, J. Liu and K.M. Kemmer. 1997. Functionalized monolayers on ordered mesoporous supports. **Science** 276: 923-926.

Lavendel. 2019. **Shallots, Thai medicinal plants to perfume plugged in the house natural extracts made by thai people**. [Online]. Available. https://campus.campusstar.com/variety/.(24 march 2020). [in Thai]

Maneewan S., A. Worasing, N. Longevity and N. Khanuansin. 2011. **Production of Activated Carbon from Tamarind Peel for Application as Air Filter in Automotive Painting Industry.** Phitsanulok: Naresuan University. [in Thai] 107 p.

Nabais, J.V., R.M.M. Carrot, V. Luz and A.L. Ortiz. 2008. Influence of preparation conditions in the textural and chemical properties of activated carbons from a novel biomass precursor: the coffee endocarp. **Bioresour Technol**. 99: 7224-7231.

Siriwan D. 2015. Function food new health supplement village **Doctor Magazine** 36 (431): 10-19. [in Thai]

Waditee R. 1996. **Production and Partial Purification of Antibiotic Substances from Bacillus sp. SR-1**. Master Thesis. Chulalongkorn University. 113 p. [in Thai]

Yang, J., M. Yu and W. Chen. 2015. Adsorption of Hexavalent chromium from aqueous solution by activated carbon prepared from longan seed: kinetics, equilibrium and thermodynamics. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry** 21: 414-422.

Session 15

ภาคโปสเตอร์

การศึกษาการย่อยกากกาแฟด้วยเอนไซม์จากจุลินทรีย์เพื่อผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

Enzyme Hydrolysis of Spent Coffee Grounds by Microorganisms to Fermentable Sugars for Coffee Vinegar

มยุรา ศรีกัลยานุกูล[1*] และปานวาด ศิลปวัฒนา[2]

Mayura Srikanlayanukul[1*] and Panwad Sillapawattana[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Program in Environmental Technology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: mayura@mju.ac.th

Abstract

Degradation of spent coffee grounds applied for coffee vinegar was investigated in this research. Hydrochloric acid hydrolysis for pretreated spent coffee grounds were studied. The 10 mL of hydrochloric acid with various concentration of such as 1, 2, 3, 4 and 5 % (v/v), respectively were added in 1 gram of spent coffee grounds. Pretreatments conditions at 120°C with 3 hours were set. It was found that 2% (v/v) of hydrochloric acid gave the maximum reducing sugar at 12.3863±0.27 g/l. After that degradation of spent coffee grounds with *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus* sp. and *Bacillus subtilis* TK8 were compared. The result showed that *Aspergillus oryzae* reduced the maximum sugar at 54.68±0.08 g/L. The spent coffee grounds have potential to application for coffee vinegar production.

Keywords: spent coffee grounds, fermented vinegar, pretreatment, hydrolysis, fermentation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการย่อยกากกาแฟเพื่อประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกากกาแฟ ทำการปรับสภาพกากกาแฟด้วยกรดไฮโดรคลอริก โดยการศึกษาหาความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่เหมาะสมในการปรับสภาพ ใช้กากกาแฟ 1 กรัม เติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 % (ปริมาตร/ปริมาตร) ตามลำดับ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 250 มิลลิลิตร นำไปไฮโดรไลซิสที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่า เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอกริกความเข้มข้น 2% (ปริมาตร/ปริมาตร) ให้ปริมาณน้ำตาลสูงสุดที่ 12.38 กรัมต่อลิตร จากนั้นศึกษาการย่อยกากกาแฟโดยใช้ *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus* sp และ *Bacillus subtilis* TK8 พบว่า การย่อยกากกาแฟโดยใช้ *Aspergillus oryzae* ให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุดคือ 54.68±0.08 กรัมต่อลิตร ซึ่งมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกากกาแฟ

คำสำคัญ: กากกาแฟ น้ำส้มสายชูหมัก การปรับสภาพ การไฮโดรไลซิส เทคโนโลยีการหมัก

คำนำ

ในยุคศตวรรษที่ 21 นี้ วัฒนธรรมการบริโภคของมนุษย์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากโดยเฉพาะค่านิยมในการดื่มกาแฟ พบว่ามีการดื่มกาแฟกันมากขึ้น สำหรับประเทศไทยปี พ.ศ. 2563 ตลาดกาแฟมีมูลค่า 42,537 ล้านบาท คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 9.7 อัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 5.8 ต่อปี (Food Intelligence Center, 2021) จากค่าความต้องการการใช้กาแฟเพิ่มมากขึ้นนี้จึงทำให้มีปริมาณกากกาแฟเหลือใช้เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉลี่ยคนไทย บริโภคกาแฟ 0.5-1.0 กิโลกรัมต่อปี โดยมีการคาดการณ์ไว้ว่าปี พ.ศ. 2565 จะมีการบริโภคกาแฟในประเทศไทยสูงถึง 300,000 ตันต่อปี ทำให้มีกากกาแฟเหลือทิ้งมากกว่า 290,000 ตันต่อปี (Tuntiwiwat, 2019) จากงานวิจัยของ Campos-Vega *et at*. (2015) พบว่าในกากกาแฟยังคงมีสารที่มีประโยชน์สำคัญหลายๆ ชนิดหลงเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก เช่น กรดอะมิโน พอลิแซคคาไรด์ กลิ่นกาแฟ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ในเชิงสุขภาพในกลุ่มของสารประกอบพอลิฟีนอลในปริมาณที่สูง ซึ่งสารกลุ่มนี้มีความสามารถในเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทำการวัดปริมาณสารนี้โดยวิธี DPPH radical scavenging activity ในกากกาแฟหลายสายพันธุ์ พบว่ามีปริมาณ 16-38 มิลลิกรัม (วิตามินอี) ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (Shang *et al*., 2017)

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในกากกาแฟของ Ballesteros *et al*. (2014) พบว่าในกากกาแฟมีเฮมิเซลลูโลสสูงถึง 39.1 % การนำกากกาแฟมาใช้ประโยชน์จึงจำเป็นที่จะต้องผ่านกระบวนการปรับสภาพก่อนเพื่อเป็นการย่อยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์ให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งกระบวนการปรับสภาพ (Pretreatment) มีรายงานวิจัยศึกษาการปรับสภาพกากกาแฟโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าได้น้ำตาลรีดิวซ์ 520 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Wongsiridetchai *et al*., 2018) นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยว่าการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 27 กรัมต่อลิตร และใช้เอนไซม์เซลลูเลส ได้น้ำตาลกลูโคส 7.46 กรัมต่อ 100 กรัมกากกาแฟ (Hudeckova *et al*., 2018) จากรายงานของ Kim *et al*. (2017) มีการใช้เอนไซม์เซลลูเลสและเพคติเนสในการย่อยกากกาแฟที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดอะซิติกเพื่อผลิตเป็นเอทานอล พบว่าได้

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าการใช้เซลลูเลสเพียงอย่างเดียว และให้ผลผลิตเอทานอล 0.266 กรัมเอทานอลต่อกรัมกากกาแฟ เซลลูโลสสามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยเชื้อจุลินทรีย์ มีรายงานพบว่าเชื้อรา (Irawan, 2014) และแบคทีเรีย ได้แก่ *Baccilus* (Diallo, 2017) รวมทั้งแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยสลายเซลลูโลสได้ (Ryckeboer *et al*., 2003) งานวิจัยของ Dangpram *et al*. (2013) ศึกษาการใช้เอนไซม์สกัดหยาบจากเชื้อ *Penicillium oxalicum* KUB-SN2-1 ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มลิกโนเซลลูเลสในการย่อยกากกาแฟ พบว่าได้น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดที่ 17.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาวิธีการย่อยกากกาแฟด้วยเอนไซม์จากเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์ที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกากกาแฟ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบของกากกาแฟ

ทำการรวบรวมกากกาแฟจากร้านกาแฟภายในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ นำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการวิคราะห์หาองค์ประกอบภายในกากกาแฟ ตามวิธีของ AOAC (1997)

2. การปรับสภาพกากกาแฟด้วยกรดไฮโดรคลอริก

ชั่งกากกาแฟ 1 กรัม ทำการปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 % (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 250 มิลลิลิตร นำไปย่อยที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS-method ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3. การเตรียมสปอร์ของ *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus* sp.

เลี้ยงเชื้อ *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus* sp. ในอาหาร Potato Dextrose Agar เป็นเวลา 7 วัน หรือจนถึงระยะที่สร้างสปอร์ เตรียมสารละลายสปอร์ที่มีความเข้มข้น 10^8 สปอร์/มิลลิลิตร

4. การเตรียมหัวเชื้อ *Bacillus subtilis* TK8

เตรียมหัวเชื้อ *Bacillus subtilis* TK8 โดยกระตุ้นในอาหารเหลว Nutrient both นำไปเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิได้ ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นใช้วิธีการ Streak plate technique และบ่มที่ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อได้โคโลนีเดี่ยว ให้ใช้ห่วงถ่ายเชื้อ ถ่ายลงบน Nutrient agar และเก็บไว้ในตู้เย็น

ทำการกระตุ้นเชื้อ *Bacillus subtilis* TK8 ถ่ายเชื้อที่เจริญบนผิวหน้าอาหารลงในอาหารเหลว ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปเลี้ยงในตู้บ่มเชื้อ อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยมีการเขย่า และก่อนนำไปใช้ ทำการเจือจางเซลล์ให้ได้จำนวนเซลล์เริ่มต้นเท่ากับ 10^8 cfu/มิลลิลิตร

5. การศึกษาการย่อยกากกาแฟโดยใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์

5.1 เชื้อ *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus* sp.

เตรียมสารละลายกากกาแฟที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริกแล้วปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับพีเอชเป็น 6.0 นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติมสารละลายสปอร์ของเชื้อ *Aspergillus oryzae* 10 % (ปริมาตร/ปริมาตร) ลงไป ในส่วนของเชื้อ *Rhizopus* sp. ทำการ

ทดลองเช่นเดียวกัน จากนั้นนำไปบ่มที่ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน ทำการเก็บผลเพื่อนำไปวัดน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี DNS method ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5.2 เชื้อ *Bacillus subtilis* TK8

เตรียมกากกาแฟที่ผ่านการปรับสภาพแล้วเช่นเดียวกับการทดลองที่ 5.1 เติมหัวเชื้อ *Bacillus subtilis* TK8 ปริมาตร 10 % (ปริมาตร/ปริมาตร) บ่มบนเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิได้ ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 60 ชั่วโมง ทำการเก็บผลเพื่อนำไปวัดน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี DNS method ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบของกากกาแฟ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากกาแฟ ได้ผลดัง Table 1 พบว่าในกากกาแฟจะประกอบด้วย เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส 32.96 และ 17.11 % ตามลำดับ

Table 1 Chemical compositions of spend coffee grounds

Composition	Percent (%)
Dye matter	94.66
Cellulose	17.11
Hemicellulose	32.96
Lignin	0.34
Acid detergent lignin (ADL)	17.11
Natural detergent fiber (NDF)	77.69
Acid detergent fiber (ADf)	47.63
Moisture	53.4
Ash	1.42
Protein	12.39
Fiber	19.71
Fat	16.03

2. การปรับสภาพกากกาแฟด้วยกรดไฮโดรคลอริก

การปรับสภาพกากกาแฟ 1 กรัม ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 % (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ได้ผลดัง Table 2

Table 2 Glucose from pre-treatment of spend coffee grounds

Hydrolysis % (v/v)	Glucose (g/L)
0	0.7000±0.03
1	3.5779±0.20
2	12.3863±0.27
3	7.9838±0.98
4	8.4260±0.12
5	5.2213±0.25

3. การศึกษาการย่อยกากกาแฟโดยใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์

จากการศึกษาการย่อยกากกาแฟโดยใช้เอนไซม์จากเชื้อ *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus* sp. และ *Bacillus subtilis* TK8 โดยใช้สารละลายกากกาแฟที่ปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 % (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 3 และเติมสารละลายสปอร์ของ *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus* sp. ที่มีความเข้มข้น 10^8 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาณ 10 % (ปริมาตร/ปริมาตร) ลงไป นำไปบ่มที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 7 วัน ส่วนเอนไซม์จากเชื้อ *Bacillus subtilis* TK8 ทำการทดลองโดยใช้หัวเชื้อ *Bacillus subtilis* TK8 ปริมาตร 10 % (ปริมาตร/ปริมาตร) บ่มบนเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิได้ ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 60 ชั่วโมง แสดงผลดัง Table 3

Table 3 Degradation of spent coffee grounds with enzyme from fungi and bacteria

Microorganism	Glucose (g/L)
Aspergillus oryzae	54.68±0.08
Rhizopus sp.	27.28±0.27
Bacillus subtilis TK8	5.84±0.12

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกากกาแฟ พบว่ามีปริมาณเฮมิเซลลูโลส 32.96 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Ballesteros *et al.* (2014) พบว่าในกากกาแฟมีเฮมิเซลลูโลสสูงถึง 39.1 % เมื่อนำมาทำการย่อยด้วยวิธีทางเคมีและชีวภาพ ในส่วนของเซลลูโลสเมื่อย่อยอย่างสมบูรณ์จะได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคส ส่วนเฮมิเซลลูโลสได้น้ำตาลเพนโตสและเฮ็กโซส (Millati *et al.*, 2011) แสดงให้เห็นว่ากากกาแฟเป็นวัตถุดิบที่มีความเหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทางชีวภาพ ได้แก่ น้ำส้มสายชูหมักจากกากกาแฟ ต่อไปได้

การปรับสภาพกากกาแฟเป็นการกำจัดลิกนิน ช่วยเพิ่มขนาดรูพรุน และลดการเกิดผลึกของเซลลูโลส (Cellulose crystallinity) ทำให้เอนไซม์สามารถเข้ามาย่อยได้ง่ายขึ้น (Sun and Cheng, 2002) จากการทดลองปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริกพบว่า เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 % (v/v) ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำตาลสูงสุดที่ 12.3863±0.27 กรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของ Zu *et al.* (2014) ที่ทำการปรับสภาพซังข้าวโพดด้วยกรดไฮโดรคลอกริก 1 % (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่อัตราส่วนซังข้าวโพดต่อกรด 1:10 ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ได้น้ำตาลกลูโคส 13.4 กรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยการปรับสภาพกากกาแฟด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2% อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 3 นาที ได้น้ำตาลกลูโคส 8.5 กรัมต่อลิตร (Juarez *et al.*, 2018) นอกจากนี้ Megawati *et al.* (2015) ทำการปรับสภาพซังข้าวโพดด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.18 (mol/L) ที่อุณหภูมิ 160 °C เป็นเวลา 35 นาที พบว่าได้น้ำตาลกลูโคส 16.04 กรัมต่อ 100 กรัมซังข้าวโพด ซึ่งการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริกจะทำให้ได้สารประกอบเฟอร์ฟูรัล (Furfural) มีผลไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Alcohol dehydrogenase ของเซลล์ยีสต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้การปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 2 % (v/v) ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในการทดลองต่อไป

การย่อยกากกาแฟโดยใช้เอนไซม์จากเชื้อ *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus* sp. และ *Bacillus subtilis* TK8 ซึ่งเป็นเชื้อที่ใช้ในการผลิต ซีอิ๊ว เทมเป้ และถั่วเน่า ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า *Aspergillus oryzae* ให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุดคือ 54.68±0.08 กรัมต่อลิตร ทั้งนี้เนื่องมาจากเชื้อนี้มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้ดี สอดคล้องกับการทดลองของ Passos *et al*. (2018) ทำการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจากเชื้อ *Aspergillus oryzae* IOC 3999/1998, *Penicillium* sp. และ *Trichoderma reesei* โดยใช้แป้งถั่วเหลือง กากชานอ้อย และ CMC เป็นวัตถุดิบ พบว่า *Aspergillus oryzae* IOC 3999/1998 สามารถผลิตเอนไซม์ได้สูงสุดคือ 3,641 ยูนิตต่อกรัม ส่วนการย่อยกากกาแฟด้วยเชื้อ *Rhizopus* sp. และ *Bacillus subtilis* TK8 ให้ปริมาณน้ำตาลที่น้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามสามารถนำเชื้อทั้งสองชนิดนี้มาศึกษาต่อในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยกากกาแฟได้ จากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการย่อยด้วยเชื้อ *Aspergillus oryzae* มีปริมาณเพียงพอต่อการนำไปใช้ผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมักจากกากกาแฟต่อไป

สรุปผลการวิจัย

กากกาแฟประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส 32.96 และ 17.11% ตามลำดับ การปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอกริกพบว่า เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอกริกความเข้มข้น 2 % (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำตาลสูงสุดที่ 12.3863±0.27 กรัมต่อลิตร เมื่อทำการศึกษาการย่อยกากกาแฟโดยใช้เอนไซม์จากเชื้อ *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus* sp. และ *Bacillus subtilis* TK8 พบว่า การย่อยกากกาแฟโดยใช้เอนไซม์จากเชื้อ *Aspergillus oryzae* ให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงที่สุดคือ 54.68±0.08 กรัมต่อลิตร สามารถนำไปใช้ในการผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมักจากกากกาแฟต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้น ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการสนับสนุนการศึกษาจนทำให้การดำเนินงานประสบผลตามที่ตั้งไว้

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 1997. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemistry.** 16th ed. Arlington, Virginia: The Association of Official Analysis Chemists.

Ballesteros, L.F., J.A. Teixeira and S.I. Mussatto. 2014. Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. **Food Bioprocess Technology** 7: 3493-3503.

Campos-Vega, R., G., Loarca-Piña, H.A. Vergara-Castañeda and B.D., Oomah. 2015. Spent coffee grounds: a review on current research and future prospects. **Trends in Food Science &Technology** 45: 24-36.

Dangpram, P., S. Chantorn and S. Nitisinprasert. 2013. Effects of types and content of agricultural wastes for oligosaccharide production by crude enzyme from *Penicillium oxalicum* KUB-SN2-1. **KMUTT Research and Development Journal** 36(10): 73-84. [in Thai]

Diallo, N.D. 2017. Composting of sugar cane bagasse by Bacillus strains. **African Journal of Biotechnology** 16(3): 113-123.

Food Intelligence Center. 2021. **Coffee business in Thailand.** [Online]. Available http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=319 (27 August 2021). [in Thai]

Hudeckova, H., M. Neureiter, S. Obruca, S. Fruhauf and I. Marova. 2018. Biotechnological conversion of spent coffee grounds into lactic acid. **Letters in Applied Microbiology** 66: 306-312.

Irawan, B. 2014. Preparation of fungal inoculum for leaf litter composting from selected fungi. **Journal of Agricultural and Biological Science** 3: 89-95.

Juarez, G.F.Y., K.B.C. Pabilona, K.B.L. Manlangit and A.W. Go. 2018. Direct dilute acid hydrolysis of spent coffee grounds: a new approach in sugar and lipid recovery. **Waste and Biomass Valorization** 9: 235-246.

Kim, H.M., Y.S. Choi, D.S. Lee, Y.H. Kim and H.J. Bae. 2017. Production of bio-sugar and bioethanol from coffee residue (CR) by acid-chlorite pretreatment. **Bioresource Technology** 236: 194-201.

Megawati, S.W.B., H. Sulistyo and M. Hidaya. 2015. Sulfuric acid hydrolysis of various lignocellulosis materials and its mixture in ethanol production. **Biofuels**. 6(5-6): 331-340.

Millati, R., R. Wikandari, E.T. Trihandayani, M.N. Cahyanto, M.J. TaherZadeh and C. Niklasson. 2011. Ethanol from oil palm empty fruit bunch via dilute-acid hydrolysis and fermentation by *Mucor indicus* and *Saccharomyces cerevisiae*. **Agricultural Journal** 6(2): 54-59.

Passos, D.F., N. Pereira and A.M. Castro. 2018. A comparative review of recent advances in cellulases production by *Aspergillus*, *Penicillium* and *Trichoderma* strains and their use for lignocellulose deconstruction. **Current Opinion Green and Sustainable Chemistry** 14: 60-66.

Ryckeboer, J., J. Mergaert, J. Coosemans, K. Deprins and J. Swings. 2013. Microbiology aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. **Journal of Applied Microbiology** 94: 127-137.

Shang, Y.F., J.L. Xu, W.J. Lee and B.H. Um. 2017. Antioxidative polyphenolics obtained from spent coffee grounds by pressurized liquid extraction. **South African Journal of Botany** 109: 75-80.

Sun, Y. and J. Cheng. 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. **Bioresource Technology** 83: 1-11.

Tuntiwiwat, N. 2019. Spent coffee ground from coffee mug to circular economy concept for bioproduct. **Environmental Journal** 23(1): 1-8. [in Thai]

Wongsiridetchai, C., W. Chiangkham, N. Khlaihiran, T. Sawangwan, P. Wongwathanarat, T. Charoenrat and S. Chatorn. 2018. Alkaline pretreatment of spent coffee grounds for oligosaccharides production by mannanase from *Bacillus* sp. GA2(1). **Agriculture and Nature Resource** 52: 222-227.

Zu, S., W. Li, M. Zhang, Z. Li, Z. Wang, H. Jameel and H. Chang. 2014. Pretreatment of corn stover for sugar production using dilute hydrochloric acid followed by lime. **Bioresource Technology** 152: 364-370.

ภาคผนวก

บันทึกข้อความ

งานการเงินและบัญชี
รับที่ 203/64
วันที่ 17 ธ.ค. 2564
เวลา..........

ส่วนงาน กองบริหารงานบริการวิชาการ งานสารสนเทศฯ โทร. 3410

ที่ อว 69.19.3.3/564 **วันที่** 17 ธันวาคม 2564

เรื่อง ขออนุมัติจัดโครงการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564

เรียน ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

ตามที่ข้าพเจ้าได้รับงบประมาณโครงการบริการวิชาการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2564 ให้ดำเนินโครงการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564 ผ่านระบบออนไลน์ (Zoom Meetings) ภายใต้โครงการงานเกษตรแม่โจ้ตามศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ระหว่างวันที่ 24-25 ธันวาคม 2564 ผู้เข้าร่วมโครงการจำนวน 120 คน ณ อาคารเรียนรวม 80 ปี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ดังนั้น จึงขออนุมัติดำเนินโครงการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564 โดยเบิกจ่ายจากงบประมาณแผ่นดิน งบอุดหนุน โครงการบริการวิชาการโครงการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564 ภายใต้โครงการงานเกษตรแม่โจ้ตามศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 200,000 บาท (สองแสนบาทถ้วน) ตามเอกสารโครงการที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย มิ่งธิพล)
หัวหน้าโครงการ

อนุมัติ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุวรรณรักษ์)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

68,400

โครงการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๔

Maejo Annual Conference-2021

"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"

สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

---

๑. หลักการและเหตุผล

การพัฒนาประเทศไทยภายใต้แนวคิดประเทศไทย ๔.๐ ได้ระบุองค์ความรู้และนวัตกรรมด้านเกษตรอาหาร และสุขภาพ ผ่านการขับเคลื่อนด้วยความรู้และนวัตกรรม ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมาย การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals; SDGs) นั้น ประเทศไทยจำเป็นต้องมีการปฏิรูปและปรับเปลี่ยนอย่างเป็นระบบเพื่อให้โครงสร้างทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศเหมาะสมกับภูมิทัศน์ใหม่ ของโลก และรัฐบาลได้กำหนดวิสัยทัศน์ให้ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยมียุทธศาสตร์ชาติ ๒๐ ปี (พ.ศ. ๒๕๖๐-๒๕๗๙) เป็นกรอบการพัฒนาประเทศในระยะยาว โดยมุ่งพัฒนาและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ผลักดันให้ประเทศหลุดพ้นจากกับดักประเทศที่มีรายได้ระดับปานกลาง สร้างรายได้ให้เพิ่มขึ้นในระดับสูงขึ้นสู่การเป็นประเทศพัฒนาแล้ว และสร้างความสุขให้เกิดขึ้นกับคนไทย ให้สังคมมีความมั่นคง เสมอภาค และเป็นธรรม และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ รวมทั้งความสามารถในการปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งในปัจจุบันและอนาคต สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและเศรษฐกิจของโลก โดยเน้นความสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจในระดับฐานราก และสร้างความเชื่อมโยงกับเศรษฐกิจในประเทศและเศรษฐกิจโลกอย่างรู้เท่าทัน

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมเป็นเครื่องมือสำคัญในการสนับสนุนในการดำเนินการตามยุทธศาสตร์ชาติโดยเฉพาะการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ด้วยการพัฒนาการเกษตรสร้างมูลค่าและอุตสาหกรรม และบริการแห่งอนาคต ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ โดยการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ ๒๑ ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยการอนุรักษ์และฟื้นฟูความหลากหลายทางชีวภาพในและนอกถิ่นกำเนิด ตลอดจนด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ การเผยแพร่และถ่ายทอดผลงานวิจัยเป็นภารกิจหนึ่งของงานบริหารผลงานวิจัยนวัตกรรมการวิจัย ภายใต้ยุทธศาสตร์ด้านความเป็นเลิศด้านการวิจัยและนวัตกรรมของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายในการก้าวสู่ปีที่ ๑๐๐ ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในปี พ.ศ. ๒๕๗๗ โดยมีเป้าหมายการพัฒนาสู่การเป็นนิเวศแห่งสังคมอุดมปัญญาเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต ของคนทุกเพศ ทุกวัย ทุกกลุ่มอาชีพ เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร จึงได้ดำเนินการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๔ เป็นการส่งเสริมให้อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยรวมทั้งนิสิต นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากเครือข่ายสถาบันการศึกษาและบุคลากรภาครัฐ องค์กรเอกชนได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานทางวิชาการสู่สาธารณะ ตลอดจน การพบปะ

แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์เชิงวิชาการ ความเชี่ยวชาญ ชำนาญการ ระหว่างนักวิจัย นักวิชาการ และผู้สนใจ ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางการวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศและแก้ไขปัญหาได้อย่างสัมฤทธิ์ผล นอกจากนี้ยังเป็นโอกาสที่ได้ถ่ายทอดและนำออกเผยแพร่สู่สาธารณชนสามารถนำความรู้และเทคโนโลยีไปพัฒนาอาชีพให้เกิดประโยชน์อันจะส่งผลดีต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศต่อไป ที่สำคัญอีกประการหนึ่งเพื่อเปิดโอกาสให้นักวิจัยจากสถาบันการศึกษาและจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้พบปะแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในงานวิจัย และเพื่อให้มีการอภิปราย เสนวนาร่วมกัน ทำให้เข้าใจถึงปัญหาและสามารถทำงานวิจัยเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อกันในการนำผลงานวิจัยไปใช้ปฏิบัติได้จริง และเป็นประโยชน์ต่อองค์กรภาครัฐ ภาคเอกชน ผู้ประกอบการและผู้สนใจทั่วไปอย่างแท้จริง

๒. วัตถุประสงค์

๑. เพื่อส่งเสริมให้ คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต/นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัย ภาครัฐและเอกชน และหน่วยงานต่าง ๆ ได้นำเสนอผลงานวิจัยและเผยแพร่ผลงานวิชาการด้านเกษตร อาหาร สุขภาพและสิ่งแวดล้อมสู่สาธารณชน

๒. เพื่อให้เกิดความร่วมมือทางวิชาการของหลากหลายองค์กร ในการค้นคว้าและพัฒนางานวิจัยต่อไป โดยสามารถก่อให้เกิดผลในเชิงพาณิชย์

๓. เพื่อเพิ่มโอกาสให้ บุคลากรจากหลากหลายองค์กร แลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ ตลอดจนข้อคิดเห็นในการพัฒนางานวิจัยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสร้างเครือข่ายในการพัฒนางานวิจัยให้เกิดขึ้นระหว่างนักวิจัย สถาบันการศึกษา ตลอดจนหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน

๓. รูปแบบของการประชุมวิชาการ

๑. ดำเนินการประชุมวิชาการทั้งการประชุม on site และออนไลน์ ประกอบด้วย

๒. การบรรยายพิเศษ และการเสวนา

๓. การนำเสนอผลงานวิจัย ภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ โดยแบ่งเป็น ๕ กลุ่ม ดังนี้

A: เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร ประกอบด้วย

๑. เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตรสมัยใหม่

การเกษตรที่เหมาะสมด้วยเทคโนโลยีเข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ การคัดเลือกพันธุ์จนถึงกระบวนการผลิตการตรวจวัดตั้งแต่สภาพแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ ลดต้นทุนการผลิต เพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพการผลิตทดแทนแรงงานโดยใช้ระบบอัตโนมัติ และเครื่องจักรกลการเกษตร การผลิตอาหารสัตว์ที่มีประสิทธิภาพสูง ด้วยระบบการผลิตสัตว์ที่แม่นยำ กระบวนการผลิตสัตว์ที่มีประสิทธิภาพ เพิ่มมูลค่า ลดต้นทุน ทดแทนแรงงาน และใช้พลังงานสะอาดในกระบวนการผลิตภาคเกษตร รวมถึงการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์เพื่อทำโภชนาการสัตว์แบบแม่นยำ (precision animal nutrition) วัคซีนหรือผลิตภัณฑ์กระตุ้นภูมิคุ้มกันเพื่อ การป้องกันโรคในพืช และสัตว์เศรษฐกิจ การพัฒนาชุดทดสอบแบบรวดเร็วเพื่อตรวจสอบสารตกค้าง และการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ต้นแบบการบริหารการจัดการฟาร์มโดยใช้

เทคโนโลยีสมัยใหม่ ที่สามารถลดต้นทุน หรือเพิ่มผลผลิตให้แก่เกษตรกรได้ ระบบการติดตามและเตือนภัยล่วงหน้า และเทคโนโลยีระบบสารสนเทศการเกษตร ระบบการติดตามและเตือนภัยล่วงหน้า (Monitoring and Warning System) จากปัญหาการระบาดของโรคและแมลง โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตร ระบบการพยากรณ์ผลผลิต (Forecasting) เพื่อแจ้งเตือนหน่วยงานภาครัฐสำหรับการบริหารจัดการผลิต ลดความเสี่ยงจากสินค้าล้นตลาด โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตรด้วยเทคโนโลยีโรงเรือนปลูกพืชอัจฉริยะ โรงเลี้ยง ฟาร์มอัจริยะ การควบรวมเทคโนโลยีการเกษตร ได้แก่ Smart farm, IT, Blockchain, AI, IoT, Warning System, Agri Data Center, Agri Map, Agri Big Data, Sensor, Plant Factory, Autonomous, Drone, Smart detection kit

๒. **การเกษตรอินทรีย์ (Organic farm)** การพัฒนามาตรฐาน การเพิ่มศักยภาพ การตรวจสอบย้อนกลับ การพัฒนาสายพันธุ์และเมล็ดพันธุ์ เทคโนโลยีการจัดการระบบผลิต เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ การพัฒนาสารกำจัดศัตรูพืช การพัฒนา organic smart farmer ภูมิปัญญาและชีวนวัตกรรมการเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชอัตลักษณ์ท้องถิ่น สมุนไพรไทยที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโต การควบคุมแมลง และปราบศัตรูพืชหรือวัชพืชในพืชเศรษฐกิจ และประเด็นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๓. **เทคโนโลยีการผลิตพืช สัตว์และการประมง** นวัตกรรมการเกษตรที่เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิต เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน การผลิตพืชให้ได้สารออกฤทธิ์ปริมาณมากและตรงกับเป้าหมาย เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อเพิ่มคุณภาพและความสามารถในการแข่งขัน พัฒนาพันธุ์พืชเศรษฐกิจ ให้มีผลผลิตสูง โภชนาการสูง มีคุณภาพดี และมีต้นทุนการผลิตลดลง พืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ที่มีศักยภาพ ในเชิงการค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกร แนวทางการจัดการระบบ certificate of analysis (COA) ที่มีศักยภาพในการสร้างเสริมสุขภาพ การเจริญเติบโต การป้องกันและรักษาโรคใน พืช สัตว์เศรษฐกิจและสัตว์เลี้ยง รวมถึงการใช้สมุนไพรทดแทนยาปฏิชีวนะเพื่อลดการเกิดเชื้อดื้อยาในสัตว์

B: เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านอาหาร และยา

๑. **ศิลปะวิทยาการอาหารระดับโมเลกุล** อาหารเป็นยา และอาหารเชิงฟังก์ชัน กระบวนการและเทคโนโลยีการผลิตอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับมาตรฐานรับรอง อาหารสำหรับผู้คนแต่ละช่วงวัย เครื่องจักรการผลิตอาหารสำหรับ SME วัตถุดิบที่ปลอดภัยและมีคุณภาพ ระบบการตรวจคุณภาพด้านความปลอดภัยของสินค้าเกษตรด้วย Smart detection kit สำหรับเกษตรกรและเชิงพาณิชย์ ระบบ Sensor สำหรับการตรวจสอบคุณภาพคุณค่าทางอาหาร รวมทั้งเทคโนโลยีรักษาคุณภาพของผลผลิตในการขนส่ง (Logistics) เพื่อป้องกันความเสียหายของผลผลิต สมุนไพรไทย ผลผลิตและผลิตภัณฑ์คุณภาพเพื่อการแข่งขัน สมุนไพรไทยที่มีศักยภาพเพื่อป้องกัน รักษาโรค ส่งเสริมความงามและสุขภาพ

๒. **การแปรรูปและการเพิ่มมูลค่าผลผลิต** ผลิตภัณฑ์อาหารจากพืช (Plant-based Meat) อาหารฟังก์ชัน (Functional Food) ผลิตภัณฑ์อาหารอินทรีย์ (Organic Food Products) นวัตกรรมอาหาร (Food Innovation) อาหารแห่งอนาคต (Future Food) ผลิตภัณฑ์อาหารไร้กลูเตน (Gluten-free products) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร (Food Science and Technology) วิศวกรรมอาหาร (Food Engineering) เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (Postharvest Technology)

๓. **ความมั่นคงด้านอาหาร ความหลากหลายทางชีวภาพและชีววิทยาเกษตร** ความสามารถและภูมิปัญญาในการผลิตอาหารของชุมชนมีความปลอดภัยและมีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมตามความต้องการตามวัย เพื่อการมีสุขภาวะที่ดี รวมทั้งการมีระบบการผลิตที่เกื้อหนุน รักษาความสมดุลของระบบนิเวศวิทยา และความคงอยู่ของฐานทรัพยากรอาหาร ทางธรรมชาติของประเทศ การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการตลอดห่วงโซ่ เพื่อลดการสูญเสียในระบบการผลิตอาหาร (Food loss) วิธีการเพื่อให้ประชาชนสามารถเข้าถึงอาหารได้ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ (Food Access) แนวทางการสำรองอาหารภายในประเทศ เพื่อให้ประชาชนในระดับชุมชนมีแหล่งอาหารของชุมชนและประเทศ (Food Bank) เทคโนโลยีที่ส่งเสริมกระบวนการผลิตอาหารตลอดห่วงโซ่ เพื่อลดต้นทุน เพิ่มประสิทธิภาพ การผลิต คุณภาพมาตรฐาน ความปลอดภัย และสามารถทวนสอบย้อนกลับได้ และประเด็นที่เกี่ยวข้อง

C: การพัฒนาเศรษฐกิจใหม่ (BCG Model; Bio-Circular-Green Economy)

๑. **โลจิสติกส์และการตลาดสมัยใหม่ (Digital Marketing)** ตลาดเกษตร Online ระบบตลาดสินค้าเกษตรที่ทันสมัย การทำธุรกิจออนไลน์ ตลาดและโลจิสติกส์ ๕.๐ เทคโนโลยีดิจิทัลสามารถนำไปใช้ได้กับการยกระดับเศรษฐกิจเพื่อการพัฒนา ๓ เรื่องได้แก่ เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม การขึ้นทะเบียนรายแปลง การจัดการความรู้ทางการเกษตร การจัดการน้ำและทรัพยากร การวางแผนการผลิต พื้นที่เพาะปลูกบัญชีรายได้ และการพัฒนานวัตกรรมบริการ เทคโนโลยีการจัดการตลอดห่วงโซ่การผลิตและโลจิสติกส์ เพื่อลดความสูญเสียและความเสียหายของสินค้าเกษตร รวมทั้งยังรักษาคุณภาพไว้ได้เป็นอย่างดีจากแปลงเกษตรกรจนถึงมือผู้บริโภค การพัฒนาผู้ประกอบธุรกิจเกษตร ทิศทางการตลาดและพัฒนาระบบตลาด โดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อให้ผู้ผลิตเข้าถึงผู้บริโภคได้ง่ายขึ้น แนวโน้มความต้องการของตลาด เชิงลึก พฤติกรรมผู้บริโภค สถานการณ์ด้านอาหารทั้งในและต่างประเทศในทุกมิติ กลยุทธ์การปรับตัวภาคธุรกิจการเกษตรภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคอุบัติใหม่ และ Post pandemic

๒. **การพัฒนาเศรษฐกิจใหม่ในการขับเคลื่อนการเติบโตของเศรษฐกิจและการพัฒนาสังคม (BCG Model (Bio-Circular-Green Economy)** สอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (Sufficiency Economy Philosophy, SEP) และการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals, SDGs) การพัฒนาเศรษฐกิจโดยเศรษฐกิจดิจิทัลเชื่อมโยงกับทางการเกษตร เพื่อให้เกิดเศรษฐกิจที่เติบโต แข่งขันได้ใน ระดับโลกพร้อม ๆ กับการกระจายรายได้ลงสู่ชุมชน ลดความเหลื่อมล้ำ ชุมชนเข้มแข็ง มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

๓. **การท่องเที่ยววิถีใหม่** การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ การบริหารจัดการธุรกิจการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-๑๙ และ post pandemic การท่องเที่ยวเพื่อสุขภาพ และประเด็น ที่เกี่ยวข้องพฤติกรรมการท่องเที่ยว การตลาดการท่องเที่ยว การจัดการแหล่งท่องเที่ยว การปรับตัวของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเพื่อความสนใจพิเศษ การจัดการทรัพยากรมนุษย์ในอุตสาหกรรมท่องเที่ยว การใช้เทคโนโลยีเพื่อการท่องเที่ยว ความเสี่ยงและการจัดการความเสี่ยงสำหรับการท่องเที่ยว

D: สุขภาพวิถีใหม่และการจัดการสิ่งแวดล้อม

๑. **สุขภาพวิถีใหม่** ด้านพฤติกรรมสุขภาพและภาวะสุขภาพ การจัดบริการ การดูแลสุขภาพ นวัตกรรมการจัดการศึกษาด้านสุขภาพ นวัตกรรมการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุ และทุกช่วงวัย การดูแลสุขภาพชุมชนด้วยวิทยาศาสตร์การกีฬา สุขศึกษา พลศึกษา และนันทนาการ ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคอุบัติใหม่ และ Post pandemic องค์ความรู้เชิงสุขภาพและความปลอดภัย สร้างความเข้าใจ และปรับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อโภชนาการและสุขภาวะที่ดีของประชาชนทุกกลุ่มทั้งในชนบทและในเมือง (Behavior change) นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาระบบการสื่อสารและการศึกษาสำหรับส่งเสริมให้ประชาชนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง สามารถบริโภคอาหารที่เหมาะสมกับภาวะสุขภาพของตน (Media and Education)

๒. **พลังงานสีเขียว** นวัตกรรมเชิงระบบเพื่อลดของเสียและการนำกลับไปใช้ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนของเสียเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม ชุมชนภาคเกษตร แปลงเป็นพลังงานและวัสดุเพื่อการเกษตร การควบรวมดิจิทัลกับนวัตกรรมระบบการจัดการพลังงาน การสร้างมูลค่าเพิ่มจากเศษเหลือจากห่วงโซ่อาหารทั้งระบบ (Food Waste) สามารถต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้ เช่นนวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อนำของเหลือใช้จากการเกษตรหรือกระบวนการผลิตอาหาร (Food Waste) ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำไปใช้ประโยชน์ทั้งในรูปแบบ Food และ Non-food

๓. **การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต** เพื่อให้การดำเนินชีวิตของคนในชุมชนและสังคมมีสุขภาพพลานามัยที่แข็งแรง และยกระดับฐานะความเป็นอยู่เพื่อให้เกิดความเข้มแข็งและพึ่งพาตนเองได้ เช่น การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อคนทุกคน (universal design) การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อผู้สูงอายุ การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อความปลอดภัยทางด้านสุขอนามัย การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีเมืองอัจฉริยะ (smart city) การออกแบบพื้นที่สีเขียวเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิต เป็นต้น

๔. **การจัดการสิ่งแวดล้อม** เพื่อมุ่งการใช้ทรัพยากรให้ยั่งยืนยาวนานโดยการรักษาจำนวนที่มีอยู่ รู้จักการหมุนเวียนทรัพยากรนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ควบคุมของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้น ควบคุมระบบนิเวศให้อยู่ในสมดุลธรรมชาติ เช่น การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การตรวจวัดและวิเคราะห์และการติดตามตรวจสอบประเด็นทางด้านสิ่งแวดล้อม ออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อรับมือกับปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น ภาวะโลกร้อนหรือผลกระทบจากปัญหาภาวะโลกร้อน ปัญหามลพิษทางอากาศ ปัญหาน้ำเสีย เป็นต้น

E: การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อพร้อมรับปรับเปลี่ยนกับสถานการณ์โลก

๑. **การส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร ชุมชนแนวใหม่** การพัฒนาภูมิสังคมและชนบทอย่างยั่งยืน องค์ความรู้ เทคนิค กระบวนการในการพัฒนาตลอดจนส่งเสริมให้ทรัพยากรบุคลากรในองค์กรมีความรู้ความสามารถ ไปจนถึงมีทักษะในการปฏิบัติงานได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งสังคม ดิจิทัล การสื่อสารเกษตร การพัฒนาทรัพยากรการเกษตร การส่งเสริมการเกษตรบนพื้นที่สูง การพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพเกษตรกร การส่งเสริมเทคโนโลยีการจัดการทรัพยากรการเกษตร เทคโนโลยีสมัยใหม่ช่วยให้การเกษตรเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นทั้งในเชิงปริมาณ คุณภาพ และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น การพัฒนาและฟื้นฟูทรัพยากรดิน น้ำ การตรวจวัดและวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน พืช สภาพอากาศ โรคและแมลง สำหรับการเกษตร เป็นต้น กระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ไปสู่เกษตรกร แก้ไขปัญหาการเกษตร ตั้งรับการขาดแคลนอาหาร มีความปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และตั้งรับต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ โดยใช้เทคโนโลยีและรูปแบบการบริหารจัดการที่เป็นระบบหรือแพลตฟอร์มสามารถรองรับต่อ สถานะการวิกฤติ

๒. **สังคมวิทยา มานุษยวิทยา** ผลกระทบของสถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด-๑๙ ต่อชีวิตประจำวันด้านสังคมและวัฒนธรรม การบริหารจัดการสังคม ชุมชนขององค์กรท้องถิ่นภายใต้ สถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด-๑๙ ภาษาและวัฒนธรรมในสังคมยุคเทคโนโลยีการสื่อสารสมัยใหม่ โลกาภิวัฒน์กับท้องถิ่นนิยมในสังคมไทย แรงงานข้ามชาติกับผลกระทบทางเศรษฐกิจ สังคมและการเมือง

๓. เงื่อนไขการนำเสนอ

การส่งผลงานวิจัย ผลงานวิชาการ ผลงานออกแบบ ขอให้ผู้เสนอผลงานจัดเตรียมบทความฉบับเต็มให้ถูกต้อง ตามรูปแบบและข้อกำหนดที่คณะกรรมการกำหนดขึ้น มิฉะนั้น คณะกรรมการขอสงวนสิทธิ์ในการยกเลิกผลงานที่มีรูปแบบไม่ถูกต้องตามที่กำหนด โดยมีรายละเอียด ดังนี้

๑) ผลงานที่จะนำเสนอ จะต้องเป็นผลงานที่เสร็จสิ้นแล้ว หรืออยู่ระหว่างการดำเนินการ หรือเป็นโครงการต่อเนื่อง และเป็นผลงานที่ไม่เคยเผยแพร่ที่ใดมาก่อน

๒) บทความฉบับเต็ม ๑ เรื่อง สามารถเลือกนำเสนอผลงานได้เพียงแบบเดียวเท่านั้น คือ บรรยาย หรือโปสเตอร์

๓) คณะกรรมการขอสงวนสิทธิ์ในการคัดเลือกรูปแบบของการนำเสนอผลงานตามความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

๔. รูปแบบการนำเสนอผลงาน

๑. การนำเสนอแบบบรรยาย (Oral presentation) เวลาในการนำเสนอเรื่องละ ๑๕ นาที (นำเสนอ ๑๐ นาที ถาม–ตอบ ๕ นาที)

๒. การนำเสนอด้วยโปสเตอร์ (Poster presentation) โปสเตอร์ขนาด A๑ (แนวตั้ง ๕๙.๔ ซม. X ๘๔.๑ ซม.) โดยสามารถนำเสนอด้วยภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

หมายเหตุ ๑. บทความระดับยอดเยี่ยมที่ผ่านการพิจารณาโดย Peer review ที่ได้รับคัดเลือก จะได้รับการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ในกลุ่ม TCI ๑ จำนวน ๕ เรื่อง ทั้งนี้ต้องผ่านเงื่อนไขที่กำหนดของกองบรรณาธิการ

๒. บทความฉบับสมบูรณ์ที่ผู้นำเสนอได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอของผู้ทรงคุณวุฒิ (Paper review) จะได้รับการตีพิมพ์เป็น Proceedings ในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ หรือสามารถดาวน์โหลดได้ผ่านเว็บไซต์

๕. อัตราค่าลงทะเบียน

ผู้เสนอผลงานชำระค่าลงทะเบียน

	บุคคลทั่วไป	**นักศึกษา**	**ผู้เข้าร่วมการประชุมวิชาการ**
รูปแบบ Online	๑,๒๐๐	๘๐๐	๕๐๐
รูปแบบ On-site	๒,๐๐๐	๑,๕๐๐	๑,๐๐๐

๖. การรับสมัคร

ผู้สนใจเสนอผลงานทางวิชาการ สามารถศึกษารายละเอียดและสมัครได้ที่ **www.conference.mju.ac.th** โดยดำเนินการ ดังนี้

๑. ชำระค่าลงทะเบียนโอนเงินเข้าบัญชีธนาคารกรุงไทย สาขาแม่โจ้ บัญชีออมทรัพย์
ชื่อบัญชี งานประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ บัญชีเลขที่ ๓๗๕-๐-๕๕๕๙๙-๐
เมื่อทำการสั่งจ่ายหรือโอนเงินเรียบร้อยแล้ว กรุณาแนบหลักฐานการโอนเงินธนาคาร ระบุชื่อรายละเอียดในการออกใบเสร็จรับเงินให้ชัดเจน มาทาง E-mail: mju_confer@gmaejo.mju.ac.th

ผู้เข้าร่วมประชุมเมื่อได้รับอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาแล้วมีสิทธิเบิกค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้ตามหนังสือกระทรวงการคลัง ที่ กค ๐๔๐๖.๔/ว ๒๑ ลงวันที่ ๒๒ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๔ เรื่อง การเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการและการฝึกอบรมภายในประเทศ และตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม การจัดงาน และการประชุมระหว่างประเทศ (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๕๕ หรือเบิกค่าใช้จ่ายอื่น ๆ จากต้นสังกัด ตามระเบียบของทางราชการและหน่วยงานต้นสังกัด

คำสั่งมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ที่ ๘๗๓/๒๕๖๔

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๔

ด้วยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้กำหนดให้มีการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๔ "นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ" ระหว่างวันที่ ๒๓-๒๕ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๔ ณ ห้องประชุมข้าวหอมมะลิ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และการนำเสนอผ่านระบบออนไลน์ (Microsoft Teams) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเวทีแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ผลงานวิจัย และผลงานวิชาการด้านเกษตร อาหาร และสุขภาพ ของคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนิสิต/นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ตลอดจนการสร้างและพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการให้เกิดขึ้นระหว่างสถาบันการศึกษา หน่วยงานราชการ และหน่วยงานภาคเอกชน เพื่อให้มีการต่อยอดขยายผลค้นคว้าและพัฒนางานวิจัย นำไปสู่ภาคปฏิบัติให้สามารถเกิดผลในเชิงพาณิชย์

ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินการจัดประชุมครั้งนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ และมาตรา ๓๘ (๑) แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยแม่โจ้ พ.ศ. ๒๕๖๐ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๔ ดังนี้

๑. คณะกรรมการที่ปรึกษา

๑. อธิการบดี	ประธานที่ปรึกษา
๒. รองอธิการบดี (รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)	ที่ปรึกษา
๓. รองอธิการบดี (รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง)	ที่ปรึกษา
๔. รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย)	ที่ปรึกษา

๒. คณะกรรมการอำนวยการ

๑. รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย)	ประธานกรรมการ
๒. ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	รองประธานกรรมการ
๓. คณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	กรรมการ
๔. คณบดีคณะบริหารธุรกิจ	กรรมการ
๕. คณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร	กรรมการ
๖. คณบดีคณะสารสนเทศและการสื่อสาร	กรรมการ

๗. คณบดี...

๗.	คณบดีคณะพัฒนาการท่องเที่ยว	กรรมการ
๘.	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	กรรมการ
๙.	คณบดีคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
๑๐.	คณบดีคณะศิลปศาสตร์	กรรมการ
๑๑.	คณบดีคณะเศรษฐศาสตร์	กรรมการ
๑๒.	คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม	กรรมการ
๑๓.	คณบดีคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี	กรรมการ
๑๔.	คณบดีคณะพยาบาลศาสตร์	กรรมการ
๑๕.	คณบดีวิทยาลัยบริหารศาสตร์	กรรมการ
๑๖.	คณบดีวิทยาลัยพลังงานทดแทน	กรรมการ
๑๗.	คณบดีวิทยาลัยนานาชาติ	กรรมการ
๑๘.	คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์	กรรมการ
๑๙.	คณบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ	กรรมการ
๒๐.	คณบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร	กรรมการ
๒๑.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย	กรรมการและเลขานุการ
๒๒.	ผู้อำนวยการกองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๓.	ผู้อำนวยการกองบริหารงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๔.	ผู้อำนวยการกองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : วางแผนการดำเนินงานจัดการการประชุมวิชาการ ให้คำแนะนำและสนับสนุนเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อย

๓. คณะกรรมการดำเนินงาน

๑.	ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	ประธานกรรมการ
๒.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย	รองประธานกรรมการ
๓.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการ	กรรมการ
๔.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริหาร	กรรมการ
๕.	ผู้อำนวยการกองเทคโนโลยีดิจิทัล	กรรมการ
๖.	หัวหน้าฝ่ายสื่อสารองค์กร สำนักงานมหาวิทยาลัย	กรรมการ
๗.	รองผู้อำนวยการสำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ ฝ่ายวิชาการ	กรรมการ

๘. รองคณบดี...

๘. รองคณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ฝ่ายวิจัยและการต่างประเทศ — กรรมการ
๙. รองคณบดีคณะบริหารธุรกิจ ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ — กรรมการ
๑๐. รองคณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ — กรรมการ
๑๑. รองคณบดีคณะพัฒนาการท่องเที่ยว — กรรมการ
๑๒. รองคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ — กรรมการ
๑๓. รองคณบดีคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการและวิจัย — กรรมการ
๑๔. รองคณบดีคณะศิลปศาสตร์ ฝ่ายวิชาการ — กรรมการ
๑๕. รองคณบดีคณะเศรษฐศาสตร์ ฝ่ายยุทธศาสตร์และการวิจัย — กรรมการ
๑๖. รองคณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม ฝ่ายวิจัย — กรรมการ
๑๗. รองคณบดีคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ฝ่ายวิจัย — กรรมการ
๑๘. รองคณบดีคณะสารสนเทศและการสื่อสาร — กรรมการ
๑๙. รองคณบดีวิทยาลัยบริหารศาสตร์ ฝ่ายวิชาการและวิจัย — กรรมการ
๒๐. รองคณบดีวิทยาลัยพลังงานทดแทน ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ — กรรมการ
๒๑. รองคณบดีวิทยาลัยนานาชาติ — กรรมการ
๒๒. รองคณบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ — กรรมการ
๒๓. รองคณบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ฝ่ายยุทธศาสตร์บริการวิชาการและวิจัย — กรรมการ
๒๔. ผู้อำนวยการสำนักหอสมุด — กรรมการ
๒๕. ผู้อำนวยการกองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการ
๒๖. ผู้อำนวยการกองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการ
๒๗. หัวหน้างานบริหารและธุรการ กองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการ
๒๘. หัวหน้างานคลังและพัสดุ กองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการ
๒๙. หัวหน้างานบริหารและส่งเสริมการวิจัย กองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการ
๓๐. หัวหน้างานสารสนเทศและเผยแพร่งานวิจัย กองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการ

๓๑. หัวหน้างาน...

๓๑. หัวหน้างานปรับปรุงและขยายพันธุ์พืชและสัตว์ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการ

๓๒. ผู้อำนวยการกองบริหารงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการและเลขานุการ

๓๓. หัวหน้างานสารสนเทศและเผยแพร่งานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — ผู้ช่วยเลขานุการ

๓๔. หัวหน้างานบริหารและประสานงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : กำหนด แผนการดำเนินงาน ออกแบบรูปแบบการประชุม ติดต่อประสานงานคณะกรรมการแต่ละชุดรวมทั้งวิทยากร ตลอดจนสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมด้านต่าง ๆ

๔. คณะกรรมการฝ่ายรับผลงานทางวิชาการและรับสมัครผู้เข้าร่วมประชุม และจัดทำรายงานการประชุมวิชาการฉบับออนไลน์

๑.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย		ประธานกรรมการ
๒.	หัวหน้างานปรับปรุงและขยายพันธุ์พืชและสัตว์ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการ
๓.	ดร.อนุพันธุ์	สมบูรณ์วงศ์	กรรมการ
๔.	นายปริญญา	เพียรอุตส่าห์	กรรมการ
๕.	นางสาวจันทร์เพ็ญ	สะระ	กรรมการ
๖.	นางสาววัชรินทร์	จันทวรรณ์	กรรมการ
๗.	นางสาวอัมภา	สันทราย	กรรมการ
๘.	นางประไพศรี	ทองแจ้ง	กรรมการ
๙.	นายเกียรติศักดิ์	ทาสูน	กรรมการ
๑๐.	นางเรวดี	ปุดอินทร์	กรรมการ
๑๑.	นางสาวกมลวรรณ	เต๋จ๊ะ	กรรมการ
๑๒.	นายณัฐวุฒิ	เกษมสันต์	กรรมการ
๑๓.	นายภูมิพัฒน์	โชติหิรัญกัญจน์	กรรมการ
๑๔.	นางสาวจิดาภา	สร้อยโพธิคุณ	กรรมการ
๑๕.	นางสาวสุนทรี	ทับทิมทอง	กรรมการ
๑๖.	นางสาวพรสวรรค์	ดวงจันทร์	กรรมการ

๑๗. หัวหน้างาน...

๑๗. หัวหน้างานสารสนเทศและเผยแพร่งานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการและเลขานุการ
๑๘. นางสาวรัญรณา ขยัน — ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : ดำเนินการพิจารณารับผลงานทางวิชาการ จัดทำทะเบียนผลงาน ติดต่อประสานงานคณะกรรมการฝ่ายวิชาการ ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินผลงาน ผู้เสนอผลงาน รับสมัครผู้เข้าร่วมประชุม รับลงทะเบียนทางเว็บไซต์ ทาง E-mail และช่องทางสื่อต่าง ๆ พร้อมทั้งจัดรูปแบบผลงาน ตรวจสอบความถูกต้อง ตลอดถึงการจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

๕. คณะกรรมการฝ่ายสารสนเทศ

๑.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย	ประธานกรรมการ
๒.	ผู้อำนวยการกองเทคโนโลยีดิจิทัล สำนักงานมหาวิทยาลัย	กรรมการ
๓.	หัวหน้าฝ่ายสื่อสารองค์กร สำนักงานมหาวิทยาลัย	กรรมการ
๔.	หัวหน้างานสารสนเทศและเผยแพร่งานวิจัย กองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	กรรมการ
๕.	หัวหน้างานฝึกอบรมและพัฒนาสื่อสารสนเทศ กองเทคโนโลยีดิจิทัล สำนักงานมหาวิทยาลัย	กรรมการ
๖.	หัวหน้างานระบบเครือข่ายและบริการอินเตอร์เน็ต กองเทคโนโลยีดิจิทัล สำนักงานมหาวิทยาลัย	กรรมการ
๗.	หัวหน้างานวิจัยและพัฒนา กองเทคโนโลยีดิจิทัล สำนักงานมหาวิทยาลัย	กรรมการ
๘.	หัวหน้างานสารสนเทศและเผยแพร่งานวิจัย กองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	กรรมการ
๙.	นายนิรุต ทองสุก	กรรมการ
๑๐.	นายปริญญา ธะนันต์	กรรมการ
๑๑.	นายชัชวาลย์ คืนดี	กรรมการ
๑๒.	นายนิพนธ์ พิมาสน	กรรมการ
๑๓.	นางสาวกรกช เจริญทรัพย์	กรรมการ
๑๔.	นางอภิญญา โตสิตารัตน์	กรรมการ
๑๕.	นายเศรษฐทรัพย์ ลิ้มรังสรรค์	กรรมการ
๑๖.	นายปริญญา เพียรอุตส่าห์	กรรมการและเลขานุการ
๑๗.	นายภูมิพัฒน์ โชติหิรัญกัญจน์	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : การพัฒนาเว็บไซต์การประชุมวิชาการ และจัดทำการประชุมออนไลน์

๖. คณะกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์

๑.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย		ประธานกรรมการ
๒.	หัวหน้าฝ่ายสื่อสารองค์กร สำนักงานมหาวิทยาลัย		กรรมการ
๓.	หัวหน้างานสารสนเทศและเผยแพร่งานวิจัย กองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการ
๔.	หัวหน้างานบริหารเงินทุนวิจัย กองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการ
๕.	นางสาวธัญชนก	สีหาพล	กรรมการ
๖.	นางสุจิตรา	ราชจันทร์	กรรมการ
๗.	นางสาวเขมินทรา	ติ๊บปัญญา	กรรมการ
๘.	นางสาวจิดาภา	สร้อยโพธิคุณ	กรรมการ
๙.	นายเศรษฐทรัพย์	ลิ้มรังสรรค์	กรรมการ
๑๐.	นายปริญญา	เพียรอุตส่าห์	กรรมการ
๑๑.	นายภูมิพัฒน์	โชติหิรัญกัญจน์	กรรมการ
๑๒.	หัวหน้างานบริหารและธุรการ กองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการและเลขานุการ
๑๓.	นายไกรธี	มณีฝั้น	ผู้ช่วยเลขานุการ
๑๔.	นางรัตนา	ศรีวิชัย	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : จัดทำหนังสือประชาสัมพันธ์หน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยประชาสัมพันธ์การจัดประชุมวิชาการ การประสานงานเครือข่ายสถาบันการศึกษา ประสานงานองค์กรภาคเอกชน เพื่อขอรับการสนับสนุน

๗. คณะกรรมการฝ่ายพิธีการ

๑.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการ	ประธานกรรมการ
๒.	ผู้อำนวยการกองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	กรรมการ
๓.	หัวหน้าฝ่ายสื่อสารองค์กร สำนักงานมหาวิทยาลัย	กรรมการ
๔.	หัวหน้างานบริหารเงินทุนวิจัย กองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	กรรมการ
๕.	หัวหน้างานศิษย์เก่าสัมพันธ์ กองพัฒนานักศึกษา สำนักงานมหาวิทยาลัย	กรรมการ

๖. นางสุจิตรา...

๖.	นางสุจิตรา	ราชจันทร์	กรรมการ
๗.	นายนิคม	วงศ์นันตา	กรรมการ
๘.	ว่าที่ร้อยตรีสมบูรณ์	ระดม	กรรมการ
๙.	นางสาวธัญชนก	สีหาพล	กรรมการ
๑๐.	นางปณกานต์	ภู่เอี่ยม	กรรมการ
๑๑.	นางสาวกมลวรรณ	เต๋จ๊ะ	กรรมการ
๑๒.	นางสาวจันทร์เพ็ญ	สะระ	กรรมการ
๑๓.	นางสาววัชรินทร์	จันทวรรณ์	กรรมการ
๑๔.	นางสาวรุจิรวรรณ	ขันติ	กรรมการ
๑๕.	หัวหน้างานบริหารและประสานงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการและเลขานุการ
๑๖.	นางกัลยาณี	หล้าป้อม	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : ดำเนินพิธีการในการประชุม จัดทำร่างคำกล่าวรายงานและคำกล่าวของประธานในพิธี เพื่อใช้ในการกล่าวเปิดและปิดการประชุม พร้อมเตรียมประวัติผู้ร่วมเสวนา ผู้นำเสนอผลงาน ประธานและเลขา

๘. คณะกรรมการฝ่ายทะเบียน

๑.	หัวหน้างานนโยบาย แผน และประกันคุณภาพ กองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		ประธานกรรมการ
๒.	หัวหน้างานบริหารและธุรการ กองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการ
๓.	นางสาววันเพ็ญ	ดวงมาราช	กรรมการ
๔.	นางประไพศรี	ทองแจ้ง	กรรมการ
๕.	นางสาวพิมลสิริ	แสงสุวรรณ	กรรมการ
๖.	นางวิไล	เจริญอรุณวัฒนา	กรรมการ
๗.	นางรัตนา	ศรีวิชัย	กรรมการ
๘.	นางสาวพรสวรรค์	ดวงจันทร์	กรรมการ
๙.	นางทิฆัมพร	ศรีรินทร์	กรรมการและเลขานุการ
๑๐.	นางณฤทัย	จินวงค์	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : รับลงทะเบียน จัดทำแฟ้มลงทะเบียน ที่ประกอบด้วยบัญชีรายชื่อของผู้เข้าร่วมประชุม รายชื่อและประวัติของวิทยากร ป้ายชื่อผู้ลงทะเบียน ตลอดจนอำนวยความสะดวกแก่ผู้ลงทะเบียน

๙. คณะกรรมการ...

๙. คณะกรรมการฝ่ายการเงินและบัญชี

๑. หัวหน้างานคลังและพัสดุ กองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		ประธานกรรมการ
๒. นางจารุภา	อินทะนัด	กรรมการ
๓. นางสาวบัวลอย	ธิยัน	กรรมการ
๔. นางสาวฉวีวรรณ	ธงงาม	กรรมการ
๕. นางสาวปรียานุช	สุขอัตตะ	กรรมการ
๖. นางทวีพร	คำพินิจ	กรรมการ
๗. นายศักดิ์นรินทร์	แก่นกล้า	กรรมการ
๘. นายวรวิทย์	ทรงคำ	กรรมการ
๙ นางสาวศุภนิดา	คำเกลี้ยง	กรรมการ
๑๐. นางสาวสนธยา	ธงงาม	กรรมการและเลขานุการ
๑๑. นางสาวอัมภา	สันทราย	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : ๑. ออกใบเสร็จรับเงินแก่ผู้ลงทะเบียนประชุม จัดทำบัญชีรายรับ รายจ่าย ทำการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการจัดประชุม ติดตาม ทวงถามหลักฐานใบสำคัญจากฝ่ายต่าง ๆ ตลอดจนการประสานงานกับฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

๒. กำกับ ดูแลงบประมาณในการดำเนินงาน อำนวยความสะดวกในการเบิกจ่ายงบประมาณในการดำเนินงานของฝ่ายต่าง ๆ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์

๑๐. คณะกรรมการฝ่ายต้อนรับและจัดหาของที่ระลึก

๑. ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	ประธานกรรมการ
๒. รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการ	กรรมการ
๓. รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย	กรรมการ
๔. รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริหาร	กรรมการ
๕. ผู้อำนวยการกองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	กรรมการ
๖. ผู้อำนวยการกองบริหารงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	กรรมการ
๗. ผู้อำนวยการกองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	กรรมการ
๘. หัวหน้าฝ่ายสื่อสารองค์กร สำนักงานมหาวิทยาลัย	กรรมการ

๙. หัวหน้างานบริหารเงินทุนวิจัย กองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการ

๑๐. หัวหน้างานสารสนเทศและเผยแพร่งานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการ

๑๑. หัวหน้างานปรับปรุงและขยายพันธุ์พืชและสัตว์ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการ

๑๒. หัวหน้างานบริหารและประสานงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการ

๑๓. ว่าที่ร้อยตรีสมบูรณ์	ระดม	กรรมการ
๑๔. นายนิคม	วงศ์นันตา	กรรมการ
๑๕. นายอดิศักดิ์	การพึ่งตน	กรรมการ
๑๖. นางจารุภา	อินทะนัด	กรรมการ
๑๗. นางสาวบัวลอย	ธิยัน	กรรมการ
๑๘. นายณัฐวุฒิ	เครือฟู	กรรมการ

๑๙. หัวหน้างานนโยบาย แผน และประกันคุณภาพ กองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — กรรมการและเลขานุการ

๒๐. หัวหน้างานบริหารและธุรการ กองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร — ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : ประสานงาน และให้การต้อนรับ อำนวยความสะดวกให้แก่ประธาน วิทยากร ผู้เข้าร่วมเป็นเกียรติและผู้เข้าร่วมการประชุม พร้อมทั้งจัดเตรียมของที่ระลึกสำหรับประธานที่ประชุมและวิทยากร

๑๑. คณะกรรมการฝ่ายโสตทัศนูปกรณ์

๑. รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริหาร — ประธานกรรมการ

๒. หัวหน้างานฝึกอบรมและพัฒนาสื่อสารสนเทศ กองเทคโนโลยีดิจิทัล สำนักงานมหาวิทยาลัย — กรรมการ

๓. หัวหน้างานวิจัยและพัฒนา กองเทคโนโลยีดิจิทัล สำนักงานมหาวิทยาลัย — กรรมการ

๔. นางสาวกรกช	เจริญทรัพย์	กรรมการ
๕. นายภูมิพัฒน์	โชติหิรัญกัญจน์	กรรมการ
๖. นายเศรษฐทรัพย์	ลิ้มรังสรรค์	กรรมการ
๗. นายปริญญา	ธะนันต์	กรรมการ
๘. นายศักดิ์นรินทร์	แก่นกล้า	กรรมการ

๙. นายจุมพล...

๙. นายจุมพล	ศรีอุดมสุวรรณ	กรรมการ
๑๐. นายณัฐวุฒิ	เกษมสันต์	กรรมการ
๑๑. นายประสิทธิ์	ใจคำ	กรรมการ
๑๒. นางสาวจิดาภา	สร้อยโพธิคุณ	กรรมการ
๑๓. นายเกียรติศักดิ์	ทาสูน	กรรมการ
๑๔. หัวหน้างานสารสนเทศและเผยแพร่งานวิจัย กองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการและเลขานุการ
๑๕. นายปริญญา	เพียรอุตสาห์	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : จัดเตรียมเครื่องโสตทัศนูปกรณ์ที่ต้องใช้ในการประชุม ทำการบันทึกเสียง ภาพสี ภาพนิ่งตลอดจนภาพวีดีทัศน์ในช่วงเวลาที่มีการประชุม ให้คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการบรรยายแก่วิทยากร และถ่ายทอดสด จัดเตรียม file ข้อมูลของผู้อภิปราย เสวนา และผู้นำเสนอผลงาน

๑๒. คณะกรรมการฝ่ายออกแบบและจัดเตรียมสถานที่

๑. ผู้อำนวยการกองบริหารงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		ประธานกรรมการ
๒. ว่าที่ร้อยตรีสมบูรณ์	ระดม	กรรมการ
๓. นายไพศาล	โพธินาม	กรรมการ
๔. นายเสกสรร	สงจันทึก	กรรมการ
๕. นายอดิศักดิ์	การพึ่งตน	กรรมการ
๖. นายนิคม	สุทธา	กรรมการ
๗. นายไกรธี	มณีฝั้น	กรรมการ
๘. นางสาวพรสวรรค์	ดวงจันทร์	กรรมการ
๙. นางวณิชยา	เต๋จ๊ะ	กรรมการ
๑๐. นายประสิทธิ์	ใจคำ	กรรมการ
๑๑. นายบุญรัตน์	ยิ่งโยชน์	กรรมการ
๑๒. นายศุภจักร	จี้เรือน	กรรมการ
๑๓. นายดุสิต	เตจ๊ะสาร	กรรมการ
๑๔. นายจุมพล	ศรีอุดมสุวรรณ	กรรมการ
๑๕. นายยุทธนา	ชำนาญ	กรรมการ
๑๖. นายสวาท	ใจสักเสริญ	กรรมการ

๑๗. นายณัฐวุฒิ...

๑๗. นายณัฐวุฒิ	เครือฟู	กรรมการและเลขานุการ
๑๘. นางสาวพรสวรรค์	ดวงจันทร์	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : ๑. จัดและดูแลความพร้อมในการจัดเตรียมบริเวณโดยรอบสถานที่จัดประชุม ห้องประชุม โต๊ะประชุม โต๊ะลงทะเบียน และสถานที่รับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่มระหว่างประชุม จัดหาและติดตั้งอุปกรณ์ พร้อมกับอำนวยความสะดวกในการประชุม รวมทั้งในระหว่างพิธีเปิดและปิดการประชุม

๒. จัดเตรียมบอร์ดสำหรับนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ และ/หรือ เต็นท์สำหรับ การจัดนิทรรศการองค์ความรู้

๑๓. คณะกรรมการฝ่ายประเมินผล

๑. ผู้อำนวยการกองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		ประธานกรรมการ
๒. หัวหน้างานบริหารเงินทุนวิจัย กองบริหารงานวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการ
๓. หัวหน้างานปรับปรุงและขยายพันธุ์พืชและสัตว์ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการ
๔. หัวหน้างานสารสนเทศและเผยแพร่งานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการ
๕. นางสาวจันทร์เพ็ญ	สะระ	กรรมการ
๖. นางสาววัชรินทร์	จันทวรรณ์	กรรมการ
๗. นางสาวรัญรณา	ขยัน	กรรมการ
๘. นางสาวปริศนา	ยาสิทธิ์	กรรมการ
๙. นางสาวศศินันท์	สุขอัตตะ	กรรมการ
๑๐. นางสาวศรัญญา	อุทธิยาเส้า	กรรมการ
๑๑. นางสาวกนกวรรณ	ทาแดง	กรรมการ
๑๒. นางสาวณฤทัย	จินวงค์	กรรมการ
๑๓. นางสาววันเพ็ญ	ดวงมาราช	กรรมการ
๑๔. นางปณกานต์	ภู่เอี่ยม	กรรมการ
๑๕. ดร.อนุพันธ์	สมบูรณ์วงศ์	กรรมการและเลขานุการ
๑๖. นางสาวสุนทรี	ทับทิมทอง	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : จัดทำแบบประเมินผล แจกและรวบรวมแบบประเมิน สรุปผลการประเมินโครงการ

๑๔. คณะกรรมการฝ่ายจัดเลี้ยงอาหารและเครื่องดื่ม

๑.	ผู้อำนวยการกองบริหารงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		ประธานกรรมการ
๒.	นางวิไล	สถาพรศรีสวัสดิ์	กรรมการ
๓.	นางเรวดี	ปุดอินทร์	กรรมการ
๔.	นางอุทิศ	ใจสักเสริญ	กรรมการ
๕.	นางประไพศรี	ทองแจ้ง	กรรมการ
๖.	นางเดือนสว่าง	ดวงบาล	กรรมการ
๗.	นางพินธรา	สำราญสกุล	กรรมการ
๘.	นางสายบัว	เต๋จ๊ะ	กรรมการ
๙.	นายประสิทธิ์	ใจคำ	กรรมการ
๑๐.	นายเกียรติศักดิ์	ทาสูน	กรรมการ
๑๑.	นางวิไล	เจริญอรุณวัฒนา	กรรมการ
๑๒.	นางสาวพิมลสิริ	แสงสุวรรณ	กรรมการ
๑๓.	นางสาวกมลวรรณ	เต๋จ๊ะ	กรรมการ
๑๔.	นางสาวรุจิราวรรณ	ขันติ	กรรมการ
๑๕.	นายณัฐวุฒิ	เครือฟู	กรรมการและเลขานุการ
๑๖.	นางวณิชยา	เต๋จ๊ะ	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : จัดเตรียมอาหารและเครื่องดื่มสำหรับประธาน วิทยากร ผู้ร่วมเป็นเกียรติ และผู้เข้าร่วมประชุมระหว่างการประชุม

๑๕. คณะกรรมการฝ่ายยานพาหนะ

๑.	นายนิคม	วงศ์นันตา	ประธานกรรมการ
๒.	นายอดิศักดิ์	การพึ่งตน	กรรมการ
๓.	นายสวาท	ใจสักเสริญ	กรรมการ
๔.	นายบุญรัตน์	ยิ่งโยชน์	กรรมการ
๕.	นายยุทธนา	ชำนาญ	กรรมการและเลขานุการ
๖.	นางจารุภา	อินทะนัด	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ :...

หน้าที่ : วางแผนการใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ให้เกิดความคล่องตัวในการจัดประชุม ตลอดจนทำการจัดสรรยานพาหนะเพื่อรับ-ส่ง ประธาน วิทยากร รวมทั้งผู้เข้าร่วมประชุม โดยประสานงานกับฝ่ายต้อนรับ ฝ่ายที่พัก และฝ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป จนกว่างานจะแล้วเสร็จ

สั่ง ณ วันที่ ๑๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล ทองมา)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้
เรื่อง แต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินผลงานทางวิชาการ

ตามที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ กำหนดให้มีการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๔ “นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ” ระหว่างวันที่ ๒๔-๒๕ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๔ ณ อาคารเรียนรวม ๘๐ ปี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผ่านระบบออนไลน์ (Zoom Meetings) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเวทีแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ผลงานวิจัยและผลงานวิชาการด้านเกษตร อาหาร และสุขภาพ ของคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนิสิต/นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ตลอดจนการสร้างและพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการให้เกิดขึ้นระหว่างสถาบันการศึกษา หน่วยงานราชการและหน่วยงานภาคเอกชน เพื่อให้มีการต่อยอดขยายผลค้นคว้าและพัฒนางานวิจัย นำไปสู่ภาคปฏิบัติให้สามารถเกิดผลในเชิงพาณิชย์

ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินการจัดประชุมวิชาการครั้งนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินผลงานทางวิชาการ เพื่อพิจารณาและประเมินผลงานทางวิชาการที่นำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๔ ดังนี้

๑. ศาสตราจารย์ เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์
๒. ศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ วรรณวิจิตร
๓. ศาสตราจารย์ ดร.จารุภา วิโยชน์
๔. ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ
๕. รองศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร เกตุงาม
๖. รองศาสตราจารย์ ดร.นริศ ท้าวจันทร์
๗. รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ศิริ
๘. รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร วิทยาคุณ
๙. รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ หวังเจริญ
๑๐. รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา แดงปรก
๑๑. รองศาสตราจารย์ ดร.สุภัค มหัทธนพรรค
๑๒. รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี คงดี อัลเดรด
๑๓. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภธิดา อ่ำทอง

๑๔. รองศาสตราจารย์ ดร อัจฉรา...

๑๔.	รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา	เพ็งหนู
๑๕.	รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยรัตน์	นิลนนท์
๑๖.	รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ	จรรยาสุภาพ
๑๗.	รองศาสตราจารย์ ดร.พุฒิสรรค์	เครือคำ
๑๘.	รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริวรรณ	ตี้ภู่
๑๙.	รองศาสตราจารย์ ดร.บุญหงษ์	จงคิด
๒๐.	รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร	อมรเลิศพิศาล
๒๑.	รองศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์	จิตมนัส
๒๒.	รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล	เศรษฐบุตร
๒๓.	รองศาสตราจารย์ ดร.พันธ์จิตต์	สีเหนี่ยง
๒๔.	รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรี	ฤกษ์จารี
๒๕.	รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญขวัญ	ชมปรีดา
๒๖.	รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา	สมตระกูล
๒๗.	รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต	ยวงสร้อย
๒๘.	รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ	หวังชัย
๒๙.	รองศาสตราจารย์ ดร.สำเนาว์	เสาวกูล
๓๐.	รองศาสตราจารย์ ดร.ฐาปนีย์	หงส์รัตนาวรกิจ
๓๑.	รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ	อ่อนศิริ
๓๒.	รองศาสตราจารย์ ดร.ร่วมจิตร	นกเขา
๓๓.	รองศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์	ฉุยฉาย
๓๔.	รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาทพร	สมิตะมาน
๓๕.	รองศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา	มหาธีรานนท์
๓๖.	รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์	อินทรัคคัมพร
๓๗.	รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชัย	ปัญญาดี
๓๘.	รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ	จตุรงค์ล้ำเลิศ
๓๙.	รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวุฒิ	บูรณพิร
๔๐.	รองศาสตราจารย์ ดร.แหลมไทย	อาษานอก
๔๑.	รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเพ็ญ	ตรัยไชยาพร
๔๒.	รองศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร	บุญมาก
๔๓.	รองศาสตราจารย์ ดร.รุจ	ศิริสัญลักษณ์
๔๔.	รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล	บุญลือ

๔๕. รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญา...

๔๕.	รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญา	บุญประสม พูลลาภ
๔๖.	รองศาสตราจารย์ ดร.อุบล	ตังควานิช
๔๗.	รองศาสตราจารย์ ดร.บุญส่ง	เอกพงษ์
๔๘.	รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.จงกล	พรมยะ
๔๙.	รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.สุรชัย	กังวล
๕๐.	รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ	ตันติกุล
๕๑.	รองศาสตราจารย์เอนก	ชิตเกษร
๕๒.	รองศาสตราจารย์ประวิตร	พุทธานนท์
๕๓.	รองศาสตราจารย์อุไรวรรณ	ไอยสุวรรณ
๕๔.	รองศาสตราจารย์ทิพสุคนธ์	พิมพ์พิมล
๕๕.	รองศาสตราจารย์บัณฑิต	หิรัญสถิตย์พร
๕๖.	ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.สุทธิดล	ปิยะเดชสุนทร
๕๗.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.กฤดา	ชูเกียรติศิริ
๕๘.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพร	พัชรประกิติ
๕๙.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คเชนทร์	แดงอุดม
๖๐.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา	ฉัตรสูงเนิน
๖๑.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วภากร	ศิริวงศ์
๖๒.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพร	ขจรผล
๖๓.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพล	ไชยแสน
๖๔.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรพร	รักษ์งาร
๖๕.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จานุลักษณ์	ขนบดี
๖๖.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อนภา	ผุสดี
๖๗.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุจิกาญจน์	ศิริวาลย์
๖๘.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพีพรรณ	ประจันตะเสน
๖๙.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กชพรรณ	วงศ์เจริญ
๗๐.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ	สุทธิกุลบุตร
๗๑.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมรักษ์	รอดเจริญ
๗๒.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มลิวรรณ	นาคขุนทด
๗๓.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศมาพร	แสงยศ
๗๔.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์วัลย์	เมฆกมล
๗๕.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภิส	แก้วช่วย

๗๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา
๗๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุงศักดิ์ อินต๊ะวิชา
๗๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬากร ปานะถึก
๗๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุบรรณ ฝอยกลาง
๘๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กระสินธุ์ หังสพฤกษ์
๘๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี วิระสิทธิ์
๘๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤทธิชัย อัศวราชันย์
๘๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวาลี ชมภูรัตน์
๘๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาคประสม
๘๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน
๘๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจินดา ศรีวัฒนะ
๘๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ สันธทรัพย์
๘๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรารถนา ยศสุข
๘๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทนา ช่วยชูวงศ์
๙๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ โนรี
๙๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญฤทธิ์ สินค้างาม
๙๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมล งามสมสุข
๙๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา คงจรูญ
๙๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหิมฮึก
๙๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชนียา บังเมฆ
๙๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล
๙๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัดพงศ์ อวิโรธนานนท์
๙๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ
๙๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤติกา แก้วจำนง
๑๐๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุลีพร ถนอมศิลป์
๑๐๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิตา ฟูเผ่า
๑๐๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กชพร ศิริโภคากิจ
๑๐๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรผกา อรรคนิตย์
๑๐๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมลักษณ์ สมพงษ์
๑๐๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ ตาลดี
๑๐๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรสรา กิจเจริญ

๑๐๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บังอร...

๑๐๗.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บังอร	ศิริสัญลักษณ์
๑๐๘.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์	วิทยาภรณ์
๑๐๙.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร	แสงศรีจันทร์
๑๑๐.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย	แสงชโยสวัสดิ์
๑๑๑.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์	โอสถาพันธุ์
๑๑๒.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ	ศรีโสมพันธ์
๑๑๓.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทร	ลอยสรวงสิน
๑๑๔.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนภูมิ	ศิริงาม
๑๑๕.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนวัฒน์	นิทัศน์วิจิตร
๑๑๖.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถศิษฐ์	วงศ์มณีโรจน์
๑๑๗.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์	สีม่วง
๑๑๘.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์	แสงทอง
๑๑๙.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภา	อินสลุด
๑๒๐.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สังวาลย์	แก่นใส
๑๒๑.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีกาญจนา	คล้ายเรือง
๑๒๒.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนุช	เนียมทรัพย์
๑๒๓.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธานินทร์	คงศิลา
๑๒๔.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญชา	ทองมี
๑๒๕.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งกานต์	กล้าหาญ
๑๒๖.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์	สุระวัง
๑๒๗.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวลักษณ์	จันทร์บาง
๑๒๘.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล	เสนพันธุ์
๑๒๙.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้อมจิตต์	แก้วไทย อันเดร
๑๓๐.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายใจ	แก้วอ่อน
๑๓๑.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิญญา	วณิชพันธุ์
๑๓๒.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรุณรัตน์	สกุลนามรัตน์
๑๓๓.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หยาดฝน	ทนงการกิจ
๑๓๔.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปุณณาณี	สัมภวะผล
๑๓๕.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉราวดี	บุญคุ้ม
๑๓๖.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิตา	พันธุ์มณี
๑๓๗.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชญ์ภาส	สังพาสี

๑๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา...

๑๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา	ดวงธิมา
๑๓๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิกร	มหาวัน
๑๔๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิกราน	หอมดวง
๑๔๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิราภรณ์	ชื่นบาล
๑๔๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ	ไชยชนะ
๑๔๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญสม	บุษบรรณ์
๑๔๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยิ่งมณี	ตระกูลพัว
๑๔๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาภรณ์	ชนะถาวร
๑๔๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รจพรรณ	นิรัญศิลป์
๑๔๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร	โรจน์ทินกร
๑๔๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐิตากานต์	พยัคฆา
๑๔๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.อานุภาพ	วรรณคนาพล
๑๕๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ธนากร	ลัทธิ์ถีระสุวรรณ
๑๕๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าร้อยตรี กิติพงษ์	ขัติยะ
๑๕๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ก่องกาญจน์	ดุลยไชย
๑๕๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิ่งแก้ว	ทิศตึง
๑๕๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนุพงษ์	ลมอ่อน
๑๕๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ชัย	ชูพูล
๑๕๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำนาจ	รักษาพล
๑๕๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ผกามาส	ปุรินทราภิบาล
๑๕๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิจิตรา	แก้วสอน
๑๕๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพโรจน์	ศิลมั่น
๑๖๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิชัย	คงพิทักษ์
๑๖๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรีพร	เชื้อเจ็ดตน
๑๖๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพดล	จรัสสัมฤทธิ์
๑๖๓. อาจารย์ ดร.รัชนี	พุทธา
๑๖๔. อาจารย์ ดร.รุ่งฤดี	ทิวทอง
๑๖๕. อาจารย์ ดร.นิราภรณ์	ชัยวัง
๑๖๖. อาจารย์ ดร.กวินรัตน์	อัฐวงศ์ชยากร
๑๖๗. อาจารย์ ดร.สวิชญา	ศุภอุดมฤกษ์
๑๖๘. อาจารย์ ดร.สมนึก	สินธุปวน

๑๖๙. อาจารย์ ดร.รัชชานนท์...

๑๖๙. อาจารย์ ดร.รัชชานนท์	สมบูรณ์ชัย
๑๗๐. อาจารย์ ดร.จิรวัฒน์	รักชาติ
๑๗๑. อาจารย์ ดร.ปราการ	เมธาวิวรรธน์กุล
๑๗๒. อาจารย์ ดร.ศิริพร	โทลา
๑๗๓. อาจารย์ ดร.กนกวรรณ	สมศิริวรางกูล
๑๗๔. อาจารย์ ดร.พีระพงษ์	วงษ์ทหาร
๑๗๕. อาจารย์ ดร.ฐิติรัตน์	รัตนวงษ์วิบูลย์
๑๗๖. อาจารย์ ดร.พงศ์ศิริ	คำขันแก้ว
๑๗๗. อาจารย์ ดร.ธัชชา	สามพิมพ์
๑๗๘. อาจารย์ ดร.จักรพงษ์	กางโสภา
๑๗๙. อาจารย์ ดร.ธิดารัตน์	ศิริบูรณ์
๑๘๐. อาจารย์ ดร.ปัทมา	หาญนอก
๑๘๑. อาจารย์ ดร.จักรพงษ์	ไชยวงศ์
๑๘๒. อาจารย์ ดร.ภาคภูมิ	เสาวภาคย์
๑๘๓. อาจารย์ ดร.อานนท์	ปะเสระกัง
๑๘๔. อาจารย์ ดร.พรพิมล	พิมลรัตน์
๑๘๕. อาจารย์ ดร.กิตติกร	หาญตระกูล
๑๘๖. อาจารย์ ดร.ปณิดา	กาจีนะ
๑๘๗. อาจารย์ ดร.อุกฤษณ์	มารังค์
๑๘๘. อาจารย์ ดร.พนมพร	เฉลิมวรรณ์
๑๘๙. อาจารย์ ดร.ชยานนท์	สวัสดีนฤนาท
๑๙๐. อาจารย์ ดร.หทัยทิพย์	สินธุยา
๑๙๑. อาจารย์วรรณวิภา	ไชยชาญ
๑๙๒. ดร.อภิสิทธิ์	ชิตวณิช
๑๙๓. ดร.รังสิมา	ชลคุป
๑๙๔. ดร.ประสาน	พรโสภิณ
๑๙๕. ดร.วุฒิชัย	ใจดี
๑๙๖. ดร.ปรัชวนี	พิบำรุง
๑๙๗. ดร.วิบูลย์	ป้องกันภัย
๑๙๘. ดร.นิมมานรดี	พรหมทอง

๑๙๙. ดร.วิกิจ ผินรับ

๒๐๐. นายสันต์ชัย มุกดา

ประกาศ ณ วันที่ ๘ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล ทองมา)

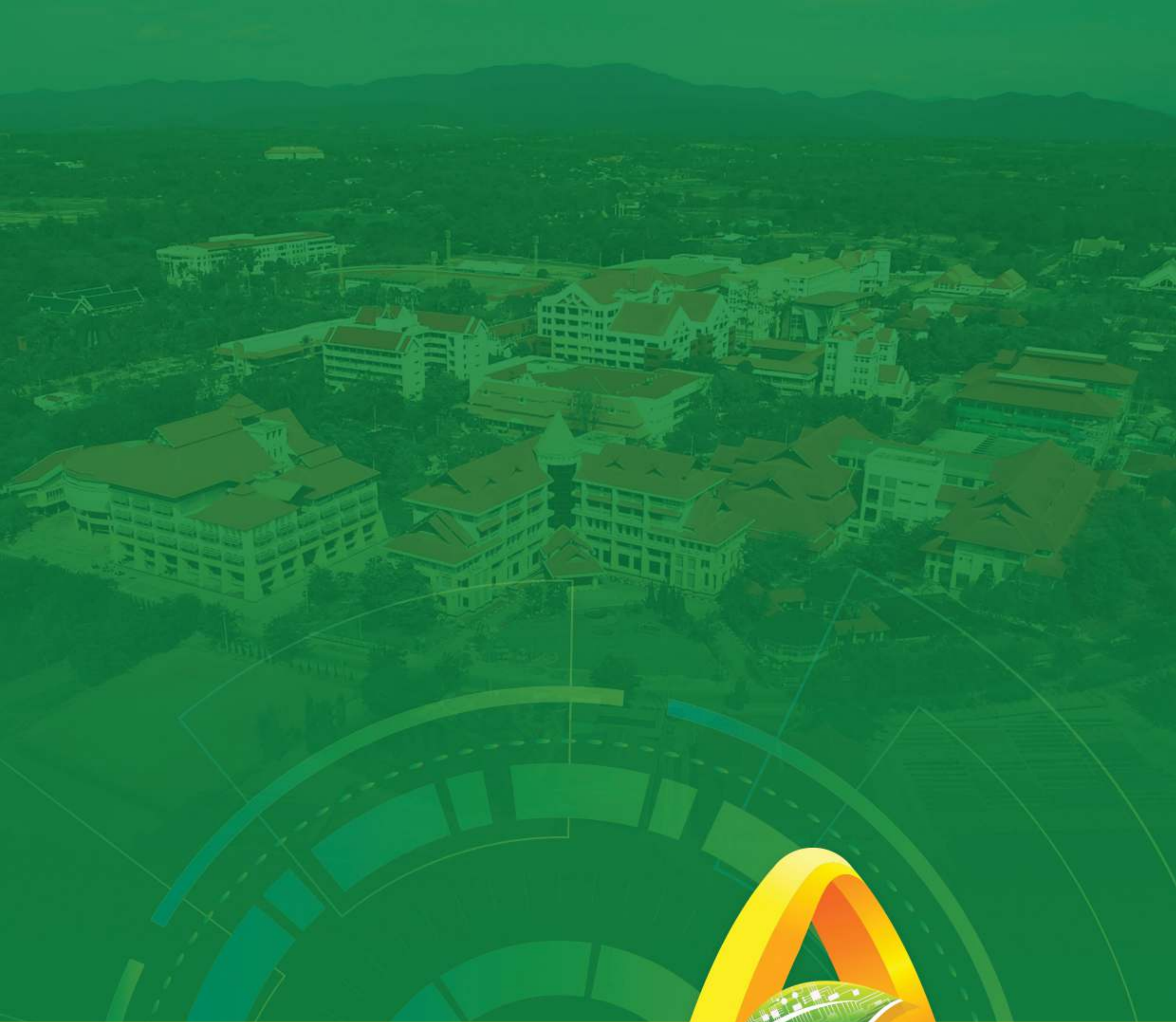
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

กำหนดการ “การประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2564” ระหว่างวันที่ 24–25 ธันวาคม พ.ศ. 2564

วันที่/เวลา	ห้อง 201	ห้อง 401	ห้อง 402	ห้อง 403	ห้อง 404	ห้อง 408	ห้อง 409
วันศุกร์ที่ 24 ธันวาคม 2564							
09.00-10.30 น.		**บรรยายพิเศษ** “NEW NORMAL **หรือ** NEXT NORMAL **ไม่ว่าจะ ปกติใหม่หรือปกติถัดไปจะอยู่ อย่างไรให้เป็นปกติสุข”** โดย **ศ.ดร.เทิดชาย ช่วยบำรุง** ผู้อำนวยการหลักสูตร ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์	**เสวนาโต๊ะกลม “นวัตกรรมเกษตรกับทางรอด ของการเกษตร”** โดย **ผศ.ดร.ณภัทร เรืองนภากุล** มหาวิทยาลัยแม่โจ้ **ศ.ดร.อรรถชัย จินตะเวช** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ **นางสาวทรัพย์วรา เจริญพานิชสกุล** ผู้ร่วมก่อตั้ง Farmbook **นางสาวนุชวรี บุญคุ้มครอง** YSF64 CEO Around the World Concept **นายสมิต ทวีเลิศนิธิ** กรรมการผู้จัดการ บ. นิธิฟูดส์ จำกัด				
10.30-12.00 น.				**เสวนาโต๊ะกลม “นวัตกรรมการวิจัยเชิงพื้นที่ ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาด โควิด-19”** โดย **ผศ.ดร.รจพรรณ นิรัญศิลป์** มหาวิทยาลัยแม่โจ้ **ผศ.ดร.อภิรักษ์ สงรักษ์** มทร. ศรีวิชัย **ผศ.ดร.สมรักษ์ รอดเจริญ** มรภ. นครศรีธรรมราช **รศ.ดร.เจษฎา มิ่งฉาย** มรภ. อุตรดิตถ์ **คุณบัญญัติ คำบุญเหลือ** บริษัทเบทาโกร จำกัด (มหาชน)			
13.00-16.00 น.	-	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 1	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 2	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 3	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 4	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 5	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 6

กำหนดการ “การประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2564” ระหว่างวันที่ 24–25 ธันวาคม พ.ศ. 2564

วันที่/เวลา	ห้อง 201	ห้อง 401	ห้อง 402	ห้อง 403	ห้อง 404	ห้อง 408	ห้อง 409
วันเสาร์ที่ 25 ธันวาคม 2564							
09.00-11.00 น.	-	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 7	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 8	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 9	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 10		
09.15-10.15 น.	**บรรยายพิเศษ “เมืองนวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ” โดย ดร. พันธุ์อาจ ชัยรัตน์** ผู้อำนวยการสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)						
10.15-11.00 น.	**พิธีเปิด สมาคมสตาร์ทอัพด้านการเกษตรไทย** Thai AgTech Startup Association (TASA)						
11.00-12.00 น.	**พิธีเปิดการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564 และบรรยายพิเศษ “นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพสู่การพัฒนาความยั่งยืน” โดย ศ.นพ.สิริฤกษ์ ทรงศิวิไล** ปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม						
13.00-14.00 น.	-	เสวนาโต๊ะกลม “Smart Farm เพื่อชุมชนสังคมเกษตรยั่งยืน” โดย **ว่าที่ร้อยตรี ผศ.ดร.นิโรจน์ สินณรงค์** มหาวิทยาลัยแม่โจ้ **ผศ.ดร.นพพร พัชรประกิติ** มทร. ล้านนา เชียงใหม่ **อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา** มรภ. เชียงใหม่ **ผศ.ดร.กีรวิชญ์ เพชรจุล** มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ **ผศ.ดร.โชติพงศ์ การญจนประโชติ** มหาวิทยาลัยแม่โจ้	เสวนาโต๊ะกลม “เศรษฐกิจสร้างสรรค์และเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อชุมชน” โดย **อาจารย์ ดร.สมคิด แก้วทิพย์** มหาวิทยาลัยแม่โจ้ **รศ.ดร.ยุทธนา พิมลศิริผล** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ **ดร.ธนะชัย พันธ์เกษมสุข** มหาวิทยาลัยพายัพ **รศ.ดร.สำเนาว์ เสาวกูล** มทร. อีสาน สุรินทร์ **ผศ.ดร.สุพจน์ บุญแรง** มรภ. เชียงใหม่	เสวนาโต๊ะกลม “Re-considered University’s Roles and Collaboration to Empower YSF 4.0 in Upland Community” โดย **รศ.ดร.อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ **รศ.ดร.อภินันท์ สุวรรณรักษ์** มหาวิทยาลัยแม่โจ้ **ผศ.ดร.ต่อนภา ผุสดี** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ **ผศ.อัตถ์ อัจฉริยมนตรี** มรภ. เชียงใหม่ **ผศ.ดร. วิไลพร จันทร์ไชย** มทร. ล้านนา น่าน			
14.30-16.30 น.	-	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 11	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 12	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 13	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 14	นำเสนอผลงานวิชาการ SESSION 15	
16.30-16.45 น.	**พิธีปิดการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2564 โดย รศ.ดร.วีระพล ทองมา** อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้						



งานเกษตรแม่โจ้

นวัตกรรมเกษตรอัจฉริยะเพื่อความยั่งยืน (วิถีใหม่)

Smart Agricultural Innovation for Sustainability

22-29 ธันวาคม 2564

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

โทรศัพท์ 0 5387 3411 โทรสาร 0 5387 3418