



รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2566 “นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ”

Proceedings of MJU Annual Conference 2023



21-22 ธันวาคม 2566

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

จัดโดย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Website : Conference



คำนำ

รายงานการประชุมวิชาการฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566 ระหว่างวันที่ 21-22 ธันวาคม พ.ศ. 2566 ณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อเป็นเวทีในการนำเสนอความก้าวหน้าด้านการวิจัยในสาขาวิชาการต่าง ๆ ตลอดจนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความเคลื่อนไหวทางด้านวิชาการทั้งในปัจจุบันและอนาคต เนื้อหาของรายงานการประชุมวิชาการ ในเอกสารฉบับนี้เป็นผลงานวิชาการภาคบรรยาย รวมทั้งสิ้นจำนวน 18 เรื่อง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขอขอบคุณคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ และคณะกรรมการฝ่ายวิชาการที่เสียสละเวลาในการตรวจประเมินผลงานวิชาการ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนคณะกรรมการฝ่ายเอกสารการพิมพ์ที่ดำเนินการในครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการวิจัยของไทยและผู้สนใจทั่วไป



(รองศาสตราจารย์ ดร. อภินันท์ สุวรรณรักษ์)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน

การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566

สารบัญ

	หน้า
ผลงานทางวิชาการ	
ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสี จุฑามาศ พิลาดิ และศิวิกา สิงห์ลี	1-9
การประเมินผลของปัจจัยด้านพันธุกรรมและความเข้มของแสง ที่มีต่อการผลิตและขยายปริมาณต้นพันธุ์จาก การปักชำข้อต้นสมุนไพรร่าที่มีเชื้อแอนนา ในระบบไมโครกรีนดัดแปลง วันนิสา เชื้อคง Barkha Saffiuddin ดร.ธรรมาศ แสนเชื่อน ตะวัน น้อยมีธนาสาร กิตติศักดิ์ ขวลิตวงศ์ และกัญญารัตน์ สุไพบูลย์วัฒน์	10-20
ความหลากหลายของเชื้อราที่แยกได้จากดอกเห็ดถั่งเช่าทิเบต (<i>Ophiocordyceps sinensis</i>) ที่มาจากธรรมชาติ จากประเทศจีนและศักยภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สุวรรณโณม ชาดินรินทร์ วิจิตรา แดงปรก ภาวิณี อารีศรีสม และมงคล ธิรบุญยานนท์	21-34
ความหลากหลายทางพันธุกรรมและปริมาณสารแคปไซซินในพริกพื้นเมืองที่มีศักยภาพของประเทศไทย มณเฑียร แสนคะหมื่น สนธิชัย จันทระเปรม และบุบผา คงสมัย	35-49
ความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีนที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกในลำไยพันธุ์ต่าง ๆ ญาณินท์ แสงพันธ์ ธนัชชา พงษ์บ้านไร่ ภาณุพล มงคลกาวิล ภัทรพล ลิธินชอุดม และสุภารัตน์ ลิธินชอุดม	50-57
การแก้ไขยีน <i>Pi21</i> โดยระบบ CRISPR/Cas9 เพื่อปรับปรุงความต้านทานโรคไหม้ในข้าว ณัฐพงษ์ มลทาทอง ศุภชัย วุฒิพงศ์ชัยกิจ ศรีกาญจนา คล้ายเรือง แสงทอง พงษ์เจริญกิต วรารณณ์ แสงทอง ทูเรียน ทาเจริญ และช่อทิพา สกุลสิงหาโรจน์	58-69
เครื่องหมายไมโครแซตเทลไลต์ที่แยกความแตกต่างระหว่างข้าวโพดสูงและต่ำ ยุพเยาว์ คบพิมาย กัญญารัตน์ สายยิ้ม ศิริรัตน์ ไพศาลสุทธิชล กฤษณะ ลานน้ำเที่ยง ภัสสร วรณพินิจ และศรัณย์ จินะเจริญ	70-81

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์การต้านเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดเห็ดกระถินพิมาน (<i>Phellinus linteus</i>) ฉันทนา ชูแสงทรัพย์ ขวัญจรัส เจริญปัญญา ฤชา ทับทิมใหม่ จิรพงศ์ ศรศักดิ์กานภาพ เกียรติทวี ชวงศ์โกมล และอภิรดี เลียงสืบชาติ	82-93
การเตรียมเซลล์โอลิโกแซคคาไรด์โดยการย่อยเซลลูโลสจากลำไยดิบด้วยเอนไซม์ จุฑามาศ มณีวงศ์ กัญญาภัก ฉางข้าวไชย ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน พิชามณัฐ ลิ้มเจริญชาติ และเอกวิทย์ ตรีเนตร	94-107
การยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช ของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ปกป้อง ญาณะโค สุรพล เศรษฐบุตร ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล และชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์	108-118
การเปรียบเทียบอัตราการกินอาหารต่อวันของกิ้งมั่งกรเลน (<i>Panulirus polyphagus</i> Herbst, 1793) ที่มีขนาดแตกต่างกัน รุ่งทิวา คนสันทัด วาสนา อากรรัตน์ ชลดา ลือร่วม และวุฒิชัย อ่อนเอี่ยม	119-127
แนวทางการพัฒนาการประมงปูม้าพื้นบ้านสู่คุณภาพมาตรฐาน กรณีศึกษาจังหวัดตรัง ธงชัย นิธิรัฐสุวรรณ สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช นัฏฐา คเชนทร์ภักดี ดำรงค์ โลหะลักษณาเดช นัทธ์หทัย เครบส์ โกสินทร์ พัฒนมนั และจันทร์สว่าง งามผ่องใส	128-137
การพัฒนากระบวนการสกัดผงบุกสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์เชิงหน้าที่ นุชจรินทร์ โปธิ สุพจน์ บุญแรง ชยานนท์ สวัสดิ์ดิโนฤณ และนฤมล ทักษะอุดม	138-147
การใช้แปรงผสมและไขน้ำสำหรับพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากพืช ณัชชา หงษ์ภักดี และรัชฎา ตั้งวงศ์ไชย	148-157
การสกัดและการตั้งตำรับครีมบำรุงผิวกายที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ ฐิติพรรณ นิมสุข	158-170

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การศึกษากลยุทธ์ทางการตลาดและแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเขียว มนัญญา คำมี สุพจน์ บุญแรง และชยานนท์ สวัสดิ์ดินญาณ	171-187
การสร้างคุณค่าอย่างยั่งยืนของธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน ตำบลบ้านเป้า อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ด้วยกิจกรรมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเสริมอาหารหมักจุลินทรีย์โปรไบโอติก ชนมน เล็กนามณรงค์ สุพจน์ บุญแรง และนิราภรณ์ ชัยวัง	188-199
การสำรวจปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริกของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ชญาดา พรจิรวิชัย สุพจน์ บุญแรง นกสิทธิ์ ปัญญาใหญ่	200-210
ภาคผนวก	211

ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม

ต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสี

Effect of Suitable Concentration of Nutrient Solution on Growth of *Aechmea fasciata* var. fireball

จุฑามาศ พิลาดิ^{1*} และศิริวิภา สิงห์ลี²

Jutamas Piladee^{1*} and Siwiga Singlee²

¹สาขาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Program in Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jibby600@gmail.com

Abstract

Study on suitable concentration of nutrient solution on growth of *Aechmea fasciata* var. fireball. The Completely Randomized Design (CRD) was used in this study consisting of 4 treatments of nutrient solution 0, 0.2, 0.4 และ 0.6 ml/L. 25 plants per treatment on 90 days. The results showed that plants height (12.82 cm), leaves length (12.30 cm), plants wide (12.88 cm) and number of new shoots (2.16 shoots) highest on nutrient solution 0.6 ml/L on 90 days after treatment. Nutrient solution 0.2 ml/L showed average leaves wide highest on 2.48 cm and average number of leave highest on 14.76 leaves on nutrient solution 0.4 ml/L 90 days after treatment.

Keywords: bromeliads, plant nutrients, growth, soilless culture

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสี โดยเติมสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้นดังนี้ 0, 0.2, 0.4 และ 0.6 มล./ล. ใช้ระยะเวลาการทดลอง 90 วัน วางแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ Completely randomized design (CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 สิ่งทดลอง ๆ ละ 25 ข้าง จากการทดลองพบว่า สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ส่งผลให้ต้นสับปะรดสีมีความสูงที่สุดเฉลี่ย 12.82 ซม. มีความยาวใบมากที่สุดเฉลี่ย 12.30 ซม. มีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุดเฉลี่ย 12.88 ซม. มีจำนวนหน่อมากที่สุด คือ 2.16 หน่อ สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.2 มล./ล มีความกว้างใบมากที่สุดเฉลี่ย 2.48 ซม. สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.4 มล./ล มีจำนวนใบมากที่สุดเฉลี่ย 14.76 ใบ ผลการศึกษารังนี้ทำให้ทราบความเข้มข้นของสารละลาย

ธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตต้นสับปะรดสี สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปลูกเลี้ยงต้นสับปะรดสี และนำข้อมูลที่ได้อัปโหลดทางการค้าในอนาคตต่อไปได้

คำสำคัญ: สับปะรดสี ธาตุอาหารพืช การเจริญเติบโต การปลูกพืชไม่ใช้ดิน

คำนำ

สับปะรดสีมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Aechmea fasciata* var. fireball เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae หรือมีอีกชื่อหนึ่ง เรียกว่า “บรอมิเลียด” เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในป่าของทวีปอเมริกา และได้ถูกนำเข้ามาเผยแพร่จนได้รับความนิยม ซึ่งพืชตระกูลนี้มีมากกว่า 2,700 ชนิด ส่วนคนไทยเรียกบรอมิเลียดชนิดที่รับประทานเป็นอาหารว่า “สับปะรด” ส่วนบรอมิเลียดชนิดที่ปลูกเลี้ยงเป็นไม้ประดับนั้นเราเรียกว่า “สับปะรดสี” โดยทั่วไปแล้ว เป็นพืชที่มีราคาถูก เติบโตง่าย ไม่ต้องการการดูแลรักษามาก เป็นพืชที่มีใบ มีคุณค่า ในทางประดับ มีทั้งที่มีขนาดเล็กเหมือนต้นสับปะรดสีย่อส่วนไปจนถึงขนาดยักษ์ สามารถที่จะเจริญเติบโตในสภาพที่ร่มในภูมิอากาศที่มีความเย็นและในสภาพที่กลางแจ้งได้ โดยทั่วไปแล้วสับปะรดสีเป็นตระกูลของพืชที่อยู่เขตทรอปิกและอเมริกาใต้ พบมากที่สุดในประเทศบราซิล รวมมาถึงชิลีและอาร์เจนตินา มาจนถึงอเมริกากลางและแถบทะเลแคริบเบียน ในแนวเส้นละติจูด สูงกว่าระดับน้ำทะเล 14,000 ฟุต สามารถพบได้จากบริเวณที่ร้อน ๆ ทะเลทรายที่แห้งแล้ง ไปจนถึงป่าฝนที่มีสภาพชื้น ไปจนถึงแนวภูเขาที่มีความเย็น (Thongtham, 2003)

สกุลเอคเมีย (*Aechmea*) ชื่อสกุลมาจากภาษากรีกว่า aichme หมายถึง หอก ตามลักษณะปลายใบที่แหลมคมเหมือนหอก ส่วนใหญ่เป็นพืชอิงอาศัยตามคาบไผ่ใหญ่ในธรรมชาติ บางชนิดอาศัยตามพื้นดิน กระจายพันธุ์ตั้งแต่เม็กซิโกเรื่อยลงไปถึงทางตอนใต้ของทวีปอเมริกาใต้ในพื้นที่ที่มีความสูงระดับน้ำทะเล 1,900 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล จัดเป็นสกุลที่มีการกระจายพันธุ์กว้างอีกสกุลหนึ่ง มีมากกว่า 200 ชนิด และลูกผสมใหม่ ๆ อีกมากมาย ลักษณะทั่วไป ต้นมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มมากกว่า 1 เมตร ใบยาวแคบ ลักษณะเด่นอยู่ที่ช่อดอกที่สวยงาม กาบรองมีสีสันสะดุดตาและอยู่ได้นานหลายเดือน จึงนิยมนำมาตกแต่งบ้านเรือน (Klangkaew, 2010)

ในปัจจุบันการปลูกพืชมีหลากหลายวิธีให้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมและสะดวกต่อผู้ปลูก วิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถควบคุมสารละลายธาตุอาหาร วัสดุปลูก ลดการเกิดโรคที่ปนมากับดิน งานทดลองนี้จึงได้ทำการศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสี เพื่อหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสีเพื่อเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นสับปะรดสีที่มีขนาดใกล้เคียงกันความสูงประมาณ 7-8 ซม. นำไปปลูกในวัสดุปลูกกาบมะพร้าวสับ นำกาบมะพร้าวสับทำการล้างน้ำให้สะอาดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อลดสารแทนนินที่อยู่ในกาบมะพร้าว หลังจากนั้นปลูกต้นสับปะรดสีในกระถางพลาสติกขนาด 6 นิ้ว และนำมาจัดเรียงต้นแบบแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ Completely

randomized design (CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 สิ่งทดลอง ๆ ละ 25 ซ้ำ เตรียมกล่องโฟมสำหรับใส่น้ำ 10 ลิตร 3 กล่อง ทำการผสมสารละลายธาตุอาหาร A=2 มล. B=2 มล. A=4 มล. B=4 มล. และ A=6 มล. B=6 มล. ต่อน้ำ 10 ลิตร ทำการวัดค่า EC โดยความเข้มข้น 2 มล. ค่า EC=0.4 mS/cm ความเข้มข้น 4 มล. ค่า EC=0.5 mS/cm และความเข้มข้น 6 มล. ค่า EC=0.6 mS/cm จากนั้นทำการบันทึกผล ทำการเติมสารละลายธาตุอาหารอาทิตย์ละ 1 ครั้ง ปลูกลงในสภาพโรงเรือนเป็นระยะเวลา 3 เดือน ทำการบันทึกข้อมูลด้านความสูง ความกว้างใบ ความยาวใบ ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ และจำนวนหน่อ ทุก ๆ 30 วัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสี โดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน Stock A และ B ความเข้มข้นอย่างละ 0, 0.2, 0.4 และ 0.6 มล./ล. ผลการศึกษามีดังนี้

ความสูงต้น

การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสี ในช่วงระยะเวลา 30 วัน หลังปลูก พบว่าความสูงไม่มีความแตกต่างทาง ช่วงระยะเวลา 60 วัน พบว่าสารละลายความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้ความสูงมากที่สุดคือ 10.77 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารมีความสูงน้อยที่สุดคือ 9.48 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และช่วงระยะเวลา 90 วัน พบว่าสารละลายความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้ความสูงมากที่สุดคือ 12.82 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความสูงน้อยที่สุดคือ 11.04 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

Table 1 Effects of nutrient solutions on plants height on 30, 60, 90 days.

Treatments	Plants height (cm)		
	30 (d)	60 (d)	90 (d)
0 ml/l	9.08	9.48 ^d	11.04 ^d
0.2 ml/l	11.45	10.19 ^b	12.02 ^c
0.4 ml/l	8.33	9.79 ^c	12.34 ^b
0.6 ml/l	8.41	10.77 ^a	12.82 ^a
F-test	ns	**	**

ns = not-significantly different, * = significantly different ($P \leq 0.05$), ** = highly significantly different ($P \leq 0.01$) by DMRT

ความกว้างใบ

การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสี ในช่วงระยะเวลา 30 วัน หลังปลูก พบว่าต้นสับปะรดสีที่ไม่มีการเติมสารละลายธาตุอาหารให้ความกว้างใบมากที่สุดคือ 2.04 ซม. สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.4 มล./ล. และสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้ความกว้างใบน้อยที่สุดคือ 2.00 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ช่วงระยะเวลา 60 วัน พบว่าสารละลายความเข้มข้น 0.2 มล./ล. ให้ความกว้างใบมากที่สุดคือ 2.24 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความกว้างใบน้อยที่สุดคือ 2.06 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ช่วงระยะเวลา 90 วัน พบว่าสารละลายความเข้มข้น 0.2, 0.4 และ 0.6 มล./ล. ให้ความกว้างใบมากที่สุดคือ 2.48 2.46 และ 2.44 ซม. ตามลำดับ และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความกว้างใบน้อยที่สุดคือ 2.34 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

Table 2 Effects of nutrient solutions of leaves width on 30, 60, 90 days

Treatments	Leaves width (cm)		
	30 (d)	60 (d)	90 (d)
0 ml/l	2.04 ^a	2.06 ^c	2.34 ^b
0.2 ml/l	2.01 ^b	2.24 ^a	2.48 ^a
0.4 ml/l	2.00 ^b	2.20 ^b	2.46 ^a
0.6 ml/l	2.00 ^b	2.20 ^b	2.44 ^a
F-test	**	**	**

ns = not-significantly different, * = significantly different ($P \leq 0.05$), ** = highly significantly different ($P \leq 0.01$) by DMRT

ความยาวใบ

การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ของต้นสับปะรดสี ในช่วงระยะเวลา 30 วัน หลังปลูก พบว่าความยาวใบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ช่วงระยะเวลา 60 วัน พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. มีความยาวใบมากที่สุดคือ 10.42 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความยาวใบน้อยที่สุดคือ 8.65 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ช่วงระยะเวลา 90 วัน พบว่าสารละลายความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้ความยาวใบมากที่สุดคือ 12.30 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความยาวใบน้อยที่สุด คือ 11.10 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

Table 3 Effects of nutrient solutions of Leaves length on 30, 60, 90 days

Treatments	Leaves length (cm)		
	30 (d)	60 (d)	90 (d)
0 ml/l	8.26	8.65 ^d	11.10 ^d
0.2 ml/l	8.18	9.20 ^c	11.58 ^c
0.4 ml/l	8.22	9.96 ^b	11.92 ^b
0.6 ml/l	8.45	10.42 ^a	12.30 ^a
F-test	ns	**	**

ns = not-significantly different, * = significantly different ($P \leq 0.05$), ** = highly significantly different ($P \leq 0.01$) by DMRT

ความกว้างทรงพุ่ม

การศึกษาค่าผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสี ในช่วงระยะเวลา 30 วัน หลังปลูก พบว่าไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความกว้างทรงพุ่มมากที่สุด 10.12 ซม. สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้ความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุดคือ 9.16 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ช่วงระยะเวลา 60 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ช่วงระยะเวลา 90 วัน พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้ความกว้างทรงพุ่มมากที่สุดคือ 12.88 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุด คือ 11.56 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

Table 4 Effects of nutrient solutions of plants width on 30, 60, 90 days

Treatments	Plants width (cm)		
	30 (d)	60 (d)	90 (d)
0 ml/l	10.12 ^a	10.50	11.56 ^d
0.2 ml/l	9.55 ^b	10.65	12.14 ^c
0.4 ml/l	9.62 ^b	10.46	12.43 ^b
0.6 ml/l	9.16 ^c	10.50	12.88 ^a
F-test	**	ns	**

ns = not-significantly different, * = significantly different ($P \leq 0.05$), ** = highly significantly different ($P \leq 0.01$) by DMRT

จำนวนใบ

การศึกษาค่าผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ของต้นสับปะรดสี ในช่วงระยะเวลา 30 วัน หลังปลูก พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.2, 0.4 และ 0.6 มล./ล ให้จำนวนใบมากที่สุดคือ 9.44, 9.40 และ 9.30 ใบ ตามลำดับ และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้จำนวนใบน้อยที่สุด คือ 9.04 ใบ มี

ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในช่วงระยะเวลา 60 วัน พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.2 และ 0.6 มล./ล มีจำนวนใบมากที่สุดคือ 10.32 และ 10.12 ใบ ตามลำดับ และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารมีจำนวนใบน้อยที่สุดคือ 9.68 ใบ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ช่วงระยะเวลา 90 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

Table 5 Effects of nutrient solutions of Leaves number on 30, 60, 90 days

Treatments	Leaves number (leaf)		
	30 (d)	60 (d)	90 (d)
0 ml/l	9.04 ^b	9.68 ^c	10.32
0.2 ml/l	9.44 ^a	10.32 ^a	11.00
0.4 ml/l	9.40 ^a	9.92 ^{bc}	14.76
0.6 ml/l	9.30 ^{ab}	10.12 ^{ab}	11.32
F-test	*	**	ns

ns = not-significantly different, * = significantly different ($P \leq 0.05$), ** = highly significantly different ($P \leq 0.01$) by DMRT

จำนวนหน่อ

การศึกษาค้นคว้าของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้น สับปะรดสี ในช่วงระยะเวลา 30 วัน หลังปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ช่วงระยะเวลา 60 วัน พบว่า สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้จำนวนหน่อมากที่สุดคือ 1.76 หน่อ และไม่เติมสารละลายธาตุ อาหารให้จำนวนหน่อที่น้อยที่สุดคือ 1.08 หน่อ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งช่วงระยะเวลา 90 วัน พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้จำนวนหน่อมากที่สุดคือ 2.16 หน่อ และไม่เติมสารละลาย ธาตุอาหารให้จำนวนหน่อที่น้อยที่สุดคือ 1.08 หน่อ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

Table 6 Effects of nutrient solutions of Shoot number on 30, 60, 90 days

Treatments	Shoot number (Shoot)		
	30 (d)	60 (d)	90 (d)
0 ml/l	-	1.08 ^c	1.08 ^d
0.2 ml/l	-	1.36 ^b	1.36 ^c
0.4 ml/l	-	1.48 ^b	1.84 ^b
0.6 ml/l	-	1.76 ^a	2.16 ^a
F-test	-	**	**

ns = not-significantly different, * = significantly different ($P \leq 0.05$), ** = highly significantly different ($P \leq 0.01$) by DMRT

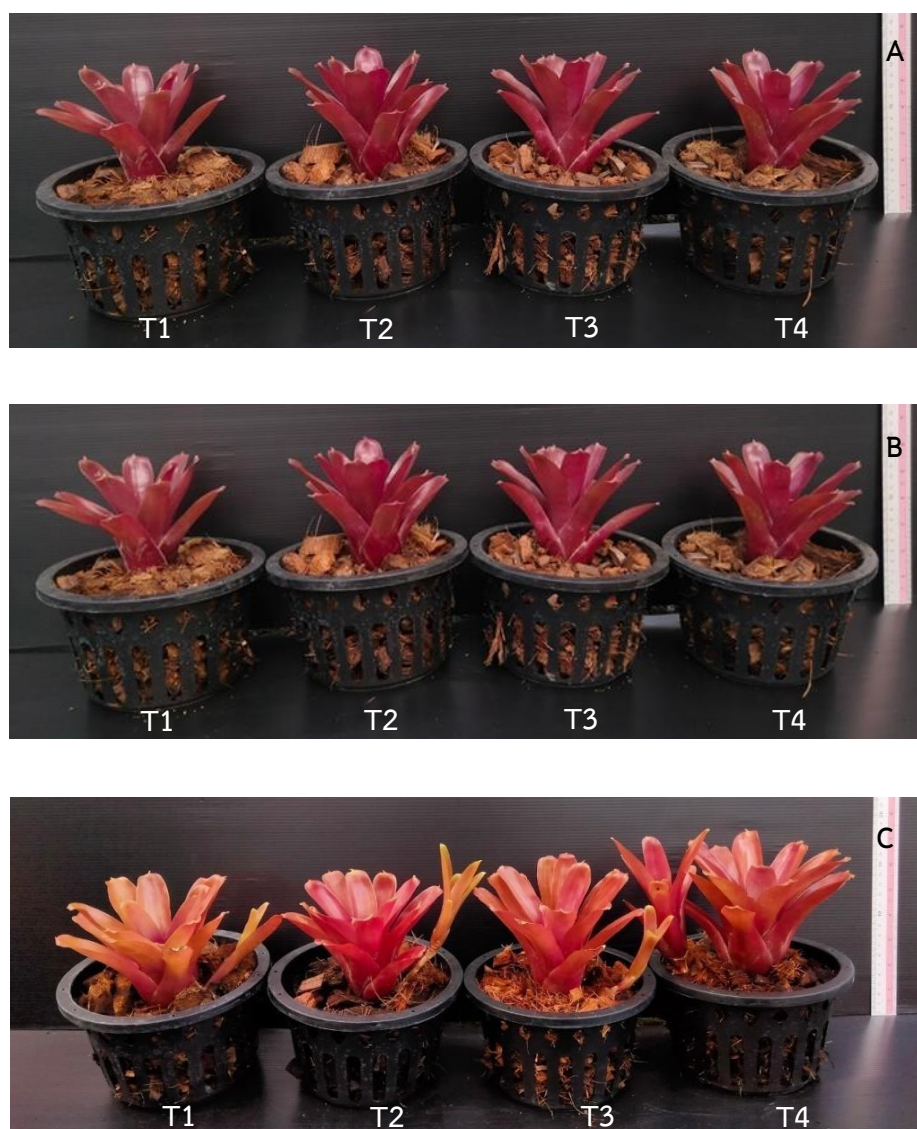


Figure 1 Bromeliads A) Bromeliads after 30 days of the experiment.; B) Bromeliads after 60 days of the experiment; C) Bromeliads after 90 days of the experiment; (T1: Nutrient solutions concentration = 0 ml/l, T2: Nutrient solutions concentration 0.2 ml/l, T3: Nutrient solutions concentration 0.4 ml/l, T4: Nutrient solutions concentration 0.6 ml/l)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสี ระยะเวลา 90 วัน พบว่าสารละลายความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้ความสูงมากที่สุดคือ 12.82 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความสูงน้อยที่สุดคือ 11.04 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง

ของ Chanwichit (2019) ที่ได้ทำการทดลองผลของน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักปวยเล้ง (*Spinacia oleracea* L.) ในระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยทดลองกับปุ๋ยเคมีสูตรต่างและสารละลาย A และ B พบว่าผลการใช้สารละลาย A และ B ปรากฏความสูงมากที่สุดเฉลี่ย 8.9 ซม. ความกว้างใบของต้นสัปดาห์ที่ระยะเวลา 90 วัน พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.2, 0.4 และ 0.6 มล./ล. ให้ความกว้างใบไม่แตกต่างกัน แต่ควรเลือกใช้ 0.2 เพราะต้นทุนต่ำกว่าในกรณีที่ต้องการผลิตเอาความกว้างใบ และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความกว้างใบน้อยที่สุดคือ 2.34 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ความกว้างทรงพุ่มของต้นสัปดาห์ที่ระยะเวลา 90 วัน พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้ความกว้างทรงพุ่มมากที่สุดคือ 12.88 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุด คือ 11.56 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ จำนวนใบของต้นสัปดาห์ที่ระยะเวลา 90 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติแต่สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.4 มล./ล. ให้จำนวนใบมากที่สุดคือ 14.76 ใบ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chingjit *et al.* (2021) ที่ได้ทำการทดลองการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค เรดคอส และบัตเตอร์เฮด ในระบบการเลี้ยงแบบไฮโดรโปนิคส์ และอควาโปนิคส์ พบว่าการเลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิคส์ที่ให้สารละลายธาตุอาหาร AB ให้จำนวนใบมากกว่าการปลูกในระบบอควาโปนิคส์ที่ใช้น้ำเลี้ยงปลานิลแดง

จำนวนหน่อของต้นสัปดาห์ที่ระยะเวลา 90 วัน พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้จำนวนหน่อมากที่สุดคือ 2.16 หน่อ และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้จำนวนหน่อที่น้อยที่สุดคือ 1.08 หน่อ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Jintanasirinuruk *et al.* (2018) ที่ได้ทำการทดลองวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของสัปดาห์ที่พันธุ์ N.cv. Fireball พบว่าเปลือกมะพร้าวสับล้วนมีอัตราการแตกหน่อมากที่สุดเฉลี่ย 13.67 หน่อ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสัปดาห์ที่ โดยเติมสารละลายธาตุอาหารดังนี้ ไม่เติมสารละลายธาตุอาหาร เติมสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.2, 0.4 และ 0.6 มล./ล. พบว่าด้านความสูงสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. มีผลทำให้ความสูงของต้นสัปดาห์ที่สูงที่สุดเฉลี่ย 12.82 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารมีความสูงน้อยที่สุดเฉลี่ย 11.04 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ความกว้างใบ พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.2 มล./ล. มีผลทำให้ความกว้างใบกว้างที่สุดเฉลี่ย 2.48 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความกว้างใบน้อยที่สุดเฉลี่ย 2.34 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Chanwichit (2019) ได้ทำการทดลองผลของน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักปวยเล้ง (*Spinacia oleracea* L.) ในระบบไฮโดรโปนิคส์พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.2 มล./ล. มีผลทำให้ความกว้างใบกว้างที่สุด ความยาวใบ พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้ความยาวใบมากที่สุดเฉลี่ย 12.30 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความยาวใบน้อยที่สุดเฉลี่ย 11.10 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ความกว้างทรงพุ่ม พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้ความกว้างทรงพุ่มมากที่สุดเฉลี่ย 12.88 ซม. และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้ความกว้าง

ทรงพุ่มน้อยที่สุดเฉลี่ย 11.56 ซม. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนจำนวนใบ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติแต่สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.4 มล./ล. ให้จำนวนใบมากที่สุดเฉลี่ย 14.76 ใบ และจำนวนหน่อ พบว่าสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. ให้จำนวนหน่อมากที่สุดเฉลี่ย 2.16 หน่อ และไม่เติมสารละลายธาตุอาหารให้จำนวนหน่อที่น้อยที่สุดคือ 1.08 หน่อ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ควรเลือกใช้สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 0.6 มล./ล. เพราะให้ความสูง ความยาวใบ ความกว้างทรงพุ่ม และให้จำนวนหน่อที่ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่อง ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และสถานที่ใช้ในการศึกษาทดลองโรงเรียนสาขาศึกษาพิเศษระดับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำการศึกษาดูงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Chanwichit, P. 2019. The effects of bio-extract and chemical fertilizer on growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.) under a hydroponic growing system. **Health Science, Science and Technology** 12(3): 51-54. [in Thai]
- Chingjit, S., T. Phetchaiya, N. Rattana and P. Kritsanaphan. 2021. Comparison on Growth of Green Oak Red Cos and Butterhead between Hydroponics and Aquaponics. pp. 892-894. *In* **Community-led Social Innovation in the Era of Global Changes Amidst Covid-19 Crisis, February 19, 2021**. Nakhon Si Thammarat: Southern College of Technology. [in Thai]
- Jintanasirinuruk, S., O. Subsay, S. Seansukato and C. Teekapakvissit. 2018. Effects of Media on the Growing of Bromeliad in N.cv. Fireball. pp. 892-894. *In* **National Academic Conference No.28 at BP Samila Beach Hotel**. Songkhla: Thaksin University. [in Thai]
- Klangkaew, A. 2010. **Bromeliad**. Bangkok: Baanlaesuan. 351 p. [in Thai]
- Thongtham, J. 2003. Bromeliad flowering plants–popular ornamental plants of the Philippines. **Kehakaset Publishing** 29(5): 153-157. [in Thai]

การประเมินผลของปัจจัยด้านพันธุกรรมและความเข้มของแสงที่มีต่อการผลิตและขยายปริมาณ
ต้นพันธุ์จากการปักชำข้อต้นสมุนไพรอาร์ทีมิเซียแอนนัวในระบบไมโครกรีนดัดแปลง
Evaluation of Genotypic Effect and Light Intensity on Production of Node-cutting
Transplants of *Artemisia annua* in a Modified Microgreen System

วันนิสา เชื้อคง¹ Barkha Saffiuddin² ดรุณมาศ แสนเชื่อน³ ตะวัน น้อยมีธนาสาร⁴
กิตติศักดิ์ ขวลิทวงศ์⁴ และกัญยรัตน์ สุไพบุลย์วัฒน^{1,3*}

Wannisa Chuekong¹, Barkha Saffiuddin², Darunmas Sankuen³, Tawan Noimetanasarn⁴
Kittisak Chawalitwong⁴ and Kanyaratt Supaibulwatana^{1,3*}

¹กลุ่มสาขาวิชาชีวนวัตกรรมและผลิตภัณฑ์ฐานชีวภาพอัจฉริยะ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

²วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม 73170

³ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

⁴บริษัท อะโกรวส์แล็บ จำกัด กรุงเทพฯ 10230

¹School of Bioinnovation and Biobased Product Intelligence, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

²International Collages, Mahidol University, Salaya, Nakornpathom, Thailand 73170

³Department of Biotechnology, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, Thailand 10400

⁴AgrowLab Co. Ltd., Bangkok, Thailand 10230

*Corresponding author: kanyaratt.sup@mahidol.ac.th

Abstract

Artemisia annua, medicinal plant with active antimalarial and anti-infectious compounds widely distributed in the cool temperate and subtropical regions of the world. In this study, a modified microgreen vegetable machine was applied for transplants propagation of *A. annua*. Growth and development of propagated transplants induced from shoot-apex nodes and stem-node explant cultured under different light intensities at 45, 90 or 180 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Photosynthetic Photon flux Density, PPFD), with respect to genetic and phenotypic backgrounds. At 14 days of treatment, the different tested lines (A1-2, 500, Ci-40, F9 & C4-5) revealed the different influence of transplant production more than effect of PPFD in most of recorded parameters. In particular, line 500 grown under 45 significantly showed the highest numbers of new shoot induction from both explant types, moreover this line gave the highest leave numbers than others in all PPFD. After transferred each transplant into pot containing perlite as substrate for 50 days, the shoot height and leave numbers of line A1-2, 500 and Ci-40 showed more development than line F9 and C4-5. Although shoot-apex nodes gave overall superior parameters, the final numbers of obtained transplants gained from stem-node explant was much more than shoot apices. This study provides

alternative tools to produce propagating transplants of *A. annua* for industrial scale by regardless of the geographical and climate limitations.

Keywords: *Artemisia annua*, medicinal plant, transplants, PPFD, microgreen, agricultural innovation

บทคัดย่อ

อาร์ทีมิเซียแอนนัว เป็นสมุนไพร ที่มีสารต้านเชื้อมาลาเรีย มีถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์ในเขตอบอุ่นและกึ่งร้อน บางพื้นที่ ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้นำเครื่องผลิตผักไมโครกรีน มาดัดแปลงสำหรับสำหรับขยายพันธุ์กิ่งปักชำขนาดเล็กของต้นสมุนไพรอาร์ทีมิเซียแอนนัว เพื่อลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนสต็อกต้นพันธุ์ และความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ทำการทดลองโดยปักชำกิ่งจากส่วนปลายยอด และตาส่วนกิ่ง จำนวน 5 สายพันธุ์ (A1-2, 500, Ci-40, F9 และ C4-5) เลี้ยงภายใต้หน่วยความเข้มแสงที่แตกต่างกัน 45, 90 และ 180 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ซึ่งวัดเป็นความหนาแน่นของฟลักซ์โฟตอนสังเคราะห์แสง (PPFD) เป็นเวลา 14 วัน เพื่อศึกษาผลของความเข้มของแสงและจีโนไทป์ ต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงยอด จำนวนใบ การแตกกิ่ง และการเกิดราก ซึ่งพบว่า สายพันธุ์ 500 ที่ผลิตและขยายปริมาณจากตาส่วนปลายยอด ภายใต้ความเข้มแสง 45 PPFD มีการชักนำให้เกิดใบใหม่ การแตกกิ่งใหม่ และการเกิดราก ได้ดีที่สุด อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ สายพันธุ์ 500 ยังมีจำนวนใบใหม่เกิดขึ้นสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ ในทุกความเข้มแสง หลังจากย้ายปลูกลงในกระถางด้วยเพอร์ไลต์ เป็นเวลา 50 วัน พบว่า ความสูงยอด และจำนวนใบ ของสายพันธุ์ A1-2 500 และ Ci-40 มีมากกว่า สายพันธุ์ F9 และ C4-5 และถึงแม้ว่าการปักชำกิ่งจากส่วนปลายยอด แสดงผลที่ดีกว่าในทุกพารามิเตอร์ แต่อย่างไรก็ตามการขยายพันธุ์ปักชำกิ่งจากตาส่วนกิ่ง ให้ปริมาณการขยายพันธุ์จากกิ่งปักชำที่มากกว่า สำหรับการศึกษาครั้งนี้ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตหน่วยขยายพันธุ์จากกิ่งปักชำขนาดเล็กของต้นสมุนไพรอาร์ทีมิเซียแอนนัว ในระดับอุตสาหกรรม โดยลดข้อจำกัดทางภูมิศาสตร์และสภาพอากาศ

คำสำคัญ: อาร์ทีมิเซียแอนนัว พืชสมุนไพร หน่วยขยายพันธุ์ ความหนาแน่นของฟลักซ์โฟตอนสังเคราะห์แสง เครื่องเพาะเลี้ยงพืชระบบไมโครกรีน นวัตกรรมการเกษตร

คำนำ

ต้นสมุนไพรอาร์ทีมิเซียแอนนัว (*Artemisia annua* L.) หรือชิงเฮา (Qinghao) เป็นสมุนไพร (Herb) ชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae (Yunus *et al.*, 2018) มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่นของประเทศจีน และยังพบได้ในภูมิภาคเขตอบอุ่น เขตร้อน และเมดิเตอร์เรเนียนอื่น ๆ ของทวีปเอเชีย ทวีปอเมริกาเหนือ ทวีปอเมริกาใต้ และยุโรป (Soni *et al.*, 2022) ในการแพทย์แผนจีนนำต้นสมุนไพรอาร์ทีมิเซียแอนนัวมาใช้รักษาอาการไข้ ปวดศีรษะ ลดการอักเสบ และยังสามารถใช้รักษาโรคมมาลาเรียอีกด้วย เนื่องจาก ต้นสมุนไพรอาร์ทีมิเซียแอนนัว สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจำนวนมาก (World Health Organization, 2006) ซึ่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลัก ได้แก่ monoterpenes, sesquiterpenes, triterpenes และสารประกอบฟีนอลิก (Septembre-Malaterre *et al.*, 2020) นอกจากนี้ ยังมีสาร Artemisinin ซึ่ง

เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่อยู่ในกลุ่ม Sesquiterpenes ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติต้านมาลาเรีย ด้านการอักเสบ ด้านอนุมูลอิสระ และเป็นสารสำคัญสำหรับผลิต Artemisinin-based combination therapies (ACTs) ที่ถูกนำมาใช้เป็นการรักษาครั้งแรกกับ เชื้อมาลาเรีย *Plasmodium falciparum* ของโรคมาลาเรีย (Puerto *et al.*, 2016)

โดยทั่วไป ต้นสมุนไพรอาร์ทีมิเซียแอนนัว สามารถขยายพันธุ์ได้โดยใช้วิธีการทั่วไป คือ การหว่านเมล็ดลงในดินโดยตรง โดยเมล็ดหนึ่งเมล็ดสามารถเจริญเติบโตได้เพียงต้นเดียว ด้วยเหตุนี้ จะต้องใช้พื้นที่จำนวนมากเพื่อปลูกอาร์ทีมิเซียแอนนัว ให้เพียงพอต่อความต้องการทั่วโลก (Laughlin *et al.*, 2001) อีกทั้งการพืชปลูกในระบบเปิดจะไม่สามารถนำมาใช้ในการผลิตกันยาได้โดยตรง เนื่องจากมีความเสี่ยงของการปนเปื้อนของแบคทีเรียและเชื้อราผ่าน ทางอากาศและน้ำ (Jelodar *et al.*, 2014) สำหรับ วิธีที่สองการขยายพันธุ์โดยใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งการขยายพันธุ์โดยวิธีนี้ เพียงแค่ช่วยแก้ปัญหาการลดพื้นที่ปลูก และรักษาพันธุ์เดิมไว้เท่านั้น ยังไม่ใช้การขยายพันธุ์สำหรับการผลิต เพื่อสกัดเอาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ในปัจจุบัน มีวิธีการสมัยใหม่ คือ การปลูกพืชในระบบปิด (Indoor farming) ได้รับความนิยมอย่างมาก ซึ่งโรงงานผลิตพืชที่ใช้แสงประดิษฐ์ (PFAL) เป็นการเพาะปลูกในระบบปิดประเภทหนึ่ง ที่ไม่เพียงแต่สามารถปลูกพืชในแนวตั้ง แต่ยังช่วยประหยัดพื้นที่ได้มาก สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และยังจัดการกับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำ ความชื้น สารอาหาร และความเข้มของแสง (Avgoustaki and Xydis, 2020) ในปัจจุบัน รายงานวิจัยเกี่ยวกับระบบการปลูกพืชสมุนไพร เช่น อาร์ทีมิเซียแอนนัว ในโรงงานผลิตพืชที่ใช้แสงประดิษฐ์ (PFAL) มีจำนวนน้อย โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการผลิตต้นพันธุ์เพื่อรองรับระบบ GMP ของอุตสาหกรรมยาและเวชสำอาง ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของความเข้มของแสงและจีโนไทป์ ต่อการผลิตหน่วยขยายพันธุ์จากกิ่งปักชำขนาดเล็กของต้นสมุนไพรอาร์ทีมิเซียแอนนัว โดยการดัดแปลงเครื่องผลิตผักไมโครกรีนที่ปกติใช้เพื่อการผลิตต้นอ่อนผักเพื่อการบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างพืชที่ใช้ในการทดลอง พืชที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ ต้นสมุนไพรอาร์ทีมิเซียแอนนัว (*Artemisia annua*) จากห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งขยายพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ต่าง ๆ จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช หลังจากนั้น ทำการย้ายปลูกลงในกระบะปลูก ภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ด้วยแสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสง 80 PPFD จนมีอายุ 60 วัน แล้วตัดกิ่งเป็นข้อ ๆ ประมาณ 1-2 ตา ความยาวโดยรวม 2 ± 0.5 เซนติเมตร

การดัดแปลงเครื่องผลิตผักไมโครกรีน เครื่องผลิตผักไมโครกรีน เดิมใช้สำหรับผลิตผักไมโครกรีนในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบและสั่งผลิต สำหรับใช้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ให้สามารถประยุกต์ใช้เป็นหน่วยขยายพันธุ์ได้ มีขนาด กว้าง 67 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 210 เซนติเมตร แบ่งเป็น 3 ชั้นปลูก แต่ละชั้นมีหลุมสำหรับใส่ถาดปลูก จำนวน 12 หลุม โดยได้ออกแบบถาดปลูก ให้ใช้ถาดปลูกร่วมกับฟองน้ำสำหรับใช้ปักชำกิ่ง เพื่อชักนำให้เกิดรากและใบในระยะเริ่มต้น หลังจากนั้นเปลี่ยนย้ายไปใช้ระบบแผ่นโฟมร่วมกับถาดปลูกไฮโดรโปนิคส์ และในส่วนของระบบสารละลายอาหาร ได้ออกแบบให้มีระบบการหมุนเวียนของสารละลายอาหาร เป็นระบบ Flood and Drain หรือระบบน้ำขึ้นน้ำลง ภายใต้ระบบปิดที่มีการหมุนเวียนกลับของสารละลายจากชั้นปลูกไปยังถังสารละลาย โดยสารละลายที่ใช้ คือธาตุอาหารพืช A และ B (บริษัท อะโกรวส์แล็บ จำกัด) ในอัตราส่วน 1:2 ใส่สารละลายธาตุอาหารพืช A

1 ลิตร ต่อน้ำ 200 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงเติม สารละลายธาตุอาหารพืช B ในอัตราส่วนที่เท่ากัน โดยมี อัตราการไหลของสารละลาย 3,500 ลิตรต่อชั่วโมง ใช้ปั๊มกำลังไฟ 75 วัตต์ รักษาระดับน้ำที่เหลือค้างในภาตปลูกหลังจาก ทิ้งน้ำแล้ว ให้มีความสูงอยู่ที่ 2 เซนติเมตร โดยสามารถตรวจสอบการทำงานผ่านโปรแกรม Agrio Application ที่พัฒนา โดย Agrow Lab Co., Ltd. เช่น การควบคุมแสงสว่าง การตั้งเวลาเปิด-ปิดเครื่อง และในส่วนของการออกแบบความเข้ม แสง โดยใช้หลอดไฟแอลอีดีชนิดความแสงเข้มจำเพาะ ร่วมกับแผ่นโพลีโพรพิลีน สำหรับปรับระดับความเข้มแสงตาม ความต้องการ ซึ่งเครื่องผลิตผักไมโครกรีนที่ดัดแปลงนี้ ติดตั้งอยู่ภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ สายพันธุ์ จำนวน 5 สาย พันธุ์ ได้แก่ A1-2, 500, Ci-40, F9 และ C4-5 ปัจจัย B คือ ความเข้มของแสง มี 3 ระดับ ระดับ ได้แก่ 45 90 และ 180 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

การเตรียมชิ้นส่วนพืช

นำมาตัดกิ่งเป็นข้อ ๆ จำนวน 18-20 ข้อ เพื่อนำมาใช้ในการปักชำ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ตาส่วนปลายยอด (Shoot-apex node) และตาส่วนกิ่งตำแหน่งถัดลงมาจากปลายยอด (Stem-node explant)

การให้แสง

แหล่งกำเนิดของแสง มาจากหลอดไฟ LED มีความยาวคลื่น 573 นาโนเมตร ซึ่งความเข้มแสงสูงสุดที่สามารถ ปล่อยออกมา วัดค่าได้ $180 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ และถูกกำหนดให้เป็นความเข้มแสง 100 เปอร์เซ็นต์ ของชั้นปลูกที่ 1 จากนั้น นำแผ่นโพลีโพรพิลีนผูกไว้ใต้หลอดไฟ LED ปรับความหนาของแผ่นโพลีโพรพิลีนจนได้ความเข้มแสงที่ $90 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (ความเข้มแสง 50%) ของชั้นปลูกที่ 2 และสุดท้ายปรับความเข้มแสงของชั้นปลูกที่ 3 ทำโดยเพิ่มความหนาของแผ่นโพลี โพรพิลีนจนได้ความเข้มแสงที่ $45 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (ความเข้มแสง 25%) ให้แสงเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 14 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม PASW Statistics 18.0.0 ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) โดยใช้ Tukey's test และตรวจสอบที่ระดับความเชื่อมั่น $p \leq 0.05$ และ $p \leq 0.01$

ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของความเข้มของแสงและจีโนไทป์ ต่อการผลิตและขยายปริมาณจากตากิ่งส่วนปลายยอด (Shoot-apex nodes) ของต้นสมุนไพรรำเพี๊ยแอนนัว โดยใช้เครื่องผลิตผักไมโครกรีนที่ดัดแปลง เป็นเวลา 14 วัน พบว่า ความเข้มแสงไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตในทุกสายพันธุ์ของต้นสมุนไพรรำเพี๊ยแอนนัว อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่สายพันธุ์มีผลต่อการเกิดใบใหม่ การแตกกิ่งใหม่ และการเกิดราก อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีผลกระทบต่อความสูง ยอด ดังนั้นเมื่อพิจารณาแยกตามผลของการเจริญเติบโต แสดงให้เห็นว่า สายพันธุ์ 500 มีค่าเฉลี่ยในการผลิตใบใหม่ และแตกกิ่งใหม่สูงสุด คือ 11.49 ใบ และ 4.74 กิ่ง ตามลำดับ ในขณะที่การชักนำให้เกิดราก พบว่าสายพันธุ์ A1-2 และ 500 เกิดการชักนำให้เกิดรากสูงสุดเท่ากัน คือ 83.33% (Table 1)

Table 1 Effect of different light treatment and line on shoot height, new lateral shoot, new leave and root induction of *A. annua* derived from shoot-apex nodes in 14 days

Line	Light Intensity ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Shoot height (cm)	No. of new leave	No. of new lateral shoot	Root induction (%)
A1-2	45	4.38 $\pm$ 0.9	4.83 $\pm$ 1.9 ab	2.17 $\pm$ 1.8 ab	83.33 $\pm$ 6.8 ab
	90	3.45 $\pm$ 1.3	6.67 $\pm$ 5.4 ab	2.50 $\pm$ 1.6 ab	83.33 $\pm$ 6.8 ab
	180	3.40 $\pm$ 0.4	7.17 $\pm$ 2.6 ab	2.67 $\pm$ 1.4 ab	83.33 $\pm$ 6.8 ab
	Mean	3.74	6.22 ^b	2.44 ^c	83.33 ^a
500	45	4.28 $\pm$ 0.9	11.80 $\pm$ 4.2 a	5.40 $\pm$ 2.7 a	100.00 $\pm$ 0.0 a
	90	4.03 $\pm$ 0.9	11.00 $\pm$ 5.3 ab	4.33 $\pm$ 2.4 ab	66.70 $\pm$ 8.6 ab
	180	4.00 $\pm$ 0.7	11.67 $\pm$ 3.8 a	4.50 $\pm$ 1.9 ab	83.33 $\pm$ 6.8 ab
	Mean	4.10	11.49 ^a	4.74 ^a	83.33 ^a
Ci-40	45	4.40 $\pm$ 1.1	9.00 $\pm$ 2.5 ab	4.60 $\pm$ 1.5 ab	20.00 $\pm$ 8.94 b
	90	4.60 $\pm$ 0.5	10.17 $\pm$ 1.2 ab	5.00 $\pm$ 0.7 a	66.70 $\pm$ 8.1 ab
	180	4.37 $\pm$ 0.9	7.50 $\pm$ 2.4 ab	3.67 $\pm$ 1.0 ab	60.00 $\pm$ 9.5 ab
	Mean	4.46	8.89 ^{ab}	4.42 ^{ab}	48.89 ^b
F9	45	3.73 $\pm$ 0.5	5.40 $\pm$ 2.1 ab	2.50 $\pm$ 1.0 ab	50.00 $\pm$ 19.5ab
	90	4.45 $\pm$ 0.7	4.00 $\pm$ 3.2 b	1.40 $\pm$ 0.9 b	60.00 $\pm$ 8.9 ab
	180	4.17 $\pm$ 0.5	10.33 $\pm$ 3.5 ab	3.50 $\pm$ 1.0 ab	100.00 $\pm$ 0.0 a
	Mean	4.12	6.58 ^b	2.47 ^{bc}	70.00 ^{ab}

Table 1 (Continued)

Line	Light Intensity ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Shoot height (cm)	No. of new leave	No. of new lateral shoot	Root induction (%)
C4-5	45	4.04±0.8	6.40±2.3 ab	2.20±1.6 ab	60.00±10.9ab
	90	3.60±0.5	6.00±1.9 ab	1.80±1.3 ab	60.00±9.0 ab
	180	3.39±1.0	10.00±4.8 ab	3.67±1.6 ab	16.70±6.8 b
Mean		3.86	7.47 ^b	2.56 ^{bc}	45.56 ^b
Light intensity (A)		ns	ns	ns	ns
Plant line (B)		ns	*	**	*
A × B		ns	ns	ns	ns

Different letters within columns indicate significant differences (* at $p \leq 0.05$) of Mean±S.D. that analyzed by Tukey's test;
ns = non-significant difference.

จากการศึกษาผลของความเข้มของแสงและจีโนไทป์ ต่อการผลิตและขยายปริมาณจากตาส่วนกิ่ง (Stem-node explant) ของต้นสมุนไพรรอที่มีเชียวแอนนัว โดยใช้เครื่องผลิตผักไมโครกรีนที่ดัดแปลง เป็นเวลา 14 วัน พบว่า ความเข้มแสงไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตในทุกสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่สายพันธุ์ของรอที่มีเชียวแอนนัว มีผลต่อความสูงยอด การเกิดใบใหม่ และการเกิดราก อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีผลกระทบต่อการแตกกิ่งใหม่ ดังนั้นเมื่อพิจารณาแยกตามผลของการเจริญเติบโต แสดงให้เห็นว่า ในสายพันธุ์ A1-2 มีการชักนำให้เกิดความสูงยอดสูงที่สุด คือ 2.50 เซนติเมตร ในส่วนของการเกิดใบใหม่ พบว่า สายพันธุ์ 500 มีค่าเฉลี่ยในการผลิตใบใหม่สูงสุด คือ 9.10 ใบ ในขณะที่ สายพันธุ์ F9 มีการชักนำให้เกิดรากสูงที่สุด คือ 65% (Table 2)

Table 2 Effect of different light treatment and line on shoot height, new lateral shoot, new leave and root induction of *A. annua* derived from stem-node explant in 14 days.

Line	Light Intensity ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Shoot height (cm)	No. of new leave	No. of new lateral shoot	Root induction (%)
A1-2	45	3.04±0.8 a	6.20±3.3 bc	2.20±0.8	16.70±7.5 bc
	90	2.63±0.5 ab	4.83±2.4 bc	2.17±1.2	16.70±6.8 bc
	180	1.80±0.6 ab	3.60±2.1 c	1.60±0.5	33.33±8.5 bc
Mean		2.50 ^a	4.88 ^b	1.99	22.22 ^{bc}

Table 2 (Continued)

Line	Light Intensity ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Shoot height (cm)	No. of new leave	No. of new lateral shoot	Root induction (%)
500	45	1.25±0.5 b	8.75±3.3 ab	3.50±0.6	50.00±14.4 ab
	90	2.70±0.8 ab	9.50±4.7 a	3.00±1.4	33.33±8.6 bc
	180	2.02±0.8 ab	8.67±2.6 ab	2.50±0.8	33.33±8.6 bc
	Mean	1.99 ^{ab}	9.10 ^a	3.00	38.89 ^b
Ci-40	45	1.78±1.1 ab	7.50±4.3 ab	3.00±1.1	66.70±0.7 ab
	90	1.04±0.8 b	4.40±1.8 bc	1.40±0.5	0.00±0.00 c
	180	2.08±0.5 ab	6.17±3.0 bc	2.17±0.8	100.00±0.0 a
	Mean	1.64 ^{ab}	6.02 ^{ab}	2.19	55.56 ^{ab}
F9	45	1.68±0.4 ab	5.75±2.5 bc	2.00±0.8	75.00±12.5 b
	90	2.24±0.3 ab	6.20±2.6 bc	2.40±1.1	80.00±8.9 ab
	180	1.60±1.1 ab	7.20±3.5 ab	2.80±1.1	40.00±11.0 bc
	Mean	1.84 ^{ab}	6.38 ^{ab}	2.40	65.00 ^a
C4-5	45	1.03±0.6 b	5.50±3.5 bc	1.75±1.0	25.00±12.5 bc
	90	1.50±0.8 ab	5.67±2.5 bc	2.67±1.2	33.33±19.2 bc
	180	1.78±1.2 ab	6.00±2.6 bc	1.83±0.4	0.00±0.00 c
	Mean	1.44 ^b	5.72 ^{ab}	2.08	19.44 ^c
Plant line (A)		*	*	ns	*
Light intensity (B)		ns	ns	ns	ns
A × B		ns	ns	ns	ns

Different letters within columns indicate significant differences (* at $p \leq 0.05$) of means $\pm$ S.D. that analyzed by Tukey's test; ns = non-significant difference.

หลังจากการย้ายปลูกลงในกระถางที่มีวัสดุปลูกเป็นเพอร์ไลต์ ภายใต้แสง 60 PPFD เป็นเวลา 50 วัน พบว่า ความเข้มแสง มีผลต่อความสูงยอดอย่างมีนัยสำคัญ จะเห็นว่าการปักชำตากลึงจากส่วนปลายยอด ความเข้มแสงมีอิทธิพลต่อความสูงยอดของต้นอาร์ทีมิเซียแอนนัว ได้แก่ สายพันธุ์ 500, Ci-40 และ C4-5 โดยสายพันธุ์ Ci-40 แสดงการชักนำให้เกิดความสูงยอดสูงสุด ภายใต้ความเข้มแสง 180 PPFD ในขณะที่ การปักชำตากลึงจากส่วนกึ่ง ความเข้มแสงมีอิทธิพลต่อความสูงยอดของต้นอาร์ทีมิเซียแอนนัว ได้แก่ สายพันธุ์ A1-2, 500, Ci-40 และ C4-5 โดยสายพันธุ์ A1-2 แสดงการชักนำให้เกิดความสูงยอดสูงสุด ภายใต้ความเข้มแสง 90 PPFD

ในส่วนของการเพิ่มขึ้นของจำนวนใบ พบว่าการปักชำตากลึงจากส่วนปลายยอด ความเข้มแสงมีอิทธิพลต่อความสูงยอดของต้นอาร์ทีมิเซียแอนนัว ได้แก่ สายพันธุ์ 500, Ci-40 และ C4-5 โดยสายพันธุ์ Ci-40 แสดงการชักนำให้เกิดความสูงยอดสูงสุด ภายใต้ความเข้มแสง 180 PPFD ในขณะที่ การปักชำตากลึงจากตาส่วกิ่ง ความเข้มแสงมีอิทธิพลต่อความสูงยอดของต้นอาร์ทีมิเซียแอนนัวในทุกสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ A1-2 แสดงการชักนำให้เกิดความสูงยอดสูงสุด ภายใต้ความเข้มแสง 90 PPFD (Figure 1)

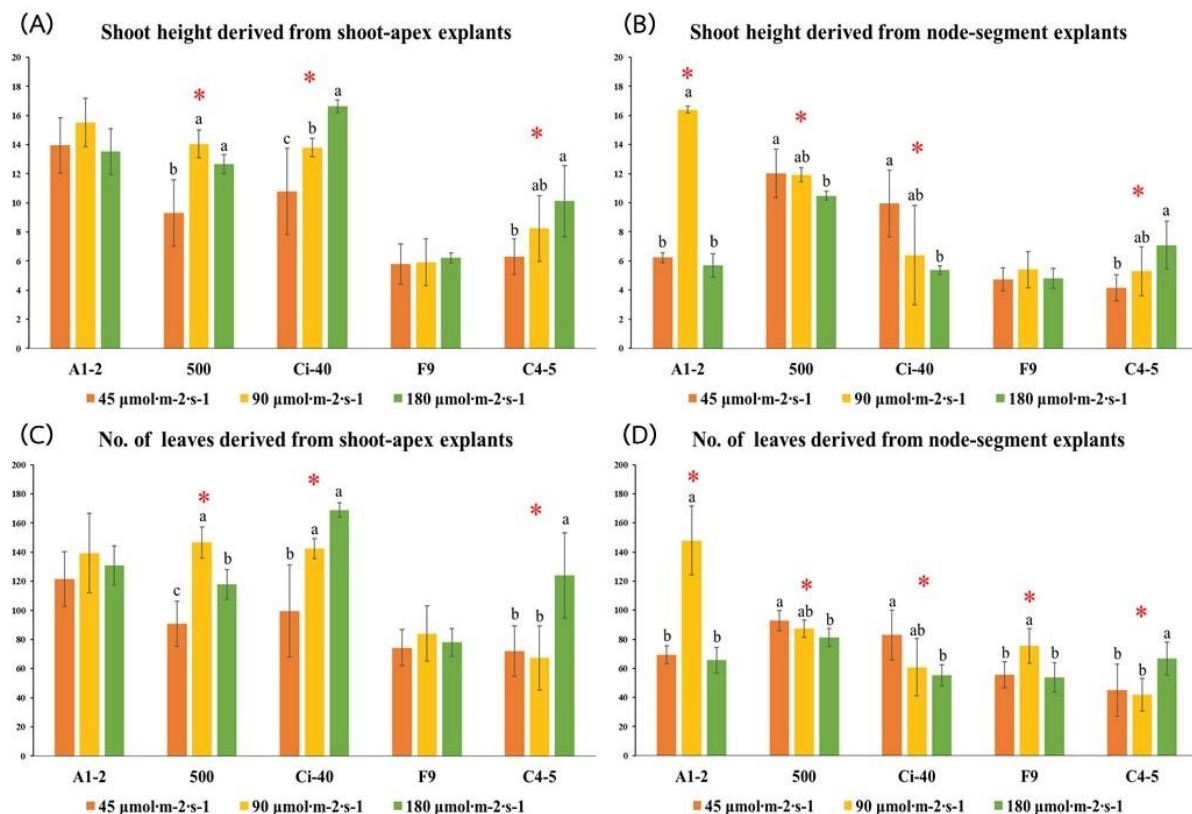


Figure 1 Effect of different light treatment and line on shoot height and number of leave of *A. annua* induced from shoot-apex and stem node-segment after 50 days of transplantation into perlite-containing pot.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลองผลของความเข้มของแสงและจโนไทป์ ต่อการผลิตและขยายปริมาณจากกิ่งปักชำขนาดเล็กของต้นสมุนไพรอาร์ทีมิเซียแอนนัว โดยการดัดแปลงเครื่องผลิตผักไมโครกรีน พบว่าในการปักชำตากลึงจากส่วนปลายยอด (Shoot-apex nodes) ที่ความเข้มแสง 45 PPFD ซึ่งเป็นความเข้มแสงที่น้อยที่สุดสำหรับการทดลองนี้ มีค่าเฉลี่ยการชักนำให้เกิดใบใหม่ การแตกกิ่งใหม่ และการเกิดราก ได้ดีที่สุดใน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Zheng *et al.* (2005) ที่พบว่าอุณหภูมิที่ 20

องศาเซลเซียส ภายใต้ความเข้มแสงต่ำที่ 25 PPFD ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด แต่เมื่อเพิ่มความเข้มของแสงเป็น 100 และ 400 PPFD พบว่าอัตราการเจริญเติบโตลดลง และในส่วนของ การเกิดราก พบว่าในการขยายปริมาณจากตาดังส่วนปลายยอด (Shoot-apex nodes) ภายใต้แสง 45 PPFD มีร้อยละการชักนำให้เกิดรากเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Miotto *et al.* (2021) ที่พบว่าการกระตุ้นให้เกิดรากต้องใช้แสงมากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน และช่วงแสง 40-60 PPFD เป็นช่วงแสงที่เหมาะสมสำหรับกระตุ้นให้เกิดราก ดังนั้นความเข้มแสง 45 PPFD จึงเหมาะสมสำหรับขยายปริมาณต้นสมุนไพรมิเซียมแอนน์จากตาดังส่วนปลายยอด (Shoot-apex nodes) ซึ่งนอกจากชักนำให้เกิดใบใหม่ การแตกกิ่งใหม่ และการเกิดราก ได้ดีที่สุดแล้ว ยังทำให้เกิดความร้อนน้อยที่สุด ตามรายงานของ Thu BT *et al.* (2011) ที่แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสมุนไพรมิเซียมแอนน์ โดยพื้นที่อุณหภูมิสูง สมุนไพรมิเซียมแอนน์ แสดงลักษณะต้นเตี้ย และกิ่งสั้น อีกทั้ง ถึงแม้ว่าการขยายปริมาณจากตาดังส่วนปลายยอด จะแสดงผลที่ดีกว่าในทุกด้าน แต่อย่างไรก็ตามการผลิตและขยายปริมาณจากตาดังส่วนกิ่ง (Stem-node explant) ก็ให้ปริมาณการผลิตและขยายปริมาณที่มากกว่า เนื่องจากสามารถนำมาตัดชำได้ 2-3 ข้อต่อหนึ่งกิ่ง และยังเป็นทางเลือกสำหรับนำมาใช้เป็นวัสดุตั้งต้น ในการผลิตเพื่อให้ได้ปริมาณมาก และหลังจากย้ายปลูกลงในกระถางด้วยเพอร์ไลต์ เป็นเวลา 50 วัน พบว่า ความสูงยอด และจำนวนใบใหม่ ของสายพันธุ์ A1-2, 500 และ Ci-40 มีมากกว่า สายพันธุ์ F9 และ C4-5 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Olle and Virsile (2013) ที่พบว่าการตอบสนองของพืชต่อแสงเทียมจากแหล่งกำเนิดแสงแหล่งเดียวกันจะแตกต่างกันกับชนิดพืชและสายพันธุ์ นอกจากนี้ การตอบสนองของพืชต่อแสงอาจส่งผลต่อการพัฒนาของใบและลักษณะทางกายวิภาคของใบ เนื่องจากแสงมีผลต่อการสังเคราะห์แสงและการรับแสง (Arena *et al.*, 2016) อีกด้วย การทดสอบความเข้มแสงต่อการผลิตต้นกล้าของต้นสมุนไพรมิเซียมแอนน์นี้ ทำให้เข้าใจพัฒนาการของพืชและการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อแสงของต้นสมุนไพรมิเซียมแอนน์สายพันธุ์ต่าง ๆ รวมทั้งสามารถใช้เป็นดัชนีในการคัดเลือกสายพันธุ์ ที่มีการเจริญเติบโตได้ดีสำหรับการผลิตต้นกล้าคุณภาพในเครื่องผลิตผักไมโครกรีน นอกจากนี้ ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นถึง การเอาชนะข้อจำกัดของการขยายพันธุ์ต้นสมุนไพรมิเซียมแอนน์ได้จากการใช้เครื่องผลิตผักไมโครกรีนที่ดัดแปลงขึ้น ในการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนั้นการปลูกพืชในระบบปิด (Indoor farming) ได้รับความนิยมอย่างมาก ซึ่งโรงงานผลิตพืชที่ใช้แสงประดิษฐ์ (PFAL) กับการเลือกใช้ความเข้มแสง หรือสเปกตรัมแสงที่เหมาะสม จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตต้นสมุนไพรมิเซียมแอนน์ หรือพืชสมุนไพรที่มีประโยชน์อื่น ๆ ในระดับอุตสาหกรรม ที่มีอิทธิพลทางสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด (Sankhuan *et al.*, 2022)

สรุปผลการวิจัย

อาร์ทีมิเซียแอนน์ สายพันธุ์ 500 มีความโดดเด่นในการชักนำจำนวนใบใหม่เกิดขึ้นสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ ทั้งการผลิตและขยายปริมาณจากตาดังส่วนปลายยอด (Shoot-apex nodes) และตาดังส่วนกิ่ง (Stem-node explant) นอกจากนี้สายพันธุ์ 500 ที่ผลิตและขยายปริมาณจากตาดังส่วนปลายยอด (Shoot-apex nodes) ภายใต้ความเข้มแสงที่ 45 PPFD มีค่าเฉลี่ยในการชักนำให้เกิดใบใหม่ การแตกกิ่งใหม่ และการเกิดราก ได้ดีที่สุด และหลังจากย้ายปลูกลงในกระถางด้วยเพอร์ไลต์เป็นเวลา 50 วัน พบว่า ความสูงยอด และจำนวนใบใหม่ ของสายพันธุ์ A1-2, 500 และ Ci-40 มีมากกว่า สายพันธุ์ F9 และ C4-5 อย่างไรก็ตาม การใช้ความเข้มแสงที่ 45 PPFD เป็นความเข้มแสงที่แนะนำสำหรับผลิตและขยายพันธุ์ต้นสมุนไพรมิเซียมแอนน์ จากการใช้เครื่องผลิตผักไมโครกรีนที่ดัดแปลงขึ้น และการขยายพันธุ์ด้วยวิธีนี้ยังเป็นทางเลือกหนึ่ง

สำหรับการผลิตและขยายพันธุ์ในระดับอุตสาหกรรม เพื่อให้ได้ปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ และสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี โดยลดการพึ่งพาการเพาะจากเมล็ดที่มีขนาดเล็ก ประกอบกับสภาพจำกัดของภูมิอากาศของประเทศไทยที่เป็นเขตร้อนชื้นที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการผลิตหน่วยขยายพันธุ์ในพื้นที่เปิด นอกจากจะช่วยให้ต้นอาร์ทิมีเซียแอนนัวพันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกมีจำนวนเพิ่มขึ้นเพียงพอต่อการนำไปใช้ในระบบอุตสาหกรรมแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อกระตุ้นให้มีการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มขึ้นอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก โครงการวิจัยแผนงานกลุ่มเกษตรและอาหาร ประจำปีงบประมาณ 2564-2565 จากหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) ภายใต้โครงการ “การยกระดับเทคโนโลยีการปลูกพืชในอาคาร เพื่อผลิตพืชผักสมุนไพรและเครื่องเทศ สำหรับนวัตกรรมอาหารสุขภาพจากเส้นใยอาหารและสารสำคัญจากพืช” เลขที่สัญญา C10F640135

เอกสารอ้างอิง

- Arena, C., T. Tsonev, D. Doneva, V. De Micco, M. Michelozzi, C. Brunetti and F. Loreto. 2016. The effect of light quality on growth, photosynthesis, leaf anatomy and volatile isoprenoids of a monoterpene-emitting herbaceous species (*Solanum lycopersicum* L.) and an isoprene-emitting tree (*Platanus orientalis* L.). **Environ Exp Bot** 130: 122-132.
- Avgoustaki, D.D. and G. Xydis. 2020. How energy innovation in indoor vertical farming can improve food security, sustainability, and food safety? **Advances in Food Security and Sustainability** 5: 1-51. DOI: 10.1016/bs.af2s.2020.08.002.
- Jelodar, N., A. Bhatt, K. Mohamed and C. Keng. 2014. New cultivation approaches of *Artemisia annua* L. for a sustainable production of the antimalarial drug artemisinin. **Journal of Medical Plant Research** 8(10): 441-447. DOI: 10.5897/JMPR11.1053.
- Laughlin, J., G. Heazlewood and B. Beattie. 2001. **Cultivation of *Artemisia annua* L.** [Online]. Available <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/DOI:10.1201/9780203303061-17/cultivation-artemisia-annua> (September 4, 2023).
- Miotto, YE., CT. da Costa, R. Offringa, J. Kleine-Vehn and Maraschin FDS. 2021. Effects of light intensity on root development in a d-root growth system. **Front Plant Sci.** 12 (2021): 1-9 DOI: 10.3389/fpls.2021.778382.
- Olle, M. and A. Viršile. 2013. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. **Agric Food Sci** 22(2): 223-234.

- Puerto, J., J. Coronas, C. Alicia, M. Arrebola, M. Lopez, J. Vazquez and M. Teresa. 2016. Impact of using artemisinin-based combination therapy (ACT) in the treatment of uncomplicated malaria from *Plasmodium falciparum* in a non-endemic zone. **Malaria Journal** 15: 39. DOI: 10.1186/s12936-016-1408-1.
- Sankhuan, D., G. Niramolyanun, N. Kangwanrangsang, M. Nakano and K. Supaibulwatana. 2022. Variation in terpenoids in leaves of *Artemisia annua* grown under different LED spectra resulting in diverse antimalarial activities against *Plasmodium falciparum*. **BMC Plant Biol** 22: 128.
[Online]. Available <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03528-6> (September 4, 2023).
- Septembre-Malaterre, A., M. Lalarizo Rakoto, C. Marodon, Y. Bedoui, J. Nakab, E. Simon and L. Hoarau. 2020. *Artemisia annua*, a Traditional Plant Brought to Light. **International Journal of Molecular Sciences** 21(14): 4986. DOI: 10.3390/ijms21144986.
- Soni, R., G. Shanker, P. Mukhopadhyay and V. Gupta. 2022. A concise review on *Artemisia annua* L.: A major source of diverse medicinal compounds. **Sciencedirect** 184(2022): 1-17
DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.115072.
- Thu, B.T., T. Van Minh, B.P. Lim and C.L. Keng. 2011. Effects of environmental factors on growth and artemisinin content of *Artemisia annua* L. **Trop Life Sci Res.** 22(2): 37-43. PMID: 24575216; PMCID: PMC3819086.
- Wang, M.L., Y.S. Jiang, J.Q. Wei, X. Wei, X.X. Qi, S.Y. Jiang and Z.M. Wang. 2008. Effects of irradiance on growth, photosynthetic characteristics, and artemisinin content of *Artemisia annua* L. **Photosynthetica** 46(1): 17. DOI: 10.1007/s11099-008-0004-1.
- World Health Organization. 2006. WHO monograph on good agricultural and collection practices (GACP) for *Artemisia annua* L. [Online]. Available <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43509> (September 4, 2023).
- Yunus, A., N.S. Brahmento and Y. Widyastuti. 2018. *Artemisia annua* response to various types of organic fertilizer and dose in lowland. **Earth and Environmental Science** 142(2018): 1-6
DOI: 10.1088/1755-1315/142/1/012021.
- Zheng, Y., Z. Xie, Y. Gao, L. Jiang, X. Xing, H. Shimizu and G.M. Rimmington. 2005. Effects of light, temperature and water stress on germination of *Artemisia sphaerocephala*. **Ann Appl Biol** 146: 327-335.

Diversity of Fungi Isolated from the Natural *Ophiocordyceps sinensis* Fruiting Bodies from China and Their Potential Bioactivities

ความหลากหลายของเชื้อราที่แยกได้จากดอกเห็ดถึงเช่าทิเบต (*Ophiocordyceps sinensis*)
ที่มาจากธรรมชาติจากประเทศจีนและศักยภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

สุวรรณโณม ชาทินรินทร์¹ วิจิตรา แดงปรก² ภาวิณี อารีศรีสม³ และมงคล ธิรบุญยานนท์^{1*}

Suwannachom Chatnarin¹, Wichitra Daengprok², Pawinee Areesrisom³
and Mongkol Thirabunyanon^{1*}

¹สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³สาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Program in Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University
Chiang Mai, Thailand 50290

³Program in Medicinal Plant Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: mthirabun@yahoo.co.th

Abstract

This study explored the medicinal mushrooms and fungi as sources of bioactive compounds with promising therapeutic potential. The purpose of this research was to study the diversity of fungal communities isolated from the fruit of *Ophiocordyceps sinensis* obtained from natural source and review their bioactivity potentials. Molecular identification revealed five fungal species other than *Ophiocordyceps sinensis*, including *Nigrospora oryzae*, *Penicillium roqueforti*, *Penicillium soppii*, *Truncatella angustata*, and *Megasporoporia minor*. In this review, we summarized the data on bioactive secondary metabolites from these fungi and highlighted their unique chemical diversity and the potential benefits in new drug discovery. Their major significances include the anti-Alzheimer is disease, antimicrobial, antioxidant, anti-tumor, anti-cancer, lipid-lowering, anti-inflammatory, and anti-fouling abilities, which are important pharmaceutical target in terms of current drug discovery.

Keywords: identification, classification, *Ophiocordyceps sinensis*, fungal diversity, morphology

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเห็ดและเชื้อราที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เพื่อเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีศักยภาพในการบำบัดรักษา การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของชุมชนเชื้อราที่แยกได้จากดอกเห็ดถึงเข้าทิเบตที่ได้มาจากแหล่งธรรมชาติ และทบทวนวรรณกรรมถึงศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเชื้อราเหล่านี้ การระบุสายพันธุ์เชื้อราในระดับโมเลกุลทำให้ค้นพบสายพันธุ์เชื้อราที่นอกเหนือจากเชื้อราถึงเข้าทิเบต (*Ophiocordyceps sinensis*) จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Nigrospora oryzae*, *Penicillium roquforti*, *Penicillium soppii*, *Truncatella angustata* และ *Megasporoporia minor* ในการทบทวนวรรณกรรมนี้ได้รับถึงข้อมูลเกี่ยวกับสารทุติยภูมิที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเชื้อราเหล่านี้ และเน้นย้ำถึงความหลากหลายทางเคมีที่เป็นเอกลักษณ์และประโยชน์ที่เป็นไปได้ของการค้นพบยาใหม่ ๆ ความสำคัญหลักอยู่ที่ความสามารถในการต้านโรคอัลไซเมอร์ ต้านจุลชีพ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านเนื้องอก และมะเร็ง ลดไขมัน ด้านการอักเสบ และต้านมาลาเรีย ซึ่งเป็นเป้าหมายทางยาที่สำคัญในแง่ของการค้นพบยาในปัจจุบัน

คำสำคัญ: การระบุสายพันธุ์ การจำแนก ถึงเข้าทิเบต ความหลากหลายของเชื้อรา สันฐานวิทยา

คำนำ

เชื้อราที่จัดอยู่ในอนุกรมวิธานล้วนแล้วแต่มีการผลิตสารทุติยภูมิที่หลากหลาย และสารเหล่านี้ได้แสดงฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาซึ่งเป็นที่มาของการค้นพบยารักษาโรคหลายชนิด ถึงเข้าทิเบต (*Ophiocordyceps sinensis*) จัดอยู่ในสกุล *Ophiocordyceps* ในวงศ์ Ophiocordycipitaceae (Shrestha et al., 2010) เป็นราแมลงที่มีโฮสต์หรือแมลงเจ้าบ้านเป็นตัวอ่อนหนอนผีเสื้อกลางคืน คือ *Thitarodes armoricanus* (Wang and Hu, 2017), *Thitarodes jianchuanensis* (Tao et al., 2016), *Thitarodes xiaojinensis* (Wu et al., 2022), *Thitarodes shambalaensis* (Wang and Pierce, 2023) และ *Hepialus gonggaensis* (Shi et al., 2016) จัดอยู่ในอันดับ Lepidoptera วงศ์ Hepialidae เห็ดถึงเข้าทิเบตมีถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์อยู่บนพื้นที่ราบสูงทิเบต ชิงไห่ เสฉวน มณฑลยูนนานในประเทศจีน และเทือกเขาหิมาลัย เช่น ภูฏาน อินเดีย และเนปาล (Wei et al., 2021) ที่ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 3,000-5,000 เมตร

ก่อนหน้านี้มีการค้นพบเชื้อราหลากหลายสายพันธุ์ที่คัดแยกจากดอกเห็ดถึงเข้าทิเบตในธรรมชาติ และมีการสันนิษฐานว่าเชื้อราเหล่านั้นเป็นตัวแทนของเชื้อราถึงเข้าทิเบตในธรรมชาติ เช่น *Hirsutella sinensis* (Wu et al., 2019), *Paecilomyces sinensis* (Chioza and Ohga, 2014) หรือ *Paecilomyces hepialid* (Yu et al., 2016) และ *Tolypocladium sp.* (Yan et al., 2010) ซึ่งเชื้อราสายพันธุ์เหล่านี้มีการแสดงถึงศักยภาพในการผลิตสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่สำคัญ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Kong et al., 2021) ฤทธิ์กระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Liu et al., 2021) และฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งหลายชนิด (Chatnarin and Thirabunyanon, 2023; Jin et al., 2020; Yuan et al., 2022) ซึ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ในอีกหลายด้าน

การระบุสายพันธุ์ของเชื้อราใช้วิธีการทางโมเลกุลคือ Polymerase chain reaction (PCR) เพื่อเพิ่มปริมาณ Ribosomal DNA (rDNA) บริเวณตำแหน่ง Internal transcribed spacer (ITS) และนำมาหาลำดับเบสของ rDNA (Drevinek *et al.*, 2023; Ferrer *et al.*, 2001) ซึ่งการตรวจสอบชุมชนเชื้อราที่อาศัยอยู่ในดอกเห็ดถึงเข้าทิเบต ในธรรมชาติได้ให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อมทางนิเวศวิทยาที่ส่งผลต่อความหลากหลายของชุมชนเชื้อราที่อาศัย อยู่ภายในดอกเห็ดถึงเข้าทิเบตนี้

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความหลากหลายของชุมชนเชื้อราที่คัดแยกได้จากดอกเห็ดถึงเข้าทิเบต ที่มีแหล่งที่มาจากธรรมชาติ จากประเทศจีนและทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับศักยภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาร ทดimentary ที่ผลิตโดยสายพันธุ์เชื้อราที่คัดแยกได้ โดยใช้วิธีการคัดแยกลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา การระบุสายพันธุ์ ระดับโมเลกุลและการวิเคราะห์สายวิวัฒนาการ เชื้อราที่คัดแยกได้จะเป็นทางเลือกที่สามารถใช้เป็นแหล่งสร้างสารออกฤทธิ์ ทางชีวภาพชนิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพและน่าสนใจในการพัฒนาด้านอาหารเพื่อสุขภาพ และหรือยารักษาโรค

อุปกรณ์และวิธีการ

การรวบรวมตัวอย่าง

ดอกเห็ดถึงเข้าทิเบตแท้จากธรรมชาติถูกเก็บรวบรวมจากประเทศจีนจำนวน 79 ตัวอย่าง ได้แก่ ยูนนานและ กานซู (20 ตัวอย่าง) ชิงไห่ (20 ตัวอย่าง) และเสฉวน (39 ตัวอย่าง) ในช่วงเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2562 ตัวอย่างดอกเห็ด แท้ถูกทำความสะอาดและบรรจุในหลอดปลอดเชื้อก่อนจะนำมาคัดแยกเชื้อรา ณ ห้องปฏิบัติการภูมิคุ้มกันในสัตว์และ มนุษย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การคัดแยกเชื้อรา

ตัวอย่างดอกเห็ดถึงเข้าทิเบตนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำปราศจากเชื้อและโซเดียมไฮโปคลอไรต์เข้มข้น 1% (Merck, Germany) โดยแช่ไม่เกิน 1 นาที สำหรับฆ่าเชื้อบริเวณพื้นผิวภายนอกของผลเห็ด จากนั้นตัดขวางเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้ววางบนอาหารร่วน Sabouraud Dextrose Agar (SDA) ที่อุณหภูมิ 16-18 องศาเซลเซียส ในที่มืด สังเกตโคโลนีเชื้อรา ที่เกิดขึ้น คัดเลือกเฉพาะโคโลนีเดี่ยวสีขาว จากนั้นย้ายเพาะเลี้ยงซ้ำ 3-5 ครั้ง จนได้เชื้อราที่ปราศจากแบคทีเรียและเป็น โคโลนีเดี่ยวบริสุทธิ์

การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อรา

การศึกษาสัณฐานวิทยาของโคโลนีเชื้อราที่คัดแยกได้จากดอกเห็ดถึงเข้าทิเบตธรรมชาติโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ทำ ได้โดยนำเส้นใยเชื้อราที่เพาะเลี้ยงย้อมด้วยสี Lactophenol cotton blue แล้วนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อสังเกต ลักษณะเฉพาะของเชื้อรา ได้แก่ รูปร่าง สี ขนาดของเส้นใย และสปอร์

เทคนิค PCR และการหาลำดับเบส rDNA

การระบุสายพันธุ์เชื้อราที่คัดแยกได้จากดอกเห็ดถึงเข้าทิเบตธรรมชาติสามารถดำเนินการตามขั้นตอนของ Chatnarin and Thirabunyanon, (2023) โดยสังเขป คือ สกัดดีเอ็นเอของเชื้อราด้วยชุดสกัดสำเร็จรูป Tianamp genomic DNA kit (Tiangen, Taiwan) แล้วเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยเทคนิค PCR ประกอบด้วย DreamTaq DNA polymerase (Thermo Fisher Scientific, USA) ไพรมเมอร์ ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') และ ITS4

(5'-TCCTCCGCTTATTTGATATGC-3') ด้วยเครื่อง DNA thermal cycler machine และตรวจสอบผลผลิต DNA โดยใช้เทคนิค Agarose gel electrophoresis และทำให้บริสุทธิ์โดยใช้ชุดสำเร็จรูป MinElute PCR purification kit (Qiagen, Germany) จากนั้นหาลำดับนิวคลีโอไทด์เพื่อเทียบกับฐานข้อมูลของ GenBank National Center for Biotechnology Information (NCBI)

การจำแนกและการวิเคราะห์สายวิวัฒนาการ

Basic Local Alignment Search Tool (BLASTN) ใช้เพื่อระบุความคล้ายคลึงกันสูงสุด และซอฟต์แวร์ (MEGA, version 11) ถูกใช้ในการวิเคราะห์ต้นไม้สายวิวัฒนาการ ประวัติวิวัฒนาการจะถูกอนุมานโดยใช้วิธีความน่าจะเป็นแบบ Maximum Composite Likelihood (MCL) อนุมาน (Bootstrap) จำนวน 1,000 ครั้ง และสรุปประวัติวิวัฒนาการด้วยวิธี Neighbor-Joining

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ความหลากหลายของเชื้อราที่คัดแยกได้จากดอกเห็ดถึงเข้าทิเบตในธรรมชาติ

จากการคัดแยกโคลนเชื้อราจากตัวอย่างดอกเห็ดถึงเข้าทิเบตที่นำมาจากประเทศจีน พบจำนวน 14 ไอโซเลต ซึ่งจำแนกได้ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Penicillium soppii*, *Truncatella angustata*, *Penicillium roqueforti* และ *Nigrospora oryzae* จัดอยู่ในกลุ่ม Ascomycota และ *Megasporoporia minor* จัดอยู่ในกลุ่ม Basidiomycota ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคลนแสดงดัง Figure 1

Figure 1A แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคลนเชื้อรา *Penicillium soppii* ซึ่งลักษณะโคลนนี้มีสีขาวและมีขอบเขตโคลนที่แน่นอน เส้นใยอยู่กันอย่างหนาแน่นและเนียนละเอียด ไม่ฟู **Figure 1B** แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคลนเชื้อรา *Megasporoporia minor* พบว่าลักษณะโคลนนี้มีสีขาว เส้นใยเชื้อราอยู่กันอย่างหนาแน่นและมีการสร้างเส้นใยอากาศเจริญฟูขึ้นเล็กน้อย เส้นใยเชื้อราเจริญออกจากจุดศูนย์กลางโคลนเป็นเส้นคล้ายพัดเห็นได้ชัดเจน **Figure 1C** แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคลนเชื้อรา *Truncatella angustata* ซึ่งลักษณะโคลนนี้มีสีขาวและตรงกลางโคลนมีสีเหลืองอ่อนเล็กน้อย มีเส้นใยอากาศฟูฟู เส้นใยอยู่กันอย่างหนาแน่น แต่ไม่เนียนละเอียดมีลักษณะเป็นขุยขรุขระ ขอบโคลนหยักไม่สม่ำเสมอและเจริญช้า **Figure 1D-E** แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคลนเชื้อรา *Ophiocordyceps sinensis* ซึ่งมีลักษณะโคลนเป็นสีขาวนวลอมสีเหลืองอ่อน โดยเฉพาะกลางโคลนมีสีเหลืองอ่อนเห็นได้ชัดเจน และมีเส้นใยอากาศฟูฟู เส้นใยอยู่กันอย่างหนาแน่น เจริญซ้อนทับกันเป็นชั้นสูงชันคล้ายปุยเมฆ โคลนนี้มีขอบเขตที่ไม่แน่นอน ขอบหยัก **Figure 1F-L** แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคลนเชื้อรา *Penicillium roqueforti* ซึ่งลักษณะโคลนนี้มีสีขาว ขอบโคลนไม่แน่นอน การเจริญของเส้นใยกระจายออกเป็นจุด มีสปอร์สีขาวคล้ายผงแป้ง ฟูกระจายทั่วผิวอาหารฐาน **Figure 1M-N** แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคลนเชื้อรา *Nigrospora oryzae* ซึ่งลักษณะโคลนมีสีเหลืองอ่อนถึงสีน้ำตาลอ่อน ขอบโคลนไม่ชัดเจน มีเส้นใยอากาศฟูฟู และเส้นใยอยู่กันไม่หนาแน่น เส้นใยเชื้อรามีการเจริญแบบกระจายคล้ายคลื่น

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสปอร์และเส้นใยเชื้อราแสดงดัง **Figure 2** ดังนี้ **Figure 2A** แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสปอร์เชื้อรา *Penicillium soppii* มีการสร้างสปอร์เกิดขึ้นที่ปลายเส้นใยเชื้อรา เรียกว่า โคนิเดีย

(Conidia) มีก้านชูสปอร์ เรียกว่า โคนิโดโอสปอร์ (Conidiophore) ลักษณะของก้านชูสปอร์ โคนก้านจะรวมกันเป็นมัด และปลายก้านแยกออกคล้ายรูปมือ สปอร์ของเชื้อราที่มีลักษณะทรงกลมเรียงจับกันเป็นพุ่ม **Figure 2B** แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสปอร์เชื้อรา *Megasporoporia minor* ที่มีการสร้างสปอร์ชนิดแรงจิโอสปอร์ (Sporangiospore) สปอร์เกิดภายในถุงหรืออับสปอร์ (Sporangium) ซึ่งเจริญอยู่ที่ปลายสุดของเส้นใยเชื้อรา ถุงหรืออับสปอร์มีรูปร่างทรงกลมขนาดใหญ่คล้ายลูกโป่ง **Figure 2C** แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสปอร์เชื้อรา *Truncatella angustata* เป็นสปอร์โดดเดียมที่มีสีน้ำตาลอ่อน ทรงกระบอกรี มีผนังกันตามขวาง **Figure 2D** แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสปอร์เชื้อรา *Penicillium roqueforti* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีการสร้างก้านชูสปอร์คล้ายรูปมือ สปอร์ของเชื้อราที่มีลักษณะทรงกลมเรียงต่อกันคล้ายลูกโป่ง **Figure 2E** แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสปอร์เชื้อรา *Ophiocordyceps sinensis* ซึ่งมีการสร้างสปอร์ชนิดแอสโคสปอร์ (Ascospore) ที่มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกรีขนาดเล็ก และ **Figure 2F** แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสปอร์เชื้อรา *Nigrospora oryzae* ซึ่งมีการสร้างสปอร์ชนิดไซโกสปอร์ (Zygospore) ที่มีลักษณะเป็นปุ่มปมทรงกลมขนาดเล็กโผล่ขึ้นระหว่างกิ่งก้านของเส้นใยเชื้อรา นอกจากนี้แล้วลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยเชื้อราเหล่านี้ ล้วนแล้วแต่เป็นเส้นใยที่แตกกิ่งก้านและมีผนังกันตามขวาง มองเห็นได้ชัดเจน

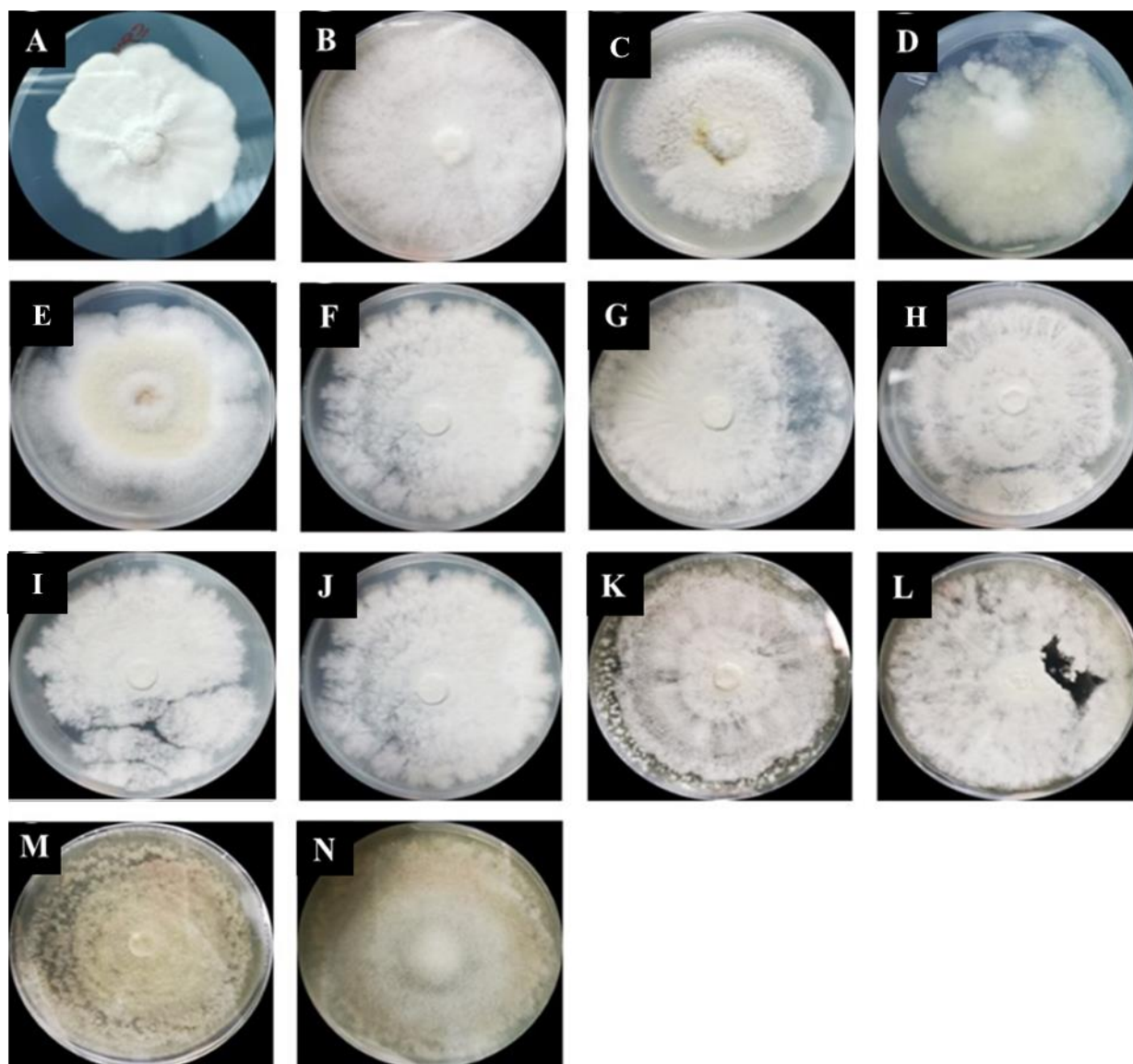


Figure 1 characteristics of fungal colonies on SDA agar isolated from natural *O. sinensis* fruiting bodies after culture for 14 days; (A) *Penicillium soppii*, (B) *Megasporoporia minor*, (C) *Truncatella angustata*, (D-E) *Ophiocordyceps sinensis*, (F-L) *Penicillium roqueforti* and (M-N) *Nigrospora oryzae*

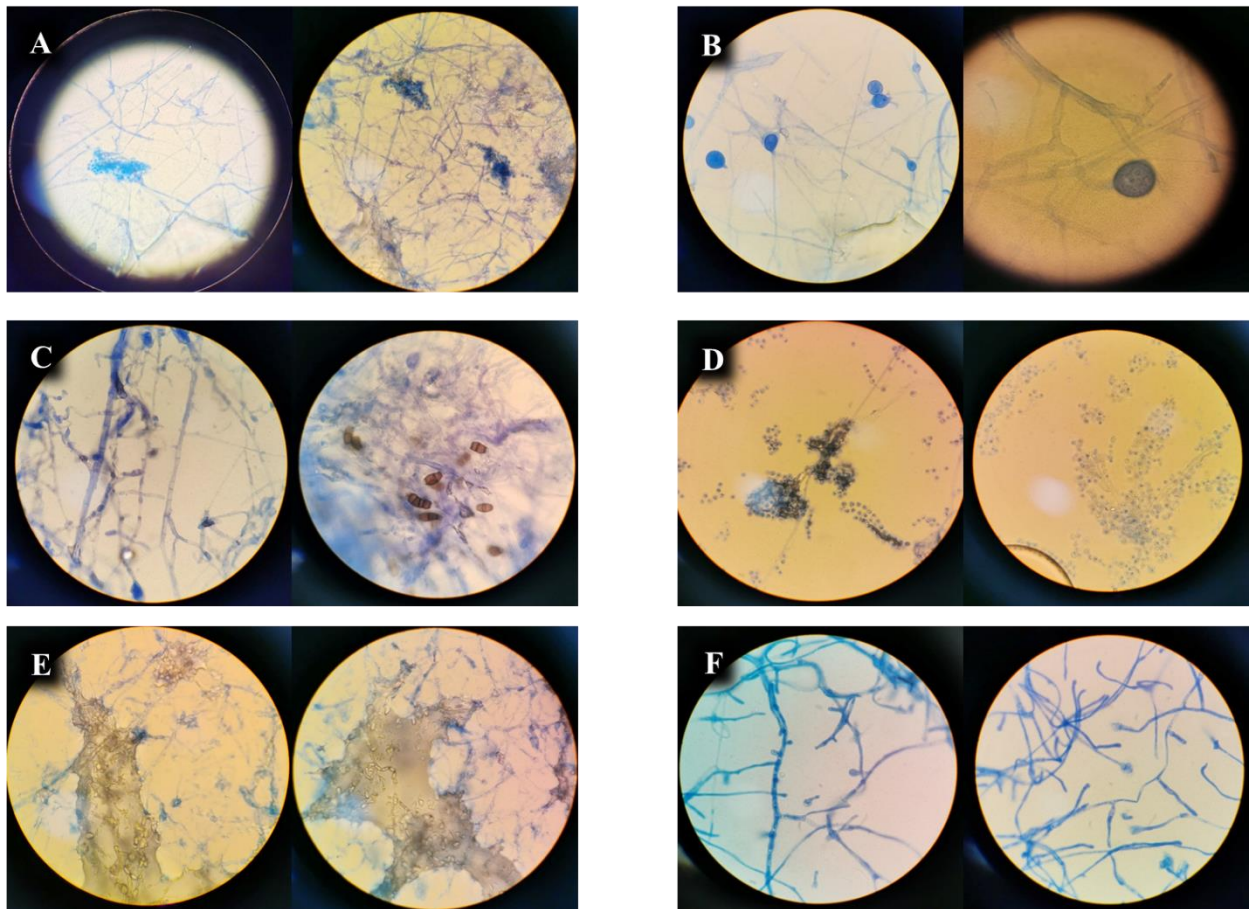


Figure 2 Morphological characteristics of fungi (40x magnification); (A) *Penicillium soppii*, (B) *Megasporoporia minor*, (C) *Truncatella angustata*, (D) *Penicillium roqueforti* (E) *Ophiocordyceps sinensis* and (F) *Nigrospora oryzae*

การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับศักยภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเชื้อราที่คัดแยกได้

N. oryzae จัดอยู่ในวงศ์ Trichosphaeriaceae เป็นเชื้อราที่เจริญอยู่ในพืชโดยไม่ก่ออันตราย (Han *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2012) และความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้ค้นพบว่าสารสำคัญของเชื้อรานี้มีประโยชน์ด้านสุขภาพ เชื้อราสายพันธุ์นี้ได้รับการยอมรับว่าเป็นแหล่งใหม่ของการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพตามธรรมชาติซึ่งมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Sharma *et al.*, 2020) มีรายงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเชื้อราเอนโดไฟต์นี้มีฤทธิ์ต้านเบาหวาน (Dhankhar *et al.*, 2013; Uzor *et al.*, 2017) นอกจากนี้ งานวิจัยหลายชิ้นได้รายงานเกี่ยวกับการสังเคราะห์ของสารทุติยภูมิจากพืชบางชนิด โดยเชื้อราเอนโดไฟต์ที่อาศัยอยู่ในพืช (Ola, 2014) การค้นพบเชื้อราเอนโดไฟต์ที่มีความสามารถในการผลิตสารประกอบทางชีวภาพนำไปสู่แนวทางใหม่ในการวิจัยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในปัจจุบัน มีรายงานว่าสารเคอราตินที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ผลิตโดย *N. oryzae* อาจรักษาการรับรู้และความจำที่บกพร่องผ่านกลไก AChE-mediated ในหนูทดลองและมีแนวโน้มที่จะใช้เป็นยารักษาโรคอัลไซเมอร์ในอนาคต (Vig *et al.*, 2022) และการศึกษาศักยภาพของสารทุติยภูมิ Sterigmatocystin

ที่แยกได้จาก *N. oryzae* แสดงความเป็นพิษต่อเซลล์ในระดับปานกลางต่อเซลล์มะเร็งต่อมน้ำเหลือง (L5178Y) และสามารถพัฒนาต่อไปเป็นสารต้านไวรัสและแบคทีเรียได้ (Ola *et al.*, 2021) ความคล้ายคลึงของสายพันธุ์และต้นไม้สายวิวัฒนาการแสดงดัง **Figure 3**

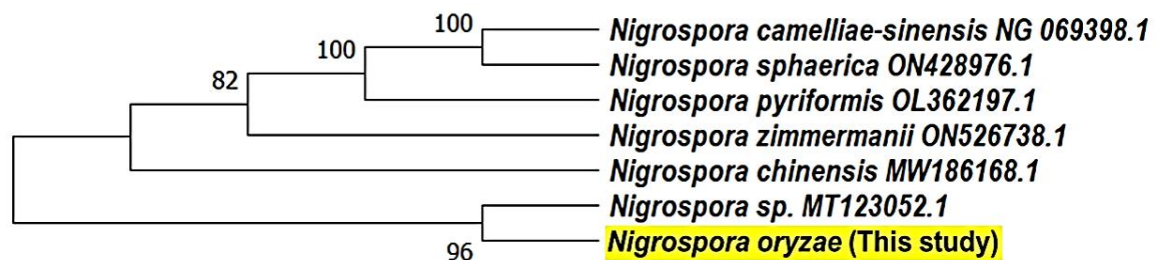


Figure 3 Maximum likelihood of phylogenetic tree of *Nigrospora* section inferred from the sequences of the ITS region and the bootstrap values as indicated at nodes

ในการศึกษานี้พบเชื้อรากลุ่ม *Penicillium* sp. จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ *P. Roquefort* และ *P. soppii* จัดอยู่ในวงศ์ Trichocomaceae เป็นหนึ่งในสกุลของเชื้อราที่พบได้บ่อยที่สุดในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์และมีบทบาทสำคัญในการหมุนเวียนทางชีวภาพของมวลชีวภาพในธรรมชาติ ยิ่งไปกว่านั้นค้นพบสารสำคัญที่ผลิตเป็นยาชื่อว่า เพนิซิลลิน ซึ่งเป็นยาปฏิชีวนะตัวแรกสำหรับต่อต้านการติดเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกหลายชนิด (Gaynes, 2017) *Penicillium* เป็นสกุลราขนาดใหญ่ที่สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้หลากหลาย (Xue *et al.*, 2020)

P. roqueforti ผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ Sesterterpenes ซึ่งแสดงฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งเต้านม MCF-7 และเซลล์มะเร็งปอด A549 อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังแสดงฤทธิ์ด้านการอักเสบ (Wang *et al.*, 2021) สารสกัดหยาบของ *P. roqueforti* มีองค์ประกอบของสารสำคัญ คือ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอล สเตียรอยด์ แทนนิน กรดเพรูลิก กรดซินนามิก เควอซิติน และรูติน ซึ่งมีศักยภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Ikram *et al.*, 2019) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในงานวิจัยล่าสุดของ *P. roqueforti* คือ 14-Hydroxymethylene-1(10)-ene-epi-guaidiol A แสดงความเป็นพิษต่อเซลล์ Farage ซึ่งเป็นเซลล์มะเร็งต่อมน้ำเหลืองชนิด บี เซลล์ระยะแรก และส่งเสริมการตายของเซลล์เนื้องอกโดยทำให้เกิดการปิดกั้น S-phase ในเซลล์เนื้องอก (Mo *et al.*, 2023)

P. soppii ผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย ได้แก่ Asperentin, Asperphenamate, Benzomalvin A, Cycloaspeptide A, Fumagillin, Griseofulvin, Pseurotin A และ Terrein (Frisvad *et al.*, 2006) แสดงกิจกรรมทางเภสัชวิทยา ได้แก่ ฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Frisvad *et al.*, 2013) ต้านจุลชีพ (Flewelling *et al.*, 2013) ลดไขมัน ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการเจริญของเนื้องอก ต้านการอักเสบ ต้านมาเลเรีย และเป็นสารป้องกันการปนเปื้อนจุลชีพ (Ibrar *et al.*, 2020) ความคล้ายคลึงของสายพันธุ์และต้นไม้สายวิวัฒนาการแสดงดัง **Figure 4**

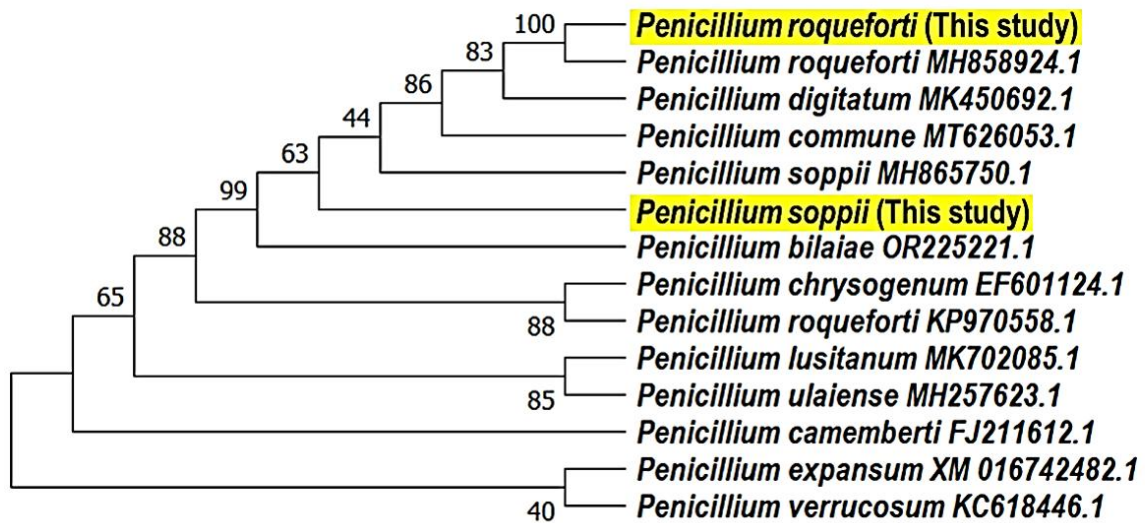


Figure 4 Maximum likelihood of phylogenetic tree of *Penicillium* section inferred from the sequences of the ITS region and the bootstrap values as indicated at nodes

T. angustata จัดอยู่ในวงศ์ Amphisphaeriaceae ซึ่งมีการค้นพบว่าสามารถผลิตเอนไซม์ที่เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ peroxygenase TanUPO, AaeUPO, CraUPO, MroUPO, MweUPO และ CgUPO ซึ่งกระตุ้นการสังเคราะห์ตัวกลางที่ชักนำการเกิดไขมัน (Lipid mediators) ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการทางสรีรวิทยาหลายอย่าง และความผิดปกติของการควบคุมมักเชื่อมโยงกับโรคต่างๆ เช่น การอักเสบ ภาวะมีบุตรยาก หลอดเลือดแดงแข็ง ภาวะขาดเลือด กลุ่มโรคเมตาบอลิก และมะเร็ง (König *et al.*, 2022) รายงานก่อนหน้านี้พบว่า *T. angustata* ผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ คือ Oxirapentyn แสดงฤทธิ์ต้านเนื้องอกและต้านจุลชีพที่รุนแรง และยับยั้งไวรัส H1N1 (Zhao *et al.*, 2015) สารออกฤทธิ์ Angupyrone A-E สามารถกระตุ้นการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระในระดับปานกลางในเซลล์ HepG2C8 (Zhao *et al.*, 2017) และการศึกษาล่าสุดรายงานถึงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพคือ Isoprenylated cyclohexanols (Truncateols O-V) พบว่า Truncateol O มีฤทธิ์ยับยั้งทั้งไวรัส HIV-1 และ H1N1 ในขณะที่ Truncateol P ออกฤทธิ์ยับยั้งไวรัส HIV-1 (Zhao *et al.*, 2018) ความคล้ายคลึงของสายพันธุ์และต้นไม้สายวิวัฒนาการแสดงดัง **Figure 5**

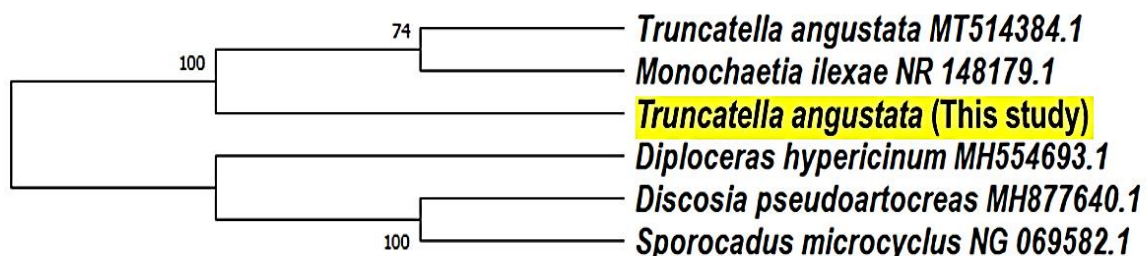


Figure 5 Maximum likelihood of phylogenetic tree of *Truncatella* section inferred from the sequences of the ITS region and the bootstrap values as indicated at nodes

M. minor เป็นเชื้อราเปลือกแข็ง (Crust fungi) ในวงศ์ Polyporaceae ซึ่งพบในประเทศจีน ความคล้ายคลึงของสายพันธุ์และต้นไม้สายวิวัฒนาการแสดงดัง **Figure 6** เชื้อราชนิดนี้ได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นสายพันธุ์ใหม่ในปี ค.ศ. 2013 โดยนักเห็ดวิทยา (Li and Cui, 2013) สายพันธุ์นี้ถูกรวบรวมมาจากถ้ำหินปูน Daweishan มณฑลยูนนาน โดยเป็นเชื้อราเห็ดขอนไม้ที่มีลักษณะเป็นแผ่นแข็งติดบนเปลือกไม้ และมีดอกโค้งงอออกจากท่อนไม้คล้ายหิง แต่อย่างไรก็ตามเชื้อราสายพันธุ์นี้ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหรือกิจกรรมทางเภสัชวิทยาใด ๆ ดังนั้นเชื้อราสายพันธุ์นี้ควรได้รับความสนใจและมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

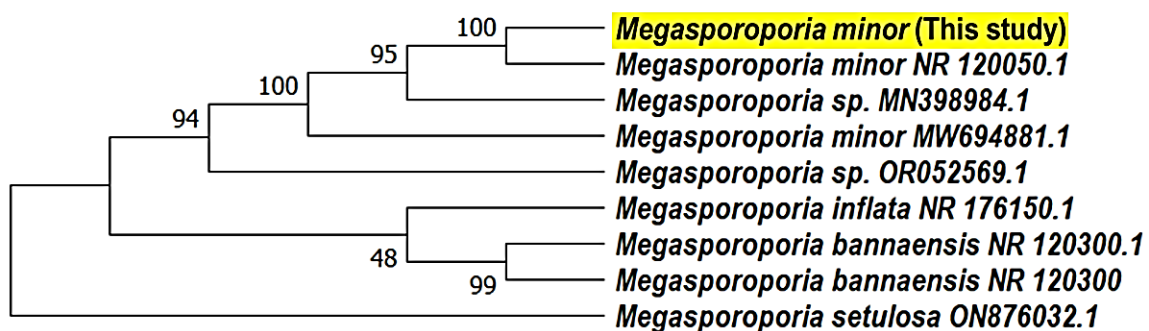


Figure 6 Maximum likelihood of phylogenetic tree of *Megasporoporia* section inferred from the sequences of the ITS region and the bootstrap values as indicated at nodes

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่าดอกเห็ดถึงเข้าที่เบตที่มีแหล่งที่มาจากธรรมชาติมีความหลากหลายของสายพันธุ์เชื้อราที่นอกเหนือจากเชื้อราถึงเข้าที่เบต (*Ophiocordyceps sinensis*) จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Nigrospora oryzae*, *Penicillium roqueforti*, *Penicillium soppii*, *Truncatella angustata* และ *Megasporoporia minor* ซึ่งเชื้อราเหล่านี้สามารถเจริญได้ดีในอาหารร่วน SDA และการเพาะเลี้ยงเชื้อราในระยะเวลา 14 วัน เชื้อราแสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคโลนีที่มีเส้นใยเป็นสีขาว สีเหลืองอ่อนไปจนถึงสีน้ำตาลอ่อน และพบว่าเส้นใยของเชื้อราเหล่านี้แตกกิ่งก้าน มีผนังกันตามขวาง และเป็นระยะที่มีสปอร์เกิดขึ้น การทบทวนวรรณกรรมแสดงให้เห็นว่าเชื้อราเหล่านี้มีการผลิตสารทุติยภูมิที่หลากหลายและแสดงกิจกรรมทางเภสัชวิทยาที่สำคัญ ซึ่งเป็นประโยชน์ในแง่ของการค้นพบแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและนำไปสู่การพัฒนาชนิดใหม่ในปัจจุบัน

แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าเชื้อราเหล่านี้จะมีรายงานถึงการผลิตสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาตามที่กล่าวอ้างดังข้อมูลที่มีแนวโน้มที่ถูกเผยแพร่ออกมา การศึกษาวิจัยอย่างเข้มข้นเพื่อตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีเพื่อหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการค้นหากลไกการออกฤทธิ์ที่เป็นไปได้ของเชื้อราเหล่านี้ ยังคงเป็นสิ่งที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต และเนื่องจากมีเพียงเชื้อราส่วนน้อยของความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราโดยประมาณของทั่วโลกเท่านั้นที่ได้รับการตรวจสอบหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ดังนั้นควรจำแนกและระบุสายพันธุ์เชื้อราอย่างถูกต้อง ยิ่งไปกว่านั้นเชื้อราบางสายพันธุ์นั้นหายาก มีเฉพาะถิ่น และจำกัดอยู่ในพื้นที่เล็ก ๆ บางแห่งของโลก ดังนั้นการระบุข้อมูลทางนิเวศวิทยา การอนุรักษ์และการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางธรรมชาติที่มีค่าเหล่านี้อย่างยิ่งยดยังเป็นสิ่งจำเป็น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Chatnarin, S. and M. Thirabunyanon. 2023. Potential bioactivities via anticancer, antioxidant, and immunomodulatory properties of cultured mycelial enriched β -D-glucan polysaccharides from a novel fungus *Ophiocordyceps sinensis* OS8. **Frontiers in Immunology** 14: 1150287.
- Chioza, A. and S. Ohga. 2014. A Review on Fungal Isolates Reported as Anamorphs of *Ophiocordyceps sinensis*. **Journal of Mycology** 2014: 913917.
- Dhankhar, S., S. Dhankhar and J. Parkash Yadav. 2013. Investigations towards new antidiabetic drugs from fungal endophytes associated with *Salvadora oleoides* Decne. **Medicinal Chemistry**, 9(4): 624-632.
- Drevinek, P., R. Hollweck, M.G. Lorenz, M. Lustig and T. Bjarnsholt. 2023. Direct 16S/18S rRNA gene PCR followed by sanger sequencing as a clinical diagnostic tool for detection of bacterial and fungal infections: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Clinical Microbiology** e00338-00323.
- Ferrer, C., F. Colom, S. Frasés, E. Mulet, J.L. Abad and J.L. Alió. 2001. Detection and identification of fungal pathogens by PCR and by ITS2 and 5.8 S ribosomal DNA typing in ocular infections. **Journal of Clinical Microbiology** 39(8): 2873-2879.
- Flewelling, A.J., K.T. Ellsworth, J. Sanford, E. Forward, J.A. Johnson and C.A. Gray. 2013. Macroalgal endophytes from the Atlantic Coast of Canada: a potential source of antibiotic natural products? **Microorganisms** 1(1): 175-187.
- Frisvad, J.C., T.O. Larsen, P.W. Dalsgaard, K.A. Seifert, G. Louis-Seize, E.K. Lyhne, B.B. Jarvis, J.C. Fetting and D.P. Overy. 2006. Four psychrotolerant species with high chemical diversity consistently producing cycloaspeptide A, *Penicillium jamesonlandense* sp. nov., *Penicillium ribium* sp. nov., *Penicillium soppii* and *Penicillium lanosum*. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** 56(6): 1427-1437.
- Frisvad, J.C., J. Houbraken, S. Popma and R.A. Samson. 2013. Two new *Penicillium* species *Penicillium buchwaldii* and *Penicillium spathulatum*, producing the anticancer compound asperphenamate. **FEMS Microbiology Letters** 339(2): 77-92.

- Gaynes, R. 2017. The discovery of penicillin–new insights after more than 75 years of clinical use. **Emerging Infectious Diseases** 23(5): 849.
- Han, S., S. Yu, T. Zhu, S. Li, T. Qiao, Y. Liu, T. Lin and C. Yang. 2021. *Nigrospora oryzae* causing black leaf spot disease of *Hibiscus mutabilis* in China. **Plant Disease** 105(8): 2255.
- Ibrar, M., M.W. Ullah, S. Manan, U. Farooq, M. Rafiq and F. Hasan. 2020. Fungi from the extremes of life: an untapped treasure for bioactive compounds. **Applied Microbiology and Biotechnology** 104: 2777-2801.
- Ikram, M., N. Ali, G. Jan, M. Hamayun, F.G Jan and A. Iqbal, 2019. Novel antimicrobial and antioxidative activity by endophytic *Penicillium roqueforti* and *Trichoderma reesei* isolated from *Solanum surattense*. **Acta Physiologiae Plantarum** 41: 1-11.
- Jin, L.-Q., Z.-W. Xu, B. Zhang, M. Yi, C.-Y. Weng, S. Lin, H. Wu, X.-T. Qin, F. Xu and Y. Teng, 2020. Genome sequencing and analysis of fungus *Hirsutella sinensis* isolated from *Ophiocordyceps sinensis*. **AMB Express** 10: 1-19.
- Kong, B.-H., C.-S.A. Yap, M.F.M. Razif, S.-T. Ng, C.-S.Tan and S.-Y. Fung. 2021. Antioxidant and cytotoxic effects and identification of *Ophiocordyceps sinensis* bioactive proteins using shotgun proteomic analysis. **Food Technology and Biotechnology** 59(2): 201-208.
- König, R., J. Kiebitz, J. Kalmbach, R. Herzog, K.-U. Schmidtke, H. Kellner, R. Ullrich, N. Jehmlich, M. Hofrichter and K. Scheibner. 2022. Novel unspecific peroxygenase from *Truncatella angustata* catalyzes the synthesis of bioactive lipid mediators. **Microorganisms** 10(7): 1267.
- Li, H. and B. Cui. 2013. Taxonomy and phylogeny of the genus *Megasporoporia* and its related genera. **Mycologia** 105(2): 368-383.
- Liu, Y., Q.-Z. Li and X.-W. Zhou. 2021. Immunostimulatory effects of the intracellular polysaccharides isolated from liquid culture of *Ophiocordyceps sinensis* (Ascomycetes) on RAW264. 7 cells via the MAPK and PI3K/Akt signaling pathways. **Journal of Ethnopharmacology** 27: 114130.
- Mo, S., Z. Huang, Z. Ye, J. Yin, S. Zhang, J. Yao, Y. Zhang, Z. Huang, H. Zeng and Z.Hu. 2023. Ten undescribed eremophilane and guaiane sesquiterpenes from *Penicillium roqueforti*. **Phytochemistry** 212: 113722.
- Ola, A.R. 2014. **Natural Products from Endophytic Fungi: Approaches for Activation Silent Biosynthetic Pathways, Structure Elucidation and Bioactivity**. Doctoral Dissertation. Heinrich-Heine Universität Düsseldorf. 119 p.
- Ola, A.R.B., T. Lapailaka, H.E. Wogo, J.B.D Henuk, A. Simamora, L. Mukkun, P. Proksch and C.D. Pham. 2021. Bioactive secondary metabolites from the mangrove endophytic fungi *Nigrospora oryzae*. **Indonesian Journal of Chemistry** 21(4): 1016-1022.

- Sharma, S., V. Rani, R. Saini and M.L. Verma. 2020. Bioprospecting and biotechnological applications of microbial endophytes. **Microbial Technology for Health and Environment** 22: 191-228.
- Shi, P., Z. Lu, Y. He, S. Chen, S. Qin, Y. Qing and J. Yan. 2016. Complete mitochondrial genome of *Hepialus gonggaensis* (Lepidoptera: Hepialidae), the host insect of *Ophiocordyceps sinensis*. **Mitochondrial Dna Part A** 27(6): 4205-4206.
- Shrestha, B., W. Zhang, Y. Zhang and X. Liu. 2010. What is the Chinese caterpillar fungus *Ophiocordyceps sinensis* (Ophiocordycipitaceae)? **Mycology** 1(4): 228-236.
- Tao, Z., L. Cao, Y. Zhang, Y. Ye and R. Han. 2016. Laboratory rearing of *Thitarodes armoricanus* and *Thitarodes jianchuanensis* (Lepidoptera: Hepialidae), hosts of the Chinese medicinal fungus *Ophiocordyceps sinensis* (Hypocreales: Ophiocordycipitaceae). **Journal of Economic Entomology** 109(1): 176-181.
- Uzor, P.F., P.O. Osadebe and N.J. Nwodo. 2017. Antidiabetic activity of extract and compounds from an endophytic fungus *Nigrospora oryzae*. **Drug Research** 67(05): 308-311.
- Vig, R., F. Bhadra, S.K. Gupta, K. Sairam and M. Vasundhara. 2022. Neuroprotective effects of quercetin produced by an endophytic fungus *Nigrospora oryzae* isolated from *Tinospora cordifolia*. **Journal of Applied Microbiolog**, 132(1): 365-380.
- Wang, J.-P., Y. Shu, R. Liu, J.-L. Gan, S.-P. Deng, X.-Y. Cai, J.-T. Hu, L. Cai and Z.-T. Ding. 2021. Bioactive sesterterpenoids from the fungus *Penicillium roqueforti* YJ-14. **Phytochemistry** 187: 112762.
- Wang, M. and X .Hu. 2017. Antimicrobial peptide repertoire of *Thitarodes armoricanus*, a host species of *Ophiocordyceps sinensis*, predicted based on de novo transcriptome sequencing and analysis. **Infection, Genetics and Evolution** 54: 238-244.
- Wang, Z. and N.E. Pierce. 2023. Fine scale genome wide signature of Pleistocene glaciation in *Thitarodes moths* (Lepidoptera: Hepialidae), host of *Ophiocordyceps* fungus in the Hengduan Mountains. **Molecular Ecology** 32(11): 2695-2714.
- Wei, Y., L. Zhang, J. Wang, W. Wang, N. Niyati, Y. Guo and G. Wang. 2021. Chinese caterpillar fungus (*Ophiocordyceps sinensis*) in China: current X.distribution, trading, and futures under climate change and overexploitation. **Sci. Total Environ.** 755: 142548.
- Wu, P.-P., R.-H. Shu, X.-X. Gao, M.-M. Li, J.-H. Zhang, H. Zhang, Q.-L. Qin, Z. Zou and Q. Meng. 2022. Immuctin-2 from the ghost moth, *Thitarodes xiaojinensis* (Lepidoptera: Hepialidae), modulates cellular and humoral responses against fungal infection. **Developmental & Comparative Immunology** 133: 104429.
- Wu, T.-R., C.-S. Lin, C.-J. Chang, T.-L. Lin, J. Martel, Y.-F. Ko, D. M.Ojcus, C.-C. Lu, J. D. Young and

- H.-C. Lai. 2019. Gut commensal *Parabacteroides goldsteinii* plays a predominant role in the anti-obesity effects of polysaccharides isolated from *Hirsutella sinensis*. **Gut** 68(2): 248-262.
- Xue, J., H. Li, P. Wu, L. Xu, Y. Yuan and X. Wei. 2020. Bioactive polyhydroxanthones from *Penicillium purpurogenum*. **Journal of Natural Products** 83(5): 1480-1487.
- Yan, J.-K., L. Li, Z.-M. Wang and J.-Y. Wu. 2010. Structural elucidation of an exopolysaccharide from mycelial fermentation of a *Tolypocladium* sp. fungus isolated from wild *Cordyceps sinensis*. **Carbohydrate Polymers** 79(1): 125-130.
- Yuan, Q., F. Xie, J. Tan, Y. Yuan, H. Mei, Y. Zheng and R. Sheng. 2022. Extraction, structure and pharmacological effects of the polysaccharides from *Cordyceps sinensis*: A review. **Journal of Functional Foods** 89: 104909.
- Yu, Y., W. Wang, L. Wang, F. Pang, L. Guo, L. Song, G. Liu and C. Feng. 2016. Draft genome sequence of *Paecilomyces hepiali*, isolated from *Cordyceps sinensis*. **Genome Announcements** 4(4): e00606-00616.
- Zhang, L., S. Li, G. Tan, J. Shen and T. He. 2012. First report of *Nigrospora oryzae* causing leaf spot of cotton in China. **Plant Disease** 96(9): 1379-1379.
- Zhao, Y., L. Si, D. Liu, P. Proksch, D. Zhou and W. Lin. 2015. Truncateols A–N, new isoprenylated cyclohexanols from the sponge-associated fungus *Truncatella angustata* with anti-H1N1 virus activities. **Tetrahedron** 71(18): 2708-2718.
- Zhao, Y., D. Liu, P. Proksch, S. Yu and W. Lin. 2017. Angupyrone A–E, α Pyrone Analogues with ARE Activation from a Sponge Associated Fungus *Truncatella angustata*. **Chemistry & Biodiversity** 14(9): e1700236.
- Zhao, Y., D. Liu, P. Proksch, D. Zhou and W. Lin. 2018. Truncateols OV, further isoprenylated cyclohexanols from the sponge-associated fungus *Truncatella angustata* with antiviral activities. **Phytochemistry** 155: 61-68.

ความหลากหลายทางพันธุกรรมและปริมาณสารแคปไซซินในพริกพื้นเมือง ที่มีศักยภาพของประเทศไทย

Genetic and Capsaicin Content Diversity of Potentially Local Native Peppers in Thailand

มณฑิยา แสงตะหมื่น^{1*} สอนิชัย จันทระเปรม² และบุบผา คงสมัย²

Monthian Saendamuenand^{1*}, Sontichai Chanprame² and Buppha Kongsamai²

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแม่ฮ่องสอน สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 แม่ฮ่องสอน 58000

²ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

¹Mae Hong Son Agricultural Research and Development Center, Office of Agricultural Research and Development Region 1
Mae Hong Son, Thailand 58000

²Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus
Nakhon Pathom, Thailand 73140

*Corresponding author: saendamuen_m@yahoo.com

Abstract

Potentially local Thai chili peppers are a potential crop. There is an important ingredient in the traditional cuisine of Thailand. Currently, one of the potential crops chili extracts they are the main ingredients used cosmetic and medicinal products. Therefore, it is needed to conduct the field survey and phytochemical study of this plant to establish the necessary data for effective use. The objective of this study was to characterize the diversity of local-chili varieties to use for further development of new chili varieties. Conducted a survey and collected among 42 accessions of small-fruit landraces collected from 16 sources of the country. Study morphology following IBPGR descriptor. Analysis of DNA molecular by using by AFLP technique and quantitative analysis of collected indigenous peppers phytochemicals. Morphological characterization results showed that the mean values of each variable of morphology were subjected to principal component analysis (PCA) and group analysis. Both analyzes were able to separate the small-scale accession into four main groups independent of the pepper type and the source from which it was collected. Analysis of genetic diversity by molecular markers and identification the data were analyzed on the basis of PCA and group analysis it was found that using 10 primer pairs, 153 DNA bands appeared, with similarity coefficients in the range of 0.19-0.85. Grouping can be divided into 4 large groups. Considering the yield and content of capsaicin, it was found that 10 varieties of chili peppers with potential for further cultivar production and development. The highest

yielding strain was KRIC004, KRIC002, LEIC003, TAKC001 and NSTC001 while the chili with high capsaicin content was MHSC077, MHSC073, PBIC001, MHSC038, PREC001 and MHSC033.

Keywords: morphological traits, DNA fingerprint, principle component analysis, capsaicin

บทคัดย่อ

พริกชี้หนูพื้นเมืองผลเล็กเป็นพืชท้องถิ่นที่มีศักยภาพ เป็นสวนประกอบที่สำคัญในอาหารพื้นบ้านของไทยปัจจุบัน มีการใช้สารสกัดจากพริกเพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและยามากขึ้น งานวิจัยนี้จึงทำการสำรวจและศึกษาปริมาณสารแคปไซซินที่สำคัญของพริกพื้นเมือง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะความหลากหลายของพันธุ์พริกท้องถิ่น และเป็นข้อมูลในการพัฒนาพันธุ์พริกต่อไป ดำเนินการสำรวจและรวบรวมพริกพื้นเมืองผลเล็กจำนวน 42 พันธุ์ จาก 16 แหล่งปลูกของประเทศไทย โดยทำการศึกษาฐานวิธานตามเอกสารอธิบายของ IBPGR วิเคราะห์โมเลกุลดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิค AFLP และวิเคราะห์ปริมาณของสารแคปไซซินพริกพื้นเมืองที่เก็บรวบรวม นำผลไปทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) และการวิเคราะห์จัดกลุ่ม ซึ่งสามารถจำแนกพริกพื้นเมืองออกเป็นสี่กลุ่มหลัก โดยไม่ขึ้นกับชนิดของพริกและแหล่งที่มาของการรวบรวม การวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมระดับชีวโมเลกุลโดยใช้โปรแกรม 10 คู ปรากฏแถบดีเอ็นเอ 153 แถบวิเคราะห์ความสัมพันธ์ความเหมือน Dice Similarity coefficient และจัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA (Unweighted pair group method with arithmetic average) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงกันในช่วง 0.19-0.85 แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ และเมื่อปลูกเปรียบเทียบผลผลิตและปริมาณแคปไซซิน พบว่าพริกพื้นเมืองที่ศึกษาที่มีศักยภาพในการผลิตและพัฒนาพันธุ์ต่อไปจำนวน 10 พันธุ์ โดยพันธุ์พริกพื้นเมืองที่ให้ผลผลิตสูง 5 พันธุ์ ได้แก่ KRIC004, KRIC002, LEIC003, TAKC001 และ NSTC001 และพริกพื้นเมืองที่มีปริมาณสารแคปไซซินสูงจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ MHSC077, MHSC073, PBIC001, MHSC038, PREC001 และ MHSC033

คำสำคัญ: ลักษณะฐานวิธาน ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ วิเคราะห์องค์ประกอบหลัก แคปไซซิน

คำนำ

พริกเป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของหลายประเทศในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อนของโลก ปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริกประมาณ 565,300 ไร่ และผลผลิตประมาณ 367,200 ตัน (FAOSTAT, 2021) โดยมีการจัดชนิดตามเชื้อพันธุกรรม พริกในประเทศไทยที่มีความสำคัญ 5 ชนิด คือ พริกชี้หนูเม็ดเล็ก พริกชี้หนูเม็ดใหญ่ พริกยักษ์ พริกหยวก และพริกใหญ่ ซึ่งพริกที่ปลูกมากที่สุดคือพริกชี้หนูเม็ดเล็ก (*Capsicum frutescens*) มีแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพบว่าพันธุกรรมพริกพื้นเมืองมีความไม่สม่ำเสมอภายในพันธุ์สูง โดยมีความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ ระหว่าง 40-50 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากพริกเป็นพืชผสมตัวเองตามธรรมชาติแต่สามารถผสมข้ามได้ตั้งแต่ 0.26-50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม (Purseglove,

1968) พริกมีคุณค่าทางอาหารมีประโยชน์ต่อร่างกายสามารถให้ประโยชน์ได้ทั้งบริโภคสดและแปรรูป ใช้ในการปรุงแต่งรส และใช้เป็นสีในอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากนี้ภายในผลพริกมีสารที่เรียกว่า แคปไซซิน (Capsaicin) ที่มีรสเผ็ดสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์รักษาโรค ปัจจุบันปริมาณความต้องการใช้พริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งทางด้านอาหารและผลิตภัณฑ์รักษาโรค ปริมาณสารแคปไซซินในผลพริกจะแตกต่างกันมากน้อยตามปัจจัยของสภาพอากาศ พันธุ์แหล่งปลูก ระยะแก และสวนต่าง ๆ ของผลพริกอีกด้วย (Maga, 1975) โดยเฉพาะพริกพื้นเมืองของไทยปลูกและเก็บรักษาพันธุ์โดยผู้ปลูกในท้องถิ่นอย่างต่อเนื่อง มีความหลากหลายทางพันธุกรรมในลักษณะต่าง ๆ สูง (Camacho *et al.*, 2005) ในปัจจุบันแนวโน้มความต้องการใช้พริกมีมากขึ้น โดยพริกพื้นเมืองของไทยมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพันธุ์การค้า หากแต่ยังไม่มีการศึกษาข้อมูลที่มากพอ ปัญหาหนึ่งที่พบ คือ ความคล้ายคลึงของพริกพื้นเมืองบางพันธุ์ทั้งที่มีชื่อเรียกต่างกัน (Mongkolporn and Wasee, 2015) อีกทั้งพันธุ์พริกพื้นเมืองมีการคัดเลือกโดยธรรมชาติและ การคัดเลือกโดยเกษตรกรท้องถิ่นยังมีผลผลิตค่อนข้างต่ำประมาณ 300-500 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่ทราบถึงปริมาณสารแคปไซซินที่แน่ชัด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาและปริมาณสารแคปไซซิน รวมทั้งการใช้เครื่องหมายโมเลกุล Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) เพื่อจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของพริกพื้นเมืองผลเล็กที่มีศักยภาพในท้องถิ่นของไทย ข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้ประโยชน์อนุรักษ์พันธุ์พริกพื้นเมือง และใช้เป็นฐานพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์พริกในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พืช

พันธุ์พริกพื้นเมืองผลเล็กจำนวน 42 พันธุ์ ที่รวบรวมจากแหล่งปลูกต่าง ๆ (Table 1) ปลูกทดสอบ ณ แปลงทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน (19°16' N latitude 97° 56' W longitudes) โดยแปลงทดสอบมีความสูง 139 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-กันยายน พ.ศ. 2560 โดยมีขนาดแปลงกว้าง 3 เมตร ยาว 5 เมตร ระยะระหว่างต้น 75 ซม. และระยะระหว่างแถว 75 ซม. วางแผนการทดลองแบบ Augmented design RCB จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกสิ่งทดลองพันธุ์ละ 4 แถว แถวละ 7 ต้น เก็บข้อมูลเฉพาะ 2 แถวกลางจำนวน 10 ต้น ทำการปฏิบัติดูแลตามหลักการเกษตรที่ดีและเหมาะสม (Good Agricultural Practices: GAP)

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซิน

บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยา จำนวน 52 ลักษณะ ในพริกพื้นเมือง 42 พันธุ์ ตามเกณฑ์การตรวจสอบลักษณะทางพันธุพืชที่เสนอโดย International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) (IBPGR, 1993) ของพริกพื้นเมือง รวมทั้งเอกสารคู่มือหลักเกณฑ์การตรวจสอบพันธุ์พืชของสำนักงานคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร ตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ประกอบด้วยลักษณะคุณภาพ 38 ลักษณะ และลักษณะปริมาณ 13 ลักษณะ

บันทึกผลผลิตต่อต้นและวิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินตามวิธีของ Al-Othman *et al.* (2011) คำนวณระดับความเผ็ดตามหน่วย Scoville Heat Unit (SHU) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ จากนั้นแปลงข้อมูลเป็นมาตรฐานอัตราค่าขึ้น

ตั้งแต่ ไม่เผ็ด (0-700 SHU) เผ็ดน้อย (700-3,000 SHU) = 1 เผ็ดปานกลาง (3,000-25,000) = 2 เผ็ดมาก (25,000-70,000 SHU) = 3 เผ็ดมาก ๆ (70,000-80,000 SHU) = 4 และเผ็ดมากที่สุด (>80,000 SHU) = 5 (Weiss, 2002)

นำข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่บันทึกได้ แปลผลให้เป็นข้อมูลที่มีลักษณะแบบมาตรวัดอันดับภาคขึ้น ก่อนนำผลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Components Analysis: PCA) โดยใช้โปรแกรม PAST (Hammer *et al.*, 2001)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

ศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมายโมเลกุล AFLP จากการสกัดดีเอ็นเอจากใบอ่อนพริกอายุ 2 สัปดาห์ ตามวิธีดัดแปลงของ Dellaporta *et al.* (1989) และ Doyle and Doyle (1990) และตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมายโมเลกุล AFLP (Vos *et al.*, 1995) โดยตัดดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ EcoRI กับ MseI แล้วเชื่อมต่อกับ EcoRI primers และ MseI primers โดยพิจารณาจากจำนวนและความคมชัดของแถบลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ปรากฏ ซึ่งเลือกใช้ไพรเมอร์จำนวน 10 คู่ดังนี้ E-ACC M-GTC, E-ACC M-GTA, E-ACC M-ACA, E-GCC M-GTA, E-ACC M-TAC, E-GCA M-GTA, E-AAC M-GTA, E-GCA M-ACA, E-AAC M-TAC และ E-AGC M-ATC นำสารพันธุกรรมที่เพิ่มปริมาณแยกขนาดใน 5% polyacrylamide gel ที่กระแสไฟฟ้าคงที่ 600 โวลต์ ใน 0.5×TBE นาน 2 ชั่วโมง แล้วย้อมเจลด้วย 1% silver nitrate และ 0.56% formaldehyde นาน 30 นาที บันทึกแถบดีเอ็นเอที่เป็น Polymorphic band โดยกำหนดค่าเป็น 1 เมื่อปรากฏแถบดีเอ็นเอ และ 0 เมื่อไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอ คำนวณจำนวนแถบดีเอ็นเอเฉลี่ยต่อคู่ไพรเมอร์ร้อยละของแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน (Polymorphism Information content: PIC) ตามวิธีของ Roldan-Ruiz *et al.* (2000) ดังนี้

$$\% \text{ PIC}_i = 2f_i (1-f_i)$$

เมื่อ PIC_i เป็น polymorphism information content ของคู่ไพรเมอร์ i ,

f_i เป็น ความถี่ของแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏ คำนวณการระยะทางทางพันธุกรรมของแต่ละคู่พันธุ์ (Accessions)

จากข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากเครื่องหมายโมเลกุล AFLP แล้ววิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม โดยใช้ Sørensen–Dice coefficient (1948) วิเคราะห์และการจัดกลุ่ม (Cluster analysis) ด้วย Unweighted pair group mean (UPGMA) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใช้โปรแกรม PAST (Hammer *et al.*, 2001)

Table 1 Code name and origin of 42 accessions of landrace chili collected from various cultivation sites in Thailand

Origin	Code
Chiang Mai, Thailand	CMIC001/ CMIC002
Lampang Province, Thailand	LPNC006
Phrae Province, Thailand	PREC001
Uttaradit Province, Thailand	UTTC001
Loei Province, Thailand	LEIC001/ LEIC002/ LEIC003/ LEIC004/ LEIC005
Sisaket Province, Thailand	SSKC002
Mae Hong Son Province, Thailand	MHSC002/MHSC006/ MHSC015/ MHSC016/ MHSC017/ MHSC021/ MHSC033/ MHSC036/ MHSC038/ MHSC045/ MHSC059/ MHSC073/ MHSC077/ MHSC092/ MHSC093/ MHSC094/ MHSC096
Tak Province, Thailand	TAKC001
Kanchanaburi Province, Thailand	KRIC001/ KRIC002/ KRIC003/ KRIC004/ KRIC005
Suphan Buri Province, Thailand	SPBC001
Nakhon Pathom Province, Thailand	NPTC003
Phetchaburi Province, Thailand	PBIC001
Prachuap Khiri Khan Province, Thailand	PKNC001
Trat Province, Thailand	TRAC001
Nakhon Si Thammarat Province, Thailand	NSTC001
Krabi Province, Thailand	KBIC001/ KBIC002

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของลักษณะทางสัณฐานวิทยา

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างพันธุ์พริกพื้นเมือง พบว่าพริกพื้นเมืองมีการเจริญเติบโตได้ในสภาพพื้นที่ราบลุ่มจนถึงบนภูเขาสูงที่ระดับความสูง 10-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ในสภาพธรรมชาติและแปลงปลูก เมื่อดำเนินการจำแนกพริกพื้นเมืองที่เก็บมาทั้ง 42 พันธุ์ ตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่ามี 8 องค์ประกอบหลักที่สำคัญ มีค่า Eigenvalues ครอบคลุมความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดสูง 81.92 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) โดยองค์ประกอบหลักที่ 1 (PC1) มีค่า Eigenvalues 15.11 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 25.82 เปอร์เซ็นต์ องค์ประกอบหลักนี้ประกอบด้วย

ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับรยางค์ที่สวนปลายผล (Fruit blossom end appendage) องค์ประกอบที่ 2 (PC2) มีค่า Eigenvalues 17.66 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 43.48 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งองค์ประกอบหลักนี้ประกอบด้วยลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะปรากฏจุดแอนโทไซยานินที่ผล (Anthocyanin spot or stripes) และสีของก้านชูอับเรณู (Filament colour) องค์ประกอบหลักที่ 3 (PC3) มีค่า Eigenvalues 5.63 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 9.62 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งองค์ประกอบหลักนี้ประกอบด้วยลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสีของวงกลีบดอก (Corolla colour) ตำแหน่งของก้านดอก (Flower position) ลักษณะนิสัยการเจริญเติบโตของต้น (Branching habit) จุดสีบนกลีบดอก (Corolla spot colour) และสีของผลอ่อน (Fruit colour at intermediate stage) องค์ประกอบที่ 4 (PC4) มีค่า eigenvalues 5.36 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 9.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งองค์ประกอบหลักนี้ประกอบด้วยลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความหนาแน่นของใบ (Leaf density) ลักษณะนิสัยการเจริญเติบโตของต้น (Branching habit) การแตกกอ (Tillering) สีของใบ (Leaf colour) จุดสีบนกลีบดอก (Corolla spot colour) สีของก้านชูอับเรณู (Filament colour) สีของผลอ่อน (Fruit colour at intermediate stage) และสีของผลแก่ (Fruit colour at mature stage) ใน ส่วนขององค์ประกอบหลักอื่น ๆ (PC5-PC8) มีค่า Eigenvalues 3.62, 3.51, 2.42 และ 1.96 ตามลำดับ และสามารถเพิ่มเติมได้ 6.19, 5.99, 4.14 และ 3.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบหลักนี้ประกอบด้วยลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะนิสัยการเจริญเติบโตของต้น (Branching habit) การแตกกอ (Tillering) ความหนาแน่นของใบ (Leaf density) รูปร่างใบ (Leaf shape) ตำแหน่งของก้านดอก (Flower position) สีของวงกลีบดอก (Corolla colour) จุดสีบนกลีบดอก (Corolla spot colour) สีอับเรณู (Anther colour) สีของก้านชูอับเรณู (Filament colour) ลักษณะปรากฏจุดแอนโทไซยานินที่ผล (Anthocyanin spot or stripes) สีของผลอ่อน (Fruit colour at intermediate stage) สีของผลแก่ (Fruit colour at mature stage) และคอคอดที่ฐานของผล (Neck at base of fruit) โดยมีผลรวมองค์ประกอบทั้งหมด 81.31 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) ซึ่งค่าองค์ประกอบหลักรวมที่มีองค์ประกอบเพียงพอที่จะอธิบายความแตกต่างได้

ทั้งนี้ตามที่ Pla (1986) แนะนำว่าองค์ประกอบหลักประกอบเหมาะสมควรมีไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่ารูปแบบจำนวนองค์ประกอบหลัก (PC) แสดงความผันแปรที่สูงในจีโนไทป์ของพริก *C. annuum* ตามรายงานของ Matthew *et al.* (1994) แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างนั้นมีความสำคัญไม่เพียงแต่ในระดับเฉพาะเท่านั้น แต่ยังรวมถึงระดับจีโนไทป์ของพริกด้วยเมื่อนำองค์ประกอบหลักมาสร้างเป็นกราฟ Scatter plot (Figure 1) ที่ประกอบด้วยแกน PC1 และ PC2 ที่สามารถอธิบายลักษณะการปรากฏของรยางค์ที่สวนปลายผล (Fruit blossom end appendage) ลักษณะปรากฏจุดแอนโทไซยานินที่ผล (Anthocyanin spot or stripes) และสีของก้านชูอับเรณู (Filament colour)

โดยสามารถอธิบายความแปรปรวน 43.48 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เห็นความแตกต่างของพันธุ์ได้ชัดเจนและสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 4 กลุ่ม คือ **กลุ่มที่ 1** ประกอบด้วย 9 พันธุ์ ได้แก่ NPTC003, KRIC004, KRIC003, KRIC002, CMIC001, KRIC001, MHSC002, LEIC001 และ LEIC002 ลักษณะที่แตกต่างกันคือลักษณะปรากฏของรยางค์ที่สวนปลายผล (Fruit blossom end appendage) มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันคือความสูงต้น (Plant height) สีใบ (Leaf colour) และรูปร่างของวงกลีบดอก (Corolla shape) **กลุ่มที่ 2** ประกอบด้วย 26 พันธุ์ ได้แก่ MHSC006, MHSC015, MHSC016, MHSC017, MHSC021, MHSC033, MHSC036, MHSC038, MHSC045, MHSC059, MHSC077, MHSC092, MHSC093, MHSC094, KBIC001, NSTC001, TRAC001, PBIC001, LEIC003, LEIC004, PKNC001, PREC001, CMIC002, SSKC002,

SPBC001 และ LPNC006 มีลักษณะที่แตกต่างกัน คือ ลักษณะปรากฏจุดแอนโทไซยานินที่ผล (Anthocyanin spot or stripes) และสีของก้านชูอับเรณู (Filament colour) และมีลักษณะขนที่ลำต้นและแขนง (Stem pubescence) เส้นผ่าศูนย์กลางของผล (Fruit diameter) น้ำหนักผล (Fruit weight) ความยาวของพลาเซนตา (Placenta length) และสีเมล็ด (Seed colour) ที่คล้ายคลึงกัน **กลุ่มที่ 3** ประกอบด้วย 5 พันธุ์ ได้แก่ KBIC002, MHSC073, MHSC096, UTTC001 และ LEIC005 มีลักษณะสีของวงกลีบดอก (Corolla colour) ที่แตกต่างกัน แต่มีลักษณะความยาวของใบแก่ (Mature leaf length) เส้นผ่าศูนย์กลางของผล (Fruit diameter) น้ำหนักผล (Fruit weight) ความหนาเนื้อผล รูปปร่างของผล (Fruit wall thickness) ที่คล้ายคลึงกัน และ**กลุ่มที่ 4** ประกอบด้วย 2 พันธุ์ ได้แก่ TAKC001 และ KRIC005 มีลักษณะ คือ สีของผลแก่ (Fruit colour at mature stage) ที่แตกต่างกัน มีลักษณะเส้นผ่าศูนย์กลางของผล (Fruit diameter) น้ำหนักผล (Fruit weight) และความยาวของพลาเซนตา (Placenta length) ที่คล้ายคลึงกัน

Table 2 The eigenvalues, proportion of variation and cumulative variations across the axis of the first eight principal components.

Principal component	Eigenvalue	Variance (%)	Cumulative variation (%)
1	15.11	25.82	25.82
2	10.34	17.66	43.48
3	5.63	9.62	53.10
4	5.36	9.15	62.25
5	3.62	6.19	68.43
6	3.51	5.99	74.43
7	2.42	4.14	78.56
8	1.96	3.35	81.92



เมื่อทำการวิเคราะห์ความหลากหลายพันธุกรรมด้วยเทคนิค AFLP ใช้เครื่องหมายโมเลกุล จาก 10 คู่มือพรเมอร์ ผลการศึกษาพบว่าปรากฏแถบดีเอ็นเอทั้งหมดจำนวน 153 เครื่องหมาย แบ่งเป็นแถบดีเอ็นเอที่เหมือนกัน 2 แถบ และ แถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน 151 แถบ เมื่อนำมาคำนวณหาจำนวนแถบดีเอ็นเอเฉลี่ยต่อคู่มือพรเมอร์มีค่าเท่ากับ 15.3 คิดเป็น สัดส่วนคาโพลิมอร์ฟิซึม (Polymorphism) ที่เกิดขึ้นเท่ากับ 99.05 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าพริกพันธุ์เมืองผลเล็กที่ ทำการศึกษามีความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับสูง ซึ่งผลรูปแบบความแตกต่างแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นจากพริก พันธุ์เมืองผลเล็กที่ทำการศึกษอาจเกิดการกลายของเบสที่ตำแหน่งเอนไซม์ตัดจำเพาะ โดยการเปลี่ยนแปลงขาดหายไป หรือมีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลดีเอ็นเอขึ้นมาใหม่ มีขึ้นส่วนของดีเอ็นเอเพิ่มขึ้นหรือขาดหายไป และมีการเรียงตัวของ โมเลกุลดีเอ็นเอใหม่ในช่วงระหว่างตำแหน่งจำเพาะเดิม ทำให้ขนาดชิ้นดีเอ็นเอเปลี่ยนแปลงไป (Saliba *et al.*, 2000) ถึงแม้ว่ายังไม่มีรายงานผลการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของเครื่องหมายดีเอ็นเอของพริกพันธุ์เมืองผลเล็ก *Capsicum frutescens* แต่พบการศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของพริก *Capsicum baccatum* ในบราซิลโดย ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและเครื่องหมาย AFLP โดยใช้จำนวน 6 คู่มือพรเมอร์ ปรากฏแถบดีเอ็นเอ 2466 แถบ มีคาโพลิมอร์ ฟิซึม 97.93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งบ่งบอกความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงเช่นกัน (Cardoso *et al.*, 2018) และยังสอดคล้อง กับการศึกษาของ Krishnamurthy *et al.* (2015) ในการประเมินพันธุกรรมพริก *C. Baccatum* จำนวน 226 พันธุ์ของ อเมริกาใต้ พบว่ามีคาโพลิมอร์ฟิซึม 93.96 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการตรวจสอบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมีความละเอียด และครอบคลุมลำดับนิวคลีโอไทด์

Table 3 AFLP primers used and polymorphic information content of 42 local chili peppers

Primer combination	Polymorphic bands	PIC
E-ACC, M-GTC	24	0.499
E-ACC, M-GTA	25	0.486
E-ACC, M-ACA	19	0.363
E-GCC, M-GTA	18	0.441
E-ACC, M-TAC	14	0.465
E-GCA, M-GTA	12	0.464
E-AAC, M-GTA	10	0.305
E-GCA, M-ACA	11	0.497
E-AAC, M-TAC	10	0.384
E-AGC, M-ATC	8	0.416
Total polymorphic bands	151	

เมื่อนำผลแถบดีเอ็นเอมาศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน (Jaccard similarity coefficient) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนอยู่ในช่วง 0.19-0.85 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.52 เมื่อพิจารณาจากค่าดังกล่าวแล้วพบว่ามีค่าสูงมีการกระจายตัวกว้าง แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากเครื่องหมายเอเอฟแอลพีของพริกพื้นเมืองผลเล็กที่ทำการศึกษามีความแตกต่างทางพันธุกรรมหรือความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงกว่าของลักษณะทางสัณฐานวิทยา และเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้าง Dendrogram ทำการจัดกลุ่มด้วยวิธี Neighbor joining method (Saitou and Nei, 1987) แสดงผลในรูปแบบของ phylogenetic tree สามารถแบ่งพริกพื้นเมืองผลเล็กออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ตามความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ปรากฏ (Figure 2) ได้ผลดังนี้ **กลุ่มที่ 1** เป็นพริกพื้นเมืองผลเล็กกลุ่มที่มีลักษณะเด่นรวมกัน คือ จุดแอนโทไซยานินที่ผล (Anthocyanin spot or stripes) และความยาวของวงกลีบดอกสั้นน้อยกว่า 0.5 เซนติเมตร (Corolla length) ประกอบด้วย 6 พันธุ์ ได้แก่ MHSC096, LEIC005, KBIC002, LEIC003, PREC001 และ UTTC001 **กลุ่มที่ 2** เป็นพริกพื้นเมืองผลเล็กกลุ่มที่มีลักษณะเด่นรวมกันคือความยาวของวงกลีบดอก (Corolla length) ขนาด 0.5-1.00 ซม. รูปร่างส่วนบนของผลมน (Fruit shape at pedicel attachment) และลักษณะการปรากฏของรยางค์ที่ส่วนปลายผล (Fruit blossom end appendage) ประกอบด้วย 10 พันธุ์ ได้แก่ CMIC001, KRIC001, KRIC002, KRIC003, KRIC004, LEIC001, LEIC002, MHSC002, MHSC077 และ NPTC003 **กลุ่มที่ 3** เป็นพริกพื้นเมืองผลเล็กกลุ่มที่มีลักษณะเด่นรวมกัน คือ สีของก้านชูอับเรณู (Filament colour) สีของผลอ่อน (Fruit colour at intermediate stage) สีของผลแก่ (Fruit colour at mature stage) รูปร่างของผลเรียวยาว (Fruit shape) เส้นผ่าศูนย์กลางของผลแคบมาก (Fruit diameter) รูปร่างปลายผลแหลม (Fruit shape at blossom end) และลักษณะผลเหี่ยวตรง (Bend the fruit) ประกอบด้วย 25 พันธุ์ ได้แก่ CMIC002, KBIC001, LEIC003, LEIC004, LPNC006, MHSC006, MHSC015, MHSC016, MHSC017, MHSC021, MHSC033, MHSC036, MHSC038, MHSC045, MHSC059,

MHSC092, MHSC093, MHSC094, NSTC001, PBIC001, PKNC001, PREC001, SPBC001, SSKC002 และ TRAC001 **กลุ่มที่ 4** เป็นพริกพันธุ์เมืองผลเล็กกลุ่มที่มีลักษณะเด่นรวมกัน คือ น้ำหนักผลน้อยกว่า 5.0 กรัม (Fruit weight) ความยาวก้านผลยาว 0.1-0.3 เซนติเมตร (Fruit pedicel length) ความหนาของเนื้อผล 0.1-0.3 เซนติเมตร (Fruit wall thickness) ประกอบด้วย 2 พันธุ์ ได้แก่ TAKC001 และ KRIC005

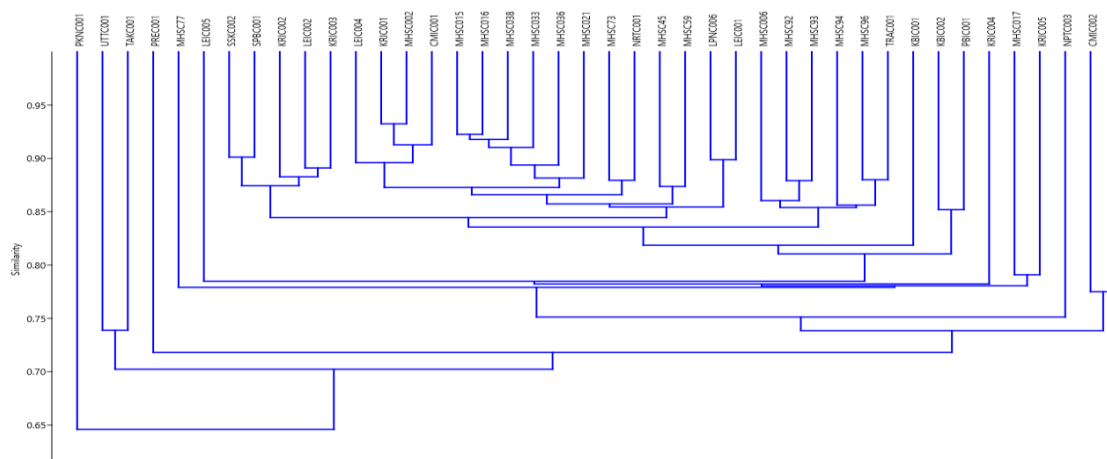


Figure 2 Dendrogram based on dice coefficient among 42 chili pepper accessions revealed by UPGMA cluster analysis based on morphological characterization and 151 AFLP markers, cophenetic correlation = 0.9461

ผลผลิตพริก

การให้ผลผลิตของพริกพันธุ์เมืองแต่ละพันธุ์จากผลการศึกษา พบว่าพริกพันธุ์เมือง 42 พันธุ์ มีผลผลิตที่แตกต่างกัน (Table 4) โดยพริกที่ให้ผลผลิตสูงสุด คือ KRIC004 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น 1765.13 กรัม รองลงมาคือ KRIC002 (1332.88), LEIC003 (1326.05), TAKC001 (1221.44), NSTC001 (1147.05), SSKC002 (1109.88), NPTC003 (1060.38), MHSC0045 (1025.88), PKKC001 (1002.05), KBIC002 (996.13), KRIC001 (892.43), CMIC001 (847.13), TRAC001 (787.13), KBIC001 (740.63), PBIC001 (716.25), MHSC0059 (610.30), CMIC002 (553.38), LEIC005 (546.81), MHSC036 (534.49), MHSC017 (527.13), KRIC003 (509.44), UTTC001 (506.50), MHSC073 (430.18), MHSC093 (419.88), MHSC094 (390.19), LEIC002 (367.00), MHSC016 (365.18), MHSC033 (354.75), MHSC096 (346.75), LPKC001 (328.06), MHSC015 (308.50), MHSC038 (282.38), KRIC005 (230.50), MHSC077 (214.69), SPBC002 (199.60), LEIC001 (189.44), MHSC002 (176.60), MHSC021 (172.75), LEIC004 (128.05), MHSC006 (120.13), MHSC092 (118.25) และ PREC001 (65.38) ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาพริกพันธุ์เมืองบางพันธุ์มีความสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าพริกลูกผสมที่เคยทำการศึกษาและคัดเลือกก่อนหน้านี้ของ Kraikruan (2015)

นอกจากนี้ผลการศึกษาครั้งนี้ยังพบอีกว่าปริมาณสารแคปไซซินของพริกที่มีความเผ็ดมากที่สุด (>80,000 SHU) มีจำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ MHSC077 (171,314.92), MHSC073 (137,529.95), PBIC001 (132,061.79), MHSC038

(113,155.26), PREC001 (12,611.69), MHSC033 (110,492.57), MHSC094 (91,271.25), MHSC002 (8,533.11), LEIC002 (82,771.26) และ MHSC093 (71,431.72) ตามลำดับ

กลุ่มที่สองรองลงมาเผ็ดมาก (25,000-70,000 SHU) จำนวน 21 พันธุ์ ได้แก่ PKKC001 (69,249.32), MHSC015 (67,783.30), LPNC001 (67,241.36), LEIC003 (64,607.88), UTTC001 (62,645.34), LEIC005 (62,071.75), NSTC001 (58,723.52), MHSC092 (58,029.04), KRIC001 (55,909.12), TAKC001 (55,577.30), CMIC002 (54,679.19), MHSC016 (51,578.40), KBIC002 (49,292.15), SPBC002 (49,057.69), NPTC003 (48,382.69), MHSC006 (47,967.30), LEIC001 (45,724.87), KBIC001 (41,012.84), MHSC036 (33,754.95), KRIC003 (29,107.82) และ MHSC096 (29,106.20) ตามลำดับ

และกลุ่มของพริกเผ็ดปานกลาง (3,000-25,000 SHU) มีจำนวน 11 พันธุ์ ได้แก่ MHSC021 (23,667.24), MHSC0059 (19,568.56), SSKC002 (18,691.54), LEIC004 (15,355.48), MHSC0045 (13,422.96), KRIC002 (11,677.85), KRIC004 (11,677.85), TRAC001 (9,060.60), MHSC017 (5,651.52), CMIC001 (5,486.82) และ KRIC005 (5,486.82) ตามลำดับ

ซึ่งสอดคล้องกับ Kraikruan *et al.* (2008) รายงานว่า พริกห้วยสีทน พริกหัวเรือ และพริกกะเหรี่ยง กลุ่มของพริกพื้นเมืองในประเทศไทยเหล่านี้ จัดเป็นพริกที่มีความเผ็ดสูง (50,000-80,000 SHU) แต่ทั้งนี้ความเผ็ดยังเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อม การปลูกและการจัดการแปลงปลูก ดังรายงานของ Maga (1975) รายงานว่าปริมาณสารแคปไซซินในผลพริกจะแตกต่างกันมากน้อย ตามปัจจัยของสภาพอากาศ พันธุ์แหล่งปลูก ระยะแกล และสวนต่าง ๆ ของผลพริกอีกด้วย

และเมื่อนำผลการจัดกลุ่มลักษณะทางสัณฐานวิทยาร่วมกับใช้เครื่องหมายโมเลกุล AFLP มาพิจารณาร่วมกัน ไม่พบลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มผลผลิตและปริมาณสารแคปไซซิน ทั้งนี้อาจเนื่องจากลักษณะที่เก็บข้อมูลมีมากและพริกที่นำมาศึกษามีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง จึงยังไม่สามารถกำหนด หรือแบ่งกลุ่มของพริกพื้นเมืองที่มีผลผลิตสูงและปริมาณสารแคปไซซิน จากลักษณะที่ทำการศึกษาทั้งหมดได้

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากผลผลิตและปริมาณสารแคปไซซินของผลการทดลอง พบว่าพริกที่มีผลผลิตสูง ได้แก่ KRIC004, KRIC002, LEIC003, TAKC001 และ NSTC001 ขณะที่พริกที่มีปริมาณสารแคปไซซินสูง ได้แก่ MHSC077, MHSC073, PBIC001, MHSC038, PREC001 และ MHSC033 จึงเป็นฐานพันธุกรรมพริกที่ให้ความเผ็ด ที่มีศักยภาพในการพัฒนาต่อไป

Table 4 Yield and capsaicin content of 42 local chili varieties

No.	Code	Yield/plant (g)	Capsaicin (SHU)	Group of characteristics
1	CMIC001	847.13 gh	5,486.82	2
2	CMIC002	553.38 jk	54,679.19	3
3	LPNC006	328.06 nop	67,241.36	3
4	PREC001	65.38 u	112,611.69	1
5	UTTC001	506.50 k	62,645.34	1
6	LEIC001	189.44 rst	45,724.87	2
7	LEIC002	367.00 l-o	82,771.26	2
8	LEIC003	1,326.05 b	64,607.88	1
9	LEIC004	128.05 stu	15,355.48	3
10	LEIC005	546.81 jk	62,071.75	1
11	SSKC002	1,109.88 de	18,691.54	3
12	MHSC002	176.60 rst	88,533.11	2
13	MHSC006	120.13 tu	47,967.30	3
14	MHSC015	308.50 op	67,783.30	3
15	MHSC016	365.18 l-o	51,578.40	3
16	MHSC017	527.13 k	5,651.52	3
17	MHSC021	172.75 rst	23,667.24	3
18	MHSC033	354.75 lm-p	110,492.57	3
19	MHSC036	534.49 jk	33,754.95	3
20	MHSC038	282.38 pq	113,155.26	3
21	MHSC045	1,025.88 f	13,422.96	3
22	MHSC059	610.30 j	19,568.56	3
23	MHSC073	430.18 l	137,529.95	2
24	MHSC077	214.69 qr	171,314.92	3
25	MHSC092	118.25 tu	58,029.04	3
26	MHSC093	419.88 lm	71,431.72	3
27	MHSC094	390.19 lmn	91,271.25	3

Table 4 (Continued)

No.	Code	Yield/plant (g)	Capsaicin (SHU)	Group of characteristics
28	MHSC096	346.75 m-p	29,106.20	1
29	TAKC001	1,221.44 c	55,577.30	4
30	KRIC001	892.43 g	55,909.12	2
31	KRIC002	1,332.88 b	11,677.85	2
32	KRIC003	509.44 k	29,107.82	2
33	KRIC004	1,765.13 a	11,677.85	2
34	KRIC005	230.50 qr	5,486.82	4
35	SPBC001	199.60 rs	49,057.69	3
36	NSTC001	1,147.05 d	58,723.52	3
37	PBIC001	1,060.38 i	48,382.69	3
38	PKNC001	1,002.05 f	132,061.79	3
39	TRAC001	787.13 hi	69,249.32	3
40	NPTC003	1,060.38 ef	9,060.60	2
41	KBIC001	740.63 i	41,012.84	3
42	KBIC002	996.13 f	49,292.15	1

Mean in the same column followed with the same letter are not significant at $p < 0.01$ by DMRT.

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพริกพื้นเมืองผลเล็กทั้ง 16 แหล่ง จำนวน 42 พันธุ์ พบว่าด้านสัณฐานวิทยาแบ่งได้ 4 กลุ่มใหญ่ จากลักษณะที่ปรากฏของรยางค์ที่ส่วนปลายผล ลักษณะปรากฏจุดแอนโทไซยานินที่ผล สีของก้านชูอับเรณู สีของวงกลีบดอก และสีของผลแก่ และผลการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ จากเครื่องหมายเอเอฟแอลพีของ 10 คู่ไพรเมอร์ ปรากฏแถบความแตกต่างจำนวน 153 เครื่องหมาย แสดงถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับสูง เมื่อพิจารณาผลผลิตและปริมาณสารแคปไซซิน พบว่าพริกพื้นเมืองที่ศึกษาที่มีศักยภาพในการผลิตและพัฒนาพันธุ์ต่อไป จำนวน 10 พันธุ์ ด้านผลผลิต ได้แก่ KRIC004, KRIC002, LEIC003, TAKC001, NSTC001 ขณะปริมาณสารแคปไซซินที่พบสูง ได้แก่ MHSC077, MHSC073, PBIC001, MHSC038, PREC001 และ MHSC033

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจาก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) และขอขอบคุณสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการเพื่อทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Al Othman Z.A., Y.B. Ahmed, M.A. Habila and A.A. Ghafar. 2011. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in capsicum fruit samples using high performance liquid chromatography. **Molecules** 16: 8919-8929.
- Camacho, V.T.C., N. Maxted, M. Scholten and B. Ford-Lloyd. 2005. Defining and identifying crop landraces. **Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization** 3(3): 373-384.
- Cardoso, R., C.F. Ruas, R.M. Giacomini, P.M. Ruas, E.A. Ruas, R.L. Barbieri, R. Rodrigues and L.S.A. Gonçalves. 2018. Genetic variability in Brazilian *Capsicum baccatum* germplasm collection assessed by morphological fruit traits and AFLP markers. **PLoS ONE** 13: e0196468. [Online]. Available <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196468> (October 25, 2021).
- Dellaporta, S.L., J. Wood and J.B. Hicks. 1983. A plant DNA miniprep: version II. **Plant Molecular Biology Reporter** 1: 19-21.
- Doyle, J.J. and J.L. Doyle. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus** 12: 13-15.
- FAOSTAT. 2021. **Major food and agricultural commodities and producers**. [Online]. Available <http://faostat.fao.org> (October 25, 2021).
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper and P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1): 1-9.
- IBPGR Secretariat. 1983. **Genetic Resources of Capsicum**. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, AGPG/IBPGR/82/12.
- Kraikuan, W., S. Sukprakarn, O. Mongkolporn and S. Wasee. 2008. Capsaicin and dihydrocapsaicin contents of Thai chili cultivar. **Kasetsart Journal (Natural Science)** 42(4): 611-616.
- Kraikuan, W. 2015. Breeding improvement to increase the value of chilli production. 80 p. *In Chilli Research and Development Project Report*. Bangkok: Department of Agriculture. [in Thai]

- Krishnamurthy S.L., Y. Prashanth, A. Mohan Rao, K. Madhavi Reddy and R. Ramachandra. 2015. Assessment of AFLP marker based genetic diversity in chilli (*Capsicum annuum* L. & *C. baccatum* L.). **Indian J. Biotechnol.** 14(1):49-54.
- Maga, J.A. 1975. Capsicum. Crit. Rev. **Food Sci. Nutr.** 6(2): 177-199.
- Matthew, C., C.R.O. Lawoko, C.J. Korte and D. Smith. 1994. Application of canonical discriminant analysis, principal component analysis, and canonical correlation analysis as tools for evaluating differences in pasture botanical composition. **New Zealand Journal of Agricultural Research** 37: 509-520.
- Mongkolporn, O. and S. Wasee. 2015. **Study of Genetic Diversity and Identification of Native Chilli Peppers in Thailand.** 35 p. In Complete Research Report. Bangkok: Office of the Research Fund. [in Thai]
- Pla, E. 1986. **Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales.** Washington, DC.: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. 94 p.
- Purseglove, J.W. 1968. **Tropical Crops Dicotyledons 2.** London: Longmans Green and Co. Ltd. 719 p.
- Saitou, N. and M. Nei. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. **Molecular Biology and Evolution** 4: 406-425.
- Saliba, V. C.M. Causse, L. Gervais and J. Philouze. 2000. Efficiency of RFLP, RAPD and AFLP markers for the construction of an intraspecific map of the tomato genome. **Genome** 43: 29-40.
- Sørensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. **Kongelige Danske Videnskabernes Selskab.** 5(4): 1-34.
- Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T.V. Lee, M. Hornes, A. Friters, T. Pot, J. Paleman, M. Kuiper and M. Zabeau. 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. **Nucleic Acids Research** 23: 4407-4414.
- Weiss, E.A. 2002. **Spice Crops.** London: CABI Publishing. 411 p.

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีนที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกในลำไยพันธุ์ต่าง ๆ Genetic Diversity of Gene(s) Associated with Artificial Flower Induction in Longan

ญาณินท์ แสงพันธ์¹ ธนัชชา พงษ์บ้านไร่¹ ภาณุพล มงคลการวิไล¹ ภัทรพล ลิธน์ชอุดม¹ และสุภารัตน์ ลิธน์ชอุดม^{2*}

Yanin Sangpan¹, Thanatcha Pongbanrai¹, Panupon Mongkolkarvin¹

Pathrapol Lithanatudom¹ and Suparat Lithanatudom^{2*}

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

²คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Department of Biology, Faculty of Science, Chiangmai University, Chiang Mai, Thailand 50200

²Program in Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: suparat.lit@gmail.com

Abstract

Longan (*Dimocarpus longan*) is an important economic fruit tree in Thailand, boasting several varieties. Studying the genetic diversity of longan can prove instrumental in its conservation and breeding programs. The aim of this study was to investigate the genetic diversity among 32 Thai longan cultivars by PCR amplification using total 7 primers. The optimization of PCR amplification with these 7 specific primers revealed an annealing temperature range between 56-60°C. Among these primers, “LcAF9” yield the best results, showing specific PCR products and polymorphic bands in 3 longan cultivars: Biaokhiao, Haeo, and Thao. Consequently, “LcAF9” can be developed as a molecular marker to identifying these three longan cultivars. Furthermore, the different DNA fragments will undergo nucleotide sequencing to explore their putative gene function. This will be searching databases that might associate with the molecular mechanism of longan flowering induction.

Keywords: longan, genetic diversity, potassium chlorate, molecular marker, flowering induction

บทคัดย่อ

ลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยประเทศไทยมีลำไยอยู่หลายพันธุ์ การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของลำไยจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญ ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อการอนุรักษ์และปรับปรุงพันธุ์ลำไยต่อไปในอนาคต ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของลำไยทั้งหมด 32 พันธุ์ โดยวิเคราะห์รูปแบบของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ถูกเพิ่มจำนวนด้วยวิธีพีซีอาร์ โดยใช้คู่ไพรเมอร์ทั้งหมด 7 คู่ไพรเมอร์ ผลการทดลองพบว่าไพรเมอร์จำนวน 7 คู่ไพรเมอร์มีอุณหภูมิในขั้นตอน Annealing อยู่ระหว่าง 56-60 องศาเซลเซียส ซึ่งไพรเมอร์ชนิด “LcAF9” เป็นไพรเมอร์ที่ให้ผลการ

ทดลองที่ดีที่สุด สามารถเพิ่มปริมาณขึ้นส่วนดีเอ็นเอได้อย่างจำเพาะ ปรากฏแถบดีเอ็นเอที่เห็นได้ชัดเจนและแสดงความแตกต่างทางพันธุกรรม ซึ่งมีลำไย 3 พันธุ์ ได้แก่ เปี้ยวเขียว แห้ว และเถา ปรากฏแถบของดีเอ็นเอมากกว่า 1 แถบ แตกต่างจากลำไยพันธุ์อื่น ๆ ที่ปรากฏแถบเพียงแถบเดียวเท่านั้น ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อระบุพันธุ์ลำไยเหล่านี้ได้ นอกจากนี้ขึ้นส่วนของแถบดีเอ็นเอที่มีแตกต่างกันสามารถนำไปวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ (Sequencing) เพิ่มเติม เพื่อนำไปใช้ตรวจสอบหาความเป็นไปได้ของหน้าที่ของยีนที่ถูกเพิ่มจำนวนด้วยไพรเมอร์ดังกล่าวเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาการออกดอกของลำไยต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ลำไย ความหลากหลายทางพันธุกรรม โพลีพลอยดี การขยายพันธุ์ เครื่องหมายโมเลกุล การออกดอกของลำไย

คำนำ

ลำไย (*Dimocarpus longan*) เป็นผลไม้เศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย เนื่องจากมีปริมาณการส่งออกเป็นอันดับต้น ๆ ของสินค้าส่งออกประเภทพืชสวน ลำไยเป็นผลไม้เขตร้อน (Subtropical fruit) แต่เดิมปลูกได้เฉพาะภาคเหนือของประเทศไทย เพราะต้องอาศัยสภาพอากาศที่หนาวและแห้งในช่วงฤดูหนาวในการชักนำให้เกิดการออกดอก ลำไยเป็นผลไม้ที่ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มผลไม้ยอดเยี่ยม (Product champion) ของประเทศไทยด้วยเหตุผลที่สามารถสร้างมูลค่าให้กับการส่งออกของประเทศปีละหลายพันล้านบาทในแต่ละปี นอกจากนี้จะเป็นผลไม้ยอดเยี่ยมแล้วลำไยยังเป็นผลไม้ชนิดเดียวของประเทศไทยที่รูปแบบผลผลิตสดมีปริมาณและมูลค่าการส่งออกมากกว่าการบริโภคภายในประเทศ โดยมีปริมาณการส่งออกคิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 50 ของผลผลิตลำไยรวมทั้งประเทศ ตามปกติลำไยที่ปลูกสำหรับการค้าภายในประเทศคือพันธุ์ “ดอ” หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า “อีดอ” ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกในปี พ.ศ. 2560 ประมาณร้อยละ 95 ของพื้นที่ปลูกลำไยทั่วประเทศ รองลงมาคือพันธุ์ สีชมพู แห้ว และเปี้ยวเขียว ลำไยพันธุ์อีดอ เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะที่เหมาะสมสำหรับการค้ามากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งด้านรับประทานผลสดและแปรรูป ในขณะที่ลำไยพันธุ์อื่น ๆ ส่วนใหญ่เหมาะสำหรับรับประทานผลสดมากกว่าแปรรูป แม้ว่าบางพันธุ์จะมีคุณภาพในการรับประทานผลสดดีกว่าพันธุ์อีดอ เช่น มีรสชาติหวาน กรอบ หรือมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เช่น แห้ว เปี้ยวเขียว หรือสีชมพู แต่มักจะประสบปัญหาเมื่อนำไปแปรรูป ซึ่งลำไยพันธุ์เหล่านี้ส่วนมากมีลักษณะการออกดอกแบบปีเว้นปีเนื่องจาก สภาพอากาศที่หนาวไม่เพียงพอที่จะชักนำให้เกิดการออกดอกของลำไย (Jaroenkit, 2015)

ภายหลังมีการค้นพบว่าสารโพลีพลอยดีสามารถกระตุ้นให้เกิดการออกดอกของลำไยได้โดยไม่ต้องอาศัยสภาพอากาศที่หนาวและแห้งอีกต่อไป (Matsumoto, 2006) ทำให้เกษตรกรนิยมใช้สารดังกล่าวอย่างมากในการกระตุ้นการออกดอกของลำไยเพื่อให้ได้ผลผลิต อย่างไรก็ตามแม้ว่าโพลีพลอยดีจะสามารถกระตุ้นให้เกิดการออกดอกของลำไยได้แต่ก็มีการตอบสนองที่ต่างกันออกไปในแต่ละพันธุ์ของลำไย เช่น การกระตุ้นให้เกิดการออกดอก 100% ในลำไยพันธุ์อีดอ จะใช้สารละลายโพลีพลอยดี ปริมาณ 8.0 กรัมต่อตารางเมตร (g/m^2) ขณะที่ลำไยพันธุ์สีชมพู นั้นใช้ปริมาณเพียง 1.0 g/m^2 (Manochai *et al.*, 2005) เป็นต้น ซึ่งอาจเกิดจากความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ส่งผลให้ลำไยแต่ละพันธุ์มีความสามารถในการตอบสนองที่ต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของ

ลำไยในประเทศไทยนั้นยังมีน้อย ทำให้โดยทั่วไปแล้วไม่สามารถตอบได้ว่าลำไยพันธุ์ต่าง ๆ ซึ่งบางพันธุ์มีชื่อใกล้เคียงกัน หรืออาจจะมีชื่อแตกต่างกันแต่มีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกัน เป็นลำไยพันธุ์เดียวกันหรือไม่ เพราะเมื่อนำไปปลูก ในหลายพื้นที่ที่แตกต่างกันอาจทำให้มีการเรียกชื่อผิดเพี้ยนไปได้ (Jaroenkit, 2015)

งานวิจัยฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยวิเคราะห์รูปแบบของยีนที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกในพันธุ์ลำไยทั้งหมด 32 พันธุ์ ด้วยเทคนิคพีซีอาร์จากไพรเมอร์ทั้งหมด 7 คู่เพื่อเก็บเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาเกี่ยวกับการจัดจำแนกพันธุ์ลำไย การศึกษาเกี่ยวกับการกระตุ้นการออกดอกในลำไยไทยต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างลำไยและการสกัดดีเอ็นเอ

นำยอดและใบอ่อนที่เก็บจากลำไยจำนวนทั้งสิ้น 32 พันธุ์ ได้แก่ อีตอ สีชมพู เปี้ยวเขียว แห้ว พวงทอง เถา ใบดำ เพชรสาร กรอบกะทิ จัมโบ้ ดอ 20 ดอ 27 ดอ 75 ดอก้านแข็ง ดอกหลวง ดอกแก้วยี่ ดอก้านแดง ดอก้านอ่อน ดอกุ่มน้ำปิง ดอสุขุม ดอ 13 แดงกลม ใบหยก น้ำผึ้งถวาย บ้านโฮ้ง พื้นเมือง ปิงปอง แห้วแคะ ปุ่ม้าตีนโค้ง เปลือกขาว ฉู่เหลียง และ โคฮาลา มาสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธีของ Paterson *et al.* (1993) ตัวอย่างดีเอ็นเอจะถูกนำมาตรวจสอบปริมาณและคุณภาพ ด้วยวิธี อะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส (Agarose gel electrophoresis) และเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Nanodrop) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ช่วงความยาวคลื่นที่ 260 และ 280 นาโนเมตร (nm)

ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์ (Polymerase Chain Reaction: PCR)

เพิ่มปริมาณชิ้นส่วนของดีเอ็นเอบริเวณที่สนใจ โดยใช้ดีเอ็นเอของลำไยที่สกัดได้เป็นแม่แบบในการเพิ่มจำนวน โดยใช้ไพรเมอร์ทั้งหมด 7 คู่ ได้แก่ LcAF7, LcAF8, LcAF9, LcAF10, LcAF14, LcAF17 และ LcAF18 (Table 1) การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่ต้องการด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์จะดำเนินการโดยเตรียมส่วนผสมในหลอดทดลองหรือหลอดพีซีอาร์ขนาด 0.2 มิลลิลิตร ดังต่อไปนี้ 5x HOTFIREPol® Blend Master Mix ไพรเมอร์ส่วนหน้า (forward primer) ไพรเมอร์ส่วนหลัง (Reverse primer) น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และดีเอ็นเอ กำหนดระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์ ดังนี้ อุณหภูมิ 95°C นาน 12 นาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วยอุณหภูมิ 95°C นาน 30 วินาที อุณหภูมิ 56-62°C (ขึ้นอยู่กับคู่ไพรเมอร์) นาน 45 วินาที และอุณหภูมิ 72°C นาน 2 นาที จำนวน 35 รอบ และตามด้วย อุณหภูมิ 72°C นาน 10 นาที จำนวน 1 รอบ จากนั้นนำผลผลิตจากปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์ มาตรวจสอบความแตกต่างของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ถูกเพิ่มจำนวนระหว่างลำไยทั้ง 32 พันธุ์ด้วยวิธี 1.5% agarose gel electrophoresis

Table 1 Sequence of primers used for this study

Primer name	Sequence (5' - 3')	Product size (bp)
LcAF7F	ACCTTGGTAGGCCAGGAAAT	700
LcAF7R	AAAATTTTCTGTCGGATTACCC	
LcAF8F	TGCGTATGAATCTGGGTTGT	350
LcAF8R	TTCGTTCGTGACGATATTGC	
LcAF9F	CAAATCTCGTTCCGGTAAAAA	200
LcAF9R	TGTTTTAGAGTTTATGAGCAACTATGC	
LcAF10F	TTGAAGATCTTAGGAGGAGTGAGA	700
LcAF10R	TTCCGCAGCAGCTAACTTTT	
LcAF14F	TCCAAACTTAGCAACAGGTCAA	250
LcAF14R	GGATTTTCATGTCAGCGTGTG	
LcAF17F	TCCCTACAGCGTTTCCTTTG	250
LcAF17R	CGGATACACAGAACCGGATAA	
LcAF18F	AGACTCACTTTACGGCTGTGG	150
LcAF18R	TTGAGGAACGTCCACTGTAGAA	

ผลการวิจัย

การตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธีอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิสความเข้มข้น 1% และการวัดค่าการดูดกลืนคลีนแสงด้วยเครื่อง DNA spectrophotometer (Nanodrop)

ดีเอ็นเอที่สกัดจากลำไยทั้งหมด 32 พันธุ์ จะถูกนำมาตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยพบว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้เป็นดีเอ็นเอที่มีคุณภาพดีมีแถบที่ชัดเจน ไม่มีการฉีกขาดของชิ้นส่วนดีเอ็นเอ และผลของการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร พบว่าดีเอ็นเอมีความเข้มข้นระหว่าง 50.5-493.6 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร โดยมีค่าการดูดกลืนคลีนแสง 260 ต่อ 280 นาโนเมตร อยู่ในช่วงระหว่าง 1.2-2.0 โดยตัวอย่างจะถูกนำไปเจือจางเพื่อให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมกับการเกิดพีซีอาร์ต่อไป

การตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรมของลำไยด้วยเทคนิคพีซีอาร์

ผลการตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์จากการใช้ไพรเมอร์ทั้งหมด 7 คู่พบว่าไพรเมอร์ LcAF9 เป็นไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะโดยปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มีขนาดประมาณ 200 คู่เบส ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำพีซีอาร์ในตัวอย่างดีเอ็นเอของลำไยทั้งหมด 32 พันธุ์ เมื่อตรวจสอบด้วยวิธี อะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส ความเข้มข้น 1.5% พบว่าลำไยทั้ง 32 พันธุ์จะปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มีขนาดประมาณ 200 คู่เบสเหมือนกัน แต่ในตัวอย่างลำไยจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ เปี้ยวเขียว แห้ว

และแถวนั้นจะปรากฏแถบดีเอ็นเอมากกว่า 1 แถบซึ่งแสดงถึงความแตกต่างทางพันธุกรรม (Polymorphism) ซึ่งแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏนั้นมีขนาดประมาณ 230, 230 และ 1000 คู่เบส ตามลำดับตาม ดังแสดงใน Figure 1

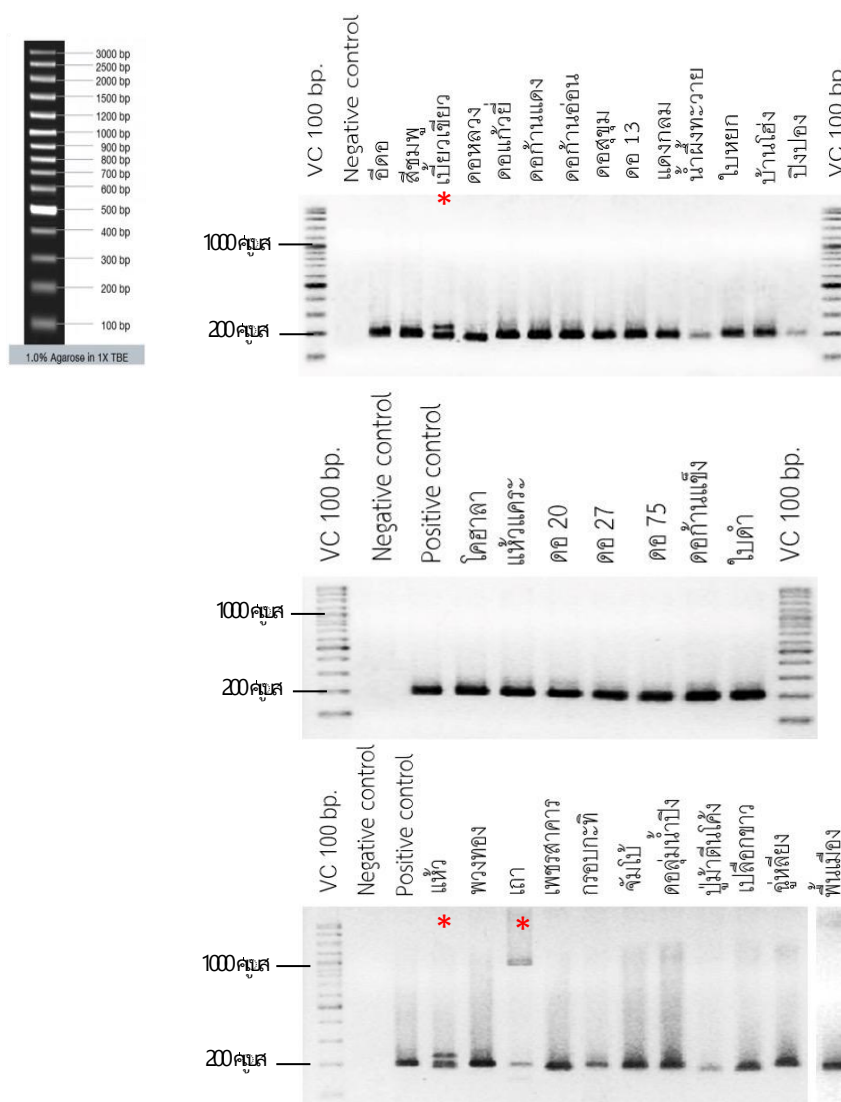


Figure 1 PCR yield with primer LcAF9 in 32 longan varieties

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของลำไยด้วยเทคนิคพีซีอาร์ในงานวิจัยนี้ พบไพรเมอร์จำนวน 1 คู่คือ LcAF9-F และ LcAF9-R ให้ผลลัพธ์และมีคุณสมบัติตรงตามลักษณะของการเป็นไพรเมอร์ที่มีประสิทธิภาพในการทำงาน คือ มีความจำเพาะในการจับกับตำแหน่งของดีเอ็นเอที่ต้องการ โดยไม่มีการเพิ่มขึ้นส่วนของดีเอ็นเอที่ไม่ต้องการใน

ตำแหน่งอื่น ๆ อีก และมีความสามารถในการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอได้ในปริมาณมาก (Dieffenbach *et al.*, 1993) ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำพีซีอาร์ด้วยไพรเมอร์ LcAF9 กับตัวอย่างดีเอ็นเอลำไยทั้งหมด 32 พันธุ์ พบว่าตัวอย่างทั้งหมดให้แถบดีเอ็นเอที่มีขนาด 200 คู่เบสเหมือนกัน แต่ในตัวอย่างลำไยพันธุ์เบี้ยวเขียว แห้ว และเถา ปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มากกว่าหนึ่งแถบ โดยพบว่านอกจากแถบดีเอ็นเอที่มีขนาด 200 คู่เบสแล้ว ลำไยพันธุ์เบี้ยวเขียวและแห้วนั้นก็มีแถบดีเอ็นเอที่มีขนาดประมาณ 230 คู่เบส เพิ่มขึ้นอีก 1 แถบ ส่วนลำไยพันธุ์เถานั้นมีแถบดีเอ็นเอที่มีขนาดประมาณ 1,000 คู่เบส เพิ่มขึ้นอีก 1 แถบ (Figure 1) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างทางพันธุกรรม (Polymorphism) ที่เกิดขึ้นในตำแหน่งยีนนี้บนจีโนมของลำไยทั้ง 3 พันธุ์

ความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic polymorphism) หมายถึง ตำแหน่งของยีน (หรือองค์ประกอบใด ๆ ของสารพันธุกรรมที่สนใจ) ที่มีตั้งแต่ 2 อัลลีล ขึ้นไปส่งผลให้เกิดการแสดงออกที่แตกต่างกันในสิ่งมีชีวิต (Singh and Kulathinal, 2013; Schmutz *et al.*, 2003) ทั้งนี้การเกิดขึ้นของ Polymorphism ในการทำพีซีอาร์นั้นมาจากหลากหลายสาเหตุไม่ว่าจะเป็นจากการเกิด Single nucleotide polymorphism (SNPs) คือ การที่ตำแหน่งเบสหนึ่งตำแหน่งถูกแทนที่ในบริเวณเดียวกันบนสายดีเอ็นเอมากกว่าร้อยละ 1 ของจำนวนประชากรและไม่ทำให้เกิดความผิดปกติในสิ่งมีชีวิต จัดเป็นความผันแปรทางพันธุกรรมรูปแบบหนึ่งที่ทำให้เกิดความหลากหลายในสิ่งมีชีวิต การเพิ่มขึ้นหรือขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์ขนาดเล็กหรือที่เรียกว่า InDel (Insertion and Deletion) มีส่วนสำคัญทำให้เกิดความผันแปรของลักษณะทางพันธุกรรมขึ้นได้ (Mills *et al.*, 2011) การทำงานของ transposable element สามารถทำให้เกิดความหลากหลายได้โดยการแทรกตัวเข้าไปอยู่ในตำแหน่งใหม่บนจีโนม (Mills *et al.*, 2011) นอกจากนี้ยังมีการค้นพบอีกว่าตำแหน่งซ้ำจำนวน 1 ถึง 6 เบส บนจีโนมของสิ่งมีชีวิตหรือที่เรียกว่า Microsatellites สามารถทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอัลลีลและนำไปสู่ความผันแปรของลักษณะทางพันธุกรรม (Deback *et al.*, 2009) ทั้งนี้หากต้องการทราบว่าลักษณะของ polymorphism ที่เกิดขึ้นนั้นมีสาเหตุจากอะไรและมีความเกี่ยวข้องอย่างไรกับการชักนำให้เกิดการออกดอกของลำไยต้องทำการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ (Sequencing) ก่อนและนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล

ผลการทดลองที่ได้จากการศึกษานี้ พบว่าสามารถใช้ไพรเมอร์ LcAF9 ในการแยกลำไย 3 ชนิด คือ แห้ว เถา และเบี้ยวเขียว ออกจากลำไยพันธุ์อื่น ๆ ได้ ทั้งนี้ในปัจจุบันพบว่าลำไยที่ปลูกได้ในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ลำไยเถา (*Dimocarpus obtusus*) และลำไยต้น (*Dimocarpus longan*) ในกรณีของลำไยเถานั้นจะถูกแยกเป็นสปีชีส์ Obtusus ดังนั้นไพรเมอร์ LcAF9 จึงสามารถใช้ในการแยกความแตกต่างระหว่างลำไยเถา ออกจากลำไยพันธุ์อื่น ๆ ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทำพีซีอาร์ของยีน *tmH-psbA* ที่แสดงลักษณะของแถบดีเอ็นเอที่เฉพาะตัวที่พบได้เฉพาะในลำไยพันธุ์เถาเท่านั้น จึงสามารถใช้ยีน *tmH-psbA* เป็นเครื่องหมายโมเลกุลในการระบุลำไยเถาได้ (Lithanatudom *et al.*, 2017) นอกจากนี้ยังพบผลการทดลองที่น่าสนใจสามารถใช้ไพรเมอร์ LcAF9 นี้ มาจำแนกลำไยพันธุ์แห้วและเบี้ยวเขียวออกจากลำไยพันธุ์อื่น ๆ ได้ ทั้งนี้หากนำชิ้นส่วนของแถบดีเอ็นเอขนาดประมาณ 230 คู่เบสจากทั้ง 2 พันธุ์ มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ อาจสามารถนำไปใช้ในการคัดแยกพันธุ์ทั้งสองออกจากกันได้ในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรมของลำไยทั้งหมด 32 พันธุ์ ด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยการวิเคราะห์รูปแบบชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ถูกเพิ่มจำนวนด้วยไพรเมอร์ที่ถูกออกแบบมาทั้งหมด 7 คู่ไพรเมอร์ (LcAF7, LcAF8, LcAF9, LcAF10, LcAF14, LcAF17 และ LcAF18) หลังจากการสกัดดีเอ็นเอจากลำไย มีการตรวจสอบผลทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณของดีเอ็นเอด้วยวิธีอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิสความเข้มข้น 1% และการวัดปริมาณดีเอ็นเอด้วยเครื่อง DNA spectrophotometer (Nanodrop) พบว่า วิธี CTAB ตามการทดลองของ Paterson (1993) สามารถสกัดดีเอ็นเอของลำไยได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อนำมาตรวจสอบด้วยไพรเมอร์ LcAF9 ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าลำไยทุกพันธุ์ปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 200 คู่เบส โดยมีลำไย 3 พันธุ์ คือ แห้ว เปี้ยวเขียว และเถา ที่แสดงความแตกต่างของลักษณะทางพันธุกรรม (Genetic polymorphism) คือ ให้แถบดีเอ็นเอมากกว่าหนึ่งแถบ โดยพบชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาดประมาณ 230 คู่เบสในลำไยพันธุ์แห้วและเปี้ยวเขียว ส่วนลำไยพันธุ์เถาพบแถบขนาดประมาณ 1,000 คู่เบส จากผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ ทำให้สามารถนำไพรเมอร์ LcAF9 มาใช้เพื่อเป็นเครื่องหมายโมเลกุลอย่างง่าย ในการระบุพันธุ์ลำไยทั้ง 3 พันธุ์นี้ได้ โดยเฉพาะพันธุ์เถา ซึ่งสามารถตรวจสอบสารพันธุกรรมได้โดยไม่ต้องตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา อย่างไรก็ตาม ชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาดประมาณ 230 คู่เบสที่พบในลำไยพันธุ์แห้วและเปี้ยวเขียวนั้นสามารถนำมาตรวจสอบความแตกต่างของลักษณะทางพันธุกรรมระหว่างพันธุ์ได้โดยทำการวิเคราะห์ลำดับเบส (Sequencing) ต่อไป นอกจากนี้อาจนำชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาดต่าง ๆ ไปวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์เพื่อนำไปใช้ตรวจสอบหาความเป็นไปได้ของหน้าที่ของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ถูกเพิ่มจำนวนด้วยไพรเมอร์ดังกล่าวเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการศึกษากลไกการออกดอกของลำไยต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่อง การค้นหาปัจจัยและโมเลกุลเป้าหมายที่กระตุ้นการออกดอกของลำไยตอบสนองต่อสารโพแทสเซียมคลอเรต (Identification of Factors or Molecular Target Associated with Artificial Flower Induction upon Potassium Chlorate Treatment in Longan) และชุดโครงการวิจัย เรื่อง ชีววิทยาเชิงระบบของการออกดอกนอกฤดูและนวัตกรรมลดของเหลือทิ้งในภาคเกษตรของลำไย (Systematic Biology of Off Season Flowering and Zero Waste Innovative of Longan Production) โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มโนชัย และรองศาสตราจารย์ ดร. อธิรุช เจริญกิจ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้คำปรึกษาต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัย และเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกลำไย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ในการอนุเคราะห์การใช้พื้นที่และต้นลำไยสำหรับการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Deback, C., D. Boutolleau, C. Depienne, C.E. Luyt, P. Bonnafous, A. Gautheret-Dejean, I. Garrigue and H. Agut. 2009. Utilization of microsatellite polymorphism for differentiating herpes simplex virus type 1 strains. **Journal of Clinical Microbiology** 47(3): 533-540.
- Dieffenbach, C.W., T.M. Lowe and G.S. Dveksler. 1993. General concepts for PCR primer design. **PCR Methods and Applications** 3(3): S30-S37.
- Jaroenkit, T. 2015. **Longan Cultivar in Maejo**. Chiang Mai: Maejo Longan Research and Development Center, Thailand. 210 p. [in Thai]
- Lithanatudom, S.K., T. Chaowasku and N. Nantarat. 2017. A first phylogeny of the genus *Dimocarpus* and suggestions for revision of some taxa based on molecular and morphological evidence. **Sci Rep.** 7: 6716.
- Manochai, P., P. Sruamsiri, W. Wiriya-Alongkorn, D. Naphrom, M. Hegele and F. Bangerth. 2005. Year around off-season flower induction in longan (*Dimocarpus longan*, Lour.) trees by KClO₃ applications: potentials and problems. **Scientia Horticulturae** 104: 379-390.
- Matsumoto, T. 2006. Genes uniquely expressed in vegetative and potassium chlorate induced floral buds of *Dimocarpus longan*. **Plant Science** 170: 500-510.
- Mills, R.E., W.S. Pittard, J.M. Mullaney, U. Farooq, T.H. Creasy, A.A. Mahurkar, D.M. Kemeza, D.S. Strassler, C.P. Ponting, C. Webber and S.E. Devine. 2011. Natural genetic variation caused by small insertions and deletions in the human genome. **Genome Research** 21(6): 830-839.
- Paterson, A.H., C.L. Brubaker and J.F. Wendel. 1993. A rapid method for extraction of cotton (*Gossypium* Spp.) genomic DNA suitable for RFLP or PCR analysis. **Plant Molecular Biology Reporter** 11: 122-127.
- Schmutz, S.M., T.G. Berryere, N.M. Ellinwood, J.A. Kerns and G.S. Barsh. 2003. MC1R studies in dogs with melanistic mask or brindle patterns. **Journal of Heredity** 94(1): 69-73.
- Singh, R.S. and R.J. Kulathinal. 2013. **Brenner's Encyclopedia of Genetics**. 2nd ed. New York: Academic Press. 598 p.

การแก้ไขยีน *Pi21* โดยระบบ CRISPR/Cas9 เพื่อปรับปรุงความต้านทานโรคไหม้ในข้าว Editing *Pi21* Gene by CRISPR/Cas9 System for Improving Rice Resistance to Blast Disease in Rice

ณัฐพงษ์ มลทาทอง¹ ศุภชัย วุฒิพงศ์ชัยกิจ² ศรีกาญจนา คล้ายเรือง³ แสงทอง พงษ์เจริญกิต¹

วรารณณ์ แสงทอง¹ ทูเรียน ทาเจริญ¹ และช่อทิพา สกุลสิงหาโรจน์^{1*}

Nuttapong Monthatong¹, Supachai Vuttipongchaikij², Srikanjana Klayraung³

Saengtong Pongjaroenkit¹, Varaporn Sangtong¹, Turean Thacharoen¹

and Chotipa Sakulsingharoj^{1*}

¹สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

³สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Program in Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Department of Genetics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

³Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

Corresponding author: chotipa.cs@gmail.com

Abstract

Blast disease, a fungal disease, has caused severe crop yield losses annually. *Pi21* gene encodes a negative regulator of blast resistance in rice. This research aimed to analyze *Pi21/pi21* sequences and edit *Pi21* in rice for enhanced blast resistance using CRISPR/Cas9 technique. *Pi21/pi21* gene of three rice cultivars including, Hahng Yi 71, Khao Dawk Mali 105 and Kasalath, were classified as Haplotype C found in susceptible rice cultivars. Therefore, the sgRNA of the CRISPR/Cas9 system was designed at exon 1 for editing *Pi21* gene to affect functional regions of gene. Transformation of the construct into Kasalath showed high transformation efficiency. Sequencing analysis of the transformed plants containing CRISPR/Cas9 system showed mutation in *Pi21* which may be biallelic or heterozygous. The T₁ plants will be further analyzed for mutation type of *Pi21* and tested for resistance to blast disease.

Keywords: rice, *Pi21/pi21* gene, blast disease, CRISPR/Cas9

บทคัดย่อ

โรคไหม้เป็นโรคสำคัญที่เกิดจากเชื้อราทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิตของข้าวอย่างรุนแรงในทุกปี ยีน *Pi21* มีผลควบคุมเชิงลบต่อความต้านทานโรคไหม้ งานวิจัยนี้จึงศึกษาลำดับเบสของยีน *Pi21/pi21* ที่เกี่ยวข้องกับ ความต้านทานโรคไหม้ และแก้ไขยีน *Pi21* ด้วยระบบ CRISPR/Cas9 เพื่อให้ข้าวมีความต้านทานต่อโรคไหม้เพิ่มมากขึ้น โดยค้นหายีน *Pi21/pi21* ด้วยเทคนิคพีซีอาร์แล้ววิเคราะห์ลำดับเบส พบว่า ยีน *Pi21* ในข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ ทางยี 71, ข้าวดอกมะลิ 105 และ Kasalath เป็น Haplotype C ที่พบในพันธุ์ข้าวอ่อนแอต่อโรคไหม้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบ sgRNA ของระบบ CRISPR/Cas9 มีตำแหน่งอยู่ที่เอกซอน 1 เพื่อให้เกิดการแก้ไขยีน *Pi21* ที่กระทบต่อบริเวณสำคัญของยีนส่งผลให้ยีนสูญเสียการทำงาน การถ่าย Construct เข้าสู่ข้าวพันธุ์ Kasalath พบว่ามีประสิทธิภาพการถ่ายยีนสูง และเมื่อนำต้นที่มีการแทรกของยีนระบบ CRISPR/Cas9 มาวิเคราะห์ลำดับเบส พบว่ามีการแก้ไขยีนแบบ Biallelic หรือ Heterozygous จึงจะนำเมล็ดข้าวรุ่น T_1 ไปปลูกเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการแก้ไขยีน *Pi21* และทดสอบความต้านทานโรคไหม้ต่อไป

คำสำคัญ: ข้าว ยีน *Pi21/pi21* โรคไหม้ CRISPR/Cas9

คำนำ

โรคไหม้เป็นโรคสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิตของข้าวมากกว่า 50% (Chintana *et al.*, 2016) ซึ่งโรคไหม้เกิดจากเชื้อรา *Pyricularia oryzae* ที่สามารถเข้าทำลายพืชตระกูลหญ้ามากกว่า 50 ชนิด โดยเฉพาะธัญพืชที่สำคัญ เช่น ข้าว (*Oryza sativa* L.) ข้าวสาลี (*Triticum aestivum*) เป็นต้น (Asuyama, 1965)

ยีน *Pi21/pi21* เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะความต้านทานโรคไหม้ของข้าว ตั้งอยู่บนโครโมโซมที่ 4 มีขนาด 1,705 คู่เบส ประกอบด้วย 2 เอกซอน และ 1 อินทรอน (Fukuoka *et al.*, 2009) ซึ่งเป็นรหัสสำหรับสร้าง Proline-rich protein ที่ประกอบด้วย Putative heavy-metal-binding domain (Fukuoka and Okuno, 2019) ยีน *pi21* เป็นยีนต้านทานโรคไหม้ที่ไม่จำเพาะเจาะจงต่อชนิดของเชื้อ มีความต้านทานแบบวงกว้าง (Broad spectrum resistance) จากการศึกษาพบว่ายีน *Pi21* ที่สูญเสียการทำงานเนื่องจากมีการขาดหาย (Deletion) ของลำดับเบส 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 1 มีการขาดหาย 21 คู่เบส และตำแหน่งที่ 2 มีการขาดหาย 48 คู่เบส ในบริเวณเอกซอนที่ 2 ทำให้ข้าวมีความต้านทานต่อโรคไหม้มากขึ้นและรอยแผลมีขนาดเล็กลง ซึ่งลักษณะการขาดหายของยีน *Pi21* นี้ถูกพบครั้งแรกในข้าวพันธุ์ Owarihatamochi (Fukuoka *et al.*, 2009)

งานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า ต้นข้าวที่มียีน *pi21* สามารถต้านทานเชื้อสาเหตุโรคไหม้ได้หลายสายพันธุ์ โดยมีรอยแผลและความรุนแรงของโรคน้อยกว่าต้นข้าวที่มียีน *Pi21* ทำงานปกติ (Fukuoka *et al.*, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองยับยั้งการทำงานของยีน *Pi21* ด้วยเทคนิค RNA interference (RNAi) และ CRISPR/Cas9 ที่ทำให้ข้าวพันธุ์อ่อนแอต่อโรคไหม้มีความต้านทานเพิ่มขึ้น ส่งผลให้รอยแผลจากโรคและความรุนแรงของโรคไหม้น้อยลง (Zhang *et al.*, 2016; Nawaz *et al.*, 2020)

การแก้ไขยีน (Gene editing) ด้วยระบบ CRISPR/Cas9 เป็นการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงลำดับเบสได้อย่างจำเพาะเจาะจงกับยีนที่ต้องการ ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีความแม่นยำ เมื่อแก้ไขยีนสำเร็จแล้ว สามารถกำจัดชิ้นส่วนยีนของระบบ CRISPR/Cas9 ได้ด้วยหลักการการกระจายตัวของยีน โดยการผสมตัวเองแล้วคัดเลือกต้นที่ได้รับการแก้ไขยีนและไม่มีชิ้นส่วนยีนของระบบ CRISPR/Cas9 (Gupta *et al.*, 2019; Romero and Gatica-Arias, 2019)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลำดับเบสของยีน *Pi21/pi21* ที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคไหม้ และเพื่อแก้ไขยีน *Pi21* โดยใช้ระบบ CRISPR/Cas9 ให้ข้าวมีความต้านทานต่อโรคไหม้เพิ่มมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การค้นหาลำดับเบสยีน *Pi21/pi21* ของข้าว

นาใบอ่อนของข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ หางยี 71 (พันธุ์ต้านทาน) ขาวดอกมะลิ 105 (พันธุ์อ่อนแอ) และ Kasalath (พันธุ์อ่อนแอ) มาสกัดดีเอ็นเอโดยใช้วิธี CTAB ดัดแปลง (Hwang and Kim, 2000) จากนั้นนำมาค้นหายีนด้วยเทคนิคพีซีอาร์ โดยใช้ไพรเมอร์ที่ออกแบบให้จำเพาะต่อยีน *Pi21* (Os04t0401000-01) (<http://rapdb.dna.affrc.go.jp>) คือ Pi21-429_F: 5'-ATGCTTCGATTCTCCATGCT-3' และ Pi21+171_R: 5'-CAGCCCACACAGCACACAACAC-3' แล้วนำมาวิเคราะห์ขนาดดีเอ็นเอด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส จากนั้นทำการแยกบริสุทธิ์แถบดีเอ็นเอด้วยชุด DNA Purification Kit (TIANGEN, China) และส่งหาลำดับเบสของยีน *Pi21* (ATGC, Thailand)

การออกแบบตำแหน่ง sgRNA ของระบบ CRISPR/Cas9 สำหรับการแก้ไขยีน *Pi21*

การออกแบบตำแหน่ง Single guide RNA (sgRNA) ของระบบ CRISPR/Cas9 สำหรับการแก้ไขยีน *Pi21* โดยใช้โปรแกรม CRISPR-P 2.0 (<http://crispr.hzau.edu.cn/CRISPR2/>) ใช้ยีน *Pi21* (Os04t0401000-01) จากฐานข้อมูล RAP-DB แล้วนำ sgRNA ที่ออกแบบได้มาโคลนใส่ในเวกเตอร์ pRGE32 (Xie *et al.*, 2015) ซึ่งมียีน *Kan^R* และ *Hyg^R* สำหรับคัดเลือกในแบคทีเรียและพืช ตามลำดับ และนำ Construct ที่สร้างได้ถ่ายเข้าสู่เชื้ออะโกรแบคทีเรีย

การถ่ายยีนเข้าสู่ข้าวด้วยอะโกรแบคทีเรียและการตรวจสอบการแทรกของระบบ CRISPR/Cas9 ด้วยเทคนิคพีซีอาร์

นำเมล็ดข้าวอินดิกาพันธุ์ Kasalath มาชักนำให้เกิดแคลลัส จากนั้นนำแคลลัสที่ได้ไปถ่ายยีนด้วยอะโกรแบคทีเรียโดยใช้ *Agrobacterium tumefaciens* สายพันธุ์ EHA 105 ที่มีเวกเตอร์ของระบบ CRISPR/Cas9 ซึ่งมียีนเป้าหมายที่ต้องการแก้ไข คือ ยีน *Pi21* แล้วเพาะเลี้ยงร่วมระหว่างอะโกรแบคทีเรียกับแคลลัสในที่มีด อุณหภูมิ 28±2°C. เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นจึงล้างอะโกรแบคทีเรียออก นำแคลลัสเพาะเลี้ยงบนอาหารคัดเลือกสูตร N6D ดัดแปลง (Toki, 1997) ที่มีสารปฏิชีวนะไฮโกรมัยซินความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับไทเมนตินความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วย้ายแคลลัสที่รอดไปบนอาหารคัดเลือกใหม่ที่มีไฮโกรมัยซิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับไทเมนติน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร นำแคลลัสที่รอดไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรชักนำให้เกิดต้นที่มีไฮโกรมัยซิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วนำยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลง เพื่อชักนำให้เกิดต้นและรากที่สมบูรณ์

สกัดจีโนมดีเอ็นเอจากใบอ่อนของต้นข้าวรุ่น T_0 ด้วยวิธี CTAB ดัดแปลง (Hwang and Kim, 2000) เพื่อตรวจสอบการแทรกของระบบ CRISPR/Cas9 ในจีโนมข้าวด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะกับยีน *Cas9* คือ Cas9F: 5'- CACCGTGGCCTATTCTGTGCTG -3' และ M13R: 5'- GGGTTTTCCAGTCACGACGTTG -3' โดยใช้ 2x MyTaq™ HS Red Mix (BIOLINE, USA) และตรวจสอบด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส ความเข้มข้นเจล 1% โดยมีผลผลิตพีซีอาร์ คือ 1,154 คู่เบส

การตรวจสอบรูปแบบการแก้ไขยีน *Pi21* โดยการวิเคราะห์ลำดับเบสในต้นข้าวรุ่น T_0

นำจีโนมดีเอ็นเอจากใบอ่อนของต้นข้าวในรุ่น T_0 เพิ่มปริมาณยีนด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน *Pi21* คือ Pi21-55_F: 5'- GACCAAAGCCTGTCTATCTGC -3' และ Pi21+256_R: 5'- CTTCACGTCGTACTCCACC -3' โดยใช้ ExTen 2x PCR master mix (1st Base, Singapore) จากนั้นวิเคราะห์ขนาดดีเอ็นเอด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิสความเข้มข้นเจล 3% โดยมีผลผลิตพีซีอาร์ คือ 311 คู่เบส ทำการตัดเจลแล้วส่งหาลำดับเบสด้วยวิธี Sanger (1st Base, Malaysia) เพื่อตรวจสอบรูปแบบการแก้ไขยีนต่อไป

ผลการวิจัย

การค้นหาลำดับเบสของยีน *Pi21/pi21* ของข้าว

ผลการค้นหาลำดับเบสของยีน *Pi21/pi21* ของข้าวพันธุ์หางยี 71 ขาวดอกมะลิ 105 และ Kasalath และเปรียบเทียบกับลำดับเบสของยีน *Pi21* จากข้าวพันธุ์ Aichi-asahi (AB430852) ที่เป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรคไหม้ และยีน *pi21* จากข้าวพันธุ์ Owarihatamochi (AB430853) ที่เป็นพันธุ์ต้านทานต่อโรคไหม้ พบบริเวณที่แตกต่างกัน 4 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งที่ 20 ซึ่งอยู่ในเอกซอน 1 ตำแหน่งที่ 383-384, 373-394 และ 556-604 ซึ่งอยู่ในเอกซอน 2 (Figure 1 และ Table 1)

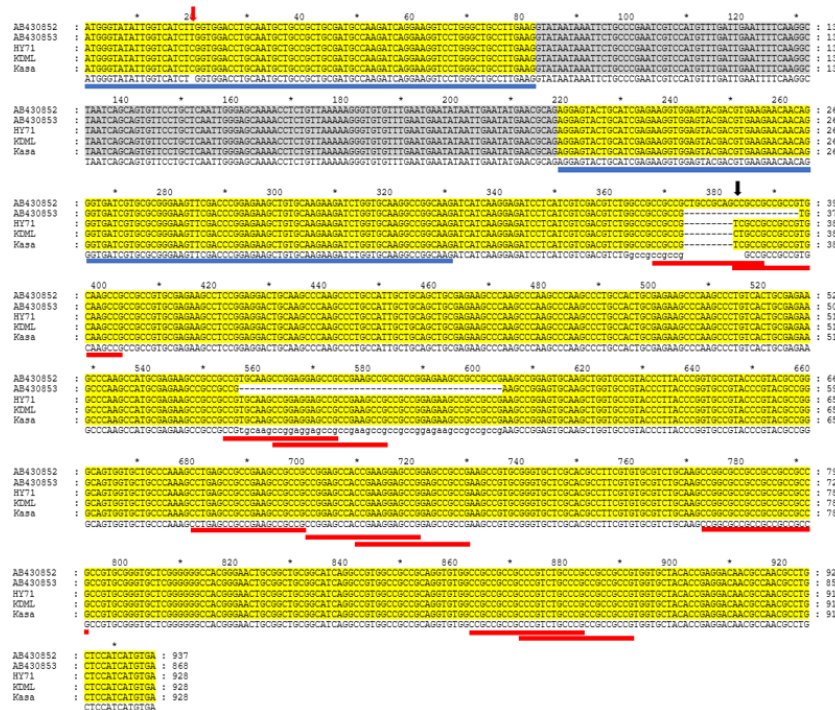


Figure 1 Comparison of *Pi21/pi21* gene sequences of three rice cultivars, Hahng Yi 71 (HY71), Khao Dawk Mali 105 (KDML) and Kasalath (Kasa), with sequences from the database of two cultivars, susceptible Aichi-asahi (AB430852) and resistant Owarihatamochi (AB430853). The red and black arrows are the 1st and 2nd mutation locations, respectively. The yellow regions are exon 1 and exon 2. The gray region is intron 1. Putative heavy-metal-binding domain are underlined in blue and proline-rich motifs responsible for protein–protein interaction (PxxPxxP) are underlined in red.

Table 1 Summary of nucleotide sequences of *Pi21/pi21* showing variation in positions among three rice cultivars and two cultivars from database, susceptible Aichi-asahi (AB430852) and resistant Owarihatamochi (AB430853)

Rice cultivars	Resistance/ susceptibility	Substitution position		Indel position		Reference
		20*	383-384*	373-394*	556-604*	
		(Exon 1)	(Exon 2)	(Exon 2)	(Exon 2)	
Aichi-asahi (AB430852)	susceptibility	T	CC	0	0	Fukuoka <i>et al.</i> (2009)
Owarihatamochi (AB430853)	resistance	T	- (in 21 bp deletion)	21 bp deletion	48 bp deletion	Fukuoka <i>et al.</i> (2009)
Hahng Yi 71	resistance	C	TC	9 bp deletion	0	in this research
Khao Dawk Mali 105	susceptibility	C	CT	9 bp deletion	0	in this research
Kasalath	susceptibility	C	TC	9 bp deletion	0	in this research

(*) mean the position from the start codon where the first base of the start codon is 1st position

(-) mean no information on that location

(0) mean no Indel mutation

จากการค้นหาลำดับเบสของยีน *Pi21/pi21* ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ แล้วนำมาแปลรหัสเป็นกรดอะมิโน และเปรียบเทียบกับลำดับกรดอะมิโนของยีน *Pi21* จากพันธุ์ Aichi-asahi (AB430852) ที่เป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรคไหม้ และยีน *pi21* จากพันธุ์ Owarihatamochi (AB430853) ที่เป็นพันธุ์ต้านทานต่อโรคไหม้ พบบริเวณที่แตกต่างกัน 4 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งที่ 7 อยู่ในบริเวณ Putative heavy-metal-binding domain ตำแหน่งที่ 83, 80-86 และ 140-604 อยู่ในบริเวณ Proline-rich motifs (Figure 2 และ Table 2)

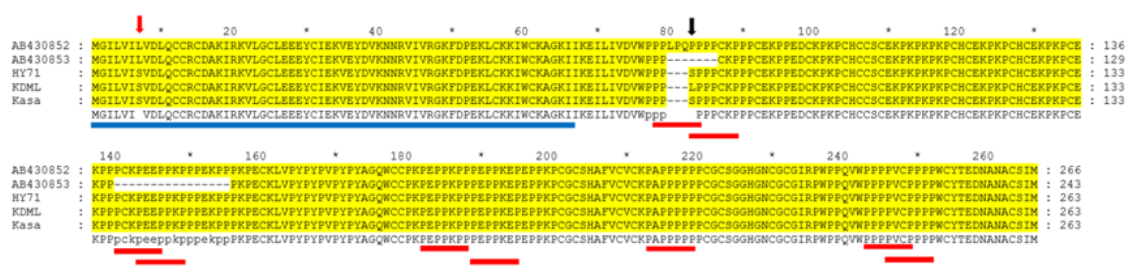


Figure 2 Comparison of the deduced amino acid sequences of *Pi21/pi21* genes of the three rice cultivars: Hahng Yi 71 (HY71) Khao Dawk Mali 105 (KDML) and Kasalath (Kasa) with amino acid sequences from the database of two cultivars, susceptible Aichi-asahi (AB430852) and resistant Owarihatamochi (AB430853). The red and black arrows are the 1st and 2nd mutation locations respectively. Putative heavy-metal-binding domain proteins are underlined in blue and proline-rich motifs responsible for protein–protein interaction (PxxPxxP) are underlined in red.

Table 2 Summary of deduced amino acid sequences of *Pi21/pi21* showing variation in positions among three rice cultivars and two cultivars from database, susceptible Aichi-asahi (AB430852) and resistant Owarihatamochi (AB430853)

Rice cultivars	Resistance/ susceptibility to blast disease	Position (from methionine)				Reference
		7	83	80-86	140-155	
Aichi-asahi (AB430852)	susceptibility	leucine	proline	0	0	Fukuoka <i>et al.</i> (2009)
Owarihatamochi (AB430853)	resistance	leucine	- (in 7 aa deletion)	7 aa deletion	16 aa deletion	Fukuoka <i>et al.</i> (2009)
Hahng Yi 71	resistance	serine	serine	3 aa deletion	0	In this research
Khao Dawk Mali 105	susceptibility	serine	leucine	3 aa deletion	0	In this research
Kasalath	susceptibility	serine	serine	3 aa deletion	0	In this research

(-) mean no information on that location

(0) mean no Indel mutation.

(aa) mean amino acid

การออกแบบตำแหน่ง sgRNA ของระบบ CRISPR/Cas9 สำหรับการแก้ไขยีน *Pi21*

จากการสืบค้นจากฐานข้อมูลและตรวจสอบลำดับเบสยีน *Pi21/pi21* ในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบตำแหน่ง sgRNA ของระบบ CRISPR/Cas9 สำหรับการแก้ไขยีน *Pi21* โดยใช้โปรแกรม CRISPR-P 2.0 พบว่าสามารถออกแบบบริเวณของ sgRNA ให้คู่สมกับลำดับเบสบนดีเอ็นเอเป้าหมายของยีน *Pi21* ได้ โดยมีลำดับเบสของ sgRNA คือ 5'-AAGGTCCTGGGCTGCCTTGAAGG-3' อยู่บนเอกซอน 1 (Figure 3) ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ GC 60% มีจำนวน off-target 9 ตำแหน่ง ประกอบด้วย 4 ตำแหน่ง ตั้งอยู่บนเอกซอนของยีนอื่น และอีก 5 ตำแหน่งอยู่บริเวณ Intergenic และ UTR และเป็นเส้นรหัส (Sense) ของยีน แล้วจึงนำไปสร้าง Construct คือ p32-Pi21-5 โดยมี sgRNA โคลนอยู่ในเวกเตอร์ pRGEB32 แล้วจึงทำการถ่าย Construct เข้าสู่เชื้อ *Agrobacterium tumefaciens* สายพันธุ์ EHA 105

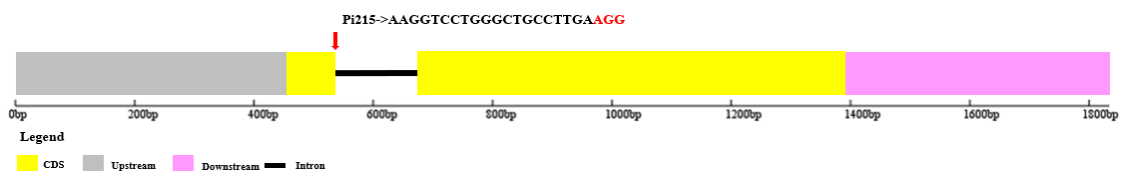


Figure 3 Structure of the *Pi21* gene (Os04t0401000-01) showing the cloned sgRNA location in the CRISPR/Cas9 vector for editing *Pi21* gene. The red arrow indicates sgRNA sequence and location. The PAM sequence is highlighted in red.

การถ่ายยีนเข้าสู่ข้าวด้วยอะโกรแบคทีเรียและการตรวจสอบการแทรกของระบบ CRISPR/Cas9 ด้วยเทคนิค พีซีอาร์ในจีโนมข้าวรุ่น T₀

เมื่อถ่ายยีนระบบ CRISPR/Cas9 เข้าสู่ข้าวพันธุ์ Kasalath พบว่ามีกลุ่มแคลลัสที่รอดบนอาหารคัดเลือกที่มีสารปฏิชีวนะไฮโกรมัยซินทั้งหมด 77 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 97.47 (Figure 4A และ 4B) และเมื่อนำแคลลัสที่รอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารชักนำให้เกิดยอดที่มีสารปฏิชีวนะไฮโกรมัยซิน พบว่าแคลลัสเกิดยอดได้ 53 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 68.83 (Figure 4C และ 4D) เมื่อนำแคลลัสที่เกิดยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารชักนำให้เกิดต้น พบว่ามีต้นข้าว 39 ต้น (Figure 4E) นำใบอ่อนมาสกัดจีโนมิกดีเอ็นเอ และทำการตรวจสอบต้นที่ได้รับยีนระบบ CRISPR/Cas9 ด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน *Cas9* พบว่า มีต้นที่เกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 1,154 คู่เบส จำนวน 35 ต้น แสดงว่า ได้รับยีนระบบ CRISPR/Cas9 แทรกอยู่ในจีโนม คิดเป็นประสิทธิภาพการถ่ายยีนร้อยละ 89.74 (Figure 4F และ Table 3)

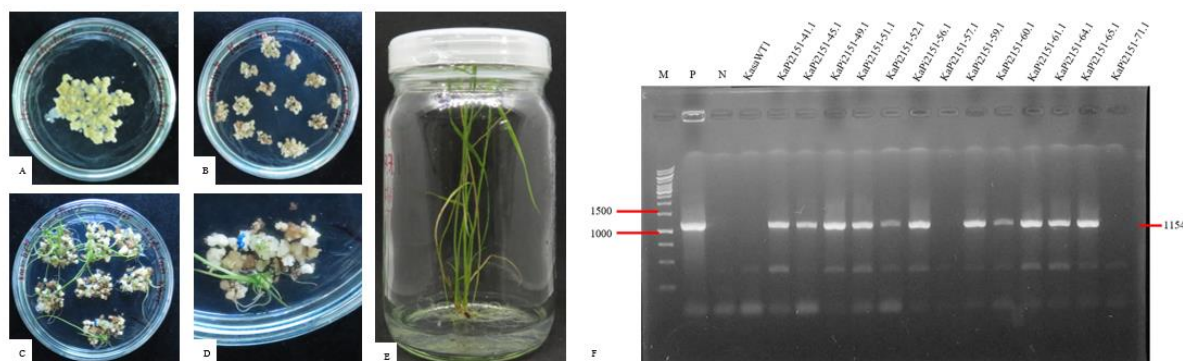


Figure 4 Selection and regeneration of hygromycin resistant calli transformed with CRISPR/Cas9 vector and analysis of *Cas9* gene in transformed plants by PCR. (A) co-culture of calli with *Agrobacterium*. (B) selection of surviving calli on selection medium. (C-E) regeneration of hygromycin resistant calli into plantlets. (F) PCR verification of CRISPR/Cas9 system in genome of T_0 plants. M: 1 kb DNA ladder, P: positive control, N: negative control, KasaWT: Kasalath wild type, KaPi2151-41.1 to KaPi2151-71.1: T_0 Kasalath rice plant

Table 3 Transformation efficiency of CRISPR/Cas9 system vector for *Pi21* gene editing

Construct	Total number of calli	Number of callus clusters survived on the selection medium ^a (%)	Number of callus clusters with green spots ^b (%)	Number of callus clusters with regenerated shoot ^c (%)	Total number of plants	Number of plants containing CRISPR/Cas9 system ^d (%)
P32-Pi215	79	77/79 (97.47)	67/77 (87.01)	53/77 (68.83)	39	35/39 (89.74)

Numbers in parentheses showing results in percentages

(a) (Number of callus clusters survived on the selection medium/ Total number of calluses) x 100

(b) (Number of callus clusters with green spots/ Number of callus clusters survived on the selection medium) x 100

รูปแบบการแก้ไขยีน *Pi21* ในต้นข้าวรุ่น T_0

เมื่อนำจีโนมิกดีเอ็นเอของต้นข้าวรุ่น T_0 ที่ได้รับการถ่ายยีนระบบ CRISPR/Cas9 มาทำพีซีอาร์โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน *Pi21* และคัดเลือกต้นที่มีแถบขนาดดีเอ็นเอที่แตกต่างจากต้น Wild type พบว่า มีต้นข้าวที่ได้รับยีนมีแถบขนาดดีเอ็นเอที่แตกต่างจากต้น Wild type ทั้งหมด 16 ต้น และเลือกบางต้นไปหาลำดับเบสของยีนโดยวิธี Sanger พบว่าจากผลโครมาโทแกรมต้นข้าว KaPi2151-25.1 แสดงลำดับเบสซ้อนกันบริเวณหลังจุดตัดของเอนไซม์ Cas 9 ซึ่งอยู่

ถัดจากลำดับเบส PAM ไปทางด้านปลาย 5' จำนวน 3 เบส แสดงว่า มีการแก้ไขและเกิดการกลายพันธุ์ของยีน *Pi21* และอาจจะมีจีโนไทป์แบบ Biallelic หรือ Heterozygous (Figure 5)

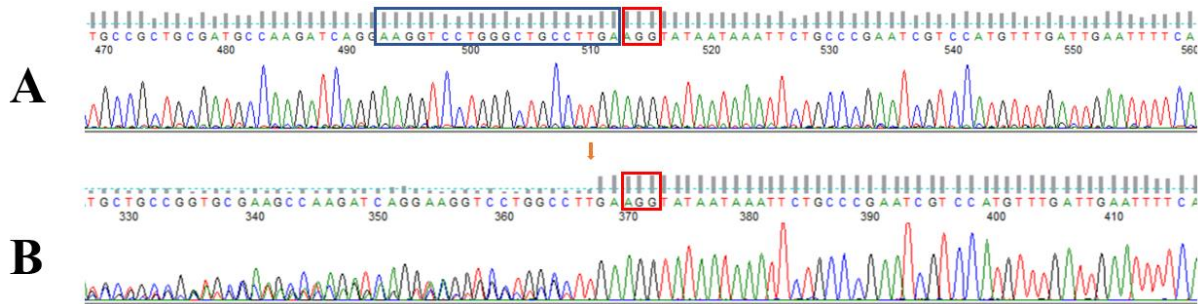


Figure 5 Chromatogram analysis of *Pi21* sequence. (A) Kasalath wild type plant. (B) KaPi2151-25.1 edited plant. The blue box is sgRNA position and the red boxes are PAM position. The orange arrow is edited point.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ลำดับเบสและลำดับกรดอะมิโนของยีน *Pi21/pi21* ในข้าว พบว่าข้าวพันธุ์หางยี 71 ข้าวดอกมะลิ 105 และ Kasalath มีลำดับเบสที่แตกต่างจากลำดับเบสข้าวพันธุ์ Aichi-asahi (AB430852) ที่เป็นพันธุ์อ่อนแอ และข้าวพันธุ์ Owarihatamochi (AB430853) ที่เป็นพันธุ์ต้านทาน 4 ตำแหน่ง ซึ่งลำดับเบสของข้าวพันธุ์ Kasalath ในงานวิจัยนี้เหมือนกับลำดับเบสของข้าวพันธุ์ Kasalath (AB430854) ในฐานข้อมูล Fukuoka *et al.* (2009) ได้รายงานว่า ยีน *Pi21* ของข้าวพันธุ์ Kasalath จัดอยู่ในกลุ่ม Haplotype C ที่มีการกลายพันธุ์ในตำแหน่ง 373-394 จาก Start codon แบบ 9 bp deletion ซึ่งเป็นกลุ่มพันธุ์ข้าวอ่อนแอต่อโรคไหม้ ในงานวิจัยนี้คาดว่ายีนในข้าวพันธุ์หางยี 71 และข้าวดอกมะลิ 105 เป็นยีน *Pi21* แสดงความอ่อนแอต่อโรคไหม้ เนื่องจากข้าวทั้ง 3 พันธุ์ มีการขาดหายไป 9 bp ที่ตำแหน่งเดียวกัน ส่วนข้าวพันธุ์หางยี 71 แม้จะมียีน *Pi21* ที่จัดอยู่ใน Haplotype C ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอ แต่มีการระบุว่าเป็นพันธุ์ต้านทานต่อโรคไหม้ เนื่องจากมียีนต้านทานอื่นอื่น เช่น กลุ่มยีนที่สร้างโปรตีน putative NBS-LRR resistance protein ที่เป็นโปรตีนทำหน้าที่เกี่ยวกับความต้านทานโรคในพืช (Payungsak *et al.*, 2011)

การออกแบบ sgRNA ของระบบ CRISPR/Cas9 เพื่อทำการแก้ไขยีน *Pi21* ในข้าวพันธุ์ Kasalath มีตำแหน่งอยู่ที่เอกซอน 1 โดยจะทำให้เกิดการกลายพันธุ์และมีผลกระทบต่อโปรตีนที่บริเวณสำคัญ คือ Putative heavy-metal-binding domain และ Proline-rich motifs (PxxPxxP) ที่มีหน้าที่สำหรับ Protein-protein interaction (Fukuoka *et al.*, 2009) ทำให้ยีน *Pi21* หยุดการทำงาน ส่งผลให้มีความต้านทานโรคไหม้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการรายงานของ Nawaz *et al.* (2020) ที่มี sgRNA อยู่ทีเอกซอน 2 ที่พบการแก้ไขในหลายแบบในข้าว ที่ทำให้กระทบต่อบริเวณ proline-rich motifs และส่งผลให้ความต้านทานโรคไหม้เพิ่มขึ้น

การถ่ายยีนระบบ CRISPR/Cas9 เข้าสู่ข้าวพันธุ์ Kasalath โดยใช้อะโกเรแบคทีเรีย พบว่า มีประสิทธิภาพการถ่ายยีนสูงคิดเป็นร้อยละ 89.74 เมื่อวิเคราะห์ลำดับเบสของยีน *Pi21* สามารถพบต้นที่ได้รับการแก้ไขยีนในรุ่น T_0 ที่อาจมีจีโนไทป์แบบ Biallelic หรือ Heterozygous โดยที่ทั้ง 2 แบบ อาจจะทำให้ความต้านทานโรคไหม้เพิ่มมากขึ้น ซึ่ง

สอดคล้องกับรายงานของ Nawaz *et al.* (2020) ที่รายงานว่า ข้าวที่ได้รับการแก้ไขยีนมีจีโนไทป์แบบ biallelic หรือ heterozygous เช่นกัน

สรุปผลการวิจัย

ลำดับเบสของยีน *Pi21* ของข้าวพันธุ์หางยี 71 ขาวดอกมะลิ 105 และ Kasalath พบ 9 bp deletion จัดเป็น Haplotype C ซึ่งพบในพันธุ์ข้าวอ่อนแอต่อโรคไหม้ การออกแบบ sgRNA ของเวกเตอร์ระบบ CRISPR/Cas9 ที่เอกซอน 1 อาจส่งผลกระทบต่อ 2 บริเวณสำคัญ คือ Putative heavy-metal-binding domain และ Proline-rich motifs ของยีน *Pi21* ที่ทำให้ยีนหยุดการทำงานได้ และการถ่ายยีนระบบ CRISPR/Cas9 เข้าสู่ข้าวพันธุ์ Kasalath มีประสิทธิภาพสูง เมื่อนำต้นที่ได้รับระบบ CRISPR/Cas9 มาวิเคราะห์ลำดับเบส พบว่าอาจมีการแก้ไขยีน แบบ biallelic หรือ Heterozygous จึงจะนำเมล็ดข้าวรุ่น T_1 ไปปลูกเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการแก้ไขยีน *Pi21* และทดสอบความต้านทานโรคไหม้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว.) ผ่านมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 และ 2566

เอกสารอ้างอิง

- Asuyama, H. 1965. Morphology, Taxonomy, Host Range, and Life Cycle of *Pyricularia oryzae*. pp. 9-22. In **IRRI: The Rice Blast Disease—Proceedings of a Symposium**. Baltimore, Maryland: John Hopkins Press.
- Chintana, T., R. Kiattisak and S. Sukumaporn. 2016. Control of *Pyricularia grisea* causing of rice blast disease. **KHON KAEN AGR Journal** 44(1): 972-976 [in Thai]
- Fukuoka, S., N. Saka, H. Koga, K. Ono, T. Shimizu, K. Ebana, N. Hayashi, A. Takahashi, H. Hirochika, K.Okuno and M. Yano. 2009. Loss of function of a proline-containing protein confers durable disease resistance in rice. **Science** 325(5943): 998-1001.
- Fukuoka, S. and K. Okuno. 2019. Strategies for breeding durable resistance to rice blast using *pi21*. **Crop Breeding, Genetics and Genomics** 1(2): 1-20
- Gupta, D., O. Bhattacharjee, D. Mandal, M.K. Sen, D. Dey, A. Dasgupta, T.A. Kazi, R. Gupta, S. Sinharoy, K. Acharya, D. Chattopadhyay, V. Ravichandiran, S. Roy and D. Ghosh. 2019. CRISPR-Cas9 system: a new-fangled dawn in gene editing. **Life Science** 232. 116636.

- 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.
- Nawaz, G., B. Usman, H. Peng, N. Zhao, R. Yuan, Y. Liu and R. Li. 2020. Knockout of *Pi21* by CRISPR/Cas9 and iTRAQ-based proteomic analysis of mutants revealed new insights into *M. oryzae* resistance in elite rice line. **Genes** 11(7): 1-23
- Payungsak, R., N. Suphawadee, S. Paranee, U. Hathairat and A. Parkpian. 2011. Identification of early stress-induced genes from rice infected with rice blast pathogen (*Pyricularia grisea* (Cook) Sacc.). **Thai Agricultural Research Journal** 29(3): 216-232 [in Thai]
- Romero, F.M. and A. Gatica-Arias. 2019. CRISPR/Cas9: development and application in rice breeding. **Rice Science** 26(5): 265-281.
- Toki, S. 1997. Rapid and efficient agrobacterium-mediated transformation in rice. **Plant Molecular Biology Reporter** 15(1): 16.
- Xie, K., B. Minkenberg and Y. Yang. 2015. Boosting CRISPR/Cas9 multiplex editing capability with the endogenous tRNA-processing system. **Proc Natl Acad Sci U S A. Journal List** 112(11): 3570-3575.
- Zhang, Y., J. Zhao, Y. Li, Z. Yuan, H. He, H. Yang, H. Qu, C. Ma and S.Qu. 2016. Transcriptome analysis highlights defense and signaling pathways mediated by rice *pi21* gene with partial resistance to *Magnaporthe oryzae*. **Front Plant Science** 7: 1834.

เครื่องหมายไมโครแซตเทลไลท์ที่แยกความแตกต่างระหว่างข้าวโฟเลตสูงและต่ำ Microsatellite Markers that Differentiate between High and Low Folate Rice

ยุพเยาว์ คบพิมาย^{1*} กัญญารัตน์ สายยิ้ม¹ ศิริรัตน์ ไพศาลสุทธิชล² กฤษณะ ลาน้ำเที่ยง³
ภัสสร วรรณพินิจ⁴ และศรัณย์ จินะเจริญ^{5,6}

Yuppayao Kophimai^{1*}, Kanyarat Saiyim¹, Sirirat Phaisansuthichol², Krisana Lanumteang³
Passorn Wannapinij⁴ and Saran Cheenacharoen^{5,6}

¹สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

⁴ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁵ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180

⁶ศูนย์ความเป็นเลิศด้านความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180

¹Program in Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Program in Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

³Program in Statistics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

⁴Department of Genetics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

⁵Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50180

⁶Centre of Excellence on Biodiversity Research and Implementation for Community, Chiang Mai Rajabhat University
Chiang Mai, Thailand 50180

*Corresponding author: kophimai@yahoo.com

Abstract

The human body needs folate or vitamin B9 to help with various metabolic processes such as DNA synthesis, helping to prevent many types of cancer, congenital abnormalities in babies, etc. Rice breeding for high folate content is therefore very beneficial to rice consumers. The purpose of this research was to find microsatellite DNA markers that could detect the differences between two high-folate rice varieties, namely Khi Thom Daeng and Jao Lueang, and four varieties of rice with low folate but good cooking quality and were commonly consumed, namely RD43, Riceberry, Pathum Thani 1 and Jao Kam Hom Maejo 1A. A total of 27 DNA markers were tested. Five markers, namely RM3042, RM13473, RM18828, RM6082 and RM2482, showed differences in DNA band size between high and low folate rice varieties. These DNA markers will be used to investigate the association between DNA markers and folate content in F_2 population. If a link is found, the DNA markers will be used in rice breeding for high folate content in the future.

Keywords: rice, DNA marker, microsatellite, folate, rice breeding

บทคัดย่อ

ร่างกายของมนุษย์ต้องการโฟเลตหรือวิตามินบี 9 เพื่อช่วยในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์ดีเอ็นเอ ช่วยป้องกันโรคมะเร็งหลายชนิด ช่วยป้องกันความผิดปกติแต่กำเนิดของทารก ฯลฯ การปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณโฟเลตสูงจึงเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้บริโภคข้าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดไมโครแซตเทลไลต์ที่สามารถตรวจสอบความแตกต่างระหว่างข้าวที่มีปริมาณโฟเลตสูงจำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ ซีตมแดง และเจ้าเหลือง และข้าวที่มีโฟเลตต่ำแต่คุณภาพการหุงต้มดีเป็นที่นิยมบริโภคจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ กข43 ไรซ์เบอร์รี่ ปทุมธานี 1 และเจ้าท่าหอมแม่โจ้ 1 เอ จากการทดลองใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอจำนวน 27 เครื่องหมาย พบว่า 5 เครื่องหมาย ได้แก่ RM3042, RM13473, RM18828, RM6082 และ RM2482 แสดงความแตกต่างของขนาดแถบดีเอ็นเอระหว่างพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณโฟเลตสูงและต่ำ เครื่องหมายดีเอ็นเอเหล่านี้จะนำไปใช้ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายดีเอ็นเอกับปริมาณโฟเลตในประชากร F_2 ต่อไป หากพบความสัมพันธ์จะนำเครื่องหมายดีเอ็นเอไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณโฟเลตสูงในอนาคต

คำสำคัญ: ข้าว เครื่องหมายดีเอ็นเอ ไมโครแซตเทลไลต์ โฟเลต การปรับปรุงพันธุ์ข้าว

คำนำ

โฟเลต (Folate) หรือ วิตามินบี 9 มีความสำคัญอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ การได้รับโฟเลตไม่เพียงพอจะทำให้เกิดความผิดปกติหลายอย่าง เช่น ภาวะโลหิตจาง อัลไซเมอร์ ภาวะหลอดประสาทไม่ปิด โรคโลหิตจางชนิด Megaloblastic เพิ่มความเสี่ยงในการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ ผู้ใหญ่ต้องโฟเลตในปริมาณ 400 ไมโครกรัม/วัน ส่วนผู้หญิงตั้งครรภ์ต้องการโฟเลตเพิ่มขึ้นเป็น 600 ไมโครกรัม/วัน (Blancquaert *et al.*, 2015) อย่างไรก็ตามปริมาณโฟเลตในพืชอาหารหลักของมนุษย์ เช่น ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด มันฝรั่ง มีน้อยมาก และปริมาณโฟเลตยังลดลงเมื่อมีการปรุงอาหารด้วยความร้อน นอกจากนี้ระยะเวลาในการเก็บรักษาก็ทำให้ปริมาณโฟเลตลดลงเช่นกัน โดยปริมาณโฟเลตในข้าวที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 21-28°C จะลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บไว้นาน 4 เดือน (Strobbe and Straeten, 2017) มนุษย์และสัตว์ไม่สามารถผลิตโฟเลตเองได้ ต้องได้รับจากพืชเท่านั้น ดังนั้นจึงทำให้พบภาวะการขาดโฟเลตส่วนมากอยู่ในทวีปเอเชีย ได้แก่ กัมพูชา บังคลาเทศ พม่า ไทย และจีน ซึ่งประเทศเหล่านี้บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก (Blancquaert *et al.*, 2014)

เครื่องหมายดีเอ็นเอ หมายถึง ลำดับเบสช่วงหนึ่งของดีเอ็นเอที่ใช้เป็นเครื่องหมายติดตามยีนของสิ่งมีชีวิตสามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ สิ่งมีชีวิตแต่ละพันธุ์มีการเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์แตกต่างกัน จึงสามารถนำส่วนที่มีความแตกต่างนี้มาพัฒนาเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอได้ เครื่องหมายดีเอ็นเอมีหลายชนิด เช่น RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphisms), SSR (Simple Sequence Repeats) หรือไมโครแซตเทลไลต์ และ SNP (Single Nucleotide Polymorphisms) เป็นต้น การเลือกใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ

ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการทดลอง (Saengprajak, 2012) เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดไมโครแซตเทลไลต์เป็นเครื่องหมายที่ตรวจสอบความแตกต่างของจำนวนซ้ำของดีเอ็นเอขนาด 1-6 เบส เช่น CACACACA หรือ AGTAGTAGT เป็นต้น สิ่งมีชีวิตแต่ละพันธุ์จะมีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน ทำให้ขนาดของดีเอ็นเอที่ได้จากการตรวจสอบยาวไม่เท่ากัน (Peyachoknagul, 2009) มีการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดไมโครแซตเทลไลต์ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว เช่น ใช้เป็นเครื่องหมายที่บ่งชี้การต้านทานโรคไหม้จากเชื้อ *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc.) ในข้าวหอมมะลิและข้าวดอกมะลิ 105 เป็นต้น (Saengprajak, 2012)

จากการวัดปริมาณโฟเลตในข้าวจำนวน 74 ตัวอย่างด้วยวิธี HPLC (High Performance Liquid Chromatography) พบว่าข้าวพื้นเมืองพันธุ์ขี้ตมแดงมีปริมาณโฟเลตรวมสูงที่สุด คือ 718.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Kophimai *et al*, 2023) และจากการสำรวจข้าวพื้นเมืองที่ อำเภอกุดชุม จังหัดยโสธร จำนวน 30 พันธุ์ และวัดปริมาณโฟเลตด้วยวิธีทางจุลชีววิทยา โดย Kongkachuichai and Chareonsiri (2010) พบว่าข้าวส่วนใหญ่มีปริมาณโฟเลตต่ำ มีเพียงพันธุ์เดียว คือ ข้าวเจ้าเหลือง ที่มีปริมาณโฟเลตในข้าวกล้องสูงถึง 116.47 ไมโครกรัม/100 กรัม ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะทดสอบหาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่สัมพันธ์กับปริมาณโฟเลตโดยใช้ข้าวพันธุ์ที่มีโฟเลตสูง คือ ขี้ตมแดง และเจ้าเหลือง ผสมกับข้าวพันธุ์ที่มีโฟเลตต่ำ เช่น กข43 ไรซ์เบอร์รี่ ปทุมธานี 1 และเจ้าท่าหอมแม่โจ้ 1 เอ แล้วประเมินความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายดีเอ็นเอกับปริมาณโฟเลตในประชากร F_2 ซึ่งหากพบความสัมพันธ์ดังกล่าวก็สามารถนำเครื่องหมายดีเอ็นเอนี้มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณโฟเลตสูงต่อไปได้

จากการรายงานของ Dong *et al*. (2014) พบ QTL จำนวน 3 ตำแหน่งบนโครโมโซมที่ 3 ที่เชื่อมโยงกับปริมาณโฟเลตในข้าว ได้แก่ qQTF 3-1 (อยู่ในช่วง marker Q12040-A10050), qQTF 3-2 (อยู่ในช่วง marker RM156-RM16) และ qQTF 3-3 (อยู่ในช่วง marker C944-R2856) แต่ QTL เหล่านี้อยู่ในส่วนที่ไม่ใช่ยีนที่อยู่ในวิถีการสังเคราะห์โฟเลต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดไมโครแซตเทลไลต์ที่อยู่ใกล้กับยีนในวิถีการสังเคราะห์โฟเลตที่แสดงความแตกต่างระหว่างข้าวพันธุ์พ่อ 2 พันธุ์ ได้แก่ ขี้ตมแดง และเจ้าเหลือง และพันธุ์แม่ 4 พันธุ์ ได้แก่ กข43 ไรซ์เบอร์รี่ ปทุมธานี 1 และเจ้าท่าหอมแม่โจ้ 1 เอ เพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายดีเอ็นเอกับปริมาณโฟเลตในประชากร F_2 ต่อไป ถ้าพบความสัมพันธ์ก็จะนำเครื่องหมายดีเอ็นเอไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อให้มีปริมาณโฟเลตสูงในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวที่ใช้ในการศึกษา

ปลูกข้าวทั้งหมด 6 พันธุ์ ซึ่งเป็นข้าวที่มีโฟเลตสูง 2 พันธุ์ ได้แก่ ขี้ตมแดง และเจ้าเหลือง และข้าวที่มีคุณภาพการหุงต้มที่นิยมบริโภค 4 พันธุ์ ได้แก่ กข43 ไรซ์เบอร์รี่ ปทุมธานี 1 และเจ้าท่าหอมแม่โจ้ 1 เอ ในโรงเรือนฤดูนาปี พ.ศ. 2565

การหาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ใช้แยกความแตกต่างระหว่างข้าวโฟเลตสูงและต่ำ

สกัดดีเอ็นเอจากใบอ่อนข้าวทั้ง 6 พันธุ์ โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอ DNAsecure Plant Kit (TAINGEN, China) ค้นหา ยีนและตำแหน่งของยีนที่อยู่ในวิถีการสังเคราะห์โฟเลตในข้าวจากฐานข้อมูล KEGG (<https://www.kegg.jp/>)

pathway/osa00790) ซึ่งพบว่ายีนมีการกระจายตัวอยู่บนโครโมโซมทุกแท่ง ยกเว้นแท่งที่ 7 จากนั้นจึงเลือกเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดไมโครแซตเทลไลต์ที่มีตำแหน่งอยู่ใกล้ยีนที่สนใจมากที่สุดจากฐานข้อมูล GRAMENE โดยใช้ข้อมูลจาก Supplementary table 18 (<https://archive.gramene.org/markers/microsat/>) (IRGSP, 2005) โดยพบทั้งหมด 27 เครื่องหมาย ดัง Table 1

นำเครื่องหมายดีเอ็นเอทั้งหมดมาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ โดยทดสอบอุณหภูมิในช่วง 40-60°C. กับข้าวจำนวน 2 พันธุ์ แล้วคัดเลือกอุณหภูมิที่แสดงแถบดีเอ็นเอที่ชัดเจน พบว่าได้ผลดังตารางที่ 1 จากนั้นจึงทำปฏิกิริยาพีซีอาร์กับข้าวทุกพันธุ์โดยสภาวะในการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ประกอบด้วยดีเอ็นเอ 1 นาโนกรัม/ไมโครลิตร สารละลายปฏิกิริยาพีซีอาร์ความเข้มข้น 1X exTEN PCR Master Mix (1st BASE, Singapore) ไพรมเมอร์แต่ละเส้นความเข้มข้น 0.2 ไมโครโมลาร์ รอบอุณหภูมิในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอประกอบด้วยอุณหภูมิ 95°C. เป็นเวลา 3 นาทีจำนวน 1 รอบ ตามด้วยอุณหภูมิ 95°C. เป็นเวลา 30 วินาที อุณหภูมิที่เหมาะสมในการจับของแต่ละไพรมเมอร์เวลา 30 วินาที อุณหภูมิ 72°C. เวลา 30 วินาที จำนวน 30 รอบ และอุณหภูมิ 72°C. เวลา 8 นาที จำนวน 1 รอบ

ตรวจสอบขนาดของชิ้นดีเอ็นเอด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยใช้อะกาโรสความเข้มข้น 3% กระแสไฟฟ้า 135 โวลต์ เป็นเวลา 40-50 นาที ย้อมสีดีเอ็นเอด้วย SYBR safe DNA gel stain (Thermo Fisher Scientific, USA)

Table 1 Microsatellite markers used in this study

No.	Marker	Primer	sequence 5'-3'	Ta (°C)	Repeat Unit	Gene in folate biosynthesis pathway	Chromosome	Distance from gene (bp)
1	RM17600	RM17600-F	CCTCGAAATGAATTGCAGTCGAACG	55	AAT	GTP cyclohydrolase 1	4	125
		RM17600-R	GTCTTGTGCCTTGTGCCGATGG					
2	RM12890	RM12890-F	GCTCACCTAGGTTATCTGGATTTGC	55	AGG	cyclic pyranopterin mono phosphate synthase, mitochondrial	2	11,122
		RM12890-R	GCATCAGTTCCATCAGTTCAATCC					
3	RM2486	RM2486-F	CGACGTCTTCTCTGCAACATTACC	58	AT	cyclic pyranopterin monophosphate synthase, mitochondrial isoform X1	12	132,867
		RM2486-R	GTGAACGAAACGCTTACGAACG					
4	RM3042	RM3042-F	TATCGACGACGGCTGTTGAGAGG	55	AC	cyclic pyranopterin monophosphate synthase accessory protein, mitochondrial	4	9,066
		RM3042-R	GTTGGTTGGACCTTGGGTCTGG					
5	RM12439	RM12439-F	AGATACATGTGCACCCGTAAACC	58	ATC	molybdopterin synthase catalytic subunit	2	23,521
		RM12439-R	GACGAGGATGAAATGGTAGTTGC					
6	RM17598	RM17598-F	GATGGATGACTTCGTGACATGC	40	AT	molybdopterin biosynthesis protein CNX1	4	333
		RM17598-R	GCCTCTTGCCTCCCTAATGG					

Table 1 (Continued)

No.	Marker	Primer	sequence 5'-3'	Ta (°C)	Repeat Unit	Gene in folate biosynthesis pathway	Chromosome	Distance from gene (bp)
7	RM20601	RM20601-F	GGAGTGAACTGAGGCTCCTATCG	55	AT	molybdenum cofactor sulfurase	6	2,040
		RM20601-R	TCGTTCTCCCTGCAAGTTAATGG					
8	RM13473	RM13473-F	GTCCAATAAGGGTCAGGTTGTGC	58	AT	probable bifunctional riboflavin biosynthesis protein RIBA 2, chloroplastic	2	5,040
		RM13473-R	TGTATAAGATACGGCCCAAGAGG					
9	RM18828	RM18828-F	GTTCACTCCCGCATCCAATTCC	55	AG	probable monofunctional riboflavin biosynthesis protein RIBA 3, chloroplastic isoform X1	5	6,651
		RM18828-R	GCGGTGAGCTAGGAAGGTGTCG					
10	RM23331	RM23331-F	CCCTCCCGGTATAAACCTATCC	55	CCG	probable bifunctional riboflavin biosynthesis protein RIBA 1, chloroplastic	8	2,148
		RM23331-R	AGCTAAACGGCAACGACTAAACC					
11	RM10481	RM10481-F	TGGAGAGAAGACAGAGCATATACTGG	55	AT	D-amino-acid transaminase, chloroplastic isoform X1	1	2,564
		RM10481-R	CAGGGATGGAGCATTGGTAGG					
12	RM12946	RM12946-F	TTCACTCAGGAAGGAGTCAGATAGC	55	AAAT	D-amino-acid transaminase, chloroplastic	2	29,305
		RM12946-R	CACTAGTCACTGTGTTGTGCATGG					

Table 1 (Continued)

No.	Marker	Primer	sequence 5'-3'	Ta (°C)	Repeat Unit	Gene in folate biosynthesis pathway	Chromosome	Distance from gene (bp)
13	RM6082	RM6082-F	GCGGGTGCTTATGTACCTACACG	58	AGG	D-amino-acid transaminase, chloroplastic	5	14,086
		RM6082-R	AATGAGGGTGGGAGCGATGTCC					
14	RM20677	RM20677-F	TTCCTTCCAGATTTGCACGTACC	40	AT	probable aminodeoxychorismate synthase, chloroplastic isoform X1	6	20,508
		RM20677-R	CGAGTAATGGATGGATGGATGG					
15	RM14	RM14-F	CTCCTCGCTTCGTCCACTTCC	55	AGG	alkaline phosphatase D	2	42,894
		RM14-R	CCATGTGTCACCGACTCAACG					
16	RM19400	RM19400-F	ACTCCCACTGCATTCAGACTGG	55	AGG	uncharacterized protein LOC4340171	6	5,262
		RM19400-R	TGATGTCACAAGCCACAAGTAGC					
17	RM3496	RM3496-F	GGTATACGGCCCTTCAAGTACACG	55	AG	dihydroneopterin aldolase 2	8	1,902
		RM3496-R	TGCAGAGAAAGAAGGGAAGATCG					
18	RM2482	RM2482-F	CGGCTCAATGACAATAACAGTAGC	54	AT	dihydroneopterin aldolase 2 isoform X1	9	2,257
		RM2482-R	GCAGGGAATCATGAAACAGAATGG					
19	RM14288	RM14288-F	GTACCGCAGCTTGATCCCTAGC	55	AG	folylpolyglutamate synthase isoform X1	3	11,229
		RM14288-R	CCCAAATAGCGTGACAAAGTGC					
20	RM5841	RM5841-F	TGAGAGTTACCGTCCATCTAGC	55	AAT	folylpolyglutamate synthase isoform X1	10	878
		RM5841-R	GAGTACAGTGAGTGCCCTACG					

Table 1 (Continued)

No.	Marker	Primer	sequence 5'-3'	Ta (°C)	Repeat Unit	Gene in folate biosynthesis pathway	Chromosome	Distance from gene (bp)
21	RM28764	RM28764-F	CTTCCCTTTGCATTGCTGTCTCC	55	AG	bifunctional dihydrofolate reductase-thymidylate synthase isoform X1	12	8,507
		RM28764-R	CCTGCTGGGAGAAGTCGTAGAGG					
22	RM1356	RM1356-F	GTAAGTTCCTTGCTCGATGTCC	58	AG	bifunctional dihydrofolate reductase-thymidylate synthase isoform X1	11	61,308
		RM1356-R	CCGTAATCGCCAACCCTAGC					
23	RM3917	RM3917-F	CAGGCTTGACGGACGACTCC	NA	AT	putative bifunctional dihydro folate reductase-thymidylate synthase isoform X1	12	61,308
		RM3917-R	AACGAACGTGAACGAGCTAGGG					
24	RM18999	RM18999-F	CAAGTAAGAGTGTTGTCGATGG	55	AG	gamma-glutamyl hydrolase 2	5	1,791
		RM18999-R	GTTCCCACTTCTCACATATAGC					
25	RM12156	RM12156-F	TGTTTGTTGATGCAGCAAAGG	52	CCG	(+) -neomenthol dehydrogenase	1	11,488
		RM12156-R	TTTACGTTCCCTTTGGGACAGG					
26	RM13580	RM13580-F	GTTCTCCGTGAGGGACTGAGG	55	AC	(+) -neomenthol dehydrogenase	2	25,334
		RM13580-R	CGAACCCGCAATGTCTAATGC					
27	RM17177	RM17177-F	CCACTCTGGAGAATGAAATGAACC	55	AAAG	(+) -neomenthol dehydrogenase	4	8,197
		RM17177-R	ACCATGGAAATCTTGCTGCTAGG					

NA = no optimal annealing temperature

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการทดลองหาเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดไมโครแซตเทลไลต์ที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าว RM18828, RM6082, RM2482 (Figure 1) ส่วนเครื่องหมายดีเอ็นเอจำนวน 21 เครื่องหมาย ได้แก่ RM17600, RM12890, RM2486, RM12439, RM17598, RM20601, RM23331, RM10481, RM12946, RM20677, RM14, RM19400, RM3496, RM14288, RM5841, RM28764, RM1356, RM18999, RM12156, RM13580, RM17177 ให้แถบดีเอ็นเอขนาดเท่ากันทุกตัวอย่างจึงไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ และเครื่องหมาย RM3917 ให้แถบดีเอ็นเอที่ไม่ชัดเจนไม่สามารถใช้ในการทดลองได้

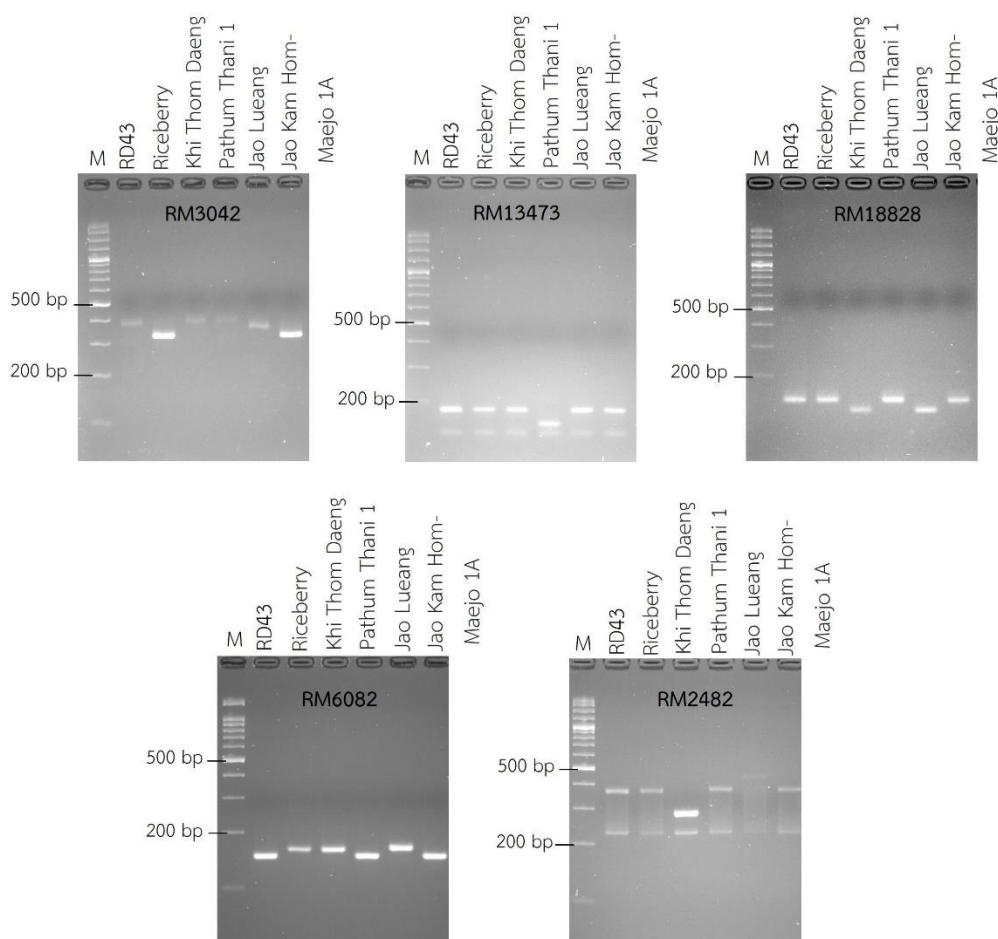


Figure 1 Microsatellite DNA markers that can differentiate between high and low folate content rice.
M = DNA size standard

เครื่องหมายดีเอ็นเอที่ให้แถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันระหว่างข้าวที่มีปริมาณโฟเลตสูงและต่ำทั้ง 5 เครื่องหมาย อยู่ใกล้กับยีนในวิธีการสังเคราะห์โฟเลตในข้าว ได้แก่ ยีน 1) เครื่องหมาย RM 3042 อยู่ใกล้กับยีน Cyclic pyranopterin

monophosphate synthase accessory protein, mitochondrial 2) เครื่องหมาย RM 13473 อยู่ใกล้กับยีน Probable bifunctional riboflavin biosynthesis protein RIBA 2, Chloroplastic 3) เครื่องหมาย RM 18828 อยู่ใกล้กับยีน probable monofunctional riboflavin biosynthesis protein RIBA 3, Chloroplastic isoform X1 4) เครื่องหมาย RM 6082 อยู่ใกล้กับยีน D-amino-acid transaminase, chloroplastic และ 5) เครื่องหมาย RM 2482 อยู่ใกล้กับยีน Dihydroneopterin aldolase 2 isoform X1

ซึ่งกระจายตัวอยู่บนโครโมโซม 2, 4, 5 และ 9

หากทำการผสมข้าวที่มีปริมาณโฟเลตสูง คือ ข้าวพันธุ์ขี้ตมแดง และเจ้าเหลือ กับข้าวที่มีโฟเลตต่ำ ได้แก่ กข 43 ไرشเบอร์รี่ ปทุมธานี 1 และเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ จะสามารถใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอในการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างยีนกับปริมาณโฟเลตในประชากร F_2 ของแต่ละคู่ผสมดังนี้ 1) คู่ผสมกข 43 x ขี้ตมแดง สามารถใช้เครื่องหมาย RM18828 RM6082 RM2482 2) คู่ผสมไرشเบอร์รี่ x ขี้ตมแดง ใช้เครื่องหมาย RM3042, RM18828, RM2482 3) คู่ผสมปทุมธานี 1 x ขี้ตมแดง ใช้เครื่องหมาย RM13473, RM18828, RM6082, RM2482 4) คู่ผสมเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ x ขี้ตมแดง ใช้เครื่องหมาย RM3042, RM18828, RM6082, RM2482 5) คู่ผสมกข43 x เจ้าเหลือ ใช้เครื่องหมาย RM18828, RM6082, RM2482 6) คู่ผสมไرشเบอร์รี่ x เจ้าเหลือ ใช้เครื่องหมาย RM3042, RM18828, RM2482 7) คู่ผสมปทุมธานี 1 x เจ้าเหลือ ใช้เครื่องหมาย RM3042, RM13473, RM18828, RM6082, RM2482 และ 8) คู่ผสมเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ x เจ้าเหลือ ใช้เครื่องหมาย RM3042, RM18828, RM6082, RM2482

เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดไมโครแซตเทลไลท์ทั้ง 5 เครื่องหมายมีความแตกต่างของขนาดแถบดีเอ็นเอระหว่างพันธุ์พ่อแม่ชัดเจน ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้สำหรับทดสอบในประชากร F_2 ได้ ข้อดีของเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดไมโครแซตเทลไลท์ คือ มีความจำเพาะ มีความผันแปรสูง ทำซ้ำได้ผลเหมือนเดิม และเป็น Codominant สามารถตรวจสอบสภาพ Heterozygous ได้ (Miah *et al.*, 2013) นอกจากนี้เครื่องหมายดีเอ็นเอทั้ง 5 เครื่องหมายนี้สามารถใช้เจลอะกาโรสในการตรวจสอบได้ซึ่งทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบ ปลอดภัยและรวดเร็วกว่าการใช้เจลอะคริลาไมด์ และหากพบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายดีเอ็นเอใดกับปริมาณโฟเลตในประชากร F_2 ก็สามารถนำเครื่องหมายดีเอ็นเอนั้นไปใช้ในการคัดเลือกข้าวเพื่อให้มีปริมาณโฟเลตสูงต่อไปได้

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดไมโครแซตเทลไลท์ทั้งหมด 27 เครื่องหมาย เพื่อแยกความแตกต่างระหว่างข้าวที่มีปริมาณโฟเลตสูงซึ่งเป็นพันธุ์พ่อ 2 พันธุ์ ได้แก่ ขี้ตมแดง และเจ้าเหลือ กับพันธุ์แม่ที่มีปริมาณโฟเลตต่ำ 4 พันธุ์ ได้แก่ กข43 ไرشเบอร์รี่ ปทุมธานี 1 และเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่าเครื่องหมาย RM3042, RM13473, RM18828, RM6082 และ RM2482 ให้แถบดีเอ็นเอขนาดต่างกันระหว่างพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ เครื่องหมายดีเอ็นเอเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายดีเอ็นเอกับปริมาณโฟเลตในประชากร F_2 ต่อไป โดยหากทดสอบคู่ผสมระหว่าง กข43 x ขี้ตมแดง ต้องใช้เครื่องหมาย RM18828, RM6082, RM2482 คู่ผสมไرشเบอร์รี่ x ขี้ตมแดง ใช้เครื่องหมาย RM3042, RM18828, RM2482 คู่ผสมปทุมธานี 1 x ขี้ตมแดง ใช้เครื่องหมาย RM13473, RM18828, RM6082, RM2482 คู่ผสมเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ x ขี้ตมแดง ใช้เครื่องหมาย RM3042, RM18828, RM6082, RM2482 คู่ผสมกข43 x เจ้า

เหลือง ใช้เครื่องหมาย RM18828, RM6082, RM2482 คู่ผสมไรซ์เบอร์รี่ x เจ้าเหลือง ใช้เครื่องหมาย RM3042, RM18828, RM2482 คู่ผสมปทุมธานี 1 x เจ้าเหลือง ใช้เครื่องหมาย RM3042, RM13473, RM18828, RM6082, RM2482 และ คู่ผสมเจ้าท่าหอมแม่โจ้ 1 เอ x เจ้าเหลือง ใช้เครื่องหมาย RM3042, RM18828, RM6082, RM2482

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2565 รหัสทุนวิจัย มจ.1-65-025

เอกสารอ้างอิง

- Blancquaert, D., H.D. Steur, X. Gellynck and D.V.D. Straeten. 2014. Present and future of folate biofortification of crop plants. **Journal of Experimental Botany** 65(4): 895-906.
- Blancquaert, D., J.V. Daele, S. Strobbe, F. Kiekens, S. Storozhenko, H.D. Steur, X. Gellynck, W. Lambert, C. Strove and D.V. Straeten. 2015. Improving folate (vitamin B9) stability in biofortified rice through metabolic engineering. **NATURE BIOTECHNOLOGY** 33(10): 1076-1080.
- Dong, W., C.Z. Jun, X.J. Long, Z.T. Qing, W.X. Le, Z.H. Zheng, W. Jie and W.J. Min. 2014. Identification of QTLs underlying folate content in milled rice. **Journal of Integrative Agriculture** 13(9): 1827-1834.
- IRGSP: International Rice Genome Sequencing Project. 2005. The map-based of the rice genome. **Nature** 436: 793-800.
- Kongkachuichai, R. and R. Chareonsiri. 2010. **Nutritional Value of Land-Race Rice in Land Reform Area of Ampur Kudchum, Yasothon Province.** 102 p. *In* Research Report. Nakhon Pathom: Mahidol University. [in Thai]
- Kophimai, Y., S. Phaisansuthichol, K. Lanumteang, P. Wonnapijit and S. Cheenacharoen. 2023. **Development of Molecular Marker Linked to Folate Content in Rice.** 104 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]
- Miah, G., M.Y. Rafii, M.R. Ismail, A.B. Puteh, H.A. Rahim, K N. Islam and M.A. Latif. 2013. A review of microsatellite markers and their applications in rice breeding programs to improve blast disease resistance. **Int. J. Mol. Sci.** 14: 22499-22528.
- Peyachoknagul, S. 2009. **DNA Markers: from Basics to Applications.** Bangkok: Kasetsart University Press. 269 p. [in Thai]

- Saengprajak, J. 2012. Application of DNA markers for assessment of genetic diversity and rice improvement. **KHON KAEN AGR. J.** 40: 299-308. [in Thai]
- Strobbe, S. and V.D. Straeten. 2017. Folate biofortification in food crops. **Current Opinion in Biotechnology** 44: 202-211.

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์การต้านเอนไซม์ไทโรซิเนส ของสารสกัดเห็ดกระถินพิมาน (*Phellinus linteus*)

Total Phenolic Content, Antioxidant and Anti-Tyrosinase of *Phellinus linteus* Extracts

ฉันทนา ซูแสวงทรัพย์^{1*} ขวัญจรัส เริงปัญญา¹ ฤชา ทับทิมใหม่² จิรพงศ์ ศรศักดิ์านุภาพ¹
เกียรติวี ขววงศ์โกมล³ และอภิรดี เสี่ยงสืบชาติ⁴

Chantana Susawaengsup^{1*}, Khuanjarat Choengpanya¹, Lueacha Tabtimmai²
Jirapong Sornsakdanuphap¹, Kiattawee Choowongkamon³ and Apiradee Siangsuepchart⁴

¹กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

²ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

³ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁴สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹Program in Basic Science, Maejo University-Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

²Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Bangkok, Thailand 10800

³Department of Biochemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

⁴Program in Agro-industrial Biotechnology, Maejo University-Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: c.susawaengsup@gmail.com

Abstract

Phellinus linteus contains various chemical compounds and essential substances, exhibiting high levels of free radical scavenging activity and pharmacological properties. This makes it suitable for the development of a variety of drugs or medicinal products. The study aims to investigate the chemical and biological properties of extracts from *Phellinus linteus* using boiling and soaking extraction methods. The goal is to provide preliminary data for the development of cosmetic products. The study determined the total phenolic content using the Folin-Ciocalteu method. The boiling and soaking extraction methods yielded total phenolic contents of 643.39 ± 17.03 and 228.74 ± 4.07 milligrams of gallic acid equivalents per gram of extract, respectively. The antioxidant capacity was evaluated using the DPPH method, revealing that extracts from the soaking extraction method exhibited better free radical scavenging activity compared to those from the boiling extraction method. The inhibitory concentration that reduced free radicals by 50% was found to be 0.36 ± 0.02 milligrams per liter. Furthermore, extracts from the soaking extraction method demonstrated inhibitory effects on the enzyme tyrosinase. The study also employed virtual screening to identify compounds in the

extracts that could inhibit tyrosinase activity. Out of 32 structures identified, 16 had higher GOLD scores than the known inhibitor Kojic acid. The compound Phellinistatin (CID number 54728876) had the highest GOLD score of 104.87. In conclusion, the findings suggest that extracts from *Phellinus linteus* have potential applications as components in cosmetic products, given their chemical and biological properties.

Keywords: *Phellinus linteus*, total phenolic content, antioxidant, anti-tyrosinase, molecular docking

บทคัดย่อ

เห็ดกระถินพิมาน (*Phellinus linteus*) มีปริมาณสารพฤกษเคมีหรือสารสำคัญหลายชนิด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา จึงสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทางเภสัชกรรมได้หลากหลายกลุ่ม ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาฤทธิ์ทางเคมีและชีวภาพของสารสกัดเห็ดกระถินพิมานจากวิธีการต้มสกัดและวิธีการแช่สกัด เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ด้วยการศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่าสารสกัดเห็ดกระถินพิมานด้วยวิธีการต้มสกัดและการแช่สกัด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด คือ 643.39 ± 17.03 และ 228.74 ± 4.07 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ การทดสอบความสามารถในการจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดเห็ดกระถินพิมานด้วยวิธีการแช่หมักให้ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสารสกัดเห็ดกระถินพิมานด้วยวิธีการต้มสกัดโดยมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 0.36 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อนำสารสกัดไปทดสอบความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส พบว่าสารสกัดเห็ดกระถินพิมานจากวิธีการแช่หมักมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ชนิดนี้ และการค้นหาสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยเทคนิคคัดสรรเสมือนจริง กับสารประกอบที่สามารถพบได้ในสารสกัดเห็ดกระถินพิมานจำนวน 32 โครงสร้าง พบว่า มีสารประกอบจำนวน 16 โครงสร้าง ที่ให้ค่า GOLD score สูงกว่าตัวยับยั้งกรดโคจิก (Kojic acid) โดยสารประกอบ ฟิลินสแตติน (Phellinistatin) (CID number 54728876) ให้ค่า GOLD score สูงที่สุดซึ่งเท่ากับ 104.87 ผลที่ได้จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเห็ดกระถินพิมานสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

คำสำคัญ: เห็ดกระถินพิมาน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส เทคนิคคัดสรรเสมือนจริง

คำนำ

เห็ดกระถินพิมาน (*Phellinus linteus*) เป็นเห็ดที่จัดอยู่ในวงศ์ Hymenochaetaceae มีลักษณะดอกเห็ดสีน้ำตาล แท่ง แข็ง คล้ายเกือกม้า จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อ คือ เห็ดเกือกม้า พบในป่าเบญจพรรณ มักพบขึ้นบนต้นกระถินพิมาน จึงเป็นที่มาของชื่อเห็ด *P. linteus* จัดเป็นเห็ดที่มีสรรพคุณทางยา ทางตำรายาจีนพบว่าถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับสมดุลร่างกาย บรรเทาอาการปวดข้อ ปวดท้อง ท้องเสียเรื้อรัง เป็นต้น (Dai and Xu, 1998)

P. linteus ประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) ไตรเทอปีนอยด์ (triterpenoids) โพลีฟีนอล (polyphenols) และไพแรน (pyrans) เป็นต้น และมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น ต้านอักเสบ ต้านออกซิเดชัน ต้านจุลชีพ ยับยั้งเซลล์มะเร็ง ลดระดับน้ำตาลในกระแสเลือดและกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เป็นต้น (Hur et al., 2004; Kim et al., 2007; Gao et al., 2013; Zhao et al., 2014; Mei et al., 2015) *P. linteus* จึงได้รับความสนใจใช้ในการแพทย์ เช่น การรักษามะเร็ง เป็นอาหารเสริม เป็นต้น (Chancharoen, 2021) แต่มีรายงานการนำเห็ด *P. linteus* มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวมีน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาฤทธิ์ทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์เมลานินหรือเม็ดสีบนผิวหนัง เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่าง

การศึกษานี้ใช้ส่วนของดอกเห็ดกระถินพิมานที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นด้วยการอบแห้งและบรรจุถุง มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ สีน้ำตาล โดยซื้อมาจากฟาร์มเพาะเห็ดแห่งหนึ่งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นำตัวอย่างเห็ดกระถินพิมานบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร

การสกัดเห็ดกระถินพิมานด้วยวิธีการต้มสกัด

นำตัวอย่างเห็ดแห้งบดละเอียดน้ำหนัก 25 กรัม ใส่ในบีกเกอร์และเติมน้ำปริมาตร 750 มิลลิลิตร นำไปต้มจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที ตักพักไว้ให้เย็น นำไปกรองด้วยผ้าขาวบางและกรองละเอียดด้วยวิธีการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเก็บสารสกัดไว้ในโถดูดความชื้น

การสกัดเห็ดกระถินพิมานด้วยวิธีการแช่หมัก

นำตัวอย่างเห็ดแห้งบดละเอียดน้ำหนัก 25 กรัม ใส่ขวดแก้วและเติมน้ำปริมาตร 750 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่าในแนวระนาบด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองแยกกากด้วยผ้าขาวบาง และกรองละเอียดด้วยวิธีการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเก็บสารสกัดไว้ในโถดูดความชื้น

การทดสอบหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

การทดสอบหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดใช้วิธี Folin-Ciocalteu ที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Nsimba *et al.* (2008) เตรียมสารละลายของสารสกัดให้กระถินพืมาที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการต้มสกัดและการแช่หมักที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร นำสารสกัดปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับ 10% (v/v) Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำตาลละลาย 7.5% (w/v) Na_2CO_3 ปริมาตร 80 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader (BioTek Synergy™ H1 Multi-Mode Microplate Reader, USA) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดโดยการเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของแกลลิก/น้ำหนักกรัมสารสกัด (milligram Gallic acid equivalents, mg GAE/g extract)

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay โดยเตรียมสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 0.1-100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมกับ DPPH ความเข้มข้น 200 มิลลิโมลลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (A517) ด้วยเครื่อง Microplate reader ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ของสารละลายแต่ละความเข้มข้น คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ (%DPPH radical scavenging activity) ด้วยสมการ $[A_C - (A_{S1} - A_{S0})] \times 100 / A_C$ เมื่อ A_C คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีสารสกัด และ A_{S1} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ผสมกับสารสกัด และ A_{S0} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัด หลังจากนั้นนำข้อมูลค่าเฉลี่ย A517 ไปเขียนกราฟเทียบกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานด้วยโปรแกรม Graphpad prism 9 เพื่อหาค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC50)

การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

ศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยใช้เอนไซม์ไทโรซิเนสจากเห็ด *Agaricus bisporus* ตามวิธีของ Uchida *et al.* (2014) ทำการผสม 100 มิลลิโมลลาร์ phosphate buffer pH 6.8 ปริมาตร 65 ไมโครลิตร กับสารสกัดเห็ดความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 5 ไมโครลิตร และเอนไซม์ไทโรซิเนสความเข้มข้น 500 ยูนิต/มิลลิลิตร ปริมาตร 10 ไมโครลิตร บ่มสารที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที ก่อนเริ่มปฏิกิริยาด้วยการเติมสับสเตรท L-DOPA ความเข้มข้น 4 มิลลิโมลลาร์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร แล้วบ่มปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 นาที จากนั้นนำไปวัดการเกิด dopachrome โดยใช้ microplate reader ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร (Synergy™ H1 Multi-Mode Microplate Reader, BioTak, USA) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาค่าร้อยละการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสจากสมการ $[(A_C - A_T) \times 100] / A_C$ เมื่อ A_C และ A_T คือ ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาที่ไม่มีและมีสารสกัดเห็ดเป็นองค์ประกอบ

การค้นหารายการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยเทคนิค docking (Molecular docking)

ทำการค้นหารายการประกอบในเห็ด *P. linteus* ที่น่าจะมีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยการค้นหาโครงสร้างของสารประกอบในเห็ด *P. linteus* ที่เคยมีรายงานมาแล้ว จากนั้นรวบรวมโครงสร้างที่ได้แล้วนำมาทำการจำลองการจับกันระหว่างสารประกอบในเห็ด *P. linteus* และเอนไซม์ไทโรซิเนสจากเห็ด *Agaricus bisporus* (Table 1) (Chen *et al.*, 2019) โดยโครงสร้างสามมิติของเอนไซม์ไทโรซิเนสถูกนำมาจากฐานข้อมูล PDB ภายใต้รหัส PDB ID 2Y9X (Ismaya *et al.*, 2011) ทำการ docking เอนไซม์โดยเทคนิค docking ด้วยโปรแกรม GOLD5.3.0 (The Cambridge Crystallographic Data Centre Inc, Cambridge, UK) ตั้งค่าโปรแกรมเป็น default parameters กำหนดให้บริเวณที่เกิดการจับกันระหว่างเอนไซม์และตัวยับยั้งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 Å จากจุดจับของตัวยับยั้ง tropolone ในจุดจับของเอนไซม์ (enzymatic pocket) ทำการวิเคราะห์ผลการจับกันระหว่างสารประกอบในเห็ด *P. linteus* และเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วยโปรแกรม DeepView v4.0.2 (Guex and Peitsch, 1997) และ Discovery Studio 4.1 Visualizer (Accelrys Software Inc, USA) โครงสร้างของตัวยับยั้ง Kojic acid ถูกใช้ในการจำลองการจับกันระหว่างตัวยับยั้งและเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วยเช่นกัน

Table 1 The CID numbers and compound names used in molecular docking study

CID number	Compound name	Classification
8768	Protocatechualdehyde	Phenylpropanoid
689043	Caffeic acid	Phenylpropanoid
5458436	11-Methoxyyangonin	Phenylpropanoid
10434469	Inoscavin A	Phenylpropanoid
16155688	Phelligidimer A	Phenylpropanoid
24770409	Phellifuopyranone A	Phenylpropanoid
53446072	3,4-Dihydroxybenzalacetone	Phenylpropanoid
54715402	Davallialactone	Phenylpropanoid
54726789	Interfungin A	Phenylpropanoid
54728876	Phellinstatin	Phenylpropanoid
54730031	Hypholomine B	Phenylpropanoid
5321018	Atractylenolide I	Terpenoid
14707684	(-)-trans- γ -Monocyclofarnesol	Terpenoid
139095672	Phellilane L	Terpenoid
146684166	Phellinulin E	Terpenoid
146684160	Phellinulin D	Terpenoid

Table 1 (Continued)

CID number	Compound name	Classification
146684167	Phellinulin F	Terpenoid
146684168	Phellinulin G	Terpenoid
146684169	Phellinulin H	Terpenoid
146684170	Phellinulin I	Terpenoid
146684162	Phellinulin K	Terpenoid
146684164	Phellinulin M	Terpenoid
146684165	Phellinulin N	Terpenoid
237332	5-Hydroxymethylfurfural	Furan
15604543	Phellinusfuran A	Furan
15604544	Phellinusfuran B	Furan
139583263	Phellinone	Furan
5281855	Ellagic acid	Other
5351619	Ergothioneine	Other
10082188	Hispolon	Other
102443341	Phellilin C	Other
132525363	Phellinulin A	Other

Source: Chen *et al.*, 2019

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดหยาบน้ำของเห็ดกระถินพินานจากวิธีการต้มสกัดและวิธีการแช่หมักด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method โดยการคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐาน Gallic acid ที่มีสมการเส้นตรง $y = 0.0061x + 0.0729$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9995 พบว่าสารสกัดหยาบน้ำของเห็ดกระถินพินานจากวิธีการสกัดแบบต้มสกัดมีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 64.34 ± 1.70 mg GAE/g extract ซึ่งสูงกว่าสารสกัดที่ได้จากวิธีการแช่หมักเกือบ 3 เท่า ดังแสดงใน Table 2

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay

จากผลการทดสอบความสามารถในการจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดหยาบน้ำจากวิธีการสกัดแบบแช่หมักมีค่า IC₅₀ คือ 0.36±0.02 mg/mL ซึ่งมีค่าระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่าสารสกัดหยาบน้ำจากวิธีการต้มสกัดประมาณ 1.5 เท่า ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Total phenolic content and DPPH assay of *P. linteus* extracts

Extraction method	TPC (mgGAE/g extract)	DPPH Assay	
		IC ₅₀ (mg/mL)	R ²
Boiling	64.34±1.70	0.58±0.03	0.9903
Maceration	23.28±0.30	0.36±0.02	0.9815

การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดจากเห็ดกระถินพิมานดำเนินการโดยการเปรียบเทียบกับกรดโคจิก (Kojic acid) เนื่องจากในปัจจุบันนิยมใช้กรดโคจิกหรือสารอาร์บูตินผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเพื่อใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ช่วยทำให้ผิวมีสีจางลงและทำให้ผิวขาวขึ้น เนื่องจากกรดโคจิกช่วยลดการสร้างเมลานินในผิวหนังได้ ได้ผลการทดสอบดังแสดงใน Figure 1 พบว่า สารสกัดหยาบน้ำของเห็ดกระถินพิมานจากวิธีการแช่หมัก (*Phellinus linteus*-2) มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส แต่มีฤทธิ์น้อยกว่าตัวยับยั้งกรดโคจิก เท่ากับ 12.8 เท่า ในขณะที่สารสกัดหยาบน้ำของเห็ดกระถินพิมานจากวิธีการต้มสกัดไม่พบฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส

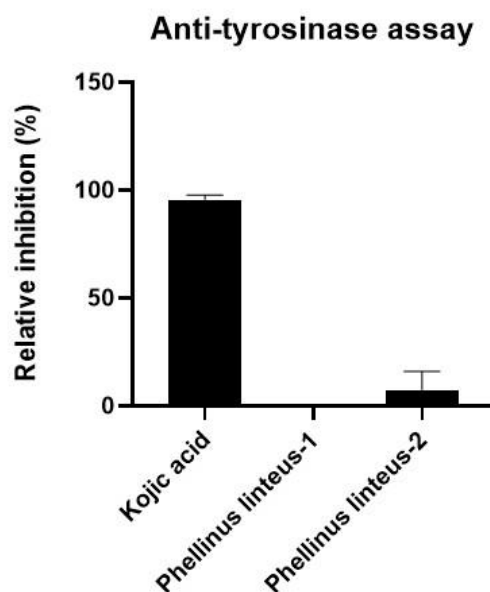


Figure 1 Inhibition study of tyrosinase from *Agaricus bisporus* by kojic acid and *Phellinus linteus*-1 = *P. linteus* extracted with boiling method and *Phellinus linteus*-2 = *P. linteus* extracted with maceration method

การค้นหายับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยเทคนิคคัดสรรเสมือนจริง

Chen *et al.* (2019) รวบรวมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในเห็ด *P. linteus* ได้จำนวน 38 สาร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบกลุ่ม Phenylpropanoid, Triterpenoid และ Furan เป็นต้น (Table 1) การค้นหาโครงสร้างของสารประกอบเหล่านี้ในฐานข้อมูล PubChem (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>) พบ 32 โครงสร้าง ดังนั้นจึงนำสารทั้ง 32 โครงสร้าง มาจำลองการจับกันระหว่างสารเหล่านี้กับเอนไซม์ไทโรซิเนส

การทำ Re-docking ของตัวยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วย Triopolone โดยใช้ค่า GOLD SCORE ในการระบุความสามารถในการจับกันของสารที่ต้องการนำมาทดสอบกับเอนไซม์ไทโรซิเนส หากค่าที่ได้มีค่าสูงแสดงว่าเอนไซม์สามารถจับกับสารชนิดนั้นๆ ได้ดี พบว่าสามารถ Re-docking ให้ Tropolone อยู่ใกล้เคียงตำแหน่งเดิมของ tropolone ในโครงสร้างสามมิติของเอนไซม์ไทโรซิเนสจากฐานข้อมูล PDB ภายใต้รหัส PDB ID 2Y9X และให้ค่า GOLD score เท่ากับ 43.51 ดังนั้นจึงใช้พารามิเตอร์เดียวกันนี้ในการจำลองการจับกันระหว่างสารประกอบ 32 โครงสร้างกับเอนไซม์ไทโรซิเนส ค่า GOLD score ที่ได้ดังแสดงใน Table 3 จากตารางจะเห็นว่าสารประกอบจำนวน 22 โครงสร้าง ให้ค่า GOLD score สูงกว่าตัวยับยั้ง Tropolone และมีสารประกอบจำนวน 16 โครงสร้าง ที่ให้ค่า GOLD score สูงกว่าตัวยับยั้ง Kojic acid สารประกอบ Phellinistatin (CID number 54728876) ให้ค่า GOLD score สูงที่สุดซึ่งเท่ากับ 104.87 ดังนั้นจากผลการจำลองการจับกันระหว่างสารประกอบที่พบในเห็ด *P. linteus* และเอนไซม์ไทโรซิเนสจะเห็นว่าสารประกอบเหล่านี้จะทำให้สารสกัดจากเห็ด *P. linteus* มีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างเมลานิน สารสกัดจากเห็ด *P. linteus* จึงน่าสนใจที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสูตร Skin lightening

Table 3 The GOLD scores of chemical substances found in *P. linteus* and tyrosinase from *A. bisporus*

CID number	GOLD Score	CID number	GOLD Score
Tropolone	43.51	146684160	44.94
Kojic acid	47.82	146684167	39.41
8768	48.07	146684168	40.59
689043	49.74	146684169	42.49
5458436	52.29	146684170	38.79
10434469	47.44	146684162	46.66
16155688	59.29	146684164	47.56
24770409	60.06	146684165	42.08
53446072	51.10	237332	47.85
54715402	50.09	15604543	56.55
54726789	57.89	15604544	59.04
54728876	104.87	139583263	37.10
54730031	59.09	5281855	58.07
5321018	45.36	5351619	58.46
14707684	51.12	10082188	54.36
139095672	39.65	102443341	41.26
146684166	42.44	132525363	31.99

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและผลการทดสอบความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาดน้ำของเห็ดกระถินพิมานที่ได้จากวิธีการต้มสกัดและวิธีการแช่สกัดพบว่า การให้ความร้อนในกระบวนการสกัดสามารถสกัดสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกจากภายในเห็ดกระถินพิมานออกมาได้ในปริมาณที่สูงกว่าวิธีการสกัดแบบการแช่หมัก แต่ในขณะที่ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกลับพบว่า สารสกัดหยาดน้ำด้วยวิธีการสกัดแบบแช่หมักให้ค่า IC₅₀ ที่ต่ำกว่าสารสกัดจากวิธีการต้มสกัด จากผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากวิธีการสกัดแบบแช่หมักประกอบด้วยสารประกอบบางชนิดที่มีความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าสารสกัดจากวิธีการต้มสกัด จากข้อมูลของเห็ด *P. linteus* ประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น โพลีแซคคาไรด์ ไตรเทอปีนอยด์ โพลีฟีนอล และไฟแรน เป็นต้น วิธีการต้มสกัดเป็นวิธีการหนึ่งที่ยิยมใช้ในการสกัดสารประกอบกลุ่มโพลีแซคคาไรด์และมีการนำสารสกัดไปใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง อย่างไรก็ตาม นอกจากสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ยังพบว่าในเห็ด

P. linteus ยังประกอบด้วยไตรเทอปินอยด์และโพลีฟีนอล ซึ่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา สารประกอบไตรเทอปินอยด์บางชนิดนั้นสลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน ดังนั้นจึงทำให้ค่า IC50 ในการจับกับ DPPH ของสารสกัดเห็ดจากวิธีการต้มสกัดมีประสิทธิภาพที่น้อยกว่าวิธีการแช่หมัก ศึกษาผลการทดสอบนี้สัมพันธ์กับผลการทดสอบสารสกัดเห็ดต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ซึ่งพบว่าสารสกัดเห็ดจากวิธีการแช่หมักให้ผลการทดสอบที่ดีกว่าวิธีการต้มสกัดเช่นกันและผลการศึกษาความสามารถในการจับกันของโครงสร้างสารประกอบด้วยเทคนิคดัดสรรมีอนิจจริงโดยใช้โครงสร้างผลึกสามมิติของเอนไซม์ไทโรซิเนสจากเห็ด *Agaricus bisporus* จากฐานข้อมูล PDB ภายใต้รหัส PDB ID 2Y9X (Ismaya *et al.*, 2011) เนื่องจากเอนไซม์ไทโรซิเนสจากเห็ด *Agaricus bisporus* นั้นมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับเอนไซม์ไทโรซิเนสในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสูง (Chang, 2009) และเอนไซม์ไทโรซิเนสจัดว่าเป็นเอนไซม์ตัวแรกในวิถีการสร้างเมลานิน ซึ่งเมลานินนี้มีความสำคัญในการป้องกันผิวจากแสงแดด แต่หากผิวมีการสร้างเมลานินที่มากเกินไปนั้นส่งผลให้เกิดความผิดปกติของผิวหนังได้ ทำให้เกิดฝ้า กระ จุดด่างดำ หรือสภาพผิวที่ไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น (Chen *et al.*, 2013) ด้วยเหตุนี้จึงมีการค้นหาและศึกษาประสิทธิภาพของสารต่อการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ในการศึกษาความสามารถในการจับกันของสารด้วยเทคนิคดัดสรรมีอนิจจริงนั้น จึงใช้จากศึกษาการค้นหาสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยเทคนิคดัดสรรมีอนิจจริงของสารประกอบจำนวน 32 สารประกอบดัง Table 1 พบว่าโครงสร้างสารประกอบทั้ง 32 โครงสร้างสามารถจับกับเอนไซม์ไทโรซิเนสและให้ค่า GOLD score ที่สูงและมีโครงสร้างหลายสารประกอบที่ให้ค่า GOLD score สูงกว่าตัวยับยั้ง Kojic acid จำนวน 16 สารประกอบ โดยส่วนใหญ่เป็นสารประกอบในกลุ่มฟีนิลโพรพานอยด์ (Phenylpropanoid) สารกลุ่มฟีนิลโพรพานอยด์และสารอนุพันธ์เป็นสารทุติยภูมิที่พืชสังเคราะห์ขึ้นและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านจุลชีพ ด้านการอักเสบ ด้านเบาหวานและด้านมะเร็ง (Neelam and Sharma, 2019) นอกจากนี้สารกลุ่มฟีนิลโพรพานอยด์ยังเกี่ยวข้องกับวิถีในการสังเคราะห์สารกลุ่มแอนโทไซยานิน สารกลุ่มฟลาโวนอลและฟลาโวนที่มีคุณสมบัติในการป้องกันรังสียูวี (Cesarino, 2022) จึงทำให้มีการนำสารประกอบในกลุ่มนี้ไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง จากผลการศึกษาเบื้องต้นและการใช้เทคนิคดัดสรรมีอนิจจริงโครงสร้างสารประกอบที่สามารถพบได้ในสารสกัดจากเห็ดกระถินพืมนานี้ นำมาซึ่งความน่าสนใจในการพัฒนากระบวนการสกัดแบบไม่ใช้ความร้อนเพื่อสกัดสารกลุ่มฟีนิลโพรพานอยด์และสารประกอบอื่นๆ ให้มีปริมาณสารสำคัญสูงเพื่อผลิตสารสกัดที่นำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์อื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ และสถาบันวิทยาการขั้นสูงแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (CASAF, NRU-KU, Thailand)

เอกสารอ้างอิง

- Cesarino, I., A. Eudes, B. Urbanowica and M. Xie. 2022. Editorial: phenylpropanoid systems biology and biotechnology. **Frontiers in Plant Science** 13: 866164. doi: 10.3389/fpls.2022.866164
- Chancharoen, K. 2021. “Acacia Piman Mushroom” Thai herb that inhibits cancer Another treatment option Reduce the risk of side effects from chemotherapy. [Online]. Available <https://www.chula.ac.th/highlight/47119/> (July 30, 2021).
- Chang, T. 2009. An update review of tyrosinase inhibitors. **International Journal of Molecular Sciences** 10: 2440-2475.
- Chen, X.X., J. Zhang, W.M. Chai, Z.H. Xiang, H.L. Feng, D.Y. Shen and Q.X. Chen. 2013. Reversible and competitive inhibitory kinetics of amoxicillin on mushroom tyrosinase. **International Journal of Biological Macromolecules** 62: 726-733.
- Chen, W., H. Tan, Q. Liu, X. Zheng, H. Zhang, Y. Liu and L. Xu. 2019. A review: the bioactivities and pharmacological applications of *Phellinus linteus*. **Molecules** 24:1888. DOI: 10.3390/molecules24101888.
- Dai, Y.C. and M.Q. Xu. 1998. Studies on the medicinal polypore, *Phellinus baumii* and its kin, *Phellinus linteus*. **Mycotaxon** 67: 191-200.
- Gao, C.P., L.F. Zhong, L.P. Jiang, C.Y. Geng, X.F. Yao and X.F. Cao. 2013. *Phellinus linteus* mushroom protects against tacrine-induced mitochondrial impairment and oxidative stress in HepG2 cells. **Phytomedicine** 20: 705-709.
- Guex, N. and M.C Peitsch. 1997. SWISS-MODEL and the Swiss-PdbViewer: an environment for comparative protein modeling. **Electrophoresis** 18(15): 2714-2723.
- Hur, J.M., C.H. Yang, S.H. Han, S.H. Lee, Y.O. You, J.C. Park and K.J. Kim. 2004. Antibacterial effect of *Phellinus linteus* against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **Fitoterapia** 75: 603-605.
- Ismaya, W.T., H.J. Rozeboom, A. Weijin, J.J. Mes, F. Fusetti, H.J. Wichers and B.W. Dijkstra. 2011. Crystal structure of *Agaricus bisporus* mushroom tyrosinase: identity of the tetramer subunits and interaction with tropolone. **Biochemistry** 50(24): 5477-5486.
- Kim, B.C., W.K. Jeon, H.Y. Hong, K.B. Jeon, J.H. Hahn, Y.M. Kim, S. Numazawa, T. Yosida, E.H. Park and C.J. Lim. 2007. The anti-inflammatory activity of *Phellinus linteus* (Berk. & M.A. Curt.) is mediated through the PKC δ /Nrf2/ARE signaling to up-regulation of heme oxygenase-1. **Journal of Ethnopharmacology** 113: 240-247.

- Mei, Y.X., H. Zhu, Q.M. Hu, Y.Y. Liu, S.M. Zhao, N. Peng and Y.X. Liang. 2015. A novel polysaccharide from mecelia of cultured *Phellinus linteus* displays antitumor activity through apoptosis. **Carbohydrate Polymers** 124: 90-97.
- Neelam, A.K. and K.K. Sharma. 2019. Phenylpropanoids and its derivatives: biological activities and its role in food, pharmaceutical and cosmetic industry. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** 60(16): 2655-2675.
- Nsimba, R.Y., H. Kikuzaki, and Y. Konishi. 2008. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. **Food Chemistry** 106: 760-766.
- Uchida, R., S. Ishikawa and H. Tomoda. 2014. Inhibition of tyrosinase activity and melanin pigmentation by 2-hydroxytyrosol. **Acta Pharmaceutica Sinica. B.** 4(2): 141-145.
- Zhao, C., Z.S. Liao, X.Q. Wu, Y.L. Liu, X.Y. Liu, Z.X. Lin, Y.F. Huang and B. Liu. 2014. Isolation, purification, and structural features of a polysaccharide from *Phellinus linteus* and its hypoglycemic effects in alloxan-induced diabetic mice. **Journal of Food Science** 79: 1002-1010.

การเตรียมเซลโลโอลิโกแซคคาไรด์โดยการย่อยเซลลูโลสจากลำไยดิบด้วยเอนไซม์ Cello-oligosaccharides Preparation from Young-Longan Cellulose by Enzymatic Hydrolysis

จุฑามาศ มณีวงศ์^{1*} กัญญากัด ฉางข้าวไชย¹ ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน¹

พิชามณู ลิ้มเจริญชาติ¹ และเอกวิทย์ ตรีเนตร²

Chutamas Maneewong^{1*}, Kanyapak Changkhaochai¹, Pairote Wongputtisin¹

Pichamon Limcharoenchat¹ and Ekawit Threenet²

¹สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiangmai, Thailand 50290

²Program in Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiangmai, Thailand 50290

*Corresponding author: chutamas_m@yahoo.com, chutamas@mju.ac.th

Abstract

Young Longan fruit is an agricultural waste from Longan production. Young Longan consists of cellulose which is prepared for Cello-oligosaccharides (COS) as a prebiotic. The objective of this study is to optimize conditions for cellulose extraction from young Longan and the cellulose was then prepared to COS. Young Longan fruit was dried and ground into powder, chemical component was investigated, the Longan powder contained 13.6% cellulose, 13.1% hemicellulose, 11.7% lignin and 5.5% ash. The optimal conditions for producing high yield cellulose yield (61.22%) extracting with 6.0% NaOH, with a ratio of 70:30 (volume to weight) of raw Longan powder to NaOH, carried out at a temperature of 30°C. Then, the cellulose was hydrolyzed into COS by commercial cellulase with different cellulase dosages 25 U/g cellulose and 50 U/g cellulose, reaction time for hydrolysis was compared. The degree of polymerization (DP) from hydrolysis Longan cellulose with 25 U/g cellulose at 6, 12, 24 and 36 hours was not significant. Although, hydrolysis Longan cellulose with 50 U/g cellulose showed lower DP than short chain sugar molecules. The products from Longan cellulose hydrolysis using the cellulase was 25 U/g cellulose were analyzed by Thin-layer chromatography. The results revealed the presence of cellotriose and cellopentaose, but monosaccharides such as glucose were observed during hydrolysis at 6, 12, and 24 hours.

Keywords: cello-oligosaccharides, cellulose, enzyme hydrolysis, young Longan

บทคัดย่อ

ลำไยดิบเป็นของเหลือทิ้งจากการผลิตลำไย ลำไยดิบมีองค์ประกอบที่เป็นเซลลูโลส ซึ่งสามารถนำมาเตรียมเป็นเซลโลโอลิโกแซคคาไรด์ (Cello-oligosaccharides: COS) เพื่อนำไปเป็นพรีไบโอติก วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าคือการหาสภาวะในการสกัดเซลลูโลสและการเตรียมเซลโลโอลิโกแซคคาไรด์จากลำไยดิบ ลำไยดิบถูกนำมาทำแห้งและบดให้เป็นผง วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของผงลำไยประกอบด้วยเซลลูโลสร้อยละ 13.6 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 13.1 ลิกนินร้อยละ 11.7 และเถ้าร้อยละ 5.5 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเซลลูโลสสูงสุด (ร้อยละ 61.22) คือ การสกัดโดยใช้สัดส่วนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 6.0 ต่อผงลำไยดิบ เท่ากับ 70:30 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเซลลูโลสที่สกัดได้ใช้ในการเตรียม COS โดยย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสทางการค้า ในการศึกษาการย่อยนี้ทำการเปรียบเทียบโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส 25 หน่วยต่อกรัม (เซลลูโลส) และ 50 หน่วยต่อกรัม (เซลลูโลส) ทำการย่อยเปรียบเทียบที่เวลาต่าง ๆ จากการวิเคราะห์หาค่า Degree of polymerization (DP) พบว่าการย่อยเซลลูโลสด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 25 หน่วยต่อกรัม (เซลลูโลส) ที่เวลาในการย่อย 6, 12, 24 และ 36 ชั่วโมง ให้ค่า DP ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 50 หน่วยต่อกรัม (เซลลูโลส) ได้ค่า DP ต่ำได้ผลผลิตที่เป็นน้ำตาลสายสั้นกว่า ผลผลิตที่ได้จากการย่อยเซลลูโลสด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 25 หน่วยต่อกรัม (เซลลูโลส) เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Thin-layer chromatography พบน้ำตาล Cellotriose และ Cellopentaose ขณะเดียวกันก็เกิดน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ Glucose ที่เวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง

คำสำคัญ: เซลโลโอลิโกแซคคาไรด์ เซลลูโลส การย่อยด้วยเอนไซม์ ลำไยดิบ

คำนำ

ลำไยดิบเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร ที่เกิดจากการตัดผลทิ้งเพื่อเพิ่มผลผลิตลำไยเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีขนาดใหญ่เพื่อจะขายได้ราคาสูง โดยตัดผลดิบทิ้งให้มีผลผลิตต่อช่อประมาณ 50 ผลต่อช่อ ลำไยดิบที่ถูกทิ้งนี้จึงเป็นของเหลือทิ้งจำนวนมาก ลำไยดิบนี้มีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นเซลลูโลส (Cellulose) ซึ่งเซลลูโลสเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ ประเภทโฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ (Homopolysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่งเบต้า-1,4 (β -1,4)

เซลลูโลสเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ประเภท โฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสต่อกันด้วยพันธะ Glycosidic bond ที่ตำแหน่ง β -1,4 เป็นสายยาวมากกว่า 2,000 โมเลกุล เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักของโครงสร้างพืช เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์ให้มีขนาดสั้นลงได้ผลิตภัณฑ์เป็น Cello-oligosaccharides (COS) จัดเป็น Functional oligosaccharides สามารถใช้เป็นพรีไบโอติกที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารคนและสัตว์ โดยส่งเสริมการเจริญของโปรไบโอติก เช่น Lactobacilli และ Bifidobacteria ในระบบย่อยอาหาร (Chu *et al.*, 2014)

Cello-oligosaccharides (COS) เป็น Oligosaccharides เชิงเส้นที่ประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาล glucose มาเชื่อมต่อกันที่ตำแหน่ง β -1,4 ที่มี glucose ตั้งแต่ 2-6 โมเลกุล (Otsuka *et al.*, 2004) โดย COS ซึ่งเป็น oligosaccharides ชนิดใหม่นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารคน อาหารสัตว์ เกษตรกรรม และเคมีภัณฑ์ ในปัจจุบัน COS สามารถนำไปใช้เป็นพรีไบโอติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ávila *et al.*, 2021)

การผลิต COS จากวัสดุประเภท Lignocellulosic โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เป็นของเหลือทิ้งจากทางภาคเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรกำลังได้รับความสนใจ วัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวเมื่อนำไปสกัดเซลลูโลส และย่อยเซลลูโลสให้เป็น COS มี 2 วิธี คือ 1) การย่อยด้วยเอนไซม์ และ 2) การย่อยด้วยกรด

COS มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับจำนวนกลูโคสที่มาเชื่อมต่อกัน ได้แก่ Cellobiose, Cellotriose, Cellotetraose, Cellopentaose และ Cellohexaose

รายงานวิจัยการผลิต COS จากวัสดุประเภท Lignocellulosic ที่เป็นของเหลือทิ้งการเกษตร Chu *et al.* (2014) ได้ผลิต COS จากซังข้าวโพดโดยใช้เอนไซม์ β -Glucosidase ในการย่อยเซลลูโลสจากซังข้าวโพด Tolonen *et al.* (2015) ทำการศึกษาสถานะในการผลิต COS จากเซลลูโลสโดยใช้ Supercritical water พบว่าที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 250 bar เป็นเวลา 0.4 วินาที สามารถผลิต COS ได้สูงสุด Karnaouri *et al.* (2019) ได้ผลิต Cellobiose จากการย่อยเศษวัสดุจากต้น Birch ด้วยเอนไซม์ Cocktail ทางการค้า (celluclast®) โดยทำการย่อยที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง Kluge *et al.* (2019) ได้ทำการเตรียม COS จากการย่อย cellulose จากเยื่อไม้ด้วยเอนไซม์ Endoglucanases ร่วมกับการใช้ Ionic liquid

จากรายงานวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่มีการรายงานการนำลำไยดิบมาใช้ในการเตรียม COS ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดเซลลูโลสจากลำไยดิบ แล้วนำเซลลูโลสที่สกัดได้มาใช้ในการผลิต COS เพื่อใช้เป็นพรีไบโอติกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมผงลำไยดิบ

นำลำไยดิบทั้งผลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.0-1.5 เซนติเมตร อบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบดให้มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 1-2 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์ องค์ประกอบ ได้แก่ Cellulose, Hemicellulose, Lignin, ฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic), ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ความชื้น และเถ้า

เอนไซม์เซลลูเลส

เอนไซม์เซลลูเลส จาก *Aspergillus niger* เป็นเอนไซม์เซลลูเลสทางการค้า มีเอนไซม์มากกว่าหรือเท่ากับ 1,000 หน่วยต่อมิลลิลิตร (Sigma-Aldrich)

การเตรียมเซลลูโลส

การสกัดเซลลูโลส (ดัดแปลงมาจากวิธีของ Ibrahim *et al.*, 2015) โดยนำผงลำไยดิบผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ ร้อยละ 4, 6, 8 และ 10 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) อัตราส่วนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ต่อผงลำไยดิบ เท่ากับ 70:30 ทำการทดลองในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการสกัดที่อุณหภูมิสูงคือ 121 องศาเซลเซียส สักตนา 30 นาที จากนั้นกรองเยื่อและล้างด้วยกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 2.0 (โดยปริมาตร) จากนั้นล้างเยื่อด้วยน้ำร้อน นำเยื่อไปแช่ในเฮกเซน ทำการกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วล้างเยื่อด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 (โดยปริมาตร) นำเยื่อไปเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) พีเอช 4.0 โดยมีอัตราส่วนเยื่อต่อสารละลาย คือ 1:50 ทำปฏิกิริยาที่ 90-95 องศาเซลเซียส ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ นาน 90 นาที กรองแยกเอาส่วนที่เป็น เซลลูโลส ล้างด้วยเอทานอล และตามด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เก็บไว้ในที่แห้งและเย็น หาร้อยละผลผลิตของเซลลูโลสหายาบที่สกัดได้ แต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำ

นำเส้นใยเซลลูโลสที่ได้จากการสกัดมาฟอกสีโดยผสมกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaClO_2) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ในสัดส่วนเส้นใยเซลลูโลสต่อโซเดียมคลอไรด์ 1 ต่อ 50 ที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที จากนั้นกรองเส้นใยที่ฟอกแล้วด้วยผ้าขาวบาง ล้างเส้นใยเซลลูโลสด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ตามด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำเส้นใยไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การศึกษาสภาวะการเตรียม Cello-Oligosaccharide (COS)

นำผงเซลลูโลสที่สกัดได้มา 5 กรัม ย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสทางการค้าที่ 25 และ 50 หน่วยต่อกรัม (เซลลูโลส) ใน Citrate-phosphate buffer (100 มิลลิโมลาร์ พีเอช 5.0) ปริมาณ 50 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยเก็บผลผลิตที่ได้จากการย่อยไปวิเคราะห์ 6, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง จากนั้นนำผลผลิตที่ได้ ไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ และนำมาคำนวณหาค่า Degree of Polymerization (DP) ดังสูตรคำนวณ

$$\text{Degree of Polymerization(DP)} = \frac{\text{Total sugar}}{\text{Reducing sugar}}$$

และวิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาล COS ด้วยวิธี Thin layer chromatography (TLC)

วิธีวิเคราะห์

เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน

นำตัวอย่างผงลำไยแห้งมาหาปริมาณ Neutral detergent fiber (NDF) ปริมาณ Acid detergent fiber (ADF) ปริมาณ Permanganate lignin (PML) เพื่อคำนวณหา ปริมาณ Cellulose และ Hemicellulose ในตัวอย่าง ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) และหาปริมาณลิกนิน โดยดัดแปลงมาจากวิธีการของ Inari *et al.* (2007) คำนวณดังสมการ

$$\% \text{ Hemicellulose} = \% \text{NDF} - \% \text{ADF}$$

$$\% \text{ Cellulose} = \% \text{ADF} - \% \text{PML}$$

เมื่อ	NDF	คือ	ปริมาณเยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกลาง (ร้อยละ)
	ADF	คือ	ปริมาณเยื่อใยที่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (ร้อยละ)
	PML	คือ	ปริมาณลิกนิน (ร้อยละ)

ถั่ว

เตรียมตัวอย่างผงถั่ว 2 กรัม ใส่ในถ้วยเผาที่ทราบน้ำหนัก นำไปเผาที่ 550 องศาเซลเซียส นาน 12-18 ชั่วโมง นำถ้วยเผาออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (AOAC, 2000) ชั่งน้ำหนักถั่วที่ได้ นำมาคำนวณหาร้อยละปริมาณถั่ว จากสมการ

$$\text{ร้อยละปริมาณถั่ว} = \frac{\text{น้ำหนักถั่ว}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic)

วิเคราะห์ฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu (Lamuela-Raventós, 2018) นำตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu Reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Na_2CO_3 ความเข้มข้น 7.5 % (w/v) ในน้ำกลั่น ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และตั้งไว้ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด จากกราฟมาตรฐานปริมาณกรดแกลลิก ในช่วง 50-200 ไมโครกรัม

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging capacity (DPPH)

นำตัวอย่างมาปริมาตร 0.10 มิลลิลิตร สารละลายมาตรฐาน DPPH ปริมาตร 2.90 มิลลิลิตร ในขวดสีชาขนาดเล็ก เขย่าให้สารละลายผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที สีจะอ่อนลง เกิดจากการลดลงของความเข้มข้นของ DPPH นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากกราฟมาตรฐาน Butylhydroxytoluene (BHT) ในช่วงความเข้มข้น 10-50 มิลลิกรัมต่อลิตร (Valko *et al.*, 2007)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี Ferric reducing ability power (FRAP)

เตรียมสารละลาย FRAP โดยผสม Acetate buffer พีเอช 3.6 ความเข้มข้น 300 มิลลิโมลาร์ สารละลาย $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ และสารละลาย 2,4,6-tripyridyl-S-triazine (TPTZ) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ในสารละลาย HCl 40 มิลลิโมลาร์ ในอัตราส่วน 10:1:1 เตรียมตัวอย่างเข้มข้น 100 ppm ปริมาณ 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย FRAP 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 4 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น

593 นาโนเมตร คำนวณความสามารถในการให้อิเล็กตรอน (FRAP value) โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Ferrous sulfate (Benzie and Strain, 1996)

น้ำตาลทั้งหมด (Total sugar)

วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธี Phenol-sulfuric (DuBois *et al.*, 1956) โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร กับสารละลาย phenol ร้อยละ 5 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ผสมสารละลายให้เข้ากันจากนั้นเติมกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 98 และผสมสารละลายให้เข้ากัน ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน glucose

น้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar)

วิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Dinitrosalicylic acid (DNS) method (Miller, 1959) โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร กับสารละลาย DNS 0.5 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาในน้ำเดือดนาน 15 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำเย็น 5 นาที เติมน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดทดลอง นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร นำค่าที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน Glucose

ชนิดของน้ำตาล COS

วิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาล COS ด้วยวิธี Thin layer chromatography ดัดแปลงจากวิธีของ Apiraksakorn *et al.* (2008) โดยหยดตัวอย่างลงบนแผ่น TLC silica gel aluminum ปริมาณ 0.5 – 1 ไมโครลิตร รอให้แห้งจากนั้นนำแผ่น TLC แช่ในสารเคลื่อนที่มีสารผสม บิวทานอล เอทานอล และ น้ำ ในอัตราส่วน 5:3:2 รอจนสารเคลื่อนที่เคลื่อนถึงบริเวณที่กำหนดจากนั้นนำแผ่น TLC ชุบด้วยสารละลายซัลฟูริกในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 5 (โดยปริมาตร) ให้ทั่วแล้วเป่าให้แห้ง นำแผ่น TLC ไปอบที่ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้ววิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาลโดยเทียบกับสารมาตรฐาน Cellopentaose, Cellotriose และ Glucose

ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของผงลำไยดิบ

เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของลำไยดิบอบแห้งพบว่า ประกอบด้วย เฮมิเซลลูโลส 13.1 % เซลลูโลส 13.6% ลิกนิน 11.7% และ เถ้า 5.5%

และเมื่อวิเคราะห์สารฟีนอลิกทั้งหมด พบว่ามีฟีนอลิกทั้งหมด 8.52 มิลลิกรัมต่อกรัม (ตัวอย่าง) และยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH รายงานค่า IC₅₀ บ่งบอกถึงถึงความเข้มข้นของสารตัวอย่าง 93.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในการต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของอนุมูล DPPH ลดลงร้อยละ 50 และ วิธี FRAP เป็นวิธีทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านออกซิเดชันในผงลำไยดิบ พบว่ามีค่า 1.13 mM Fe²⁺/g ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Total phenolic and antioxidant activity of young Longan dry

Total phenolic	Antioxidant activity	
	IC ₅₀ of DPPH	FRAB
8.52 ± 0.13 mg gallic acid equivalents /g	93.05 ± 1.22 mg/ml	1.15 ± 0.05 mM Fe ²⁺ /g

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเซลลูโลสจากลำไยดิบ

เมื่อนำผงลำไยดิบมาสกัดเซลลูโลสโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากการทดลองพบว่าปริมาณเซลลูโลสที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 6.0, 8.0 และ 10.0 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และการสกัดเซลลูโลสด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 6.0 ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดัง Figure 1 ดังนั้นจึงเลือกวิธีการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 6.0 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการเตรียมเซลลูโลสต่อไป

ลักษณะของเซลลูโลสที่ได้จากการย่อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อน ส่วนเซลลูโลสที่ได้จากการย่อยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม ดัง Figure 2

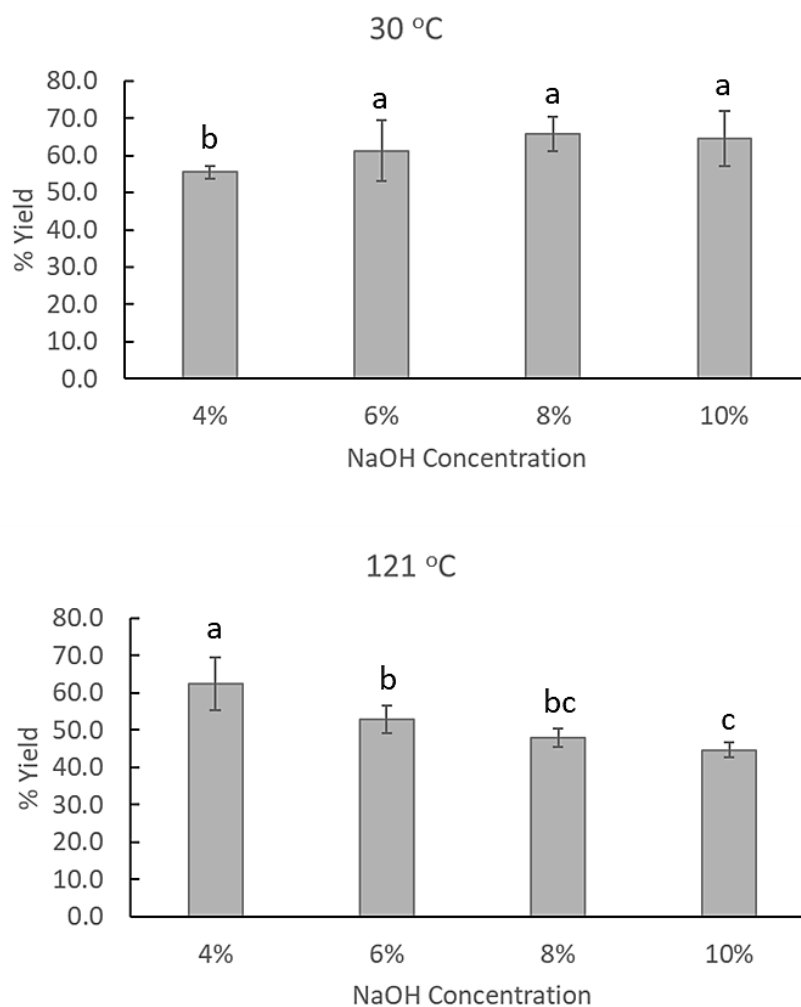


Figure 1 Yield (%) Longan cellulose extracted with various concentrations of NaOH (4, 6, 8 and 10 %) with ratio of NaOH: young raw Longan with 70:30, extraction was compared at 30 °C for and 121°C. (Data are mean±SD. Means with different letters of all treatments are significantly different ($p < 0.05$)).

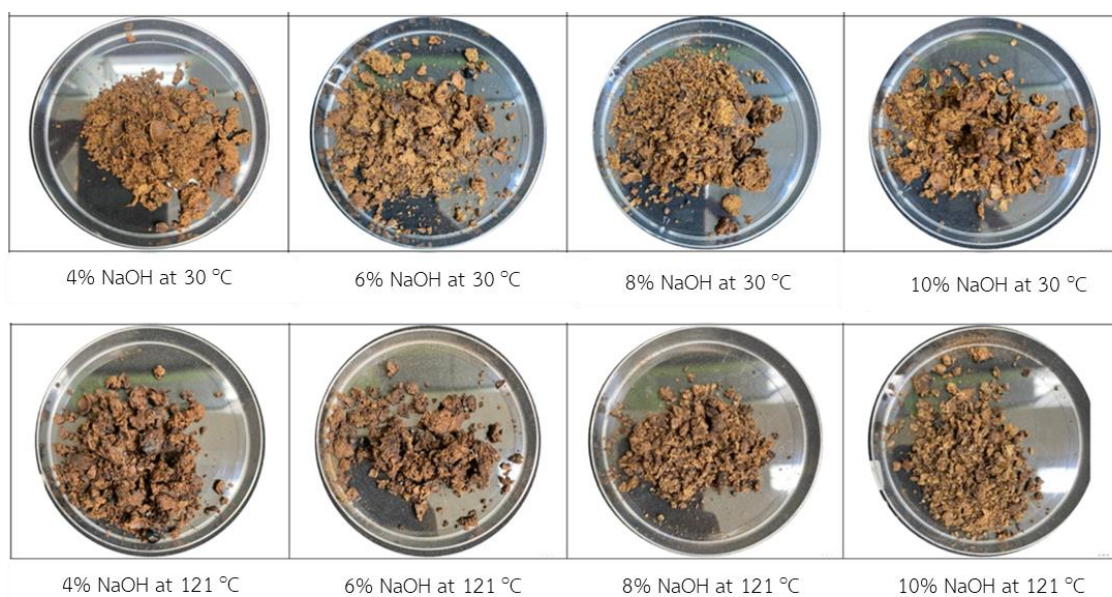


Figure 2 Characteristics of cellulose from young Longan extracted with various concentrations of NaOH (4, 6, 8 and 10%) with ratio of NaOH: young raw Longan with 70:30, extraction was compared at 30°C for and 121°C.

การเตรียม Cello-oligosaccharides (COS)

เมื่อนำเซลลูโลสจากลำไยดิบมาใช้ในการเตรียม COS โดยการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสเปรียบเทียบกับปริมาณเอนไซม์ที่ 25 หน่วยต่อกรัม (ตัวอย่าง) และ 50 หน่วยต่อกรัม (ตัวอย่าง) ทำการวิเคราะห์หาค่า DP จากผลการทดลองพบว่า การย่อยเซลลูโลสจากลำไยดิบด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 25 หน่วยต่อกรัม (เซลลูโลส) ที่เวลาในการย่อย 6, 12, 24 และ 36 ให้ค่า DP ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ทำการย่อยนาน 48 ชั่วโมง มีค่า DP ที่สูงขึ้นอาจเนื่องมาจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีการต่อพันธะกันแล้วมีขนาดยาวขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป เมื่อพิจารณาที่การย่อยเซลลูโลสจากลำไยดิบด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 50 หน่วยต่อกรัม (เซลลูโลส) ได้ค่า DP ต่ำเนื่องจากมีปริมาณของเอนไซม์มากกว่าจึงได้ผลผลิตที่เป็นน้ำตาลสายสั้น ๆ ดัง Figure 3 ดังนั้นในการผลิต COS จึงเลือกใช้เอนไซม์เซลลูเลส 25 หน่วยต่อกรัม (เซลลูโลส)

เมื่อนำผลผลิตที่ได้จากการย่อยเซลลูโลสจากลำไยดิบด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 25 หน่วยต่อกรัม (เซลลูโลส) มาวิเคราะห์ด้วยวิธี TLC พบว่าที่เวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง มีน้ำตาล COS ชนิด Cellotriose และ Cellopentaose เกิดขึ้น รวมถึงเกิดน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวคือ Glucose ขึ้นด้วย ดัง Figure 4 จากผลการวิเคราะห์ชนิดน้ำตาลด้วย TLC ที่เวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ยังพบน้ำตาลที่มีขนาดเล็กกว่า Cellotriose และใหญ่กว่า glucose ซึ่งคาดว่าจะจะเป็น Cellobiose จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการย่อยเซลลูโลสด้วยเอนไซม์เซลลูเลสนอกจากจะได้ผลผลิตที่เป็น COS แล้ว ยังได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเกิดขึ้นด้วย จึงต้องหาวิธีการกำจัดน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวนี้ออกเพื่อให้ผลผลิตที่บริสุทธิ์ต่อไป

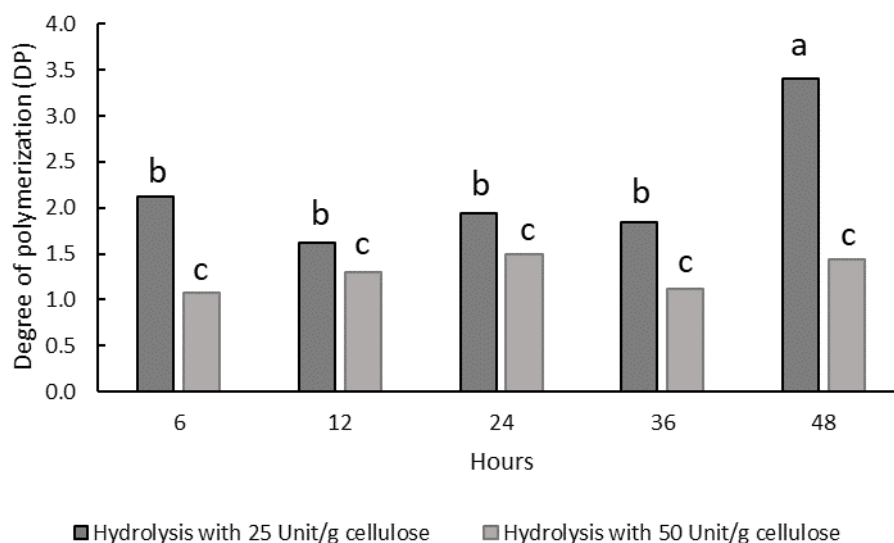


Figure 3 Degree of polymerization (DP) from hydrolysis cellulose with cellulase dosage of 25 U/g cellulose and 50 U/g cellulose at reaction time 6, 12, 24, 36 and 48 hours. Data are mean $\pm$ SD. Mean with different letters of all treatments are significantly different ($p < 0.05$).

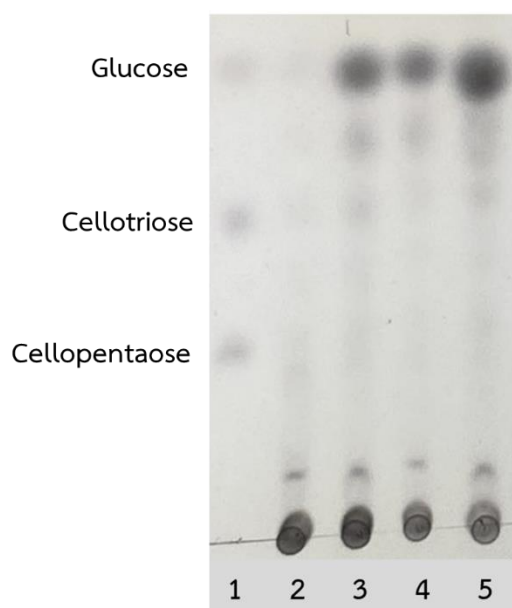


Figure 4 Cello-oligosaccharides (COS) from hydrolysis cellulose with cellulase 25 U/g cellulose at reaction time 0, 6, 12 and 24 hours (1 = standard, 2 = 0 hour, 3 = 6 hour, 4 = 12 hour, 5 = 24 hour)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการสกัดเซลลูโลสจากวัสดุประเภทโครงสร้างพืชด้วยสารละลายที่เป็นด่างสามารถกำจัดส่วนประกอบที่เป็นลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเพคตินออกไปได้ (Orue *et al.*, 2016) และ Razali *et al.* (2022) พบว่าการใช้ NaOH ร่วมกับการใช้ NaClO₂ สามารถกำจัดองค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่เซลลูโลสออกจากฟางข้าวได้ Gottumukkala *et al.* (2019) ได้ใช้ต่างในการไฮโดรไลซิส โดยในขั้นตอนแรกเป็นการกำจัดเอาลิกนินออกโดยการ Depolymerization และ การแยกพันธะเอสเทอร์ที่เชื่อมระหว่างลิกนินและเฮมิเซลลูโลสให้แยกจากกัน ต่อจากนั้นเฮมิเซลลูโลสจะถูกไฮโดรไลซ์ให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และโอลิโกแซคคาไรด์ที่สามารถละลายน้ำได้ Bacci *et al.* (2011) ทำการสกัดเซลลูโลสจากต้นตำแย โดยใช้สภาวะในการสกัด คือ สกัดต้นตำแยด้วยสารละลาย Na₂CO₃ ความเข้มข้นร้อยละ 0.35 สกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นสกัดด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้นร้อยละ 2 สกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที สามารถสกัดเซลลูโลสได้ถึงร้อยละ 81.3 นอกจากนี้ Rachtanapun and Rattanapanone (2011) สกัดเซลลูโลสจากเปลือกไมยราบยักษ์ โดยใช้สารละลาย NaOH ความเข้มข้นร้อยละ 30 สกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง พบว่าได้เซลลูโลสร้อยละ 25 และพบว่าที่ความเข้มข้นของ NaOH และอุณหภูมิในการสกัดที่สูง ส่งผลให้ได้ผลผลิตที่เป็นเซลลูโลสต่ำ

ในการเตรียม COS จากเซลลูโลส โดยการย่อยเซลลูโลสด้วยเอนไซม์เซลลูเลส นั้น ผลผลิตที่เกิดขึ้นนอกจาก COS ซึ่งเป็นผลผลิตหลักแล้วยังได้กลูโคสซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเกิดขึ้นด้วย ส่งผลให้ผลผลิตที่เป็น COS ลดลงเพราะ COS ถูกย่อยให้เล็กลงจนเป็นกลูโคส ดังนั้นจึงมีหลายแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าว ดังนี้ Chu *et al.* (2014) ได้ศึกษาการเตรียม COS โดยใช้ Enzyme cocktails เพื่อเป็นการลดกิจกรรมของเอนไซม์ β -glucosidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยแล้วได้ผลผลิตเป็นกลูโคส Karlsson *et al.* (2002) รายงานการย่อยเซลลูโลสให้เป็น COS โดยใช้เอนไซม์ Endoglucanases เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต COS และลดการย่อยสลาย COS ให้กลายเป็นกลูโคส

นอกจากนี้การเกิดการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในเกิดปฏิกิริยาก็เป็นสาเหตุทำให้ได้ผลผลิต COS ลดลง โดย Chu *et al.* (2014) รายงานปัญหาในการผลิต COS ว่าผลผลิตที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็น Oligosaccharides และ monomers สามารถที่จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาการเตรียม COS ได้ และ Yu *et al.* (2012) พบว่า Cellobiose ซึ่งเป็นผลผลิตสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส โดยจะไปยับยั้งในขั้นตอนการเกิด Enzyme-saccharides complex

สรุปผลการวิจัย

เมื่อนำลำไยดิบมาอบแห้งแล้วบดเป็นผง นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า ประกอบด้วยเซลลูโลส ร้อยละ 13.6 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 13.1 ลิกนินร้อยละ 11.7 และเถ้าร้อยละ 5.5

ผงลำไยมีฟีนอลิกทั้งหมด 8.52 มิลลิกรัมต่อกรัม (ตัวอย่าง) และยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH พบว่าค่า IC₅₀ ของ DPPH เท่ากับ 93.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อวิเคราะห์ด้วย วิธี FRAP มีค่า 1.13 mM Fe²⁺/g

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเซลลูโลส คือ การสกัดโดยใช้สัดส่วนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อผงลำไยดิบ คือ 70:30 ใช้สารละลาย NaOH ความเข้มข้นร้อยละ 6.0 สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผงเซลลูโลสที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน

ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสที่เหมาะสมต่อการย่อยเซลลูโลสคือ 25 หน่วยต่อกรัม (เซลลูโลส) เมื่อนำผลผลิตที่ได้จากการย่อย มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Thin-layer chromatography พบว่าที่เวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง มีน้ำตาล COS ชนิด Cellotriose และ Cellopentaose เกิดขึ้น ขณะเดียวกันก็เกิดน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ Glucose ขึ้นอีกด้วย เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเตรียม COS อาจต้องปรับวิธีการย่อยด้วยเอนไซม์เพื่อลดปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เกิดขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ 2565 ของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ผ่านการจัดสรรโดยสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis**. 17th ed. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists. จำนวนหน้า p.
- Apiraksakorn, J., S. Nitisinprasert and R.E. Levin. 2008. Grass degrading β -1, 3-1, 4-d-glucanases from *Bacillus subtilis* GN156: purification and characterization of glucanase j1 and pj2 possessing extremely acidic pl. **Applied biochemistry and biotechnology** 149: 53-66.
- Ávila, P.F., M.F. Silva, M. Martins and R. Goldbeck. 2021. Cello-oligosaccharides production from lignocellulosic biomass and their emerging prebiotic applications. **World J Microbiol Biotechnol.** 37: 73.
- Bacci, L., S. Di Lonardo, L. Albanese, G. Mastromei and B. Perito. 2011. Effect of different extraction methods on fiber quality of nettle (*Urtica dioica* L.). **Text. Res. J.** 81: 827-837.
- Benzie, I.F.F. and J.J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. **Analytical Biochem.** 239: 70-76.
- Chu, Q., X. Li, Y. Xu, Z. Wan, J. Huang, S. Yu and Q. Yong. 2014. Functional cello-oligosaccharides production from the corncob residues of xylo-oligosaccharides manufacture. **Process Biochemistry** 49: 1217-1222.

- DuBois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, Pt. Rebers. and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry** 28: 350-356.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures, and some Applications). pp. 1-20. *In* **Agricultural Handbook No. 379**. Washington, DC.: Government Printing Office.
- Gottumukkala, L.D., A.K. Mathew, A. Abraham and R.K. Sukumaran. 2019. **Biobutanol Production: Microbes, Feedstock, and Strategies Biofuels: Alternative Feedstocks and Conversion Processes for the Production of Liquid and Gaseous Biofuels**. 2nd ed. Cambridge: Academic Press. 867 p.
- Ibrahim, Md., H. Mondal, Mst. Sarmina Yeasmin and Md. Saifur Rahman. 2015. Preparation of food grade carboxymethyl cellulose from corn husk agrowaste. **International Journal of Biological Macromolecules** 79: 144-150.
- Inari, G.N., S. Mounquengui, S. Dumarcay, M. Pétrissans and P. Gérardin. 2007. Evidence of char formation during wood heat treatment by mild pyrolysis. **Polymer Degradation Stability** 92: 997-1002.
- Karlsson, J., M. Siika-aho, M. Tenkanen and F. Tjerneld. 2002. Enzymatic properties of the low molecular mass endoglucanases Cel12A (EG III) and Cel45A (EG V) of *Trichoderma reesei*. **J. Biotechnol.** 99: 63-78.
- Karnaouri, A., L. Matsakas, S. Bühler, M.N. Muraleedharan, P. Christakopoulos and U. Rova. 2019. Tailoring celluclast® cocktail's performance towards the production of prebiotic cello-oligosaccharides from waste forest biomass. **Catalysts** 9: 897.
- Kluge, S., B. Bonhage, J. Viell, M. Granström, A. Kindler and A.C. Spiess. 2019. Enzymatic production of cello-oligomers with endoglucanases. **Cellulose** 26: 4279-4290.
- Lamuela-Raventós R.M. 2018. Folin–Ciocalteu Method for the Measurement of Total Phenolic Content and Antioxidant Capacity. pp. 107-115. *In* **Measurement of Antioxidant Activity & Capacity**. New York: Wiley.
- Miller, GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry** 31: 426-428.
- Orue, A., A. Jauregi, U. Unsuaín, J. Labidi, A. Eceiza and A. Arbelaiz. 2016. The effect of alkaline and silane treatments on mechanical properties and breakage of sisal fibers and poly (lactic acid)/sisal fiber composites. **Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.** 84: 186-195.

- Otsuka, M., A. Ishida, Y. Nakayama, M. Saito, M. Yamazaki, H. Murakami, Y. Nakamura, M. Matsumoto, K. Mamoto and R. Takada. 2004. Dietary supplementation with cellooligosaccharide improves growth performance in weanling pigs. **Animal Science Journal** 75: 225-229.
- Rachtanapun, P. and N. Rattanapanone. 2011. Synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose powder and films from *Mimosa pigra*. **J. Appl. Polym. Sci.** 122: 3218-3226.
- Razali, Nur A.M., R.M. Sohaimi, R.N.I.R. Othman, N. Abdullah, S.Z.N. Demon, L. Jasmani, W.M.Z.W. Yunus, W.M.H.W. Ya'acob, E.M. Salleh, M.N. Norizan and N.A. Halim. 2022. Comparative study on extraction of cellulose fiber from rice straw waste from chemo-mechanical and pulping method. **Polymers** 14: 387.
- Tolonen, L.K., M. Juvonen, K. Niemelä, A. Mikkelsen, M. Tenkanen and H. Sixta. 2015. Supercritical water treatment for cello-oligosaccharide production from microcrystalline cellulose. **Carbohydrate Research** 401: 16-23.
- Valko, M., D. Leibfritz, J. Moncol, M.T. Cronin, M. Mazur and J. Telser. 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **Int. J. Biochem. Cell.** 39: 44-84.
- Yu, Z., H. Jameel, H.M. Chang, R. Philips and S. Park. 2012. Evaluation of the factors affecting avicel reactivity using multi-stage enzymatic hydrolysis. **Biotechnology and Bioengineering** 109: 1131-1139.

การยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช ของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่

Royal Project Foundation Officers' Acceptance of Application Prototype Model for Plant Protection Center–Royal Project Foundation (PPC-RPF), Chiang Mai

ปกป้อง ญาณะโค¹ สุรพล เศรษฐบุตร^{1*} ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล¹ และชาญชัย แสงโชยสวัสดิ์²

Pokpong Yanako¹, Suraphol Sreshthaputra^{1*}, Panuphan Prapatigul¹ and Chanchai Sangchyoswat²

¹ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

²ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiangmai University
Chiang Mai, Thailand 50200

² Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiangmai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: suraphol.s@cmu.ac.th

Abstract

The objectives of this research were: 1) to study the socioeconomic background of The Royal Project Foundation, Chiang Mai, 2) to analyze factors acceptance of application prototype model for Plant Protection Center, and 3) to study problems and suggestions that affect the use of the prototype application. The samples consisted of 162 The Royal Project Foundation, Chiang Mai staff. The online questionnaire form was used as a tool for data collection. The data were analyzed using descriptive statistics, independent-sample T-test and F-test (One-way Analysis of Variance: ANOVA). The study found that 58.60% of the staff members of The Royal Project Foundation Project in Chiang Mai province were mostly male. The average age was 35 years old, ranging from 32 to 38 years old. The majority (47.50%) had completed their undergraduate degrees. The highest income from work was 48.20% who earn between 20,000 to 30,000 Baht per month. The majority (63.00%) work in employee positions with an average work experience of 9.35 years, ranging from 7 to 11 years. The highest responsibility was in the field of vegetable and herbal plants, accounting for 37.00%. Regarding the use of smartphones, the majority (55.60%) used Android operating systems. The average time spent using the application was 19.68 minutes per session, with a maximum duration of 3-13 minutes per session. The average frequency of using the application per day was 5.69 times, ranging from 1 to 5 times per day. If considering usage frequency per week, the average was 3.98 days per week, with a maximum of 5 days per week. The peak usage time was between 09:01 and 12:00, accounting for 45.10%. From the study on the selected functions and levels of usage of the prototype application by the staff members of The Royal Project

Foundation, it was found that the staff members had a moderate level of usage and an average score of 3.18. If considering the specific functions, it was found that the staff members had a high level of usage in two functions, namely plant disease and pest control functions (with an average score of 3.57) and pesticide function (with an average score of 3.48). They have a moderate level of usage in two functions, namely data reporting function (with an average score of 2.98) and problem reporting function (with an average score of 2.70). Based on the findings, it was recommended that the development of the prototype application for plant pathology information services by The Royal Project Foundation should focus on improving the control and usability of the application. The aim should make it more user-friendly, easy to use, and less complicated in order to reduce the complexity of usage. Additionally, there should be an increase in the dissemination channels and methods of using the application to enhance knowledge and understanding of the prototype application for plant pathology information services. This will create acceptance and a positive attitude towards future usage of the prototype application.

Keywords: smartphones, technology acceptance, application acceptance, plant protection centers work factors

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคลของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวงเชียงใหม่ 2) วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้งานแอปพลิเคชัน และ 3) ศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะต่อการใช้งานแอปพลิเคชันต้นแบบ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ คือ เจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ลงทะเบียนใช้งานแอปพลิเคชัน จำนวน 162 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ (Google form) สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 ตัวแปร ที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent-sample T-test) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว F-test (One-way Analysis of Variance: ANOVA)

ผลการศึกษาพบว่า เจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนใหญ่ร้อยละ 58.60 เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 35 ปี มีอายุอยู่ระหว่าง 32-38 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.50 จบการศึกษาในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 58.60 โดยรายได้จากการทำงานสูงที่สุดร้อยละ 48.20 เฉลี่ย 20,000-30,000 บาทต่อเดือน ส่วนใหญ่ร้อยละ 63.00 ทำงานในตำแหน่งพนักงาน มีประสบการณ์ทำงาน เฉลี่ย 9.35 ปี อยู่ระหว่าง 7-11 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 42.00 รับผิดชอบงานหลักด้านผักและสมุนไพรมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.00 ด้านการใช้ระบบปฏิบัติการสมาร์ทโฟนใช้งานระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) เป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 55.60 ใช้ระยะเวลาในการใช้งานแอปพลิเคชันในแต่ละครั้ง เฉลี่ย 19.68 นาทีต่อครั้ง อยู่ระหว่าง 3-13 นาทีต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 50.00 มีความถี่ในการใช้งานแอปพลิเคชัน

ใน 1 วัน เฉลี่ย 5.69 ครั้ง อยู่ระหว่าง 1-5 ครั้งต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 68.00 หากเป็นความถี่ในการใช้งานแอปพลิเคชัน วันต่อสัปดาห์ เฉลี่ย 3.98 วันต่อสัปดาห์ สูงสุด 5 วันต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 28.40 และ ช่วงเวลาที่มีการใช้งานมาก คือ 09:01-12:00 คิดเป็นร้อยละ 45.10 จากการศึกษาฟังก์ชันที่เลือกใช้งานและระดับการใช้งานแอปพลิเคชันของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ เลือกใช้งานและมีระดับในการใช้งานระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 3.18 หากพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ มีระดับการใช้งานแอปพลิเคชันในระดับน้อยมากใน 2 ฟังก์ชัน ได้แก่ ฟังก์ชันโรคและแมลงศัตรูพืช (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.57) และฟังก์ชันสารกำจัดศัตรูพืช (ค่าเฉลี่ย 3.48) และมีระดับการใช้งานแอปพลิเคชันในระดับปานกลาง 2 ฟังก์ชัน ได้แก่ ฟังก์ชันรายงานข้อมูล (ค่าเฉลี่ย 2.98) และฟังก์ชันรายงานปัญหา (ค่าเฉลี่ย 2.70) ตามลำดับ การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม พบว่ามีตัวแปรอิสระ 6 ตัวแปร จากทั้งหมด 12 ตัวแปร ที่มีความแตกต่างกันในด้านการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ ตำแหน่งงาน ประสบการณ์ทำงานและความถี่ในการใช้งานแอปพลิเคชัน

การพัฒนาแอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช ศูนย์อารักขาพืชมูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ควรมุ่งพัฒนาระบบด้านความสามารถในการควบคุมและใช้งานแอปพลิเคชัน เป็นอันดับแรกโดยมุ่งเน้นปรับปรุงพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีการใช้งานสะดวกไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการใช้งานยิ่งขึ้นเพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนในการใช้งานและควรมีการเพิ่มช่องทางการเผยแพร่ วิธีการใช้งานเพื่อเป็นการส่งเสริมให้ความรู้ เพื่อเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชเพื่อสร้างการยอมรับและทัศนคติที่ดีการใช้งานแอปพลิเคชันต้นแบบบริการต่อไป

คำสำคัญ: สมาร์ทโฟน การยอมรับเทคโนโลยี การยอมรับการใช้แอปพลิเคชัน ศูนย์อารักขาพืช ปัจจัยในการทำงาน

คำนำ

ในโลกยุคปัจจุบันการติดต่อสื่อสารและการค้นหาข้อมูลข่าวสารสามารถกระทำได้ง่ายดายมากขึ้น เพราะเกิดจากการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดของเทคโนโลยีในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นการรวมตัวกันของเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ การสื่อสาร รวมถึงระบบเทคโนโลยีอื่น เช่น การกระจายเสียง เข้าไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถรับและส่งสัญญาณ โดยเฉพาะข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบสื่อผสม ที่ประกอบด้วยภาพเสียงและข้อความต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว สมบูรณ์ และสามารถส่งได้ในปริมาณมาก การเผยแพร่ข้อมูลต่าง ๆ ทำได้ยิ่งง่ายดายมากขึ้น โดยเฉพาะการเผยแพร่ข้อมูลในยุคไร้พรมแดนนับว่าเป็นยุคแห่งการพัฒนาเทคโนโลยีที่ไม่หยุดยั้ง

มูลนิธิโครงการหลวงมีนโยบายในการมุ่งสืบสาน รักษา และต่อยอด การดำเนินงานตามความมุ่งหมายเดิมของโครงการหลวง ปัจจุบันมูลนิธิโครงการหลวงได้ดำเนินการส่งเสริมให้เกษตรกรบนพื้นที่สูงในการผลิตพืชภายใต้มาตรฐานต่าง ๆ เช่น มาตรฐาน McDonald's Global GAP, GAP และอินทรีย์ เป็นต้น เพื่อเป็นการยกระดับสินค้าเกษตรให้สามารถส่งจำหน่ายได้ทั่วโลก ทั้งนี้ แผนงานศูนย์อารักขาพืช เป็นหน่วยงานหนึ่งที่มีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนการดำเนินงานดังกล่าว โดยทำหน้าที่ให้ความรู้และความเข้าใจในการอารักขาพืชอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพแก่เจ้าหน้าที่มูลนิธิ

โครงการหลวง เพื่อพัฒนาคุณภาพผลิตผลให้ปลอดภัยและได้มาตรฐานต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมใหม่ด้านอารักขาพืช และเป็นแหล่งเรียนรู้การจัดการศัตรูพืชบนพื้นที่สูง แผนงานศูนย์อารักขาพืชจึงต้องการพัฒนาระบบฐานข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศด้านอารักขาพืช ซึ่งเป็นแผนงานของแผนงานศูนย์อารักขาพืช และสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ในยุทธศาสตร์ที่ 8 ซึ่งเป็นยุทธศาสตร์การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัยและนวัตกรรม โดยเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศด้านการวิจัยและพัฒนากิจการศัตรูพืชบนพื้นที่สูงอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ได้ผลิตผลที่มีคุณภาพปลอดภัยจากสารเคมีปนเปื้อน และเน้นการป้องกันกำจัดศัตรูพืชแบบบูรณาการ (Plant Protection Center, 2024)

แผนงานศูนย์อารักขาพืชได้ทำการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศด้านอารักขาพืช หรืออีกชื่อหนึ่ง คือ แอปพลิเคชันต้นแบบ Plant Protection Center Royal Project Foundation (PPC-RPF) จะเป็นแหล่งข้อมูลด้านอารักขาพืช โดยบรรจุข้อมูลศัตรูพืชและวิธีการป้องกันกำจัดแบบบูรณาการ ที่เกษตรกรและบุคลากรของมูลนิธิโครงการหลวงสามารถวินิจฉัยศัตรูพืชเบื้องต้น พร้อมทั้งสามารถรู้ถึงปัญหา วิธีการแก้ปัญหา และป้องกันการระบาดของศัตรูพืช แอปพลิเคชันต้นแบบนี้ยังสามารถระบุสารกำจัดศัตรูพืชในบัญชีรายชื่อสารอนุญาตให้ใช้ของมูลนิธิโครงการหลวง สามารถคำนวณระยะปลอดภัยของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และยังสามารถระบุตำแหน่งที่พบศัตรูพืช ทำให้สามารถเก็บเป็นข้อมูลเพื่อติดตามการระบาดและพยากรณ์การระบาดในอนาคต แอปพลิเคชันต้นแบบสามารถใช้งานได้แม้ในพื้นที่ที่ไม่มีสัญญาณสื่อสาร แอปพลิเคชันต้นแบบ Plant Protection Center Royal Project Foundation (PPC-RPF) จะใช้เป็นรากฐานสำคัญในการเสริมสร้างองค์ความรู้ และการพัฒนาทักษะความสามารถให้แก่เจ้าหน้าที่และเกษตรกรของมูลนิธิโครงการหลวง การพัฒนาสารสนเทศด้านการเกษตรให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง โดยการบูรณาการข้อมูลองค์ความรู้ทางการเกษตรผ่านเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่จะช่วยอำนวยความสะดวกใน การเสริมสร้างอาชีพของเกษตรกร (Plant Protection Center, 2024)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช ของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อทำความเข้าใจถึงปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการยอมรับแอปพลิเคชัน ผลลัพธ์ของการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการวางแผน พัฒนาแอปพลิเคชัน ปรับปรุงแก้ไข รวมทั้งการวางแผนการส่งเสริมการใช้แอปพลิเคชันให้กับเกษตรกรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ คือ เจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง ที่ได้ลงทะเบียนใช้งานแอปพลิเคชันต้นแบบ Plant Protection Center Royal Project Foundation (PPC-RPF) โดยใน ปี พ.ศ. 2564 มีจำนวน 250 ราย และทำการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร Taro Yamane (Yamane, 1967) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 154 ราย จากการเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด 162 ราย เพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์จึงขอปรับเป็น 162 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ (Google form) เป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคลของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ปัจจัยด้านสภาพการทำงาน และปัจจัยด้านการใช้งานแอปพลิเคชัน แบบสอบถามผ่าน

การทดสอบเพื่อหาความเชื่อถือได้ (Reliability) กับเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง จำนวน 30 คน และวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ตามวิธีการของคูเดอร์-ริชาร์ดสันและครอนบาค มีค่าเท่ากับ 0.930

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการแบ่งช่วงคะแนนเพื่อแปลผล ทดสอบสมมติฐานเพื่อค้นหาค่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันโดยการวิเคราะห์ T-test independent และ F-test (One-way Analysis of Variance: ANOVA) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยและวิจารณ์

เจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ร้อยละ 58.60 ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ยอยู่ที่ 35 ปี อยู่ระหว่าง 32-38 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.50 จบการศึกษาในระดับปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 58.60 โดยรายได้จากการทำงานสูงสุดร้อยละ 48.20 อยู่ที่ 20,000-30,000 บาทต่อเดือน ส่วนใหญ่ร้อยละ 63.00 ทำงานในตำแหน่งพนักงาน มีประสบการณ์ทำงานเฉลี่ย 9.35 ปี อยู่ระหว่าง 7-11 ปี มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 42.00 รับผิดชอบงานหลักด้านผักและสมุนไพรมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 37.00 ด้านการใช้ระบบปฏิบัติการสมาร์ทโฟนใช้งานระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (android) เป็นส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 55.60 ใช้ระยะเวลาในการใช้งานแอปพลิเคชันในแต่ละครั้ง เฉลี่ยอยู่ที่ 19.68 นาที ต่อครั้ง สูงสุดอยู่ระหว่าง 3-13 นาทีต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 50.00 มีความถี่ใน การใช้งานแอปพลิเคชันใน 1 วันเฉลี่ย 5.69 ครั้ง อยู่ระหว่าง 1-5 ครั้งต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 68.00 หากเป็นความถี่ในการใช้งานแอปพลิเคชัน วันต่อสัปดาห์ เฉลี่ย 3.98 วันต่อสัปดาห์ สูงสุด 5 วันต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 28.40 และ ช่วงเวลาที่มีการใช้งานมาก คือ 09:01-12:00 คิดเป็นร้อยละ 45.10จากการศึกษาฟังก์ชันที่เลือกใช้งานและระดับการใช้งานแอปพลิเคชันของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่เลือกใช้งานและมีระดับในการใช้งานระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ย 3.18 หากพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า เจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่มีระดับการใช้งานแอปพลิเคชันในระดับน้อยมากใน 2 ฟังก์ชัน ได้แก่ ฟังก์ชันโรคและแมลงศัตรูพืช (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.57) และฟังก์ชันสารกำจัดศัตรูพืช(ค่าเฉลี่ย 3.48) และมีระดับการใช้งานแอปพลิเคชันในระดับ ปานกลาง 2 ฟังก์ชัน ได้แก่ ฟังก์ชันรายงานข้อมูล(ค่าเฉลี่ย 2.98) และฟังก์ชันรายงานปัญหา (ค่าเฉลี่ย 2.70) ตามลำดับการทดสอบสมมติฐานระหว่างปัจจัยลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยด้านสภาพการทำงาน และปัจจัยด้านการใช้แอปพลิเคชันกับการยอมรับการใช้แอปพลิเคชัน ต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช

สมมติฐานย่อย 1.1 เพศที่แตกต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานจึง ปฏิเสธสมมติฐานที่ 1.1 ค่า Sig. = 0.997 ซึ่งมีค่า Sig. > 0.05 นั่นคือ เพศต่างกัน มีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช ไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานย่อย 1.2 อายุที่แตกต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานจึง ยอมรับสมมติฐานที่ว่า 1.2 ค่า.Sig. = 0.005 ซึ่งมีค่า Sig. < 0.05 นั่นคือ อายุต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช แตกต่างกันของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่อายุเท่ากับและมากกว่า 35 ปี มีค่าเฉลี่ยที่ 3.77 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่อายุน้อยกว่า 35 ปีค่าเฉลี่ย

ที่ 3.63 จะเห็นได้ว่าประชากรในกลุ่มดังกล่าวข้างต้นนั้นเป็นกลุ่ม คน Generation X ที่มีอายุ 35 - 52 ปี ซึ่งสอดคล้องกับ Senkao (2015) พบว่า คนที่ใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่ม คน Generation X ที่มีอายุ 38 - 52 ปี

สมมติฐานย่อย 1.3 ระดับการศึกษาที่แตกต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานจึงยอมรับสมมติฐานที่ 1.3 ค่า Sig. = 0.004 ซึ่งมีค่า Sig. < 0.05 นั่นคือ ระดับการศึกษาต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช แตกต่างกัน อธิบายได้ว่า ประชากรในกลุ่มจบการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรีส่วนใหญ่จะเป็นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมส่วนกลาง ที่คอยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาแก่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมที่ทำหน้าที่ในพื้นที่ ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในแอปพลิเคชันมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Teekapakvisit (2016) พบว่าปัจจัยส่วนบุคคล คือ ระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีระดับความพึงพอใจต่อการลงทะเบียนออนไลน์เพื่อสมัครเข้าร่วมโครงการฝึกอบรมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมติฐานย่อย 1.4 รายได้ที่แตกต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานจึงยอมรับสมมติฐานที่ 1.4 ค่า Sig. = 0.008 ซึ่งมีค่า Sig. < 0.05 นั่นคือ รายได้ต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน อธิบายได้ว่า การมีเทคโนโลยีทันสมัยจัดเป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบ เจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวงที่มีรายได้เฉลี่ยสูงกว่า 30,000 บาท มีการยอมรับในประเด็น สามารถใช้งานฟังก์ชันรายงานแสดงพิกัดตำแหน่งการพบปัญหาการระบาดของศัตรูพืช/การระบาดของโรคพืช ที่ต่อการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชจะมีความสามารถมากกว่าที่จะจัดหาเทคโนโลยีมือถือที่ทันสมัย ให้ง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชันต้นแบบซึ่งสอดคล้องกับ Leuanwan (2012) ยังพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศ รายได้ต่อเดือน ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศด้านการรับรู้ ความรู้เรื่องเนื้อหา และความง่ายต่อการใช้งานมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมติฐานย่อย 1.5 ตำแหน่งงานที่แตกต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานจึง ยอมรับสมมติฐานที่ 1.5 ค่า Sig. = 0.000 ซึ่งมีค่า Sig. < 0.05 นั่นคือ ตำแหน่งงานต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช แตกต่างกันอธิบายได้ว่า ประชากรในกลุ่มจบการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรีส่วนใหญ่จะเป็นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมส่วนกลางซึ่งตรงกับตำแหน่งงานพนักงาน และกลุ่มจบการศึกษาปริญญาตรีส่วนใหญ่จะเป็นพนักงานใหม่ทำตำแหน่งงานลูกจ้างหรือลูกจ้างโครงการ ซึ่งยังขาดความรู้ความเข้าใจในแอปพลิเคชันจำเป็นต้องมีการรับรู้ถึงประโยชน์ของแอปพลิเคชันและเกิดการศึกษาค้นคว้าถึงประโยชน์ของแอปพลิเคชันว่าเหมาะสมกับผู้ใช้มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Thongpha (2021) พบว่ากลุ่มอาชีพนักเรียน/นักศึกษา ให้ความสนใจใช้แอปพลิเคชันค่ายมือถืออย่างต่อเนื่องมากกว่ากลุ่มอาชีพข้าราชการ/พนักงานบริษัท นอกจากนั้นกลุ่มอาชีพข้าราชการ/พนักงานบริษัท ให้ความสนใจมากกว่ากลุ่มลูกจ้างเอกชน และยังให้ความสนใจมากกว่ากลุ่มอาชีพธุรกิจส่วนตัว

สมมติฐานย่อย 1.6 ประสบการณ์ทำงานที่แตกต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานจึงยอมรับสมมติฐานที่ 1.6 ค่า Sig. = 0.007 ซึ่งมีค่า Sig. < 0.05 นั่นคือ ประสบการณ์ทำงานต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน อธิบายได้ว่าเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่ ที่มีประสบการณ์ทำงานเท่ากับหรือมากกว่า 8 ปี มีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบมากกว่าเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง ที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยกว่า 8 ปี ตั้งแต่การศึกษา

ระดับการศึกษา รายได้ ตำแหน่งงานสอดคล้องกับไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด จะเห็นว่าระดับการศึกษารายได้และตำแหน่งงานที่สูงและประสบการณ์ทำงานที่มากกว่า ส่งผลต่อการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบเป็นอย่างมาก ซึ่งสอดคล้องกับ Nipapan (2023) พบว่าประสบการณ์ในอาชีพเกษตร แตกต่างกันจะมีทัศนคติการใช้สมุทตะเบียนเกษตรกรดิจิทัลที่ต่างกัน

สมมติฐานย่อย 1.7 ประเภทพืชหลักที่รับผิดชอบที่แตกต่างกันส่งผลต่อการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน โดยใช้สถิติ One-way ANOVA F-test มีประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่ม ขึ้นไป ได้แก่ งานไม้ผล งานผักสมุนไพร งานซากาแฟ งานพืชไร่ งานไม้ดอก งานเห็ด และงานส่วนกลาง ผลการทดสอบสมมติฐานจึง ปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า 1.7 ค่า Sig. = 0.459 ค่า F = 0.953 ซึ่งมีค่า Sig. > 0.05 นั่นคือ ประเภทพืชหลักที่รับผิดชอบต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานย่อย 1.8 ระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันส่งผลต่อการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานจึงปฏิเสธสมมติฐานที่ 1.8 ค่า Sig. = 0.864 ซึ่งมีค่า Sig. > 0.05 นั่นคือ ระบบปฏิบัติการที่ต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานย่อย 1.9 ระยะเวลาในการใช้งานในแต่ละครั้งที่แตกต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานจึงปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า 1.9 ค่า Sig. = 0.052 ซึ่งมีค่า Sig. > 0.05 นั่นคือ ระยะเวลาในการใช้งานในแต่ละครั้งต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานย่อย 1.10 ความถี่ในการใช้งานแอปพลิเคชันใน 1 วันที่แตกต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานจึงยอมรับสมมติฐานที่ 1.10 ค่า Sig. = 0.049 ซึ่งมีค่า Sig. < 0.05 นั่นคือ ความถี่ในการใช้งานแอปพลิเคชันใน 1 วันต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน อธิบายได้ว่าเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่ ที่มีความถี่ในการใช้งานแอปพลิเคชันน้อยกว่า 6 ครั้งต่อวัน มีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบมากกว่า ส่วนใหญ่ของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวงนิยมใช้งานที่ความถี่ในการใช้งานแอปพลิเคชัน 1-5 ครั้งต่อวันสูงถึงร้อยละ 86 ซึ่งสอดคล้องกับ Panyadee (2011) ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการใช้อุปกรณ์สื่อสารโทรคมนาคมของประชาชนในกรุงเทพมหานคร พบว่าประชาชนใช้โทรศัพท์มือถือ Nokia ระบบ AIS แบบเติมเงิน เฉลี่ยเวลาในการใช้วันละ 6 ครั้ง ระยะเวลาการใช้ต่อครั้ง 1-5 นาที และใช้ช่วงเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ โดยส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีที่มากับตัวเครื่อง จำนวนแอปพลิเคชันที่ใช้อยู่ที่ 1-5 แอปพลิเคชัน และราคาต่ำกว่า 20 บาท โดยใช้แอปพลิเคชันด้านเครือข่ายสังคมและใช้เป็นประจำทุกวัน

สมมติฐานย่อย 1.11 ความถี่ในการงานแอปพลิเคชันวันต่อสัปดาห์ที่แตกต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานจึงปฏิเสธสมมติฐานที่ 1.1 ค่า Sig. = 0.980 ซึ่งมีค่า Sig. > 0.05 นั่นคือ ความถี่ในการงานแอปพลิเคชันวันต่อสัปดาห์ต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานย่อย 1.12 ช่วงเวลาที่ใช้งานมากที่แตกต่างกันส่งผลต่อการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานจึงปฏิเสธสมมติฐานที่ 1.12 ค่า Sig. = 0.938 ซึ่งมีค่า Sig. > 0.05 นั่นคือ ช่วงเวลาที่ใช้งานมากต่างกันจะมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชไม่แตกต่างกัน

Table 1 Testing hypotheses among personal background characteristics, work environment factors, and application usage factors with the acceptance of prototype applications

Independent variables	Sample group	N	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
1.1 Gender	Male	95	3.64	0.51	1.10	0.997
	Female	67	3.73	0.49		
1.2 Age	Less than 35 years old	109	3.63	0.44	1.47	0.005*
	Equal to and more than 35 years old	53	3.77	0.62		
1.3 Education level	Bachelor's degree	104	3.59	0.52	2.95	0.004*
	Higher than Bachelor's degree	58	3.82	0.44		
1.4 Income	Less than 30,000 Baht	113	3.66	0.45	0.55	0.008*
	More than 30,000 Bath	49	3.71	0.62		
1.5 Job position	Employee	102	3.77	0.59	3.92	0.000*
	Laborer	60	3.51	0.23		
1.6 Work experience	Less than 8 years of work	101	3.61	0.42	1.88	0.007*
	8 years or more of work	61	3.78	0.61		
1.8 Operating system	Android	90	3.67	0.50	0.22	0.864
	IOS	72	3.68	0.51		
1.9 Usage per session	Less than 19 mins per session	100	3.60	0.54	2.37	0.052
	Equal to or more than 19 mins. Per session	62	3.79	0.42		

Table 1 (Continue)

Independent Variables	Sample group	N	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig.
1.10 Daily app tasks	Less than 6 times per day	110	3.74	0.45	2.16	0.049*
	Equal to or more than 6 times per day	52	3.54	0.58		
1.11 Weekly app engagements	Less than 4 days per week	91	3.58	0.48	2.80	0.980
	Equal to or more than 4 days per week	71	3.80	0.51		

Table 2 Testing hypotheses among the main plant types responsible for accepting the use of prototype applications

Source of variation	SS	df	MS	F	Sig.
Between Groups Sum of Square	1.491	6	0.249	0.953	0.459
Within Group Sum of Square	40.417	155	0.261		
Total Sum of Square	41.909	161			

สรุปผลการวิจัย

พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ 1) ปัจจัยลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคลกับการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบ พบว่ามีตัวแปร 3 ตัวแปร ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา และรายได้ ที่แตกต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนตัวแปรจำนวน 1 ตัวแปร ได้แก่ เพศ ที่แตกต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบที่ไม่แตกต่างกัน 2) ปัจจัยด้านสภาพการทำงานกับการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบ พบว่ามีตัวแปร 2 ตัวแปร ได้แก่ ตำแหน่งงาน และประสบการณ์ทำงานที่ต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีตัวแปรจำนวน 1 ตัวแปร ได้แก่ ประเภทพืชหลักที่รับผิดชอบ ที่แตกต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบที่ไม่แตกต่างกัน 3) ปัจจัยด้านการใช้แอปพลิเคชันกับการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบ พบว่าตัวแปรความถี่ในการใช้งานแอปพลิเคชันใน 1 วัน ที่ต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบ ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีตัวแปร จำนวน 4 ตัวแปร ได้แก่ ระบบปฏิบัติการสมาร์ทโฟน ระยะเวลาในการใช้งานในแต่ละครั้ง ความถี่ในการใช้งานแอปพลิเคชันวันต่อสัปดาห์ และช่วงเวลาที่มีการใช้งาน ที่แตกต่างกันมีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบที่ไม่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะต่อศูนย์อารักขาพืชมูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่ เพื่อการพัฒนาแอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช ศูนย์อารักขาพืชควรมุ่งพัฒนาระบบด้านความสามารถในการควบคุมและใช้งานแอปพลิเคชันเป็นอันดับแรก ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่ามีค่าเฉลี่ย 3.47 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในด้าน 6 ด้าน โดยมุ่งเน้นปรับปรุงพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีการใช้งานสะดวกไม่ซับซ้อน และง่ายต่อการใช้งานยิ่งขึ้น เพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนในการใช้งานและมุ่งเน้นส่งเสริมไปยังกลุ่มอายุต่ำกว่า 35 ปี จบการศึกษาในระดับปริญญาตรี มีรายได้จากการทำงานน้อยกว่า 30,000 บาท ทำงานในตำแหน่งกลุ่มลูกจ้าง มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยกว่า 8 ปี เนื่องจากผลการวิจัยพบว่า เป็นกลุ่มที่มีการยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืชที่อยู่ในระดับน้อย ดังนั้น ศูนย์อารักขาพืชมูลนิธิโครงการหลวงเชียงใหม่ จึงควรส่งเสริมให้ความรู้ การฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช เพิ่มช่องทางการเผยแพร่ และวิธีการใช้งาน โดยเน้นกลุ่มเป้าหมายดังกล่าว เพื่อเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช เพื่อสร้างการยอมรับและทัศนคติที่ดีการใช้งานแอปพลิเคชัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล เศรษฐบุตตร รองศาสตราจารย์ ดร. ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ ซึ่งได้ให้ความรู้ การชี้แนะแนวทางการศึกษา ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องในงาน ตลอดจนการให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีความสมบูรณ์ครบถ้วนสำเร็จได้ด้วยดี ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ และศูนย์อารักขาพืช โครงการหลวง ที่ให้คำปรึกษาและให้เวลาในการทำงานเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณ นางสาวกฤษณา สุขเมธะ เจ้าหน้าที่ศูนย์อารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการค้นคว้าแบบอิสระในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Leuanwan, O. 2012. **Factors Affecting Information Technology Acceptance: A Case Study of Community Development Department, Government Complex Chaeng Watthana.** Pathum Thani: Faculty of Business Administration Rajamangala University of Technology Thanyaburi. 274 p. [in Thai]
- Nipapan, T. 2023. **Attitudes and Behavior of Farmers Using DOAE Farmbook Application, Wang Chin District, Phrae Province.** Chiang Mai: Chiangmai University. 90 p. [in Thai]
- Panyadee, T. 2011. **Factors Affecting the Use of Smartphone Applications Among People in Bangkok.** Bangkok: Ramkhamhaeng University. 142 p. [in Thai]
- Plant Protection Center. 2024. **Developing a Database System Using Information Technology in the Field of Plant Genetics, Royal Project Foundation, Chiang Mai Province.** Chiang Mai: Royal Project Foundation. 20 p. [in Thai]
- Senkao, K. 2015. **Social Network Usage Behaviours of X Generation in Bangkok.** 104 p. In Research Report. Bangkok: Bangkok University. [in Thai]
- Teekapakvisit, T. 2016. Factors affecting the satisfaction of online registration for the training projects at the Faculty of Dentistry, Mahidol University. **Mahidol R2R e-Journal** 3(2): 122-144. [in Thai]
- Thongpha, O. 2021. **Factors Affecting Continued Intention to Use Mobile Service Applicaion.** Bangkok: Mahidol University. 163 p. [in Thai]
- Yamane, T. 1967. **Statistics: An introductory Analysis.** 2nd ed. New York: Harper & Row. 734 p.

การเปรียบเทียบอัตราการกินอาหารต่อวันของกุ้งมังกรเลน (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) ที่มีขนาดแตกต่างกัน

Comparison of Feed Intake Rate of Mud Spiny Lobster (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) with Different Size

รุ่งทิพา คนสันทัด* วาสนา อากรรรัตน์ ชลดา ลือร่าม และวุฒิชัย อ่อนเอี่ยม

Rungtiwa Konsantad*, Wasana Arkronrat, Chonlada Leearam and Vutthichai Oniam

สถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจวบคีรีขันธ์ 77000

Klongwan Fisheries Reserch Station, Faculty of Fishereies, Kasetsart University, Prachuap Khiri Khan, Thailand 77000

*Corresponding author: ffsrik@ku.ac.th

Abstract

The objectives of this study were compared feed intake of mud spiny lobster (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) with different size in terms of carapace length (CL) at three size groups, i.e., less than 50 mm (T1), 51-60 mm (T2), and 61 mm or more than (T3), with 5 replicates per treatment (n=5). The result found that mud spiny lobster with mean CL of 48.40 ± 2.07 - 63.00 ± 0.71 mm had the feed intake in the range of 1.64 ± 2.43 - $7.16 \pm 3.76\%$ body weight/day. The mud spiny lobster in T2 (mean CL 53.60 ± 2.51 mm) had the feed intake higher than ($P < 0.05$) in T1 (mean CL 48.40 ± 2.07 mm), but it was not significantly different with in T3 (mean CL 63.00 ± 0.71 mm). The current study indicated that size of mud spiny lobster affected changes feed intake of it. This knowledge will be used as a guideline for feeding management during the cultivation of mud spiny lobster in order to yields that are worth of the investment.

Keywords: mud spiny lobster, feed intake, carapace length size

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการกินอาหารของกุ้งมังกรเลน (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) ที่มีขนาดความยาวเปลือกคลุมหัว (CL) ต่างกัน 3 กลุ่มขนาด ได้แก่ น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร (T1) 51-60 มิลลิเมตร (T2) และ 61 มิลลิเมตรขึ้นไป (T3) ชุดการทดลองละ 5 ซ้ำ (n=5) ผลการศึกษาพบว่า กุ้งมังกรเลน ที่มี CL เฉลี่ยในช่วง 48.40 ± 2.07 - 63.00 ± 0.71 มิลลิเมตร มีอัตราการกินอาหารต่อวันอยู่ในช่วง 1.64 ± 2.43 - $7.16 \pm 3.76\%$ น้ำหนักตัว/วัน โดยกุ้งมังกรเลนของชุดการทดลอง T2 (CL เฉลี่ย 53.60 ± 2.51 มิลลิเมตร) มีอัตราการกิน

อาหารต่อวันเฉลี่ยสูงกว่า ($P < 0.05$) ชุดการทดลอง T1 (CL เฉลี่ย 48.40 ± 2.07 มิลลิเมตร) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับชุดการทดลอง T3 (CL เฉลี่ย 63.00 ± 0.71 มิลลิเมตร) การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าขนาดของกุ้งมังกรเลนมีผลต่ออัตราการกินอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งองค์ความรู้นี้จะนำไปสู่แนวทางการจัดการด้านการให้อาหารระหว่างการเลี้ยงกุ้งมังกรเลนให้ได้ผลผลิตที่คุ้มค่าแก่การลงทุนต่อไป

คำสำคัญ: กุ้งมังกรเลน อัตราการกินอาหาร ความยาวเปลือกคลุมหัว

คำนำ

กุ้งมังกรเลน (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศในแถบภูมิภาคเอเชีย สำหรับประเทศไทย กุ้งมังกรเลน ส่วนมากจะแพร่กระจายอยู่ในแถบตามชายฝั่งทะเลอ่าวไทย และทะเลฝั่งอันดามัน ตั้งแต่จังหวัด ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล จะพบกุ้งมังกรเลนที่ระดับน้ำลึกตั้งแต่ 3-90 เมตร พบมากบริเวณพื้นโคลนปนเปลือกหอย หอยที่มีหญาทะเล ตลอดจนบริเวณแนวหิน กุ้งมังกรเลนเป็นสัตว์กินเนื้อ (canivorous) สามารถกินอาหารได้หลายชนิด และอาหารของกุ้งมังกรเลนจะเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณหน้าดิน เช่น แมงเพรียง หอยทะเลขนาดเล็ก สัตว์จำพวกครัสเตเชียน หรือซากพืชซากสัตว์ เป็นต้น โดยการกินอาหารกุ้งจะใช้ maxilliped คู่ที่ 3 และขาเดินคู่ที่ 1,2 และ 3 ช่วยจับอาหาร จากนั้นจะฉีกอาหารให้เป็นชิ้นเล็กๆ และนำเข้าสู่อำพ (Nitiratsuan *et al.*, 2017) กุ้งมังกรเลนเป็นทรัพยากรสัตว์ทะเลชนิดหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้และสร้างอาชีพ เนื่องจากมีรสชาติดี จึงเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศโดยสามารถส่งออกได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แบบมีชีวิต แช่เย็น แช่แข็ง และแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหาร กุ้งมังกรเลนจัดอยู่ในกลุ่มสัตว์น้ำที่มีมูลค่าสูง มีราคาขายเฉลี่ยอยู่ที่กิโลกรัมละ 1,200-1,400 บาท (Wahyudin *et al.*, 2017) โดยกุ้งที่นำมาใช้ประโยชน์มาจากแหล่งธรรมชาติทั้งสิ้น จึงทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรเกินกว่ากำลังธรรมชาติ จึงส่งผลให้ปริมาณกุ้งมังกรเลนในธรรมชาติลดลง และทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ปัจจุบันยังมีอีกปัญหาของที่สำคัญของการเลี้ยงกุ้งมังกรเลน คือ กุ้งมังกรเลนใช้ระยะเวลาในการพัฒนายาวนานประมาณ 8-10 เดือน จึงส่งผลในเรื่องการผลิตลูกพันธุ์ในระบบโรงเพาะฟักในประเทศไทยยังไม่ประสบผลสำเร็จ (Oniam *et al.*, 2021; Chamnina *et al.*, 2022; Konsantad *et al.*, 2023) แต่อย่างไรก็ตามเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งมังกรเลนของไทยส่วนใหญ่นิยมเลี้ยงแบบระบบการเลี้ยงขุนในกระชังบริเวณชายฝั่งทะเล ปัญหาที่พบคือ เกษตรกรยังขาดองค์ความรู้ และความเข้าใจในการเลี้ยงกุ้งมังกรเลน ซึ่งปัญหาที่พบในการเลี้ยงกุ้งมังกรเลนในปัจจุบัน คือ ยังไม่มีการกำหนดอัตราการให้อาหารที่แน่นอน ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งมังกรเลนให้อาหารตามความเคยชิน หรือให้อาหารในปริมาณที่มากเกินไป จนเกินบางครั้งเกินความต้องการของกุ้งในแต่ละวันทำให้เกิดเศษอาหารเหลือสะสมในกระชังเลี้ยงมากเกินไปจนทำให้กระชังอุดตันได้ จนส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและคุณภาพกุ้ง รวมไปถึงต้นทุนค่าอาหารที่เพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิตทั้งหมดอีกด้วย (ข้อมูลจากการลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม) ในกรณีของการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่น เช่น ปลานิลแดง (*Oreochromis Niloticus*) และปูม้า (*Portunus pelagicus*) พบว่า ปลาและปูแต่ละช่วงอายุจะมีอัตราการกินอาหารเฉลี่ยต่อวันที่แตกต่างกัน และอีกปัจจัยคือ เมื่อสัตว์น้ำมีขนาดเพิ่มมากขึ้นอัตราการกินอาหารต่อน้ำหนักตัวปลาจะลดลง (Oniam *et al.*, 2012; Meekaew *et al.*, 2021) ซึ่งหากทราบ

อัตราการกินอาหารต่อวันของสัตว์น้ำที่เลี้ยงจะนำไปสู่การจัดการด้านการให้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากต้นทุนค่าอาหารนั้นถือเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากในการเพาะเลี้ยงสัตว์

ดังนั้น การจัดการด้านปริมาณอาหารระหว่างการเลี้ยงกุ้งมังกรเลน ถือว่าเป็นหนึ่งปัจจัยที่สำคัญและต้องคำนึงถึงงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการกินอาหารต่อวันของกุ้งมังกรเลนแต่ละขนาด ซึ่งน่าจะนำไปสู่วิธีการจัดการด้านการให้อาหารระหว่างการเลี้ยงกุ้งมังกรเลนเชิงพาณิชย์ให้ได้ประสิทธิภาพ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และได้ผลผลิตที่คุ้มค่าแก่การลงทุนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง (Treatment) ตามขนาดความยาวเปลือกคลุมหัว ได้แก่ ความยาวเปลือกคลุมหัวน้อยกว่า 50 มม. (T1) ความยาวเปลือกคลุมหัวอยู่ในช่วง 51-60 มม. (T2) และความยาวเปลือกคลุมหัว 61 มม. ขึ้นไป (T3) ชุดการทดลองละ 5 ซ้ำ (n=5)

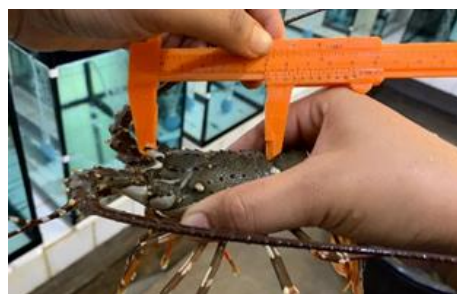
การเตรียมสัตว์ทดลอง

สุ่มตัวอย่างกุ้งมังกรเลน (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) (Figure 1) จากแพเลี้ยงในกระชังนอกชายฝั่งของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งมังกรเลนในพื้นที่ตำบลแหลมสัก อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ ตามกลุ่มขนาดตามแผนการทดลอง จากนั้นลำเลี้ยงขนส่งสัตว์ทดลองด้วยรถยนต์ โดยใส่สัตว์ทดลองไว้ในถังขนส่งขนาด 100 ลิตร บรรจุน้ำเค็ม (30-32 ppt) ปริมาตรประมาณ 50 ลิตร จำนวน 2 ถังพร้อมให้อากาศ (ใส่สัตว์ทดลองถังละ 10-12 ตัว) มาที่โรงเพาะฟักของสถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลคลองวาฬ อำเภอเมืองประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากนั้นปรับสภาพสัตว์ทดลองให้คุ้นชินกับที่กักขังภายใต้ระบบโรงเพาะฟัก โดยพักสัตว์ทดลองในบ่อซีเมนต์ทรงกลมขนาด 2,000 ลิตร ใส่ น้ำเค็ม 30 ppt ที่ปริมาตรน้ำประมาณ 1,500 ลิตร จำนวน 3 บ่อ โดยแบ่งกลุ่มสัตว์ทดลองตามแผนการทดลอง (ปล่อยสัตว์ทดลองบ่อละ 7-8 ตัว)

เลี้ยงสัตว์ทดลองด้วยหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) แบบมีชีวิต โดยให้ในปริมาณที่เหลือหอยแมลงภู่อยู่ในบ่อทุกวัน หรือให้ประมาณ 150-200 กรัม/บ่อ/วัน เลี้ยงนานประมาณ 2 สัปดาห์ จึงสุ่มสัตว์ทดลองมาดำเนินการศึกษาวิจัยตามแผนการทดลอง



(a)



(b)

Figure 1 Mud spiny lobster, *Panulirus polyphagus* (a), and carapace length measurement (b)

วิธีดำเนินการทดลอง

วัดขนาดความยาวเปลือกคลุมหัว (Carapace length; CL) ด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ และชั่งน้ำหนัก (Body weight; BW) ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 1 ตำแหน่ง (SUNFORD รุ่น KAH5000S) จากนั้นแบ่งกุ้งออกเป็นสามกลุ่มตามแผนการทดลอง โดยปล่อยกุ้งน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 90-180 กรัม เลี้ยงกุ้งมังกรลงในตู้กระจกขนาด 24 นิ้ว (กว้าง 30 ซม. × ยาว 61 ซม. × สูง 38 ซม.) ที่น้ำความเค็ม 30 ppt ปล่อยกุ้ง 1 ตัว/ตู้ เลี้ยงด้วยหอยแมลงภู่แบบมีชีวิตวันละ 1 มื้อ มื้อละประมาณ 130 กรัม (น้ำหนักรวมเปลือก) เวลา 15.00 น. จัดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ และบันทึกปริมาณอาหารที่กุ้งกินทุก 24 ชั่วโมง ที่ระยะเวลา 7 วัน

ระหว่างการทดลองดำเนินการเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 50% ทุกวันก่อนให้อาหาร พร้อมตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วยเครื่องมือและวิธีการดังนี้ ความเค็มของน้ำวัดด้วย Salinity Refractometer ยี่ห้อ Prima Tech อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) วัดด้วย DO meter รุ่น YSI 550A ความเป็นกรด-ด่างของน้ำวัดโดยใช้ pH meter ยี่ห้อ Cyber Scan pH 11 จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติกมาประมาณ 500 มล. เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียรวมด้วยวิธี Indophenol blue method ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Colorimetric method และค่าความเป็นด่างด้วยวิธี Titration method (APHA, AWWA and WEF (2017) ภายในห้องปฏิบัติการ โดยวัดการดูดกลืนแสงด้วย Spectrophotometer รุ่น Spectro 2000 RS

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำสัตว์ทดลองแต่ละชุดการทดลองมาชั่งน้ำหนัก เพื่อทำการประเมินอัตราการกินอาหาร (คิดเป็นน้ำหนักเปียก) ของในแต่ละชุดการทดลอง ตามสมการดังนี้

$$\text{อัตราการกินอาหาร (\% น้ำหนักตัว/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักของอาหารที่สัตว์น้ำกิน} / \text{จำนวนวัน}}{(\text{น้ำหนักตัวเริ่มต้น} + \text{น้ำหนักตัวสุดท้าย}) / 2} \times 100$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิเคราะห์และประมวลผลด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics for Windows (version 21.0; IBM Corp., Armonk, NY. USA)

ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการทดลองที่ 7 วัน โดยผลของอัตราการกินอาหารกุ้งมังกรเลน (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) ที่มีขนาด CL เฉลี่ยในช่วง 48.40 ± 2.07 - 63.00 ± 0.71 มม. จะมีอัตราการกินอาหารต่อวันเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.64 ± 2.43 - $7.16 \pm 3.76\%$ น้ำหนักตัว/วัน และเมื่อเปรียบเทียบผลของขนาดต่ออัตราการกินอาหารของกุ้งมังกรเลนทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า อัตราการกินอาหารเฉลี่ยของกุ้งมังกรเลนของชุดการทดลอง T2 (CL เฉลี่ย 53.60 ± 2.51 มม. และ BW เฉลี่ย 126.16 ± 20.56 กรัม) สูงกว่า ($P < 0.05$) ชุดการทดลอง T1 (CL เฉลี่ย 48.40 ± 2.07 มม. และ BW เฉลี่ย 91.54 ± 2.07 กรัม) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับชุดการทดลอง T3 (CL เฉลี่ย 63.00 ± 0.71 มม. และ BW เฉลี่ย 183.08 ± 8.40 กรัม) (Figure 2)

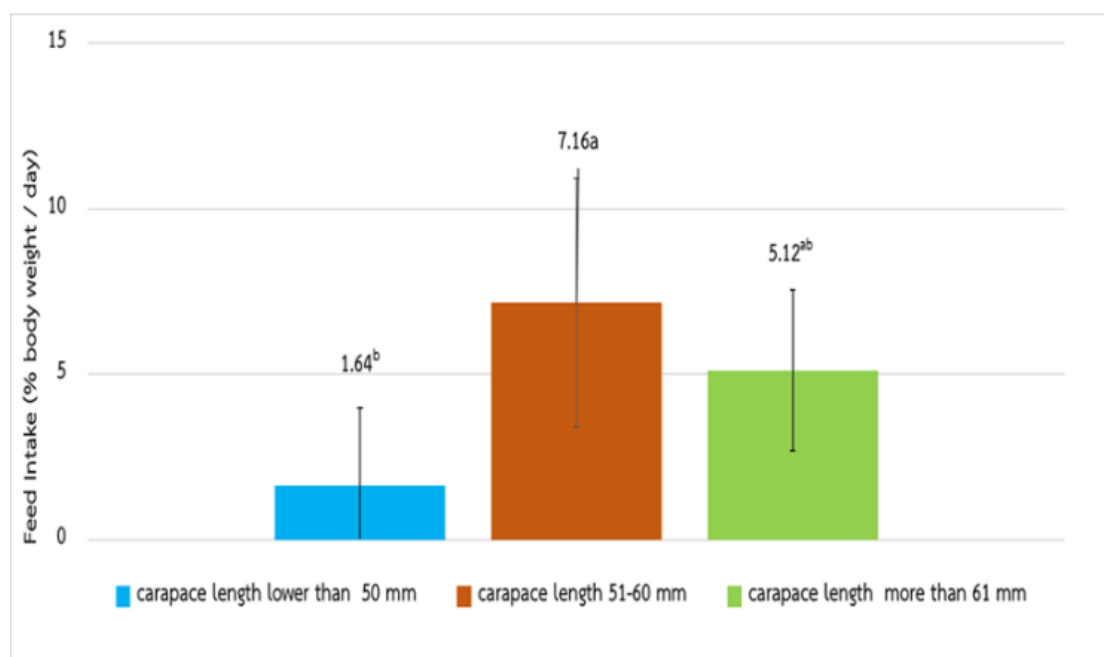


Figure 2 Feed intake of mud spiny lobster, *Panulirus polyphagus* Herbst, 1793, at a different size. Different lowercase letters above bars indicate significant ($P < 0.05$) differences between treatments. Error bars indicate SD.

สำหรับคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการศึกษาผลของอัตราการกินอาหารต่อขนาดของกุ้งมังกรเลนในระยะเวลา 7 วัน มีความเค็มน้ำอยู่ในช่วง 28-30, 29-30 และ 30-31 ppt ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 4.53-7.19 mg/l, 4.06-5.28 mg/l และ 3.55-4.99 mg/l อุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 24.84-26.54°C, 24.28-27.69°C และ 23.76-28.20°C พีเอชอยู่ในช่วง 6.37-7.53, 6.21-7.72 และ 6.62-7.65 ปริมาณแอมโมเนียรวมอยู่ในช่วง 0.02-0.38, 0.06-0.77 และ 0.07-0.90 mg-N/l ไนโตรนอยู่ในช่วง 0.00-0.06, 0.06-0.77 และ 0.00-0.17 mg-N/l และความเป็นต่างของน้ำอยู่ในช่วง 151.20-230.10, 163.40-195.80 และ 133.42-176.00 mg/l as CaCO₃ ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณแอมโมเนียรวม ปริมาณไนโตรเจน และความเป็นต่าง ทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าอุณหภูมิ และค่าความเป็นต่างในแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 1)

Table 1 Water quality (mean±SD) during mud spiny lobster, *Panulirus polyphagus* rearing in this study

Parameters	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
Salinity (ppt)	29.25±0.00 ^b	30.25±0.55 ^a	30.38±0.00 ^a
DO (mg/l)	6.13±0.09 ^a	4.71±0.74 ^b	4.21±0.35 ^b
Water temperature (°C)	25.61±0.14 ^a	30.19±11.06 ^a	24.91±0.13 ^a
pH	7.22±0.27 ^a	7.03±0.13 ^a	7.15±0.06 ^a
Total ammonia (mg-N/l)	0.28±0.03 ^a	0.51±0.11 ^b	0.67±0.13 ^b
Nitrite (mg-N/l)	0.02±0.00 ^a	0.05±0.02 ^b	0.08±0.02 ^c
Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	212.51±1.31 ^a	176.76±19.15 ^b	164.60±10.47 ^b

Mean within row with different lowercase superscripts are significantly ($P < 0.05$) different.

วิจารณ์ผลการวิจัย

กุ้งมังกรเลน (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) เป็นสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียน (Crustaceans) เช่นเดียวกับ ปู กุ้ง ที่เจริญเติบโตได้โดยการลอกคราบเพื่อเพิ่มขนาดตัว นอกจากนี้ก็ยังมีอีกปัจจัยที่มีความสำคัญที่ทำให้กุ้งชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้ดี คือ อาหาร เมื่อกุ้งได้รับอาหารในปริมาณที่เหมาะสมก็จะส่งผลทำให้ได้ผลผลิตที่คุ้มค่า (Klahan *et al.* 2023) ส่วนการศึกษาอัตราการกินอาหารของกุ้งมังกรเลน เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า กุ้งมังกรเลนมีอัตราการกินอาหารเฉลี่ยของกุ้งมังกรเลนที่มีความยาวเปลือกคลุมหัว 51-60 มิลลิเมตร (T2) และความยาวเปลือกคลุมหัว 61 มิลลิเมตรขึ้นไป (T3) มีอัตราการกินอาหารสูงสุด ($P < 0.05$) พบว่าอย่างไรก็ตามกุ้งมังกรเลนที่มีความยาวเปลือกคลุมหัว 61 มิลลิเมตร (T3) ขึ้นไปจะมีอัตราการกินอาหารที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกุ้งที่มีขนาดความยาวเปลือกคลุมหัว 50 มิลลิเมตร (T1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอัตราการกินอาหารต่อวันของครัสเตเชียนชนิดอื่น เช่น ปูม้า *Portunus pelagicus* (Oniam *et al.*, 2012) และปูทะเล *Scylla paramamosain* (Meekaew *et al.* 2021) เป็นต้น

การศึกษาเรื่องของอัตราการกินอาหารมีความสำคัญอย่างมาก แต่ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ โดยเฉพาะปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการกินอาหารที่มีอยู่หลายประการ Limsuwan *et al.* (2009) รายงานว่า กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) จะกินอาหารหมดและเร็วมากเมื่ออุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 30-34°C. หรือการรายงานของ Astuti *et al.* (2023) ที่รายงานหาปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมต่อกุ้งมังกรขนาดใหญ่อยู่ที่ 50-56% และ Nguyen *et al.* (2014) รายงานว่าปูทะเล *Scylla serrata* ขนาดน้ำหนักตัวเฉลี่ย 20.43 กรัม ความกว้างของกระดองเฉลี่ย 4.92 ซม. เมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีน 27-49% จะมีอัตราการกินอาหารเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์เพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของโปรตีนในอาหาร แต่อย่างไรก็ตามอัตราการกินอาหารของปูจะไม่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงถึง 44 และ 49% เนื่องจากได้รับโปรตีนที่เพียงพอต่อความต้องการ และ Thongprajukaew *et al.* (2013) รายงานว่าการอดอาหารเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้กระตุ้นการเจริญเติบโตและอัตราการกินอาหารของปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การประเมินอัตราการกินอาหารของกุ้งมังกรเลน ในแต่ละช่วงอายุหรือตามขนาดความยาวเปลือกคลุมหัวให้มีประสิทธิภาพ ถือเป็นอีกประเด็นวิจัยที่น่าสนใจและควรดำเนินการศึกษาต่อไป ทั้งนี้เพื่อการใช้ประโยชน์ทรัพยากรกุ้งมังกรเลนในธรรมชาติอย่างเหมาะสม และเป็นมิตรแก่สิ่งแวดล้อม

สำหรับคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการศึกษาลงผลของอัตราการกินอาหารต่อขนาดความยาวเปลือกคลุมหัวครั้งนี้พบว่า ค่าคุณภาพน้ำ ค่าความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณแอมโมเนียรวม ปริมาณไนโตรเจน และความเป็นด่าง ทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าอุณหภูมิ และค่าความเป็นด่างในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ถึงแม้ว่าจะไม่มีรายงานด้านผลกระทบของคุณภาพน้ำต่อการเพาะเลี้ยงกุ้งมังกรเลนอย่างชัดเจน ค่าคุณภาพน้ำในแต่ละฟาร์มเตอร่ภายใต้การศึกษาครั้งนี้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยเฉพาะสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียน (Zhang *et al.*, 2020)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาลงผลของขนาดความยาวเปลือกคลุมหัวต่ออัตราการกินอาหารของกุ้งมังกรเลน (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) ภายใต้การศึกษานี้พบว่า ขนาดของกุ้งมังกรเลนมีผลต่ออัตราการกินอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป โดยกุ้งที่มีขนาดความยาวเปลือกคลุมหัวในช่วง 51-60 มม. (เฉลี่ย 53.60 ± 2.51 มม.) มีอัตราการกินอาหารต่อวันเฉลี่ยอยู่ที่ $7.16 \pm 3.76\%$ น้ำหนักตัว/วัน ซึ่งสูงกว่ากุ้งที่มีขนาดความยาวเปลือกคลุมหัวน้อยกว่า 50 มม. (เฉลี่ย 48.40 ± 2.07 มม.) ที่มีอัตราการกินอาหารต่อวันเฉลี่ย $1.64 \pm 2.43\%$ น้ำหนักตัว/วัน นอกจากนี้ กุ้งที่มีขนาดความยาวเปลือกคลุมหัว 61 มม. ขึ้นไป (เฉลี่ย 63.00 ± 0.71 มม.) มีอัตราการกินอาหารต่อวันเฉลี่ยเท่ากับ $5.12 \pm 2.43\%$ น้ำหนักตัว/วัน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าขนาดของกุ้งมังกรเลนมีผลต่ออัตราการกินอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งองค์ความรู้นี้จะนำไปสู่แนวทางการจัดการด้านการให้อาหารระหว่างการเลี้ยงกุ้งมังกรเลนให้ได้ผลผลิตที่คุ้มค่าแก่การลงทุนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ “การพัฒนาศักยภาพการเพาะเลี้ยงและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรกุ้งมังกรเลน (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793)) เพื่อสร้างนวัตกรรมการผลิตและการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน” ที่สนับสนุนงบประมาณโดยสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

- APHA, AWWA and WEF. 2017. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 23rd ed. Washington, DC: American Public Health Association. 1504 p.
- Astuti, N.W., W. Sudewi, N.A. Giri, Fahrudin, Y.N. Asih and B. Slamet. 2023. Fish and shrimp hydrolysate as additive in lobster feed formulation: effect on growth, survival, feed consumption of spiny lobster (*Panulirus Homarus*). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science** 1137: 012027.
- Chamnina, T., P. Chuaduangpui and P. Prapruit. 2022. Challenge of mud spiny lobster (*Panulirus spp.*) culture and marketing mechanism of Koh Yao district, Phang Nga province. **Khon Kaen Agriculture Journal** 50(1): 138-153. [in Thai]
- Klahan, R., P. Mailyam, N. Jindasuwan and K. Chaiwong. 2023. The relationship between digestive enzyme activity and molting stage of wild Slipper lobster (*Thenus orientalis*). **Khon Kaen Agriculture Journal Suppl.** 1: 311-315. [in Thai]
- Konsantad, R., V. Oniam, W. Arkronrat and S. Chaichotranunt. 2023. Physical Factor (Carapace Length and Color Characteristics of Egg) of Mud Spiny Lobster (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) on Hatchability Efficiency. pp. 206-215. **In Proceedings of the 8 th National Conference on Science and Technology 2023 (NSCIC2023) and The 1st International Conference on Science and Technology 2023 (NSCIC2023).** Yala: Rajabhat University. [in Thai]
- Limsuwan, C., N. Chuchird, S. Wongmaneeprateep, S. Praserttri, K. Laisutisan, P. Wiriypattanasub, J. Suriyaphan and K. Limhang. 2009. Effects of Temperature on Feeding Behavior of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). pp. 337-345. **In Proceedings of 47th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries.** Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Meekaew, N., P. Suwannakij, A. Sookdard and W. Arkronrat. 2021. Effect of salinity levels on specific growth rate and feed intake of mud crab (*Scylla paramamosain*). **Journal of Science & Technology, Ubon Ratchathani University** 23(2): 58-64. [in Thai]

- Nguyen, N.T.B., L. Chim, P. Lemaire and L. Wantiez. 2014. Feed intake, molt frequency, tissue growth, feed efficiency and energy budget during a molt cycle of mud crab juveniles, *Scylla serrata* (Forskål, 1775), fed on different practical diets with graded levels of soy protein concentrate as main source of protein. **Aquaculture** 434: 499-509.
- Nitiratsuwan, T., K. Panwanitdumrong and C. Ngamphongsai. 2017. Some biological aspects of ornate spiny lobster (*Panulirus ornatus* Fabricius, 1798) from small-scale fishery in Trang province. **Khon Kaen Agriculture Journal** 45(1): 116-120. [in Thai]
- Oniam, V., W. Arkronrat and T. Wechakama. 2012. Feed intake and survival rate assessment of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) raised in earthen pond. **Journal of Agriculture** 28(1): 83-91. [in Thai]
- Oniam, V, W. Arkronrat, A. Sookdara and P. Promraksa. 2021. Embryonic development, hatchability and survival of early larval stage of mud spiny lobster *Panulirus polyphagus* (Herbst, 1793) under hatchery conditions. **Journal of Fisheries and Environment** 45(3): 42-52.
- Thongprajukaew, K., K. Sansuwan and U. Kovitvadhi. 2013. Effect of starvation and re-feeding on alterations of digestive enzyme activity and microanatomy of digestive system of fishes. **Journal of Fisheries Technology Research** 7(1): 90-103. [in Thai]
- Wahyudin, A., Y. Wardiatno, B. Mennofatria, A. Farajallah and A. Hakim. 2017. Short Communication: a new distribution record of the mud-spiny lobster, *Panulirus polyphagus* (Herbst, 1793) (Crustacea, Achelata, Palinuridae) in Mayalibit Bay, West Papua, Indonesia. **Biodiversitas** 18: 780-783.
- Zhang, X., Y. Zhang, Q. Zhang, P. Liu, R. Guo, S. Jin, J. Lin, L. Chen, Z. Ma and Y. Liu. 2020. Evaluation and analysis of water quality of marine aquaculture area. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 17: 1-15.

แนวทางการพัฒนาการประมงปูม้าพื้นบ้านสู่คุณภาพมาตรฐาน กรณีศึกษาจังหวัดตรัง Guideline for Developing Quality Standard of Blue Swimming Crab Artisanal Fishery: A Case Study Trang Province

ธงชัย นิตริรัฐสุวรรณ^{1*} สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช¹ นัฏฐา คเชนทร์ภักดี¹ ดำรงค์ โลหะลักษณาเดช¹
นัทธทัย เครบส์¹ โกสินทร์ พัฒนมนี¹ และจันทร์สว่าง งามผ่องใส^{2,3}

Thongchai Nitiratsuwana^{1*}, Supraewpan Lohalaksnadech¹, Natta Kachenpukdee¹
Dumrong Lohalaksnadech¹, Nathathai Krebs¹, Kosin Pattanamanee¹
and Chansawang Ngamphongsai²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตรัง 92150

²ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

³ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

¹Faculty of Fisheries Science and Technology, Trang Campus, Rajamangala University of technology Srivijaya
Trang, Thailand 92150

²National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology Development Agency
Pathum Thani, Thailand 12120

³Center of Excellence for Marine Biotechnology, Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand 10330

*Corresponding author: nitiratsuwana@gmail.com

Abstract

Blue swimming crab (BSC) fishery has been highly important both economically and socially to the artisanal fisher. However, at present, their income is still low. The promising way to increase their earnings is by standardizing the quality of the BSC fishery. In order to set the BSC fishery quality standard, the data of all aspects, for example; fishery boats, gears and tools, fisher health and etc. was need. In this study, 85 fishers from 2 groups of fisher in Trang province; Thakham and Leamsai, were in depth interviewed and observed using a questionnaire. The data was collected during March to April, 2022. The data were then analyzed as number and percentage and the chi-square were compared by studied area.

The result showed that 84.7% of fishing boats, gears and various tools for capture and transportation were the good conditions. The working area, gears and tools were cleaned after being used (54.1%) by air-dried on board. All gears and tools which contacted aquatic animals passed the criteria at 54.1% with good condition, not broken and not rusty. The BSC keeping, 64.7% and 35.3% of

the fisher kept the BSC in the containers and bilge, respectively. Most of the BSC were tied after being caught (94.1%) and immersed in clean seawater. The BSC transfer was carefully and quickly done (90.6%). Most of the fisher health was pass the standard at 72.2%. All of them were healthy, but none of them pass the fish quality standard training and had no training history. All the fisher had not recorded the fishing logbook. Lastly, the fisher had kept the caught BSC differently. The Leamsai and Thakarm fisher kept the BSC in bilge at 42.2% and 27.5% respectively ($\chi^2 = 6.19, p < 0.05$). The fisher health during on board, such as eating, smoking, it was founded that Leamsai fisher had not passed more than that of the Thakarm fisher (80.0% and 40.0%; $\chi^2 = 14.27, p < 0.01$)

Keywords: blue swimming crab, quality standard, artisanal fishery, Trang province

บทคัดย่อ

การทำประมงปูม้ามีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคมต่อชาวประมงพื้นบ้านเป็นอย่างยิ่ง แต่ปัจจุบันพบว่าชาวประมงยังมีรายได้ต่ำ การเพิ่มรายได้ให้กับชาวประมงอีกวิธีคือ การเพิ่มราคาปูม้าด้วยการพัฒนาคุณภาพปูม้าให้ได้รับมาตรฐาน การพัฒนานี้จำเป็นต้องมีข้อมูลการทำประมงของชาวประมงตั้งแต่ เรือ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทำประมง สุขอนามัยของชาวประมง และอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงเพื่อให้ได้รับมาตรฐาน การศึกษานี้ดำเนินการในกลุ่มประมงพื้นบ้านในจังหวัดตรัง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มท่าข้าม และกลุ่มแหลมไทร จำนวน 85 ราย โดยใช้แบบสัมภาษณ์ ร่วมกับการสัมภาษณ์แบบหยั่งลึกและการสังเกต เก็บข้อมูลระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2564 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าจำนวน ร้อยละ และเปรียบเทียบข้อมูลจำแนกตามพื้นที่ด้วยค่าไคสแควร์

พบว่าสภาพของเรือ อุปกรณ์ เครื่องมือ และเครื่องใช้ต่างๆ ในการทำประมง และการขนถ่าย อยู่ในสภาพที่ใช้ งานได้ดีร้อยละ 84.7 ชาวประมงส่วนใหญ่ทำความสะอาดพื้นที่หลังปฏิบัติงานร้อยละ 54.1 และผึ่งลมไว้บนเรือ อุปกรณ์ และเครื่องมือทุกชนิดที่สัมผัสกับสัตว์น้ำร้อยละ 54.1 มีสภาพสมบูรณ์ ไม่ชำรุด ไม่มีรอยแตกหัก และไม่มีสนิม ด้านการเก็บรักษาปูม้าที่จับได้ ชาวประมงเก็บปูม้าที่จับได้ในภาชนะร้อยละ 64.7 และได้ท้องเรือร้อยละ 35.3 การดูแลปูหลังการจับใช้การแช่น้ำทะเลสะอาดขณะที่อยู่บนเรือ การขนย้ายปูม้าที่จับได้ดำเนินการอย่างระมัดระวัง และรวดเร็วร้อยละ 90.6 ด้านสุขอนามัยของชาวประมงที่ออกทำปูม้าผ่านมาตรฐานร้อยละ 72.2 โดยทุกรายมีสุขภาพแข็งแรง แต่ทุกรายยังไม่ได้ รับการอบรมมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำ และไม่ได้บันทึกข้อมูลการทำประมง (fishing logbook) สุดท้ายในแต่ละพื้นที่มีการเก็บรักษาปูม้าที่จับได้แตกต่างกัน โดยชาวประมงกลุ่มแหลมไทรไม่ผ่านมากกว่ากลุ่มท่าข้ามเนื่องจากกลุ่มแหลมไทรใช้ท้องเรือในการเก็บรักษาปูม้าที่จับได้มากกว่ากลุ่มท่าข้าม (ร้อยละ 42.2 และ 27.5 ของแต่ละกลุ่ม ; $\chi^2 = 6.19, (p < 0.05)$) รวมถึงสุขอนามัยของชาวประมงในระหว่างการทำประมง เช่น การรับประทานอาหาร การสูบบุหรี่ พบว่ากลุ่มแหลมไทรไม่ผ่านมากกว่ากลุ่มท่าข้าม (ร้อยละ 80.0 และ 40.0 ของแต่ละกลุ่ม; $\chi^2 = 14.27, p < 0.01$)

คำสำคัญ: ปูม้า มาตรฐานคุณภาพ การประมงพื้นบ้าน ยั่งยืน ตรัง

คำนำ

ปฐมาเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับชาวประมงพื้นบ้าน จากการสำรวจในปี พ.ศ. 2549 พบชาวประมงขนาดเล็กที่ทำประมงปฐมาในจังหวัดตรังจำนวน 752 ราย อาศัยอยู่ใน 33 หมู่บ้านกระจายอยู่ตลอดแนวชายฝั่งทะเลของจังหวัดตรัง (Nitiratsuwan *et al.*, 2007) ปัจจุบันพบว่าการทำประมงปฐมาก็ยังมีความสำคัญกับชาวประมงขนาดเล็กอยู่เช่นเดิม โดยปี 2562 พบชาวประมงขนาดเล็กในตำบลเขาไม้แก้ว อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ทำการประมงปฐมาถึงร้อยละ 62.3 ของชาวประมงทั้งหมด แต่รายได้ที่ได้รับจัดว่าอยู่ในค่าจ้างขั้นต่ำ (300 บาทต่อวัน) Nitiratsuwan and Ngampongsai (2019) เนื่องจากปริมาณผลผลิตปฐมาที่จับได้มีแนวโน้มลดลง ปฐมาเป็นสินค้าที่มีความต้องการบริโภคสูง ทั้งในรูปแบบปฐมาสด ปุ้ทั้งตัว และเนื้อปุ้แกะ ในห่วงโซ่อุปทานของปฐมาพบว่าต้นน้ำ คือ ชาวประมงที่ทำประมงปฐมา ซึ่งเป็นผู้ที่มีส่วนสำคัญต่อคุณภาพและความปลอดภัยของปฐมา ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการพัฒนาการทำประมงปฐมาเพื่อให้ได้รับมาตรฐานในรูปแบบเดียวกันกับการพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรเพื่อให้ได้รับมาตรฐาน Q ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ส่งผลให้สินค้ามีราคาที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับปฐมาที่ได้รับจากการทำประมงที่มีมาตรฐานย่อมส่งผลให้ได้รับราคาที่สูงขึ้นอันจะส่งผลให้ชาวประมงมีรายได้เพิ่มขึ้น

การพัฒนาคุณภาพปฐมาที่ชาวประมงขนาดเล็กจับได้สู่มาตรฐานสินค้าเกษตรนั้น มีความจำเป็นต้องดำเนินการปรับปรุงโดยเฉพาะการทำประมงให้ถูกต้องเป็นไปตามมาตรฐานของหน่วยงานที่กำหนด โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้มาตรฐานการประเมินมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ ปฐมา ร่วมกับคู่มือผู้ตรวจสอบประเมินเรื่องมาตรฐานด้านสุขอนามัยบนเรือประมง ดำเนินการศึกษาขั้นตอนกระบวนการทำการประมง ตั้งแต่ตัวเรือ วัสดุอุปกรณ์รวมถึงเครื่องมือประมง การเก็บรักษาปฐมาที่จับได้ สุขลักษณะของชาวประมง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงให้เหมาะสมและสามารถนำมาส่งเสริมให้ชาวประมงสามารถปฏิบัติได้จริง เพื่อให้ชาวประมงสามารถได้รับการรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา ดำเนินการใน 2 พื้นที่ ประกอบด้วย บ้านแหลมไทร ตำบลเขาไม้แก้ว อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง และตำบลท่าข้าม อำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง (Figure 1) การศึกษาครั้งนี้เก็บข้อมูลจากชาวประมงพื้นบ้าน 2 กลุ่ม ทุกรายจำนวน 85 ราย ประกอบด้วยกลุ่มประมงบ้านแหลมไทรจำนวน 45 ราย และกลุ่มประมงท่าข้ามจำนวน 40 ราย

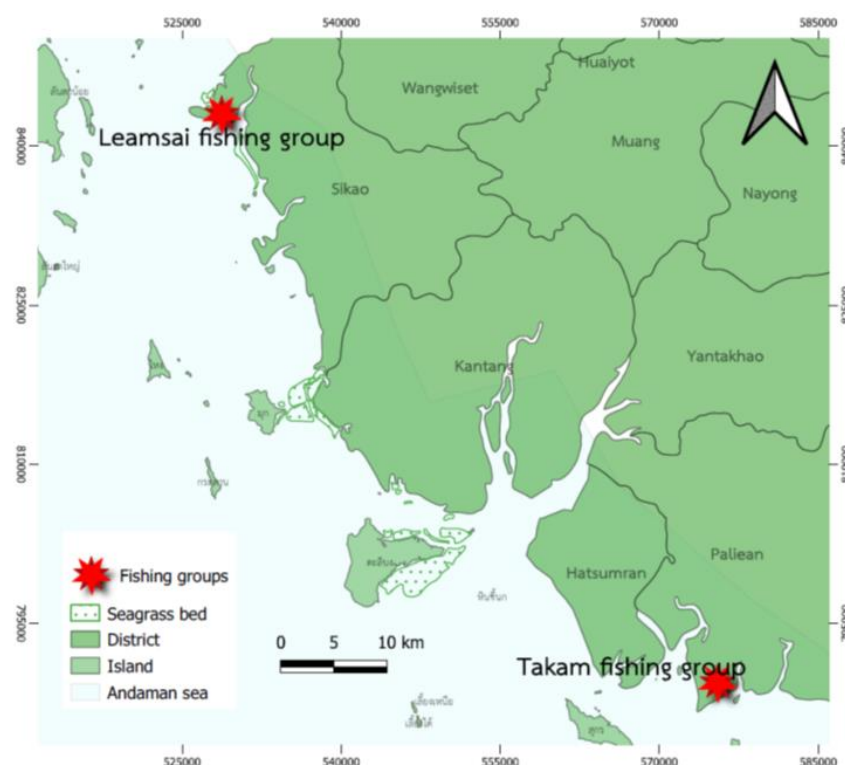


Figure 1 Blue swimming crab fishing groups in Trang province

2. ข้อมูล และการจัดเก็บข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ดัดแปลงจากแบบประเมินตามเกณฑ์การประเมินมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ ปูม้า (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2006) ร่วมกับคู่มือผู้ตรวจสอบประเมินเรื่องมาตรฐานด้านสุขอนามัยบนเรือประมง (Marine Fisheries Research and Development Division, 2017) ประกอบด้วย 1) สภาพทั่วไปของเรือประมง 2) อุปกรณ์ และเครื่องมือบนเรือประมง 3) การดูแลเรือ และอุปกรณ์ที่ใช้งานเรือ 4) การดูแลปูม้าหลังจับ 5) บุคลากรประจำเรือ 6) อื่น ๆ การเก็บข้อมูลใช้แบบสัมภาษณ์ร่วมกับการสัมภาษณ์แบบหยั่งลึก และการสังเกต ดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวน 1 ครั้ง ระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2564

3. การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาประกอบด้วย ค่าจำนวน ค่าร้อยละ ใช้สถิติเชิงอนุมาน วิเคราะห์จำแนกตามกลุ่มประมงด้วยค่าไคสแควร์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การทำประมงปูม้าของชาวประมงพื้นบ้านในพื้นที่ศึกษา เครื่องมือประมงที่ใช้ คือ อวนติดตาหรืออวนจมปูม้า และลอบปูม้าในการทำประมง ร้อยละ 84.7 และ 15.3 ตามลำดับ ซึ่งเป็นเครื่องมือประมงหลักที่ใช้ในปี พ.ศ. 2549 (Nitiratsuwan *et al.*, 2007) โดยมีรายละเอียดการทำประมงดังนี้

1 สภาพทั่วไปของเรือชาวประมงพื้นบ้านใช้ทำประมงปูม้า

1.1 เรือที่ชาวประมงพื้นบ้านใช้ทำประมงปูม้าทั้งหมด คือ เรือหางยาว โดยตัวเรือแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ หัวเรือ กลางเรือ และท้ายเรือ ส่วนหัวเรือส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้ปฏิบัติงาน ส่วนกลางเรือใช้แผ่นไม้กระดานรองด้านบน บริเวณนี้ชาวประมงใช้เป็นพื้นที่ปฏิบัติงาน วางอุปกรณ์และเครื่องมือประมง คัดแยกปูม้า ส่วนท้ายเรือเป็นที่ตั้งของเครื่องยนต์เรือ เก็บน้ำมันเชื้อเพลิง และน้ำมันเครื่อง (Figure 2)



Figure 2 Blue swimming crab fishing boat of artisanal fisher

1.2 พื้นที่ปฏิบัติงาน ชาวประมงทุกรายใช้พื้นที่บริเวณส่วนกลางเรือซึ่งรองด้วยแผ่นไม้กระดานในการปฏิบัติงาน วางอุปกรณ์ประมง และคัดแยกปูม้า ด้านล่างชาวประมงบางรายใช้เป็นห้องเก็บรักษาสัตว์น้ำ (ร้อยละ 35.3) ส่วนท้ายเรือชาวประมงใช้เป็นที่พักเรือ

1.3 พื้นที่ผิวของบริเวณที่ปฏิบัติงาน เรือทั้งหมดใช้ไม้เป็นวัสดุหลักซึ่งมีพื้นผิวเรียบโดยเฉพาะพื้นที่บริเวณปฏิบัติงาน นอกจากนี้ยังมีชาวประมงบางรายใช้ผ้าใบปูพื้นในพื้นที่ปฏิบัติงาน ส่วนกลางเรือด้านบนใช้แผ่นไม้ผิวเรียบปู ส่วนท้องเรือด้านล่างชาวประมงหลายรายใช้เก็บปูม้าที่จับได้ (Figure 3) บริเวณนี้ระบายน้ำไม่ได้ มีมุมอับ ทำความสะอาดได้ยาก เรือบางลำยาแนวหลุดร่อนอีกทั้งไม้ผุเปื่อยเป็นขุย พื้นผิวใช้เหล็กพบสนิม ตะปูหรือสอมขึ้นสนิม นอกจากนี้มีเรือบางลำยังพบเศษซากสัตว์น้ำทั้งค้างในท้องเรือ



Figure 3 Blue swimming crabs kept in bilge

2. อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในเรือ

2.1 สภาพของอุปกรณ์และเครื่องมือทุกชนิดที่สัมผัสกับสัตว์น้ำอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่ชำรุด ไม่มีรอยแตกหัก และไม่มีสนิม (ร้อยละ 54.1) แต่ร้อยละ 45.9 พบว่าเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สัมผัสกับสัตว์น้ำชำรุด เช่น มีรอยแตกหัก มีคราบสกปรก รวมถึงอุปกรณ์ที่ชาวประมงนำมาใช้ทำความสะอาดได้ยาก เช่น อุปกรณ์ตักน้ำ โดยชาวประมงดัดแปลงเกลลอนผ้าเป็นอุปกรณ์ตักน้ำ เนื่องจากหูกของเกลลอนเป็นรูปทรงที่ทำความสะอาดได้ยาก อาจก่อให้เกิดการสะสมของเชื้อโรคได้

2.2 ภาชนะบรรจุปูม้าที่มีแข็งแรงร้อยละ 45.9 โดยใช้ตะกร้า ถัง และไม่มีภาชนะซ้อนทับกัน เนื่องจากจับปูม้าได้ไม่มาก แต่อีกร้อยละ 18.8 ใช้ภาชนะบรรจุสัตว์น้ำไม่แข็งแรง พลาสติกเปราะ แตกหัก อยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะกับการใช้งาน ส่วนอีกร้อยละ 35.3 ใช้ท้องเรือเก็บปูม้าที่จับได้

2.3 การทำความสะอาดอุปกรณ์ในการเก็บรักษาปูม้า ชาวประมงที่ใช้ตะกร้า ถัง ในการเก็บปูม้าที่จับได้นั้นทำความสะอาดได้ง่าย ในกรณีที่ตักออกไปทำในพื้นที่ห่างไกลชายฝั่ง ชาวประมงใช้การเติมน้ำจากแม่น้ำในถังเพื่อทำให้ปูมีชีวิตนานขึ้น ที่เหลือร้อยละ 18.8 ใช้ลังโฟมซึ่งทำความสะอาดได้ยาก

2.4 การเก็บอุปกรณ์และเครื่องมือที่ล้างทำความสะอาดแล้วมีการแบ่งส่วนชัดเจน (ร้อยละ 96.5) แต่อีกร้อยละ 3.5 นั้นจัดเก็บอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บสัตว์น้ำร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น นำลังโฟมไปใช้ร่วมกับเก้าอี้ อุปกรณ์อื่นๆ หรือการเก็บลังโฟมไว้ในพื้นที่อับชื้นไม่ผึ่งแดดซึ่งอาจก่อให้เกิดการสะสมของเชื้อโรคได้

2.5 การล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ทุกครั้งหลังการใช้งานด้วยน้ำสะอาด (ร้อยละ 97.6) ส่วนที่เหลือใช้น้ำไม่สะอาดล้างอุปกรณ์ หรือการทำความสะอาดไม่ดีพอบางครั้งพบเศษสัตว์น้ำในกองอวนหลังทำความสะอาดเรือ (Figure 4)



Figure 4 Fisher cleaning boat and fishing equipment

3. การดูแลเรือ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำประมง และการขนถ่าย อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี สะอาด มีการซ่อมแซมทันทีหากชำรุดร้อยละ 84.7 รองลงมาสภาพปานกลาง และค่อนข้างชำรุดร้อยละ 8.2 และ 7.1 ตามลำดับ การทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน พบว่าชาวประมงทำความสะอาดทุกครั้งหลังออกทำการประมงร้อยละ 97.6 รองลงมาทำความสะอาดเป็นบางครั้งร้อยละ 2.4 ตามลำดับ นอกจากนี้แล้วชาวประมงบางรายได้ทำความสะอาดเรือ ระหว่างกลับจากการทำประมง หลังจากที่เรือประมงเข้าเทียบท่าแล้วจะนำปูขึ้นจนหมดพร้อมทั้งกำจัดน้ำในท้องเรือ ทำความสะอาดถังเก็บปูด้วยน้ำทะเลบริเวณท่าเทียบเรือ หลังการทำความสะอาดเรือ อุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องใช้ทุกอย่าง แล้วจะผึ่งลมไว้บนเรือ การรับประทานอาหารบนเรือมีการแยกออกจากพื้นที่ปฏิบัติงานร้อยละ 94.1

4. การดูแลปูม้าหลังการจับ ปูม้าที่ชาวประมงจับได้จะมัดก้ามปูทันทีร้อยละ 94.1 และดูแลหลังการจับโดยการแช่น้ำทะเลสะอาดขณะที่อยู่บนเรือ และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นระยะ การขนย้ายปูม้าที่จับได้ดำเนินการอย่างระมัดระวัง และรวดเร็ว เพื่อป้องกันการเกิดรอยขีดข่วน รอยถลอก การฉีกขาด หรืออวัยวะของปูหลุดหาย (ร้อยละ 90.6) ชาวประมงทำการคัดแยกปูม้าที่มีรอยขีดข่วนรอยถลอกออก แล้วแยกเก็บในภาชนะอื่น ไม่ปะปนกัน (ร้อยละ 70.6) เมื่อคัดแยกเสร็จ จะทำการล้างปูม้าด้วยน้ำทะเลที่สะอาดทันที (ร้อยละ 95.3) โดยไม่มีการใช้น้ำแข็งในการเก็บรักษาปูม้า เนื่องจากระยะเวลาตั้งแต่จับปูม้ามาถึงแพรับซื้อปูม้าใช้เวลาไม่มากนัก (1-3 ชั่วโมง) สอดคล้องกับ Nitiratsuwan *et al.* (2018) ที่รายงานการทำประมงปูม้าของชาวประมงพื้นบ้านที่ออกทำการประมงไม่ไกลส่งผลให้ใช้เวลาไม่มากในการกลับมายังแพรับซื้อปูม้า การออกทำการประมงชาวประมงร้อยละ 81.2 ไม่ทำการคัดแยกชนิด และขนาดของปู ทำเพียงแยกปูม้าที่มีชีวิตกับปูที่ตายออกจากกัน (ร้อยละ 89.4) โดยเก็บปูในภาชนะที่แข็งแรง สะอาด และไม่ซ้อนทับจนทำให้เกิดความเสียหาย (ร้อยละ 82.4)



Figure 5 Types of equipment for containing blue swimming crab

5. บุคลากรประจำเรือ มีรายละเอียดดังนี้

5.1. ชาวประมงที่ออกทำปูม้าทุกรายมีสุขภาพแข็งแรง ไม่เป็นโรคติดต่อร้ายแรง ไม่เป็นพาหะของโรคทางเดินอาหาร และไม่มีแผลเปิดหรือแผลติดเชื้อ

5.2. สุขลักษณะของชาวประมงที่ออกทำประมงพบว่าส่วนใหญ่ไม่ถ่ายอุจจาระในระหว่างการปฏิบัติงานบนเรือ เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการออกไปทำประมงไม่นาน

5.3. การล้างมือให้สะอาดทั้งก่อน และหลังการปฏิบัติงานทุกครั้ง รวมทั้งในระหว่างการปฏิบัติงานตามความเหมาะสม และทุกครั้งหลังการใช้สุขา

5.4. เสื้อผ้าที่ชาวประมงใส่ออกทำประมงนั้นเป็นชุดที่ผ่านการซัก และเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน

5.5. การไม่รับประทานอาหารหรือสูบบุหรี่ไม่ไอหรือจามใส่สัตว์น้ำขณะปฏิบัติงาน ชาวประมงไม่สูบบุหรี่ในพื้นที่ปฏิบัติงาน ไม่ไอหรือจามใส่สัตว์น้ำร้อยละ 61.2 ที่เหลือร้อยละ 38.8 พบว่าสูบบุหรี่ขณะปฏิบัติงาน

6. อื่น ๆ

6.1. ชาวประมงทุกรายไม่มีการบันทึกรายละเอียดของแหล่งจับ หรือแหล่งที่มาของสัตว์น้ำ พร้อมเก็บไว้เพื่อการตรวจสอบ พบว่าชาวประมงทุกรายไม่มีสมุดบันทึกการทำประมง (Fishing logbook) หรือไม่บันทึกข้อมูลการทำประมง

6.2. การฝึกอบรมเรื่องสุขอนามัยที่ควรปฏิบัติในเรือประมง ชาวประมงปูม้าทุกรายยังไม่ผ่านการอบรมหรือไม่ มีประวัติผ่านการอบรม

6.3. การใช้น้ำจืดที่ใช้ในเรือและน้ำแข็งสำหรับเก็บรักษาสัตว์น้ำ ชาวประมงปูม้าทุกรายไม่มีการใช้น้ำจืดในเรือ และน้ำแข็งสำหรับเก็บรักษาสัตว์น้ำ

6.4. การใช้น้ำยาทำความสะอาด น้ำยาฆ่าเชื้อ และยาฆ่าแมลง ชาวประมงร้อยละ 97.6 ไม่ได้นำสารเคมี ลงไปในเรือ มีบางรายนำน้ำยาทำความสะอาดเก็บไว้ในเรือซึ่งจัดเก็บในพื้นที่ที่อาจจะมีโอกาสปนเปื้อนในสัตว์น้ำได้ร้อยละ 2.4

7. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเก็บรักษาปูม้าที่จับได้พบว่า การเก็บรักษากลุ่มแหลมไทรไม่ผ่านมากกว่ากลุ่มท่าข้าม เนื่องจากกลุ่มแหลมไทรใช้ท้องเรือในการเก็บรักษาปูม้าที่จับได้ มากกว่ากลุ่มท่าข้าม (ร้อยละ 42.2 และ 27.5 ของแต่ละกลุ่ม; $\chi^2 = 6.19, p < 0.05$) นั่นเอง

สุขอนามัยของชาวประมงในระหว่างการทำประมง เช่น การรับประทานอาหาร การสูบบุหรี่ เป็นต้น พบว่ากลุ่มแหลมไทรไม่ผ่านมากกว่ากลุ่มท่าข้าม (ร้อยละ 80.0 และ 40.0 ของแต่ละกลุ่ม; $\chi^2 = 14.27$, $p < 0.01$)

สรุปผลการวิจัย

1. การทำประมงปูม้าของชาวประมงพื้นบ้านในจังหวัดตรังเมื่อประเมินตามมาตรฐานการทำประมง พบว่าชาวประมงทุกรายไม่ผ่านมาตรฐาน โดยประเด็นหลัก คือ การจดบันทึกข้อมูลการทำประมง การเก็บรักษาปูม้าที่ชาวประมงส่วนใหญ่ใช้ท้องเรือในการเก็บปูม้าหลังการจับ (ร้อยละ 35.3) รวมถึงชาวประมงหลายรายที่ใช้ถังโฟม (ร้อยละ 18.8)
2. เรือที่ใช้ในการทำประมง เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำประมงส่วนใหญ่มีสภาพพร้อมในการทำประมง อีกทั้งยังมีการทำความสะอาดเรือและอุปกรณ์หลังการใช้งาน
3. การเก็บรักษาปูม้าที่จับได้ในลักษณะปูม้าที่ยังมีชีวิตใส่น้ำในภาชนะมีเหมาะสมร้อยละ 45.9 ส่วนสุขลักษณะของชาวประมงส่วนใหญ่ไม่พบปัญหา
4. แนวทางการปรับปรุงการทำประมงปูม้าเพื่อให้ได้รับมาตรฐานคุณภาพการทำประมง ประกอบด้วย 1) การบันทึกข้อมูลพื้นที่การทำประมง 2) การปรับปรุงการจัดเก็บปูม้าที่จับได้ด้วยการนำภาชนะที่แข็งแรง เหมาะสมกับในการปฏิบัติงาน ล้างทำความสะอาดได้ง่าย เช่น กระบะ หรือถังพลาสติก หากชาวประมงในพื้นที่ที่ต้องออกทำการประมงไกล อาจต้องเพิ่มเครื่องให้อากาศ 3) การปรับปรุงอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในเรือ เช่น ภาชนะที่นำมาตักน้ำ และ 4) การจัดฝึกอบรมการทำประมงที่ถูกสุขอนามัย เช่น การทำความสะอาด แห่ล้างน้ำที่ใช้ เป็นต้น
5. หน่วยงานอื่นต้องช่วยสนับสนุนดำเนินการเก็บข้อมูลคุณภาพปูม้าด้านการปนเปื้อนของจุลินทรีย์รวมถึงโลหะหนักในปูม้าที่ชาวประมงจับได้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคเพิ่มเติม (Fattorini *et al.*, 2006; Karar *et al.*, 2019; Soegianto *et al.*, 2022)

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปี 2564 เรื่อง การพัฒนาคุณภาพและความปลอดภัยของปูม้าเพื่อสู่มาตรฐานสินค้าเกษตร

เอกสารอ้างอิง

- Fattorini, D., A. Notti and F. Regoli. 2006. Characterization of arsenic content in marine organisms from temperate, tropical, and polar environments. **Chemistry and Ecology** 22(5): 405-414.
- Karar, S., S. Hazra and S. Das. 2019. Assessment of the heavy metal accumulation in the blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*), northern Bay of Bengal: Role of salinity. **Marine Pollution Bulletin** 143: 101-108.
- Marine Fisheries Research and Development Division. 2017. **Assessment Auditor's Guide on Sanitary Standards on Fishing Boats**. Bangkok: Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 52 p. [in Thai]
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2006. **Thai Agriculture Commodity and Food Standard, TACFS 7004-2005, Blue Swimming Crab**. Bangkok: National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 26 p. [in Thai]
- Nitiratsuwan, T., S. Chiayvareesajja and B. Somboonsuke. 2007. Socio-economic conditions of small-scale fishers in Trang province and their blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) fishing. **Kasetsart Journal (Social Science)** 28: 309-320. [in Thai]
- Nitiratsuwan, T., N. Kumgunsilp and C. Ngampongsai. 2018. Potential of blue swimming crab eco-tourism by fishery community in Yong-Satar village, Trang province. **Area Based Development Research Journal** 10(4): 293-305. [in Thai]
- Nitiratsuwan, T. and C. Ngampongsai. 2019. Socio-economic conditions of small-scale fishers and their fishing in Klong Thai Project, Kao Mai Kaew subdistrict, Sikao district, Trang province. pp. 1986-1996. *In Proceeding The 16th KU-KPS National Conference, 3-4 Dec 2019*. Nakhon Pathom: Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus. [in Thai]
- Soegianto, A., P.E. Nurfiyanti, R.N.R. Saputri, M. Affa, and C.M. Payus. 2022. Assessment of the health risks related with metal accumulation in blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) caught in East Java coastal waters, Indonesia. **Marine Pollution Bulletin**. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113573> (May 22, 2023).

การพัฒนากระบวนการสกัดผงบุกสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์เชิงหน้าที่

Development of Konjac Extraction Process for Functional Products Production

นุจจรินทร์ โพธิ์^{1,3*} สุพจน์ บุญแรง¹ ชยานนท์ สวัสดิ์ดิณญาณ² และนฤมล ทักษอุดม³

Nujjarin Poti^{1,3*}, Supot Boonraeng¹, Chayanon Sawadeenarunat² and Naruemon Taksaudom³

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการวิสาหกิจการเกษตรและอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50330

²วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชียมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50330

³บริษัทฮิลล์คอฟฟ์ จำกัด เชียงใหม่ 50150

¹Program in Management Innovation of Agricultural and Food Enterprise, Faculty of Agricultural Technology
Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50330

²Asian Development College for Community Economy and Technology, Chiang Mai Rajabhat University
Chiang Mai, Thailand 50330

³HILLKOFF CO., LTD., Chiang Mai, Thailand 50150

*Corresponding author: nujjarin5563@gmail.com

Abstract

The aim was to evaluate the functional properties of konjac powder and its suitability for the functional products by experimentally developing a process in the extraction step. The result shown that wet extraction with sodium metabisulfite solution followed by extraction with 95% and 70% ethanol. It was the most suitable condition to develop the manufacturing process with the colour of light brown of L*, a*, b* (78.67 ± 0.01 , 3.57 ± 0.01 , 19.41 ± 0.02), respectively. The percentage of oxalate per fresh offensive weight was 0.43 ± 0.03 and highest viscosity been 701.50 ± 0.10 centipoise. Moreover, the high viscosity value indicated that glucomannan display in high content.

Keywords: glucomannan, functional products, oxalate, extraction process

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผงบุกและความเหมาะสมที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์เชิงหน้าที่ (Functional products) โดยพัฒนากระบวนการผลิตผงบุกที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เชิงหน้าที่ จากการทดลองสกัดบุกด้วยวิธีแบบแห้งและแบบเปียก พบว่าการสกัดบุกแบบเปียกด้วยสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และตามด้วยการสกัดด้วยเอทานอล 95 และ 70% เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนากระบวนการผลิต ผงบุกที่ได้มีลักษณะสีที่ปรากฏเป็นสีน้ำตาลอ่อน ค่อนข้างขาว มีค่าสี ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 78.67 ± 0.01 , 3.57 ± 0.01 , 19.41 ± 0.02 ตามลำดับ

และมีร้อยละของออกซาเลตต่อน้ำหนักบุงสด เท่ากับ 0.43 ± 0.03 มีค่าความหนืดสูงที่สุด คือ 701.50 ± 0.10 เซนติพอยต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปริมาณของสารกลูโคแมนแนนที่สูงขึ้น เมื่อความหนืดมีค่ามากขึ้น

คำสำคัญ: สารกลูโคแมนแนน ผลิตภัณฑ์เชิงหน้าที่ ออกซาเลต การสกัด

คำนำ

ปัจจุบันการบริโภคบุกในประเทศไทยมีเฉพาะในกลุ่มผู้ควบคุมน้ำหนัก และผู้บริโภครู้จักเกี่ยวกับบุกจำกัด ทำให้การตลาดรองรับผลิตภัณฑ์บุกในประเทศไทยยังมีน้อยเมื่อเทียบกับประเทศผู้ผลิตและบริโภคบุกรายใหญ่อย่าง ประเทศจีนและญี่ปุ่น ปริมาณการใช้ผงบุกในตลาดโลกอยู่ที่ 30,000-40,000 ตันต่อปี โดยจีนเป็นผู้ส่งออกผงบุกรายใหญ่ และจากข้อมูลของการวิจัยของ Melinda *et al.* (2012) คาดการณ์ว่าความต้องการของสารเพิ่มความข้นหนืด สารก่อเจล และสารให้ความคงตัวจะเพิ่มมากขึ้นเป็นส่วนผลักดันให้ตลาดบุกขยายตัวและเติบโต ต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ. 2022 สำหรับ วัตถุดิบบุกในประเทศไทย มีการผลิตหัวบุกสด ได้ปีละ 5,000 ตัน ในขณะที่ ความต้องการหัวบุกสดในประเทศสูงกว่า 12,000 ตันต่อปี เพื่อผลิตผงบุก ซึ่งส่งผลให้ต้องนำเข้าผงบุกจากประเทศจีน และหัวบุกสดส่วนใหญ่จากประเทศไทย ส่งออกไปยังประเทศจีนเพื่อแปรรูปเป็นผงบุกและส่งเข้ามาขายให้กับอุตสาหกรรมอาหารไทยอีกครั้ง ทำให้ผู้ประกอบการไทยต้องนำเข้ามาตรฐานผงบุกของประเทศจีน เนื่องจากการลงทุนเทคโนโลยีในการผลิตผงบุกในประเทศไทยมีจำกัด และขาด มาตรฐานและความรู้ในการใช้ผงบุกในการแปรรูปอาหาร ทำให้อุตสาหกรรมการแปรรูปบุกของไทยมีขีดความสามารถใน การแข่งขันที่ต่ำ ในด้านอุตสาหกรรมมีการใช้บุกเพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความข้นหนืดและความคงตัวให้กับผลิตภัณฑ์ ประเภทนมข้น เช่น ไอศกรีม วิปปิ้ง ครีม เนยแข็งหลายชนิด และมีการใช้บุกทดแทนสารอื่นที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน

ทั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่าความหลากหลายประโยชน์ของบุกที่ผ่านการทำบริสุทธิ์มาแล้ว สามารถนำไปต่อยอดเป็น ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ดี โดยใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการแปรรูปในรูปแบบต่างๆ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับหัวบุก สร้าง รายได้ให้กับเกษตรกร และได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ในการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่ต้องการลดน้ำหนัก ด้วยเหตุผลนี้ผู้วิจัยจึง ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับบุก ซึ่งหัวบุกก็เป็นอีกหนึ่งวัตถุดิบที่กลุ่มคนรักสุขภาพให้ความสนใจ เพราะมีสาร กลูโคแมนแนนในปริมาณสูง สารกลูโคแมนแนนจะให้พลังงานต่ำ (Low GI) สามารถดูดซับน้ำได้มากถึง 200 เท่า จาก ปริมาณเดิมที่กินเข้าไป จึงทำให้อิ่มง่าย และยังช่วยลดคอเลสเตอรอล ลดระดับไตรกลีเซอไรด์ ลดน้ำตาลในเลือดได้ (Qian *et al.*, 2023) นอกจากนี้ยังช่วยขับของเสีย หรือสารพิษตกค้างในทางเดินอาหารให้ออกจากร่างกายได้เร็ว (Alexander, 2021) บุกจึงเป็นวัตถุดิบชั้นดีของผู้ควบคุมน้ำหนักและดูแลสุขภาพ ได้รับความนิยมนอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะ เป็นอาหารผลิตภัณฑ์ซูเปอร์ฟู้ด (superfood) อาหารโปรตีนทางเลือก ฯลฯ ล้วนเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค ปัจจุบัน บุกถูกนำมาใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น ผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก ลดไขมันในเลือด เครื่องสำอางค์และอาหาร (Sudhanshu and Ramesh, 2016) เนื่องจากมีความปลอดภัยต่อร่างกาย และมีประโยชน์หลายอย่าง แหล่งวัตถุดิบหัวบุกคุณภาพสูงมี แหล่งเพาะปลูกที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยได้มีการนำมาพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบุกในรูปแบบต่าง ๆ โดย พันธุ์ของบุกที่จะนำมาแปรรูป คือ พันธุ์บุกเนื้อทรายหรือบุกไข่ ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเพื่อนำมาแปรรูป

จะอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจอยากศึกษาและต่อยอดผลิตภัณฑ์ พร้อมกับสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบในประเทศไทย รวมถึงแลกเปลี่ยนความรู้ เพื่อสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกให้มีรายได้ที่ยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผงบุกและความเหมาะสมที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์เชิงหน้าที่ (Functional products) โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

การทดลองและวิเคราะห์

ทำการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. การสกัดแบบแห้งและ สกัดแบบเปียก

1.1 การสกัดแบบแห้ง

1.1.1 ล้างหัวบุกให้สะอาด พักให้สะเด็ดน้ำ เล็กน้อย

1.1.2 ปอกเปลือกบุก จากนั้นหั่นเป็นชิ้นหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตรและสไลด์เป็นแผ่นบางๆ ด้วยเครื่อง Breville food processor

1.1.3 นำมาอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดจนเป็นผงละเอียด

1.1.4 นำผงละเอียดมาร่อนด้วยตะแกรกร่อน กำหนดละเอียด 100 mesh

1.1.5 บรรจุลงในถุงฟอยล์

1.2 การสกัดแบบเปียก

1.2.1 สกัดแบบเปียกด้วยเอทานอล 95% และ 50%

1.2.1.1 นำบุกสดมาล้างให้สะอาด จากนั้นนำการปอกเปลือกและหั่นด้วยเครื่อง Breville food processor

1.2.1.2 นำบุกที่หั่นแล้วไปบด และนำไปชั่งให้ได้ 500 g

1.2.1.3 เติมเอทานอล 95% ปริมาณ 750 ml

1.2.1.4 นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียดคนและแช่ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที

1.2.1.5 คั้นและกรองด้วยผ้าขาวบาง นำของแข็งที่กรองได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

1.2.1.6 นำผงบุกที่อบจากรอบที่ 1 มาล้างด้วยเอทานอล 50% ปริมาณ 900 ml แช่ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที

1.2.1.7 คั้นและกรองด้วยผ้าขาวบาง นำของแข็งที่กรองได้ไปอบที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

1.2.1.8 นำไปร่อนที่ 100 mesh

1.2.1.9 บรรจุลงถุงอลูมิเนียมฟอยล์และเก็บไว้ในที่แห้งก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

หมายเหตุ: ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

1.2.2 สกัดแบบเปียกด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และเอทานอล 95% และ 50%

- 1.2.2.1 นำบุกสดมาล้างให้สะอาด จากนั้นนำการปอกเปลือกและหั่นด้วยเครื่อง Breville food processor
- 1.2.2.2 นำบุกที่หั่นแล้วไปบด และนำไปชั่งให้ได้ 500 g จากนั้นเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 200 mg ต่อน้ำปริมาตร 1 ลิตร ลงในเอทานอล 95% ปริมาณ 750 ml
- 1.2.2.3 เติมน้ำเอทานอล 95% ปริมาณ 750 ml
- 1.2.2.4 นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด คนและแช่ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที
- 1.2.2.5 คั้นและกรองด้วยผ้าขาวบาง น้ำของแข็งที่กรองได้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
- 1.2.2.6 นำผงบุกที่อบจากรอบที่ 1 มาล้างด้วยเอทานอล 50% ปริมาณ 900 ml แช่ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที
- 1.2.2.7 คั้นและกรองด้วยผ้าขาวบาง น้ำของแข็งที่กรองได้ไปอบที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- 1.2.2.8 นำไปร่อนที่ 100 mesh
- 1.2.2.9 บรรจุลงถุงอลูมิเนียมฟอยล์และเก็บไว้ในที่แห้งก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

หมายเหตุ: ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

1.2.3 สกัดแบบเปียกด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และเอทานอล 95% และ 70%

- 1.2.3.1 นำบุกสดมาล้างให้สะอาด จากนั้นนำการปอกเปลือกและหั่นด้วยเครื่อง Breville food processor
- 1.2.3.2 นำบุกที่หั่นแล้วไปบด และนำไปชั่งให้ได้ 500 g จากนั้นเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 200 mg ต่อน้ำปริมาตร 1 ลิตร ลงในเอทานอล 95% ปริมาณ 750 ml
- 1.2.3.3 เติมน้ำเอทานอล 95% ปริมาณ 750 ml
- 1.2.3.4 นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด คนและแช่ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที
- 1.2.3.5 คั้นและกรองด้วยผ้าขาวบาง น้ำของแข็งที่กรองได้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
- 1.2.3.6 นำผงบุกที่อบจากรอบที่ 1 มาล้างด้วยเอทานอล 70% ปริมาณ 900 ml แช่ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที
- 1.2.3.7 คั้นและกรองด้วยผ้าขาวบาง น้ำของแข็งที่กรองได้ไปอบที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- 1.2.3.8 นำไปร่อนที่ 100 mesh
- 1.2.3.9 บรรจุลงถุงอลูมิเนียมฟอยล์และเก็บไว้ในที่แห้งก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

หมายเหตุ: ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. วิเคราะห์ทางกายภาพ

2.1 การวัดค่าสี

2.1.1 เตรียมตัวอย่างผงบุกแห้ง ใส่ในถ้วยวัดค่าสี

2.1.2 กดปุ่ม Start เพื่อวิเคราะห์ค่าสีออกมาเป็นค่า L*, a*, b*

2.2 ปริมาณการดูดซับน้ำ

2.2.1 ชั่งผงบุก 5 g ต่อน้ำเดือด 100 g คนผงบุกและแช่ประมาณ 5 นาที

2.2.2 จากนั้นทำการเทน้ำที่เหลือออกมาชั่ง

2.2.3 นำบุกที่ผ่านการดูดน้ำมาชั่งน้ำหนัก

2.2.4 ทำการจดค่าบันทึกผลและทำการทดลอง 3 ซ้ำ เพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ย

3. การวัดปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง Moisture Meter (Equivalent to AND MS-70) อ่านค่าเป็นร้อยละ

4. วิเคราะห์เพื่อหาปริมาณออกซาเลตด้วยวิธีการไตเตรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเทียบกับบุกสด

4.1 ชั่งผงบุกที่เตรียมได้ 1 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

4.2 เติมนกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 M ปริมาตร 127 ml เขย่าให้เข้ากันและนำไปให้ความร้อนกระทั่งมีอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส

4.3 นำไปไตเตรตสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเข้มข้น 1 M โดยมีฟีนอล์ฟทาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์กระทั่งถึงจุดยุติ

4.4 นำไปคำนวณหา %Oxalate

$$\text{mg}/100\text{g} = \frac{C \times V \times 90.03 \times 100}{W}$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

V คือ ปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

W คือ น้ำหนักของผงบุก

หมายเหตุ: ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5. การวิเคราะห์ความหนืดของผงบุกที่สกัดได้ ด้วยเครื่อง Bookfield Viscometer แล้วนำไปเทียบกับผงบุกที่สกัดได้

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ลักษณะผงบุกที่ผ่านการสกัดแบบแห้งและสกัดแบบเปียก

การสกัดบุกโดยวิธีการสกัดแบบแห้ง พบว่า ผงบุกมีสีเข้ม และมีลักษณะแห้ง ส่วนการสกัดแบบเปียกด้วยเอทานอล 95% และ 50% พบว่า บุกสดที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอล 95% และ 50% อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้มีสีน้ำตาลอมเหลือง สำหรับการสกัดแบบเปียก ด้วยเมตาไบซัลไฟต์ พบว่า บุกสดที่ผ่านการสกัดด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ร่วมกับการใช้ 95% และ 50% เอทานอล จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้มีสีขาวครีมอมเหลืองเล็กน้อย ส่วนการสกัดแบบเปียก ด้วยเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับการใช้ 95% และ 70% เอทานอล พบว่า บุกสดที่ผ่านการสกัดแล้วได้ผงบุกสีขาวครีมอมน้ำตาลอ่อน ดัง Table 1 แสดงลักษณะของผงบุกที่ได้จากการสกัดแบบแห้งและแบบเปียก

Table 1 Konjac powder characteristic via dry and wet extraction method

Dry Extraction Methods	
Condition 1 Dry at 90°C for 4 hours	
Wet Extraction Methods	
Condition 2 Extracted with 95% and 50% ethanol and dried	
Condition 3 Extracted with sodium metabisulfite solution Followed by 95% and 50% ethanol and dried	

Table 1 (Continued)

Dry Extraction Methods	
Condition 4	
Extracted with sodium methabisulfite solution	
Followed by 95% and 70% ethanol and dried	

การตรวจวิเคราะห์ค่าสีของผงบุกที่สกัดได้จากทั้ง 4 วิธี ดัง Table 1 พบว่าค่าสีของผงบุกที่สกัดได้จากแต่ละวิธีมีค่าที่แตกต่างกัน ดัง Table 2 โดยวิธีการสกัดที่ทำให้สีของผงบุกสว่างมากที่สุดคือ วิธีที่ 4 สกัดแบบเปียก ด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ร่วมกับ 95% และเอทานอล 70%

Table 2 Colour and viscosity values of konjac powder extracted

Treatment	Color value			Viscosity (cP)
	L*	a*	b*	
1	55.44±0.02	4.36±0.01	11.92±0.02	389.60±0.17
2	59.16±0.02	2.39±0.02	13.46±0.01	459.73±0.12
3	75.85±0.03	5.55±0.01	19.05±0.02	672.50±0.10
4	78.67±0.01	3.57±0.01	19.41±0.02	701.50±0.10

นำผงบุกที่สกัดได้จากทั้ง 4 วิธี มาศึกษาค่าความหนืดด้วย Bookfield Viscometer ได้ผลดัง Table 2 โดยพบว่าวิธีที่ 4 ที่สกัดแบบเปียกด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ร่วมกับ 95% และ 70% เอทานอล ผงบุกมีค่าความหนืดที่สูงที่สุด 701.5 cp ดังนั้นคาดว่าน่าจะมีปริมาณกลูโคแมนแนนที่มากที่สุด เนื่องจากพบว่าค่าความหนืดมีความสำคัญและสอดคล้องกับปริมาณกลูโคแมนแนนและสามารถใช้เป็นบ่งชี้คุณภาพแป้งบุก (Wexuan and Pengwu, 2004)

ตอนที่ 2 สมบัติทางเคมีผงบุกที่ผ่านการสกัดแบบแห้งและสกัดแบบเปียก

ออกซาเลต เป็นสารที่มีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็ม มีมากในเนื้อของหัวบุก ผลึกแคลเซียมออกซาเลตหากสะสมในร่างกายมาก ๆ อาจทำให้เกิดนิ่วในไตได้ ดังนั้น เพื่อป้องกันอาการแพ้คันเหล่านี้ก่อนบริโภคจึงควรทำให้สุกก่อน (Orawan and Sanguansri, 2011) จากผลการทดลองพบว่าวิธีการสกัดที่ใช้มีผลต่อปริมาณออกซาเลตในผงบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยวิธีการสกัดที่ช่วยลดปริมาณออกซาเลตในผงบุกได้มากที่สุด คือ วิธีที่ 3 การสกัดแบบเปียก ด้วยเมตาไบซัลไฟด์ ร่วมกับ 95 และ 50% เอทานอล มีเปอร์เซ็นต์ออกซาเลตต่อน้ำหนักบุกสดเท่ากับ 0.37 รองลงมาคือ วิธีที่ 4

การสกัดแบบเปียกด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ร่วมกับ 95 และ 70% เอทานอล มีเปอร์เซ็นต์ออกซาเลตต่อน้ำหนักบุงสด เท่ากับ 0.43 ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่าทุกวิธีการสกัดสามารถลดปริมาณออกซาเลตลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Chemical properties of konjac powder extracted

Treatment	%Oxalate per fresh konjac	Moisture(%)	Absorption of water (%)
1	0.68±0.03 ^{ab}	13.71±0.02	82.45±0.02
2	0.48±0.01 ^a	14.24±0.01	98.22±0.03
3	0.37±0.03 ^b	14.47±0.02	99.11±0.02
4	0.43±0.03 ^b	10.58±0.02	99.33±0.02
Fresh konjac	1.17±0.39 ^c	-	-

การทดสอบทางสถิติใช้วิธี One-way ANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS

a,b,c ตัวอักษรในแนวดิ่งที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความชื้นของผงบุงที่สกัดด้วยวิธีที่ 4 ใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับ 95% และ 70% เอทานอลและอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง มีความชื้นต่ำสุด เท่ากับ 10.59% รองลงมาคือวิธีที่ 1 เท่ากับ 13.71% วิธีที่ 2 เท่ากับ 14.24% และวิธีที่ 3 เท่ากับ 14.47% ตามลำดับ แสดงดัง Table 3

การวิเคราะห์คุณสมบัติของบุงด้วยการวิเคราะห์การดูดซับน้ำของผงบุงที่ผ่านการสกัดมาด้วยวิธีการต่างๆ พบว่าแต่ละวิธีการสกัดมีน้ำหนักบุงหลังดูดซับน้ำ (water absorption) มีค่าใกล้เคียงกัน ดัง Table 3 ซึ่งจากงานวิจัยของ Melinda *et al.* (2012) แวนโน้มปริมาณกลูโคแมนแนนมีความสำคัญกับการดูดซับน้ำของบุง เนื่องจากความสามารถในการดูดซับน้ำ กลูโคแมนแนนมีคุณสมบัติพิเศษในการกักเก็บน้ำ และสามารถดูดซับน้ำได้หลายเท่าของน้ำหนักเริ่มต้น ดังนั้น วิธีการสกัดที่ 4 ด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับ 95% และ 70% เอทานอล สังเกตได้ว่ามีแวนโน้มมีปริมาณกลูโคแมนแนนมากที่สุด (Melinda *et al.*, 2012)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลองการสกัดบุงแบบดิบและสกัดแบบแห้ง พบว่าการสกัดใน 2 รูปแบบ ให้ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์บุงที่ต่างกัน โดยประการแรกให้สีที่แตกต่างกันทั้ง 2 รูปแบบ พบว่าค่าสี L*, a* และ b* มีค่า L* อยู่ในช่วง 55.43-78.68 ค่า a* อยู่ในช่วง 2.39-5.56 และ b* อยู่ในช่วง 11.94-19.40 ซึ่งสีที่ปรากฏอยู่ในช่วงสีน้ำตาลอ่อน น้ำตาลแดง น้ำตาลครีม และน้ำตาลเข้ม ซึ่งวิธีที่ 4 ให้สีที่ขาวสว่างมากที่สุด อาจเนื่องมาจากเป็นวิธีที่มีการใช้เอทานอลที่มีความเข้มข้นสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ ผลการวิเคราะห์การลดปริมาณออกซาเลตจาก 4 วิธี พบว่าวิธีที่ลดปริมาณออก

ชาเลตได้มากที่สุด คือ วิธีที่สกัดด้วยเมตาโบลไลต์ร่วมกับเอทานอล 95 และ 50% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผงบุกที่สกัดด้วย 70% เอทานอล และยังพบว่าความชื้นของผงบุกที่สกัดได้มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการดูดซับน้ำ โดยผงบุกที่มีความชื้นต่ำที่สุดมีความสามารถในการดูดซับน้ำมากที่สุด อีกทั้งยังสอดคล้องกับค่าของความหนืดที่วัดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความหนืดที่มีค่าสูงของผงบุกที่แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการมีปริมาณกลูโคแมนแนนที่สูงตามไปด้วย (Wexuan and Pengwu, 2004) ซึ่งผงบุกที่มีคุณสมบัติดังกล่าวสกัดได้จากการใช้โซเดียมเมตาโบลไลต์ร่วมกับการสกัดด้วยเอทานอล

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตผงบุก ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ตรงตามความต้องการ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผงบุก และที่สำคัญเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบหูก

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบกระบวนการสกัดผงบุกที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เชิงหน้าที่ เพื่อการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาโท สามารถดำเนินการจนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ บุญแรง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อคิด ข้อเสนอแนะ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ขอขอบคุณ คุณณณมล ทักษอุดม ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาเล่าเรียนในระดับปริญญาโท ตลอดจนถึงสนับสนุนวัตถุดิบบุก สถานที่ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกคนที่อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Alexander, V.S. 2021. Can konjac (*Amorphophallus konjac* K. Koch) and its constituent glucomannan be useful for treatment of obesity. **Obesity Medicine** 24: 100343. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2021.100343> (July 23, 2023).
- Melinda C., C. Kelvin, J.H. Trevor, A.W. Peter, J.P. Christopher and C.B. Timothy. 2012. Methodologies for the extraction and analysis of konjac glucomannan from corms of *Amorphophallus konjac* K. Koch. **Carbohydrate Polymers** 87(3): 2202-2210. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.10.053> (July 23, 2023).
- Orawan T. and C. Sanguansri. 2011. Physicochemical properties of konjac glucomannan extracted from konjac flour by a simple centrifugation process. **LWT-Food Science and Technology** 44(10): 2059-2063. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.019>

(July 23, 2023).

Qian L., F. Jie, H. Wenqi, L. Sining, Z. Xueting, G. Guiping, H. Linjuan, L. Xiaoliang and W. Zhongfu.

(2023). The intervention effects of konjac glucomannan with different molecular weights on high-fat and high-fructose diet-fed obese mice based on the regulation of gut

การใช้แป้งผสมและใช้น้ำสำหรับพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากพืช Use of Mixed Flour and Watermeal (*Wolffia globosa*) Powder for Development of Plant-based Snack

ณัชชา หงษ์ภักดี และรัชฎา ตั้งวงศ์ไชย*

Natcha Hongpakdee and Ratchada Tangwongchai*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

Department of Food Technology, Faculty of Technology, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand 40002

*Corresponding author: ratchada@kku.ac.th

Abstract

This research aimed to study approaches to developing a healthy plant-based snack from mixed flour. The cracker product was selected as a snack model. The 3 plant-based cracker formulations, containing brown rice flour, mung bean flour, and watermeal (*Wolffia globosa*) at different ratios of 56:34:10 (MF1), 49:45:6 (MF2), and 43:55:2 (MF3), were investigated for chemical, physical, and acceptability evaluation. All formulations of mixed flour crackers had low moisture contents (1.40-2.44%), lower than a traditional one. The 3 formulations of cracker had protein, fat, and ash contents that were significantly different ($p \leq 0.05$). The MF2 cracker has the highest protein content (14.72%) and lower fat content than control crackers. The addition of wolffia resulted in a lower lightness (L^*) and a higher green value (a^*) of the healthy cracker than the control ones. A higher amount of wolffia results in a darker color of green. The expansion rate and hardness of all healthy cracker formulations have decreased compared to control crackers. The sensory evaluation using a 9-point hedonic scale found that the increase in mung bean flour increased the taste, texture, and overall liking of the healthy crackers. It was worth noting that the MF3 formula crackers had the highest overall liking score (6.6 points) which was not significantly different from the control crackers ($p > 0.05$).

Keywords: *wolffia globosa*, brown rice flour, mung bean flour, snack, cracker

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากพืชเพื่อสุขภาพจากแป้งผสม โดยเลือกแครกเกอร์เป็นต้นแบบแครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากพืช จำนวน 3 สูตร ที่อัตราส่วนผสมหลัก คือ แป้งข้าวกล้อง แป้งถั่วเขียว และไขมัน 56:34:10 (MF1), 49:45:6 (MF2) และ 43:55:2 (MF3) โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และการยอมรับ พบว่า แครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากแป้งผสมทุกสูตรมีค่าความชื้นต่ำ (ร้อยละ 1.40-2.44) ซึ่งต่ำกว่าแครกเกอร์สูตรควบคุม แครกเกอร์ทั้ง 3 สูตร มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยแครกเกอร์สูตร MF2 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (ร้อยละ 14.72) ในขณะที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าแครกเกอร์สูตรควบคุม การเติมน้ำทำให้แครกเกอร์เพื่อสุขภาพมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง แต่มีค่าสีเขียว (a^*) สูงกว่าแครกเกอร์สูตรควบคุม ซึ่งการเติมน้ำมากขึ้นจะทำให้ทำให้มีสีเขียวเข้มขึ้น อัตราการขยายตัว (Expansion rate) และค่าความแข็ง (Hardness) ของแครกเกอร์เพื่อสุขภาพทุกสูตรลดลงเมื่อเทียบกับแครกเกอร์สูตรควบคุม การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) พบว่า เมื่อปริมาณแป้งถั่วเขียวเพิ่มขึ้นความชอบในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของแครกเกอร์เพื่อสุขภาพจะสูงขึ้นด้วย เป็นที่น่าสังเกตว่าแครกเกอร์สูตร MF3 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด (6.6 คะแนน) ซึ่งไม่แตกต่างกับแครกเกอร์สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: ไขมัน แป้งข้าวกล้อง แป้งถั่วเขียว ขนมขบเคี้ยว แครกเกอร์

คำนำ

ปัจจุบันตลาดขนมขบเคี้ยว หรืออาหารขบเคี้ยวทั่วโลกยังคงได้รับความนิยมสูงขึ้น อาหารขบเคี้ยวที่พบได้อย่างแพร่หลายมักประกอบไปด้วยแป้ง ไขมัน สารปรุงแต่งรส และสารสังเคราะห์อื่น ๆ ที่เลียนแบบธรรมชาติ มีคุณค่าทางสารอาหารต่ำ หากบริโภคในปริมาณมากหรือความถี่ในการบริโภคสูงขึ้น อาจก่อให้เกิดการสะสม และนำไปสู่การเกิดโรคติดต่อไม่เรื้อรัง (Non-communicable diseases; NCD's) ได้ในอนาคต โดยทั่วไปผู้บริโภคจะบริโภคขนมขบเคี้ยวในระหว่างการทำกิจกรรมที่ต้องการความเพลิดเพลิน หรือผ่อนคลายความเครียด เช่น ระหว่างการทำงาน การเดินทาง อ่านหนังสือ หรือการชมภาพยนตร์ ทำให้ขนมขบเคี้ยวเป็นที่นิยมของผู้คนทั่วโลก โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2565 ตลาดขนมขบเคี้ยวของไทยมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2564 ร้อยละ 5.1 (Food Intelligence center, 2023) เป็นผลมาจากการฟื้นตัวของเศรษฐกิจภายหลังการคลี่คลายของสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้การดำเนินชีวิตของผู้คนกลับเข้าสู่สภาวะปกติ มีการพบปะสังสรรค์ เดินทางท่องเที่ยว รวมถึงมีกิจกรรมที่ทำร่วมกันมากขึ้น นอกจากนี้ผู้บริโภคมีความตระหนักในเรื่องสุขภาพ และให้ความสนใจกับอาหารเพื่อสุขภาพที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณประโยชน์มากขึ้น แครกเกอร์หรือบิสกิตเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทหนึ่งที่มาจากการอบ การอบ จัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความชื้นต่ำและได้รับความนิยมจากผู้คนทั่วโลก มีลักษณะแห้ง กรอบ สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน มีองค์ประกอบหลัก คือ แป้งสาลี และเนย บางชนิดมีการหมักด้วยยีสต์ หรือมีการเติมสารแต่งกลิ่นรส ทำให้แครกเกอร์มี

คุณค่าทางโภชนาการและใยอาหารต่ำ และยังพบว่าผู้ที่เป็นภูมิแพ้กลูเตนจะไม่สามารถรับประทานแครกเกอร์ที่มีส่วนประกอบของแป้งสาลีได้ ดังนั้นจึงเลือกแครกเกอร์เป็นต้นแบบของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากพืช และเพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้านสุขภาพ งานวิจัยนี้จึงได้คัดเลือกพืชที่มีศักยภาพในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของแครกเกอร์ ได้แก่ ใข้ น้ำ ข้าวกล้อง และถั่วเขียว ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้มาจากผลผลิตทางการเกษตรที่ผลิตได้ภายในประเทศทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตจากการนำเข้าวัตถุดิบได้ และยังเป็นกรเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบที่ผลิตภายในประเทศอีกด้วย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งข้าวกล้อง แป้งถั่วเขียว และใข้ น้ำ ที่เป็นวัตถุดิบหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ แครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากแป้งผสมเปรียบเทียบกับแครกเกอร์สูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลี

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบ

ใข้ น้ำสดจากฟาร์มเพาะเลี้ยง จังหวัดกาฬสินธุ์ นำมาล้างทำความสะอาด แล้วนำไปแช่ใข้ น้ำเกลือร้อยละ 5 เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปลวกที่อุณหภูมิ 90 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเหลือความชื้นร้อยละ 10 ± 2 (ดัดแปลงจาก Khemthong *et al.*, 2021) ส่วนแป้งข้าวกล้องเตรียมจากข้าวกล้องสายพันธุ์ กข43 และแป้งถั่วเขียวเตรียมจากเมล็ดถั่วเขียวตราไร้ทิพย์ นำตัวอย่างแต่ละชนิดไปบดเป็นผง และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช บรรจุใส่ถุงพลาสติก PET/PE/AL ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แป้งสาลีใช้แป้งสำเร็จรูปอเนกประสงค์ตราว่าว

การเตรียมแครกเกอร์

การเตรียมแครกเกอร์ ซึ่งแบ่งส่วนผสมหลักโดยเทียบแป้งที่ใช้ในสูตรเป็นร้อยละ 100 (%baker) อัตราส่วนของส่วนผสมที่ใช้ แสดงใน Table 1 ซึ่งอัตราส่วนของแป้งได้จากการหาอัตราส่วนผสมตามแผนการทดลอง (D-optimal mixture design) โดยใช้โปรแกรม Design Expert13; Demo version (State-Ease, USA) และทำการคัดเลือกมา 3 สูตร โดยแบ่งขั้นตอนการเตรียมออกเป็น 2 ส่วน **ขั้นตอนแรก**จะเป็นการผสมส่วนผสมแห้งกับน้ำ โดยนำแป้งผสม (แป้งข้าวกล้อง แป้งถั่วเขียว และใข้ น้ำ) ร้อยละ 61.5 ผสมกับเบคกิ้งโซดาร้อยละ 0.8 ยีสต์ร้อยละ 0.8 เนยขาวร้อยละ 11.1 แป้งดัดแปรและน้ำตามสูตรใน Table 1 ด้วยเครื่องผสม (Kitchen Aid, Artisan KSM150, U.S.A.) **ขั้นตอนที่สอง**นำแป้งผสมที่เหลือร้อยละ 38.5 และน้ำมันพืชร้อยละ 14.6 ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำแป้งทั้ง 2 ส่วนมาผสมให้เป็นแป้งโดว์ก้อนเดียวกัน พักแป้งโดว์ไว้นาน 30 นาที จากนั้นนำแป้งโดว์มานวดให้แป้งคลายตัวแล้วรีดแป้งให้เป็นแผ่นบางความหนา 2.5 ± 0.5 มิลลิเมตร แล้วกดด้วยพิมพ์ขนาด 4x4 เซนติเมตร เจาะรูบนแผ่นโดว์เพื่อป้องกันการเสียรูปทรงในขณะอบ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (ดัดแปลงจาก Batista *et al.*, 2019)

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

- การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและเส้นใย เป็นไปตามวิธี AOAC (2000)
- การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L^* , a^* , b^* (Ultra Scan XE, Hunter Lab, USA) การพองตัว และการละลายของแป้ง (Ratnawati *et al.*, 2019) ลักษณะเนื้อสัมผัส (Stable Micro System, TA.XT Plus, USA) (ดัดแปลงจาก Batista *et al.*, 2019) อัตราการขยายตัว (Say *et al.*, 2022)

Table 1 Cracker formulation

Ingredients (g)	Formulation			
	Control	MF1	MF2	MF3
Wheat flour	100	-	-	-
Brown rice flour	-	56	49	43
Mung bean flour	-	34	45	55
<i>Wolffia globosa</i> (WF)	-	10	6	2
Novation Indulge 3921 Maltodextrin	-	4.5	4.7	4.9
Water	53.4	59.6	56.6	53.7
Baking soda	0.8	0.8	0.8	0.8
Yeast	0.8	0.8	0.8	0.8
Sugar	0.8	0.8	0.8	0.8
Shortening	11.1	11.1	11.1	11.1
Rice brain oil	14.6	14.6	14.6	14.6

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางประสาทสัมผัสใช้ผู้ทดสอบจำนวน 70 คน (ช่วงอายุ 17-50) โดยใช้การทดสอบ 9-point scale hedonic scale ประเมินความชอบต่อแครกเกอร์เพื่อสุขภาพในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ระดับคะแนน 5 หมายถึง ไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ และระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด (Meilgaard *et al.*, 2014)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) รายงานข้อมูลในรูปของค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan's New Multiple Range Test: DMRTs) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS V28.0 (SPSS Inc., USA)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำ แป้งข้าวกล้อง และแป้งถั่วเขียว

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำ พบว่า ไข่น้ำสดมีความชื้นร้อยละ 96.81 ไข่น้ำผงมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำ เส้นใยอาหารทั้งหมด และเถ้า คิดเป็นร้อยละ 27.45, 6.50, 12.16, 8.71, 20.87 และ 22.99 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pan-utai, (2021); Khemthong *et al.* (2021) รายงานว่า ไข่น้ำมีโปรตีนเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 20-30 มีไขมันอยู่ร้อยละ 1-5 และมีใยอาหารร้อยละ 25 นอกจากนี้ Niyanuch and Tangwongchai (2010) รายงานว่า ไข่น้ำแห้งมีโปรตีน เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำ เส้นใยทั้งหมด และเถ้าร้อยละ 24.31, 13.04, 2.11, 15.15 และ 19.97 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำอาจแตกต่างกันออกไปตามปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในแหล่งน้ำที่เจริญเติบโต ฤดูกาล ภูมิอากาศ ฯลฯ (Rowchai and Somboon, 2007)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลี แป้งข้าวกล้อง และแป้งถั่วเขียว (Table 3) พบว่า แป้งทั้ง 3 ชนิดมีความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 7.91-10.13 โดยแป้งสาลีมีค่าความชื้นสูงสุด (ร้อยละ 10.13) อย่างไรก็ตามแป้งทั้งสามชนิดมีความชื้นต่ำกว่ามาตรฐาน มอก. 373-2524 (แป้งสาลี) มผช. 1517/2562 (แป้งข้าว) และ มอก. 948-2556 (แป้งถั่วเขียว) กำหนดและมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 14 โดยน้ำหนักอบแห้ง ซึ่งปลอดภัยต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา แป้งข้าวกล้องมีปริมาณไขมันสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 3.03 ($p \leq 0.05$) แป้งสาลีและแป้งถั่วเขียวมีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีไขมันอยู่ร้อยละ 1.42 และ 1.50 ตามลำดับ ในขณะที่แป้งถั่วเขียวมีปริมาณโปรตีนและเถ้าสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 24.75 และ 3.88 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแป้งถั่วเขียวสามารถเป็นแหล่งเสริมโปรตีนในแครกเกอร์เพื่อสุขภาพได้

แป้งทั้ง 3 ชนิดมีการพองตัวและความสามารถในการละลายแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$; Table 3) มีค่าความสามารถในการพองตัวอยู่ในช่วง 9.35-12.87 เท่า และมีความสามารถในการละลายอยู่ในช่วงร้อยละ 13.60-39.70 โดยแป้งสาลีมีความสามารถในการพองตัวสูงที่สุด (12.87 เท่า) ในขณะที่แป้งถั่วเขียวมีการพองตัวต่ำที่สุด (9.35 เท่า) และความสามารถในการละลายสูงสุด (ร้อยละ 39.70) ทั้งนี้ Sriroth and Piyajomkwan (2003) รายงานว่า แป้งสาลีมีความสามารถในการพองตัวอยู่ในระดับปานกลางและมีการละลายต่ำ เนื่องจากแป้งสาลีที่มีอะมิโลสสูงทำให้โครงสร้างร่างแหภายในเม็ดแป้งมีความแข็งแรงจึงพองตัวได้น้อย ทั้งนี้ความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง ปริมาณอะมิโลส-อะมิโลเพกติน และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ในเม็ดแป้ง เช่น โปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส เป็นต้น

Table 2 Chemical composition of Water meal (*Wolffia globosa*)

Composition	(% dry basis)
Moisture	96.81±0.08
Fat	6.50±0.56
Protein	27.45±0.69
TDF	20.87±1.08
- SDF	8.71±0.14
- IDF	12.16±0.94
Ash	22.99±0.83

TDF: total dietary fiber, SDF: soluble dietary fiber, IDF: insoluble dietary fiber

Table 3 Chemical composition and functional properties of flour

Composition (g/100g db)	Wheat flour (WHF)	Brown rice flour RD43 (BRF)	Mung bean flour (MBF)
Moisture	10.13±0.16 ^a	9.03±0.17 ^b	7.91±0.13 ^c
Fat	1.42±0.22 ^b	3.03±0.25 ^a	1.50±0.05 ^b
Protein	12.27±0.08 ^b	8.45±0.11 ^c	24.75±0.71 ^a
Ash	0.56±0.04 ^c	1.46±0.04 ^b	3.88±0.05 ^a
Swelling capacity (g/g db)	12.87±0.27 ^a	12.04±0.69 ^b	9.35±0.24 ^c
Solubility capacity	17.45±0.71 ^b	13.60±0.47 ^c	39.70±0.45 ^a

Value with different letters in the same column are significant different ($p < 0.05$).

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี-กายภาพของแครกเกอร์สูตรควบคุมและแครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากแป้งผสม

องค์ประกอบทางเคมีของแครกเกอร์ (Table 4) จะเห็นได้ว่า แครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากแป้งผสมทุกสูตรมีความชื้นต่ำกว่าแครกเกอร์สูตรควบคุมโดยมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 1.43-2.41 ซึ่งแครกเกอร์โดยทั่วไปจะมีความชื้นประมาณ ร้อยละ 2-2.5 จัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความชื้นต่ำ (Miller, 2016) แครกเกอร์เพื่อสุขภาพจาก แป้งผสม มีเส้นใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเถ้าสูงชันมากกว่าแครกเกอร์ควบคุม ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งข้าวกล้องทำมาจากข้าวที่ไม่ได้ผ่านการขัดสีซึ่งยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดเหลืออยู่ โดยบริเวณนี้เป็นส่วนที่อุดมไปด้วยไขมัน โปรตีน แร่ธาตุ ใยอาหาร รวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด (Lebert *et al.*, 2022) นอกจากนี้เมล็ดถั่วเขียว ก็มีเยื่อหุ้มเมล็ดและไข่น้ำก็มีเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นแหล่งเส้นใยอาหาร จึงส่งผลให้แครกเกอร์ เพื่อสุขภาพจากแป้งผสมมีเส้นใยอาหารและเถ้าสูงกว่าสูตรควบคุม แครกเกอร์ทุกสูตรมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยแครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากแป้งผสมสูตร

MF2 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (ร้อยละ 14.72) รองลงมาคือสูตร MF3 (ร้อยละ 14.40) สูตร MF1 (ร้อยละ 11.45) และสูตรควบคุม (ร้อยละ 10.49) ตามลำดับ

คุณลักษณะด้านกายภาพของแครกเกอร์ (Table 5) พบว่า แป้งข้าวกล้อง แป้งถั่วเขียว และไขมันมีผลต่อสีที่เข้มขึ้นของแครกเกอร์แครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากแป้งผสมสูตร MF1, 2 และ 3 มีค่าความสว่าง (L^*) ต่ำกว่า แครกเกอร์สูตรควบคุม โดยมีค่า L^* เท่ากับ 41.15, 44.29 และ 47.88 ตามลำดับ ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าสีแดง (a^*) ต่ำกว่าแครกเกอร์สูตรควบคุม โดยมีค่า b^* เท่ากับ 5.23, 8.79 และ 14.72 ตามลำดับ มีค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ -1.11, -1.43 และ 0.97 ตามลำดับ การใช้แป้งผสมของแป้งข้าวกล้อง-แป้งถั่วเขียว-ไขมันส่งผลให้แครกเกอร์มีอัตราการขยายตัวและค่าความแข็งลดลง โดยแครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากแป้งผสมสูตร MF1 มีอัตราการขยายตัวต่ำที่สุดเท่ากับ 7.89 ในขณะที่แครกเกอร์สูตรควบคุมมีอัตราการขยายตัวสูงที่สุดเท่ากับ 21.73 เป็นเพราะแครกเกอร์สูตร MF1 มีไขมันและใยอาหารสูง ซึ่งไขมันจะสร้างสารประกอบเชิงซ้อนกับอะมิโนในโครงสร้างของแป้ง ทำให้น้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในโครงสร้างของแป้งระเหยออกมาได้ยาก ส่วนใยอาหารที่ดูดน้ำเอาไว้จะทำให้โครงสร้างของแป้งไม่แข็งแรงและมีความชื้นสูง ส่งผลให้แครกเกอร์มีอัตราการขยายตัวและความแข็งลดลง (Bilgic and Sensoy, 2023)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมพบว่าแครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากแป้งผสมทุกสูตรมีความชอบด้านลักษณะปรากฏและด้านสีต่ำกว่าแครกเกอร์สูตรควบคุม โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลาง-ชอบมาก (6.1-6.3 คะแนน) ในขณะที่แครกเกอร์สูตรมาตรฐานมีคะแนนความชอบ 7.3 คะแนน เนื่องจากไขมันมีสีเข้ม การเติมไขมันในแป้งผสมมีผลอย่างยิ่งต่อสีที่เข้มขึ้นของแครกเกอร์เพื่อสุขภาพที่ได้จากแป้งผสมที่มีไขมัน ด้านกลิ่นพบว่าแครกเกอร์ทุกสูตรมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงคะแนน 5.8-6.3 ซึ่งชี้บอกการยอมรับในระดับค่อนข้างชอบเล็กน้อย นอกจากนี้ปริมาณแป้งถั่วเขียวในสูตรแครกเกอร์เพิ่มสูงขึ้นมีผลให้คะแนนความชอบในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของแครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากแป้งผสมสูงขึ้นด้วย โดยแครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากแป้งผสมสูตร MF3 มีคะแนนความชอบสูงที่สุด เท่ากับ 6.6 คะแนน ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างจากแครกเกอร์สูตร MF2 และสูตรควบคุม

Table 4 Chemical composition of control crackers compared with mix-flour crackers

Composition (g/100g db)	Control	MF1	MF2	MF3
Moisture	6.97±0.04 ^a	2.41±0.03 ^b	1.82±0.04 ^c	1.43±0.03 ^d
Fat	21.07±0.03 ^b	21.44±0.17 ^a	20.28±0.02 ^d	20.87±0.02 ^c
Protein	10.49±0.08 ^d	11.45±0.04 ^c	14.72±0.62 ^a	14.40±0.38 ^b
TDF	9.25±0.31 ^b	16.57±0.46 ^a	15.76±0.66 ^a	16.30±0.72 ^a
-SDF	5.39±0.17 ^a	5.84±0.27 ^a	2.46±0.49 ^c	4.19±0.44 ^b
-IDF	3.87±0.15 ^d	10.72±0.18 ^c	13.31±0.16 ^a	12.11±0.29 ^b
Ash	1.28±0.05 ^d	3.39±0.01 ^a	3.08±0.01 ^b	2.67±0.01 ^c

MF1= BRF(56), MBF(34), WF(10); MF2= BRF(49), MBF(45), WF(6); MF3= BRF(43), MBF(55), WF(2)

Value with different letters in the same column are significant different (p<0.05).

Table 5 Physical properties of crackers

Formula	Color parameters			Expansion rate	Hardness (g-force)
	L*	a*	b*		
Control	64.14±1.02 ^a	9.59±1.33 ^a	35.30±1.06 ^a	21.73±1.22 ^a	4,230.01±350.29 ^a
MF1	41.15±0.31 ^c	-1.11±0.12 ^c	5.23±0.38 ^d	7.89±1.12 ^c	453.54±109.97 ^b
MF2	44.29±1.63 ^b	-1.43±0.14 ^c	8.79±1.13 ^c	12.43±0.48 ^b	506.61±207.47 ^b
MF3	47.88±1.08 ^b	0.97±0.40 ^b	14.72±1.09 ^b	11.01±2.29 ^b	839.59±116.65 ^b

MF1= BRF(56), MBF(34), WF(10); MF2= BRF(49), MBF(45), WF(6); MF3= BRF(43), MBF(55), WF(2)

Value with different letters in the same column are significant different (p<0.05).

Table 6 Liking score of control crackers compared with mixed flour crackers

Formula	Liking score					
	Appearance	Color	Odor	Flavor	Texture	Overall
Control	7.3±1.19 ^a	7.6±1.16 ^a	6.3±1.58 ^{ns}	5.9±2.07 ^{ab}	5.5±2.10 ^c	6.5±1.35 ^a
MF1	6.1±1.71 ^b	5.8±1.79 ^b	5.9±1.96 ^{ns}	5.6±1.98 ^b	5.8±1.79 ^{bc}	5.9±1.69 ^b
MF2	6.5±1.48 ^b	6.3±1.38 ^b	5.8±1.48 ^{ns}	6.0±1.41 ^{ab}	6.4±1.61 ^{ab}	6.2±1.35 ^{ab}
MF3	6.3±1.62 ^b	6.3±1.66 ^b	6.1±1.34 ^{ns}	6.5±1.45 ^a	6.5±1.48 ^a	6.6±1.45 ^a

MF1= BRF(56), MBF(34), WF(10); MF2= BRF(49), MBF(45), WF(6); MF3= BRF(43), MBF(55), WF(2)

Value with different letters in the same column are significant different (p<0.05).

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า การใช้แป้งผสมของแป้งข้าวกล้อง แป้งถั่วเขียว และไขมันในการพัฒนาแครกเกอร์ เพื่อสุขภาพจากแป้งผสม ส่งผลให้แครกเกอร์มีอัตราการขยายตัวและค่าความแข็งลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับแครกเกอร์ สูตรควบคุมที่ทำจากแป้งสาลี และพบว่าแครกเกอร์เพื่อสุขภาพจากแป้งผสมสูตร MF3 มีคะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด (6.5, 6.5, 6.6 คะแนน ตามลำดับ) ดังนั้นข้าวกล้อง แป้งถั่วเขียว และไขมัน เป็นพืชที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตขนมขบเคี้ยวจากพืชได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดีด้วยภายใต้การแนะนำ ให้คำปรึกษา และให้แนวทางในแก้ไขปัญหา-ข้อบกพร่องในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนให้การสนับสนุนการศึกษาวิจัยอย่างดียิ่งเยี่ยมจาก รองศาสตราจารย์ ดร.รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร ตลอดจนอาสาสมัครผู้มีส่วนร่วมในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Batista, A.P., A. Niccolai, I. Bursic, I. Sousa, A. Raymundo and L. Rodolfi. 2019. Microalgae as functional ingredients in savory food products: application to wheat crackers. **Foods** 8(12): 611. DOI: 10.3390/foods8120611.
- Bilgic, H. and I. Sensoy. 2023. Effect of psyllium and cellulose fiber addition on the structure and the starch digestibility of bread and crackers. **Food Structure** 35: 100302. DOI: 10.1016/j.foostr.2022.100302.
- Food Intelligence Center. 2023. **Thai snack market**. [Online]. Available <https://fic.nfi.or.th/market-intelligence-detail.php?smid=388> (September 15, 2023). [in Thai]
- Khemthong, S., P. Yuthachit, J. Oonmettaaree, L. Yamthonglang, K. Mungphuklang and B. Toboonsung. 2021. Effects of Watermeal (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm.) powder supplement to the quality of fresh noodles. **The Journal of Applied Science** 20(2): 183-200. [in Thai]
- Lebert, L., F. Buche, A. Sorin and T. Aussenac. 2022. The wheat aleurone layer: optimisation of its benefits and application to bakery products. **Foods** 11(22): 3552. DOI: 10.3390/foods11223552

- Li, J., G.G. Hou, Z. Chen, A-L. Chung and K. Gehring. 2014. Studying the effects of whole-wheat flour on the rheological properties and the quality attributes of whole-wheat saltine cracker using SRC, alveograph, rheometer, and NMR technique. **LWT-Food Sci Technol** 55(1): 43-50.
- Meilgaard, M.C., B.T. Carr and B.T. Carr. 2014. **Sensory Evaluation Techniques**. 4th ed. Boca Raton: CRC Press. 464 p. [Online]. Available <https://doi.org/10.1201/b16452> (August 3, 2023).
- Miller R. 2016. Biscuits, Cookies and Crackers: Nature of the Products. pp. 445-450. *In Encyclopedia of Food and Health*. [Online]. Available <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849472000751> (January 25, 2022).
- Niyanuch, U. and R. Tangwongchai. 2010. **The Postharvest Change of Compositions and Antioxidant Activity of *Wolffia arrhiza* (Linn) Wimm.** Master Thesis. Khon Kaen University. 82 p. [in Thai]
- Pan-utai, W. 2021. *Wolffia*: Green aqua plant and alternative protein for human health. **Food Journal** 50(4): 28-36. [in Thai]
- Ratnawati, L., D. Desnilasari, D.N. Surahman and R. Kumalasari. 2019. Evaluation of physicochemical, functional and pasting properties of soybean, mung bean and red kidney bean flour as ingredient in biscuit. **IOP Conf Ser Earth Environ Sci** 251: 012026. [Online]. Available <https://doi.org/10.1088/1755-1315/251/1/012026> (August 3, 2023). [in Thai]
- Rowchai, S. and S. Somboon. 2007. Study on factors effecting growth of *Wolffia* (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm.). **Thai Fisheries Gazette** 60(5): 405-413. [in Thai]
- Say, M., N. Fuangpaiboon, P. Hirunsorn and R. Tangwongchai. 2022. Composite flour cracker enriched with banana flour: formulation optimization and properties. **Asia-Pac J Sci Technol** 27(03): 27-03. DOI: 10.1088/1755-1315/251/1/012026.
- Sriroth, K. and K. Piyajomkwan. 2003. **Starch Technology**. 3rd ed. Bangkok: Kasetsart University Press. 303 p. [in Thai]

การสกัดและการตั้งตำรับครีมบำรุงผิวที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหย และสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ

Extraction and Formulation of Body Nourishing Cream Containing Essential Oil and Extract from Damask Rose

ฐิติพรรณ ชิมสุข

Thitiphan Chimsook

สาขาวิชาเคมี สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program of Chemistry, Program of Applied Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chaing Mai, Thailand 50290

Corresponding author: thitiphan.cs@gmail.com

Abstract

Damask rose (*Rosa damascene*) is found both a light to moderate pink to red. The flowers are renowned for extracting rose oil and rose water used in perfume and flavor in food and beverage. Moreover, petal can be produced the herbal tea. The objective of this research was to extract the rose oil and rose extract using Microwave assisted extraction (MAE) and investigate the physical and chemical properties of both extracting substances. In addition, the body nourishing cream was formulated by mixing both essential oil and aqueous extract from damask rose and evaluated the stability of body nourishing cream. The results showed that the percentage yields of rose oil and rose water were 0.12 and 30.25, respectively. The total phenolic contents of rose oil and rose water were 212.23 ± 2.4 and 438.39 ± 3.1 mg GAE/g extract. The DPPH antioxidant activities of rose oil and rose water (IC_{50}) were 6.98 and 5.78 $\mu\text{g/mL}$ (IC_{50} of trolox 4.67 $\mu\text{g/mL}$). The total flavonoids of rose oil and rose water were 100.22 ± 1.3 and 169.94 ± 2.3 mg QE/g extract, respectively. Body nourishing cream was formulated from rose oil and rose water. The body nourishing cream has pale pink and rose odor. Body nourishing cream had pH between 5.15-5.50, no phase separation of texture, and constant spreadability when tested at room temperature and accelerated study for 3 months.

Keywords: Damask rose, rose extract, rose essential oil, body nourishing cream
fragrance flower extraction

บทคัดย่อ

กุหลาบมอญสุโขทัย (Damask rose) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Rosa damascena* เป็นดอกกุหลาบที่พบทั้งดอกสีชมพูอ่อนถึงเข้มและสีแดง นิยมนำมาสกัดเป็นน้ำมันกุหลาบเพื่อใช้ในการผลิตน้ำหอมและผลิตเป็นน้ำกุหลาบใช้ในการแต่งกลิ่นในอาหารและเครื่องดื่ม นอกจากนี้ กลีบดอกกุหลาบสามารถนำมาผลิตเป็นชาสมุนไพร ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญสุโขทัยด้วยเทคนิคการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟช่วย และศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของส่วนสกัดทั้งสองชนิด นอกจากนี้ ได้ตั้งตำรับครีมบำรุงผิวกายที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากดอกกุหลาบ และทดสอบความคงตัวของตำรับครีมบำรุงผิวกาย ผลการทดสอบพบว่าปริมาณร้อยละผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดเท่ากับ 0.12 และ 30.25 ตามลำดับ ปริมาณฟีนอลิกรวมของน้ำมันหอมระเหยกุหลาบและสารสกัดมีค่าเท่ากับ 212.23 ± 2.4 และ 438.39 ± 3.1 mg GAE/g extract ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของน้ำมันหอมระเหยกุหลาบและสารสกัดดอกกุหลาบที่ทดสอบพบว่า มีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.98 และ 5.78 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{g/mL}$) (IC_{50} ของโธรลิกซ์เท่ากับ 4.67 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) และปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของน้ำมันหอมระเหยกุหลาบและสารสกัดดอกกุหลาบมีค่าเท่ากับ 100.22 ± 1.3 และ 169.94 ± 2.3 mg QE/g extract ตามลำดับ สารสกัดและน้ำมันหอมระเหยนำมาพัฒนาเป็นตำรับครีมบำรุงผิว พบว่าเนื้อครีมมีสีชมพูอ่อน กลิ่นดอกกุหลาบ ค่ากรดต่างมีค่าอยู่ระหว่าง 5.15-5.50 มีความคงตัวไม่เกิดการแยกชั้น และเนื้อครีมมีการกระจายตัวคงที่ เมื่อทดสอบที่อุณหภูมิห้องและที่สภาวะเร่งเป็นเวลา 3 เดือน

คำสำคัญ: ดอกกุหลาบมอญสุโขทัย สารสกัดดอกกุหลาบ น้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบ ครีมบำรุงผิวกาย สารสกัดดอกไม้มหอม

คำนำ

ปัจจุบันความนิยมเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการดูแลสุขภาพร่างกายและผิวหน้า ผิวกาย มีแนวโน้มสูงมากขึ้น ทำให้ตลาดวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้มีทิศทางการขยายตัวอย่างต่อเนื่องในทุกปี เนื่องจากผู้บริโภค บริโภคเลือกที่จะลดการใช้สารเคมี และเพิ่มการใช้สารสกัดจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในรูปแบบต่าง ๆ ให้มากขึ้น เช่น น้ำมันหอมระเหย สารสกัดจากพืชทั้งแบบของเหลวและของแข็ง เหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยส่งเสริมอุตสาหกรรมแปรรูปและการสกัดพืชและสมุนไพรให้มีการเติบโตและการขยายตลาดการค้ากลุ่มสินค้าที่เป็นสารสกัดพืชและสมุนไพรอย่างรวดเร็ว โดยผลิตภัณฑ์สารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากพืชและสมุนไพรเหล่านี้สามารถจำหน่ายโดยตรง หรือนำไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ เพื่อการอุปโภคและบริโภคไม่ว่าจะด้านการดูแลสุขภาพ เป็นยารักษาโรค และกิจกรรมด้านสุนทรียภาพ สำหรับกระบวนการสกัดสารหรือน้ำมันหอมระเหยจากพืชและสมุนไพรเป็นกระบวนการสำคัญเพื่อจะได้วัตถุดิบคุณภาพดีที่จะนำไปใช้เป็นประโยชน์โดยตรง หรือจะนำไปเป็นองค์ประกอบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ทำให้ปัจจุบันมีการพัฒนากระบวนการสกัดรวมถึงเครื่องมือและเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อนำมาประยุกต์ใช้เพื่อสกัดสารและน้ำมันหอมระเหยจากพืช

สมุนไพร อย่างไรก็ตาม เทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิมนั้นก็ยังมีความสำคัญเช่นกัน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีหรือเครื่องมือการสกัดรูปแบบใหม่ได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตของสารสกัดรวมถึงน้ำมันหอมระเหยจากพืชและสมุนไพร โดยทั่วไปการสกัดสารออกฤทธิ์จากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ไม่ว่าจะสกัดจากพืชสด พืชแห้ง ต้องแยกตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัดไม่ว่าจะเป็นแอลกอฮอล์ เฮกเซน เอทิลอะซิเตท หรือตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดอื่นๆ ออกให้หมด และควรตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีการตกค้างของตัวทำละลายอินทรีย์ในส่วนสกัด ก่อนที่จะนำส่วนสกัดที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เพื่อป้องกันปัญหาการพบสารตกค้างในสารสกัดหรือผลิตภัณฑ์ที่อาจเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคหรือบริโภคในระยะยาวได้ อย่างไรก็ตามหากสามารถสกัดสารจากพืชสดจะช่วยลดโอกาสการสูญเสียสารสำคัญที่พบในพืชนั้นๆ รวมถึงน้ำมันหอมระเหย ลดโอกาสพบปัญหาเชื้อราในพืชแห้ง แต่อาจประสบปัญหาเรื่องความชื้นในพืชที่อาจกระทบต่อร้อยละผลผลิตที่สกัด ทำให้ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีและเครื่องมือเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ให้สามารถสกัดจากพืชสดได้ แต่ยังคงรักษาคุณภาพของสารสกัดและน้ำมันหอมระเหย ทั้งยังช่วยเพิ่มร้อยละผลผลิตให้สูงมากขึ้น และลดการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เทคนิคการใช้ไมโครเวฟในการช่วยสกัด เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำหลักการการสกัดดังกล่าวข้างต้นคือ การสกัดโดยไม่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์และสกัดจากพืชสดนำมาประยุกต์ใช้ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารทุติยภูมิชนิดต่างๆ จากพืช และเพิ่มร้อยละผลผลิตให้สูงขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้จะสกัดพืชดอกคือ ดอกกุหลาบมอญ สุโขทัย (Damask rose) ซึ่งเป็นดอกไม้หอมที่นิยมปลูกในหลายภูมิภาคของไทย เช่น ภาคเหนือ ภาคใต้ตอนบน ผลผลิตจากการสกัดจะได้ทั้งสารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบมอญ สามารถจำหน่ายได้โดยตรง และมีการนำมาใช้ประโยชน์ทั้งด้านการอุปโภคและบริโภค รูปแบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลผลิตการสกัด ได้แก่ น้ำสกัดดอกกุหลาบที่นำมาผสมในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ การนำส่วนสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบมอญมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวพรรณทั้งผิวหน้าและผิวกาย น้ำหอมและเครื่องสำอาง ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละสูตรตำรับและมีการพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ตอบโจทย์และทันยุคสมัย

กุหลาบมอญ มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Rosa damascene* Mill. อยู่ในวงศ์ Rosaceae ชื่อสามัญคือ Damask rose เป็นดอกไม้ที่สวยงาม มีกลิ่นหอมแรง ลักษณะสีดอกเป็นสีชมพูเข้ม ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีการนำดอกกุหลาบมอญมาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย ทั้งด้านงานศิลปะ ด้านอาหารแต่งกลิ่น รส นำมาใช้ในการผลิตและปรุงน้ำหอม และด้านการแพทย์และเภสัชวิทยา ภาพรวมการนำมาใช้ประโยชน์ เช่น น้ำดอกกุหลาบมาร้อยพวงอุบะดอกไม้เพื่อนำไปใช้ในงานพิธีต่างๆ การนำดอกไม้สดมารับประทาน นำมาอบหรือตากแห้งผลิตเป็นชากุหลาบ หรือกระทั่งนำดอกกุหลาบมอญมาสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหย สกัดเป็นหัวน้ำหอม ทำบุหงาเครื่องหอม นอกจากการนำดอกกุหลาบมาใช้ประโยชน์ดังกล่าวแล้ว พบว่าฤทธิ์ทางชีวภาพและทางเภสัชวิทยาของดอกกุหลาบมอญมีหลากหลาย เช่น ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านไวรัส HIV ยาระบายอ่อนๆ ระวังอาการไอ ยาลดปวด ยาต้านการชัก เป็นต้น ในกลีบกุหลาบมีวิตามิน เกลือแร่ และแร่ธาตุหลายชนิด เช่น วิตามินซี วิตามินบี วิตามินเค โพแทสเซียม แร่ธาตุทองแดง ไอโอดีน แคลเซียม แคโรทีน เป็นต้น วิตามิน เกลือแร่และแร่ธาตุเหล่านี้มีส่วนช่วยดูแลระบบของร่างกายหลายด้าน เช่น ระบบหัวใจ การสร้างเม็ดเลือด กระบวนการทำงานของต่อมไร้ท่อในร่างกาย รวมถึงการสร้างฮอร์โมนของต่อมไทรอยด์ เป็นต้น สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบมีฤทธิ์ช่วยในการคลายเครียด ลดการอักเสบ ช่วยฆ่าทำลายเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส ช่วยด้านการสมานรักษาแผล ช่วยการนอนหลับและระบบประสาท ในส่วนของสารสกัดจากดอกกุหลาบจะพบสารสำคัญหลายชนิดที่ช่วยบำรุงและดูแลผิวหน้า เพิ่มความชุ่มชื้นให้ผิว ปรับสมดุลสภาพผิว ช่วยบรรเทาผดผื่นแดง

และอาการแพ้ระคายเคืองจากสารเคมี ลดการอักเสบของผิวจากการบวม ร้อนแดง จากรังสียูวีในแสงแดด เสริมภูมิคุ้มกันของผิวหนัง นอกจากนี้พบว่าสารประกอบพอลิฟีนอล (Polyphenols) ในสารสกัดมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไฮยาลูโรนิเดส (Hyaluronidase) ที่ช่วยทำลายกรดไฮยาลูโรนิกในผิวชั้นลึกจึงเสมือนช่วยให้ผิวแข็งแรงมากขึ้น ฟีนฟูเซลล์ผิวภายในให้แข็งแรง ช่วยให้ผิวชุ่มน้ำและกระชับ ช่วยลดการสร้างเม็ดสีเมลานินที่จะทำให้ผิวคล้ำ ผิวพรรณจึงขาวใสมากขึ้น ลดการเกิดริ้วรอยจุดด่างดำ และช่วยให้ผิวพรรณมีสุขภาพดี องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากดอกกุหลาบมีหลายชนิดและมีองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายกัน สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบมอญที่มีการศึกษาและรายงานสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลายชนิด สารประกอบอินทรีย์กลุ่มหลักที่พบคือ สารประกอบมอนอเทอร์พีน แอลกอฮอล์ (Monoterpene alcohols) ซึ่งพบหลายชนิดประกอบด้วย Citronellol, Nerol, Geraniol, Linalool และ Phenyl ethyl alcohol และพบสารประกอบอัลเคนคือ Nonadecane นอกจากนี้ยังพบสารประกอบอินทรีย์กลุ่มรองประกอบด้วยสาร Damascenon และ Rose oxides โดยทั่วไปน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบจะพบสารประกอบ Citronellol ร้อยละ 20–34 Geraniol ร้อยละ 15–22 และ nonadecane ร้อยละ 8–15 เป็นสารประกอบหลัก และสัดส่วนของสารประกอบ Citronellol/Geraniol ในน้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบที่ 1.25-1.30 จะเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหอม (Younis *et al.*, 2008; Venkatesha *et al.*, 2022; Shabbir *et al.*, 2020)

โดยทั่วไปเทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยมีหลายเทคนิค เช่น เทคนิคการกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation) เทคนิคการกลั่นด้วยน้ำ (Hydrodistillation) ซึ่งทั้งสองเทคนิคเป็นรูปแบบวิธีการสกัดด้วยอุปกรณ์ Clavenger การสกัดด้วยวิธีการบีบเย็น (Cold pressed) การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (Solvent extraction) โดยตัวทำละลายที่มีการรายงานการนำมาใช้สกัด เช่น ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) และเฮกเซน (Hexane) เป็นต้น เทคนิคการสกัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวหรือเรียกว่า การสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical fluid extraction) นอกจากนี้ยังมีเทคนิคอื่นๆ เช่น การสกัดด้วยไขมันเย็นหรือองเฟลอราจ (Enfleurage) การแช่หมัก (Maceration) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันเทคนิคที่เลือกใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบยังนิยมใช้เทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิมที่ประกอบด้วยสองขั้นตอนหลักๆ ได้แก่ 1) ขั้นตอนแรก จะเป็นการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ตัวทำละลายที่ใช้ ได้แก่ ปีโตรเลียมอีเทอร์ หรือเฮกเซน ขั้นตอนนี้จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า Rose concrete ที่จะประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด เช่น พาราฟิน (Paraffins) กรดไขมัน (Fatty acids) เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (Fatty acid methyl esters) สารประกอบไดเทอร์พีน (di-Terpene) และไตรเทอร์พีน (tri-Terpene) เป็นต้น 2) ขั้นตอนที่สอง จะนำส่วนกลั่นในขั้นตอนแรกนำมาสกัดต่ออีกครั้งด้วยเทคนิคการกลั่นด้วยน้ำ (Hydrodistillation) ในขั้นตอนนี้ผลผลิตที่ได้จะเป็นสารประกอบเทอร์พีน แอลกอฮอล์ และสารประกอบอินทรีย์หลายชนิดที่พบเป็นสารประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบและนิยมนำไปใช้ในกระบวนการตั้งตำรับผลิตภัณฑ์เครื่องหอมชนิดต่างๆ นอกจากการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบด้วยเทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิมแล้ว ได้นำเทคนิคการสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวดโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาประยุกต์ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบ ข้อดีคือ จะช่วยลดสิ่งเจือปนที่เป็นกลุ่มสารอินทรีย์ที่ไม่ระเหย เช่น Paraffins ที่พบในน้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบที่ได้จากการสกัดด้วยเทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิม

ในส่วนของสารสกัดจากดอกกุหลาบ (Rose extract) สามารถสกัดได้หลายเทคนิค เช่น การกลั่นด้วยน้ำ การแช่หมัก การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นต้น นอกจากเทคนิคการสกัดดังกล่าวข้างต้นแล้ว อีกหนึ่งเทคนิคการสกัด

ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม คือ เทคนิคการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ หรือ Microwave assisted extraction (MAE) (Songsak, 2016) เนื่องจากเทคนิคนี้จะใช้ตัวทำละลายช่วยในกระบวนการสกัด คือ น้ำกลั่น (Distilled water) และไม่ใช่ตัวทำละลายอินทรีย์ใด ๆ เป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถสกัดสารจากพืชและสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช สมุนไพร ได้หลากหลายชนิดและมีประสิทธิภาพ เทคนิคนี้ยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้สามารถสกัดสารจากพืชรวมถึงน้ำมันหอมระเหยได้โดยไม่ต้องใช้ตัวทำละลาย ทำให้ปัจจุบันเทคนิคการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ หรือ MAE มีรูปแบบการสกัดทั้งแบบ Microwave hydrodistillation (MWHd) และ Solvent free microwave assisted extraction (SFME) เทคนิคนี้มีข้อได้เปรียบคือ วัตถุดิบที่นำมาสกัดเป็นพืชสด จึงลดขั้นตอนการทำแห้งเพื่อลดความชื้น และลดปัญหาเชื้อราที่อาจพบในพืชสมุนไพรแห้ง เทคนิคนี้จะเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดได้ เนื่องจากสามารถลดระยะเวลาการสกัดเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิม ลดการใช้สารเคมีที่เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัด เพิ่มคุณภาพน้ำมันหอมระเหยและสารสกัด ช่วยรักษาและคงกลิ่นธรรมชาติของสารสกัดหรือน้ำมันหอมระเหยจากพืชหรือดอกไม้ได้ดี รวมถึงได้ร้อยละผลผลิตสูงมากขึ้น ลดต้นทุนและเวลาในการเตรียมตัวอย่างก่อนการสกัด

ในงานวิจัยนี้ดอกกุหลาบมอญสุโขทัยถูกนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดด้วยเทคนิค SFME เพื่อช่วยลดระยะเวลาการสกัด ลดการสลายตัวของสารสำคัญในผลผลิตการสกัดจากการถูกทำลายด้วยความร้อนสูงหากต้องทำการสกัดเป็นเวลานาน น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดที่ได้จะนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ตลอดจนปริมาณร้อยละผลผลิต ก่อนนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการตำรับครีมบำรุงกาย จากนั้นจึงทดสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีของตำรับครีมบำรุงกายที่เตรียมได้ (Manouchehri *et al.*, 2018)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบมอญสุโขทัย

การเตรียมสารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบมอญสุโขทัย วัตถุดิบดอกกุหลาบสดได้จากแหล่งปลูกอำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ดอกกุหลาบสด 3 กิโลกรัม นำมาเตรียมสารสกัดและน้ำมันหอมระเหยโดยนำดอกกุหลาบสดนำมาล้างและผึ่งให้แห้ง ก่อนนำมาสกัดด้วยเครื่อง SFME ตัวอย่างการเตรียมสารสกัดใน vessel สำหรับสกัดแสดงใน Figure 1 สำหรับสารสกัดดอกกุหลาบใช้เวลาสกัด 40 นาที กำลังไฟฟ้า 1800 วัตต์ น้ำมันหอมระเหยใช้เวลาสกัด 50 นาที กำลังไฟฟ้ากระตุ้น 1500 วัตต์ เป็นเวลา 10 นาที และสกัดต่อเนื่องด้วยกำลังไฟฟ้า 1200 วัตต์ เป็นเวลา 40 นาที สารสกัดที่ได้และน้ำมันที่ได้นำมาวิเคราะห์ร้อยละผลผลิต การทดสอบพิษเคมีเบื้องต้น การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญสุโขทัยด้วยเทคนิค HS-SPME/GC/MS วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค DPPH และปริมาณฟลาโวนอยด์รวม สารสกัดจากดอกกุหลาบมอญสดที่ได้จะเป็นสารสกัดน้ำของดอกกุหลาบ (Rose water) ในที่นี้จะเรียกว่า สารสกัดจากดอกกุหลาบ ขณะที่ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบมอญจะได้ น้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบ (Rose essential oil) ทั้งสารสกัดจากดอกกุหลาบและน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบจะนำไปใช้ในการตำรับผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวกาย และทดสอบตำรับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้



Figure 1 SFME of rose extract

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม

ปริมาณฟีนอลิกรวมวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Folin-Ciocalteu colorimetric ในตัวอย่างและสารมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid) ทำโดยการนำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ 20 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ที่มีเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย Sodium carbonate ที่มีเข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ให้สารละลายผสมทำปฏิกิริยาในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร คำนวณค่าปริมาณฟีนอลิกรวมเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานผลค่าปริมาณฟีนอลิกรวม ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด (mg gallic acid equivalents (GAE)/ g extract) (Baydar and Baydar., 2013; Chroho *et al.*, 2022)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ด้วยวิธี DPPH assay ในตัวอย่างและสารมาตรฐานโทรล๊อกซ์ (Trolox) ทำโดยการนำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบปริมาตร 20 ไมโครลิตร ทำปฏิกิริยากับสารละลาย DPPH ในเมทานอลเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 180 ไมโครลิตร ให้สารละลายผสมทำปฏิกิริยาในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (% DPPH inhibition) และนำค่าที่ได้สร้างกราฟเส้นตรงระหว่างค่า %DPPH inhibition กับความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ทดสอบเพื่อหาค่า IC_{50} ($\mu\text{g/ml}$) (Tan *et al.*, 2022; Todorova *et al.*, 2022)

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminium trihydride ($AlCl_3$) โดยใช้เคอร์ซีติน (Quercetin; QE) เป็นสารมาตรฐาน ทำโดยนำสารที่ทดสอบปริมาตร 10 ไมโครลิตร ผสมน้ำกลั่น 20 มิลลิตร และผสมกับสารละลาย $AlCl_3$ เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 0.1 มิลลิตร จากนั้นเติมเมทานอลให้ปริมาตรรวมเป็น 50 มิลลิตร จากนั้นให้สารละลายผสมทำปฏิกิริยาในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร รายงานผลทดสอบในหน่วย มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซีตินต่อ 1 กรัม สารสกัด (mg QE/g extract) (Chroho *et al.*, 2022)

การตั้งตำรับผลิตภัณฑ์

สารสกัดจากดอกกุหลาบและน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบมอญสุโขทัยนำมาเป็นวัตถุดิบในการตั้งตำรับผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิว ในการตั้งตำรับครีมบำรุงผิวนั้นเริ่มต้นจากการพัฒนาตำรับครีมเบส (Cream base) ที่มีคุณภาพและคงตัว ก่อนขึ้นตำรับสูตรครีมบำรุงผิวที่มีผลิตภัณฑ์ส่วนสกัดจากดอกกุหลาบมอญสุโขทัย และทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ของตำรับที่เตรียมได้ ตำรับครีมเบสจะขึ้นสูตรตำรับจากการผสมของส่วนประกอบหลายส่วนได้แก่ ส่วนวัฏภาคน้ำมัน (Oil phase) ส่วนวัฏภาคน้ำ (Water phase) ส่วนสารออกฤทธิ์ (Active compounds) และสารเพิ่มเนื้อครีม (Excipients) ตัวอย่างส่วนประกอบสำคัญต่างๆ ในตำรับครีมบำรุงผิวซึ่งจะมีปริมาณรวม 100 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ (%) ได้แก่ 1) วัฏภาคน้ำมัน เช่น Refined shea butter (8-10%), Refined avocado oil (6-8%), Olivem1000 (1-3%) 2) วัฏภาคน้ำ เช่น Aloe vera gel (20-24%), Vegetable glycerine solution (2-5%) และ น้ำกลั่นเติมให้ครบปริมาณรวม 100% 3) สารเพิ่มเนื้อครีมและสารกันเสีย เช่น Optiphen BD (0.1-0.3%), Rose essential oil (0.1-0.2%) 4) สารออกฤทธิ์ เช่น สารสกัดจากดอกกุหลาบ 5-10% ในปริมาณ 0.3-0.5% (เติมหลังได้ตำรับครีมเบส) วิตามิน D-panthenol (1-3%), Hyaluronic acid solution (1-2%) เป็นต้น การผสมตำรับครีมเบสนั้นจะเริ่มจากการผสมส่วนประกอบทั้งหมดในวัฏภาคน้ำมันให้เข้ากันในบีกเกอร์ที่ 1 ขณะที่ทำการผสมส่วนประกอบทั้งหมดในวัฏภาคน้ำให้เข้ากันในบีกเกอร์ที่ 2 จากนั้นให้ความร้อนส่วนผสมทั้งหมดบน Water bath ทั้งในบีกเกอร์ที่ 1 และบีกเกอร์ที่ 2 ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เทส่วนผสมทั้งหมดในส่วนบีกเกอร์ที่ 2 ที่เป็นส่วนวัฏภาคน้ำ ลงในบีกเกอร์ที่ 1 ที่เป็นวัฏภาคน้ำมัน และผสมส่วนผสมทั้งสองส่วนให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Homogenizer ที่ 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15-20 นาที จากนั้นเพิ่มส่วนผสมส่วนที่เหลือ คือ วิตามิน D-panthenol, hyaluronic acid solution, Optiphen BD (0.1-0.3%), Rose essential oil ลงไปที่อุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Homogenizer ที่ 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และที่ 500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จะได้ส่วนผสมครีมเบส เมื่อได้ส่วนผสมครีมเบสที่คงตัว สามารถนำมาตั้งตำรับครีมบำรุงผิวที่มีส่วนประกอบของสารสกัดจากดอกกุหลาบ โดยผสมในครีมเบสและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บบรรจุในภาชนะปิดและนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและเคมี

การทดสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีของตำรับครีมบำรุงผิวที่เตรียมได้ ประกอบด้วย การสังเกตลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏ (Physical appearance) สี (Color) เนื้อครีม (Texture) การแยกชั้น (Phase separation) ความเป็นเนื้อเดียวกันและกลิ่น (Homogeneity and odor) ค่ากรดต่าง (pH) โดยวัดค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อครีมและ

การกระจายตัวของเนื้อครีม เมื่อทดสอบที่อุณหภูมิห้องโดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 เดือน และที่สภาวะเร่ง (Accelerated stability study) คือ 40 ± 2 องศาเซลเซียส 75 ± 5 %RH การทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิต่ำสลับสูง (Freeze-thaw stability)

ผลการวิจัย

ในการเตรียมสารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบมอญสุโขทัย ลักษณะตัวอย่างส่วนสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญด้วยเทคนิค SFME แสดงใน Figure 2 ผลการทดสอบพบว่าปริมาณร้อยละผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดเท่ากับ 0.12 และ 30.25 ซึ่งพบว่ามีปริมาณร้อยละผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยมีมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การสกัดด้วยไอน้ำที่ได้ปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับ 0.05 อย่างไรก็ตามร้อยละผลผลิตของสารสกัดดอกกุหลาบพบว่า เทคนิคการสกัดด้วยการให้ความร้อน และการสกัดด้วยการแช่หมักโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์นั้นพบว่าจะได้ร้อยละผลผลิตมากกว่าโดยพบร้อยละผลผลิตได้ตั้งแต่ 20.0-50.0 (Alizadeh and Fattahi, 2021; Babu *et al.*, 2002) การศึกษาด้านพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดดอกกุหลาบและน้ำมันหอมระเหยพบสารประกอบที่เป็นสารฟีนอลิก ได้แก่ พอลิฟีนอลิก (Polyphenolics) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) แทนนิน (Tannins) เทอร์พีนอยด์ (Terpenoids) ไตรเทอร์พีนอยด์ (Triterpenoids) แอนโทไซยานินส์ (Anthocyanins) และซาโปนิน (Saponins) เป็นต้น สอดคล้องกับที่มี การศึกษาชนิดของพฤกษเคมีของสารสกัดจากดอกกุหลาบที่สกัดด้วยเทคนิคอื่นๆ (Shabbir *et al.*, 2020; Piotrowicz *et al.*, 2021) ผลการศึกษากุญแจทางชีวภาพ ประกอบด้วยปริมาณฟีนอลิกรวมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม ของน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากดอกกุหลาบแสดงใน Table 1

Table 1 The result of total phenolic compounds, antioxidant activity (DPPH assay) and total flavonoid compounds of rose essential oil and rose extract

Bioactivities of sample (units)	Rose essential oil	Rose extract
Total phenolic compounds (mg GAE/g extract)	212.23 $\pm$ 2.4	438.39 $\pm$ 3.1
Antioxidant activity (DPPH assay; IC ₅₀ (μg/mL))	6.98	5.78
Total flavonoid compounds (mg QE/g extract)	100.22 $\pm$ 1.3	169.94 $\pm$ 2.3

จากผลการศึกษากุญแจทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกรวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม ของน้ำมันหอมระเหยกุหลาบและสารสกัดดอกกุหลาบ พบว่าปริมาณฟีนอลิกรวมของน้ำมันหอมระเหยกุหลาบและสารสกัดดอกกุหลาบมีค่าเท่ากับ 212.23 $\pm$ 2.4 และ 438.39 $\pm$ 3.1 mg GAE/g extract ตามลำดับ จะเห็นว่าสารสกัดจากดอกกุหลาบมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าน้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบ และพบว่ามีปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดดอก

กุหลาบและน้ำมันหอมระเหยที่สกัดด้วยเทคนิค SFME มีค่ามากกว่าที่ได้มีการรายงานการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมที่สกัดด้วยเทคนิคการกลั่นด้วยน้ำและเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ สำหรับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของน้ำมันหอมระเหยกุหลาบและสารสกัดดอกกุหลาบที่ทดสอบพบว่า มีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.98 และ 5.78 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{g/mL}$) โดย ที่ค่า IC_{50} ของสารมาตรฐานโพลีฟีนอลมีค่าเท่ากับ 4.67 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Liu *et al.*, 2020) และปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของน้ำมันหอมระเหยกุหลาบและสารสกัดดอกกุหลาบมีค่าเท่ากับ 100.22 ± 1.3 และ 169.94 ± 2.3 mg QE/g extract จากผลการทดสอบพบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของน้ำมันหอมระเหยกุหลาบและสารสกัดดอกกุหลาบ มีค่าสูงเปรียบเทียบกับสารสกัดและน้ำมันหอมระเหยที่สกัดด้วยเทคนิคดั้งเดิม (Baydar and Baydar, 2013; Chroho *et al.*, 2022) และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้านพิษเคมีเบื้องต้นของสารทดสอบที่พบสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แทนนิน แอนโทไซยานิน และเทอร์ปีนอยด์



Figure 2 Rose extract from SFME

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญสุโขทัยด้วยเทคนิค HS-SPME/GC/MS ผลการทดสอบพบว่าสารระเหยได้ (Volatile compounds) ที่พบในน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญสุโขทัยมีจำนวน 24-26 ชนิด สารประกอบที่พบส่วนใหญ่ในน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากดอกกุหลาบแสดงใน Table 2

Table 2 The percentage of volatile compounds of rose essential oil and rose extract
from HS-SPME/GC/MS (Koksai *et al.*, 2015)

Rose essential oil (Percentage of volatile compounds)	Rose extract (Percentage of volatile compounds)
Citronellol (42.89)	Citronellol (40.92)
Geraniol (12.45)	Geraniol (14.65)
Heneicosane (6.22)	Benzoic acid 2-Hydroxy-3-methyl butyl ester (6.55)
Pentadecane (4.11)	Carbamic acid methyl ester (5.01)
Methyleugenol (4.00)	Methyleugenol (3.22)
Eugenol (3.43)	Eugenol (2.03)
Geranyl acetate (1.56)	Geranyl acetate (3.87)
Methyleugenol (3.89)	Methyleugenol (3.02)
Phenol (2.60)	Phenol (0.40)
	Linalool (3.12)
	Eucalyptol (2.72)

ในงานวิจัยนี้ได้ตั้งตำรับครีมบำรุงผิวกายที่มีสารสกัดจากดอกกุหลาบ และน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบที่สกัดด้วยเทคนิค SFPE เป็นองค์ประกอบในตำรับ โดยเริ่มจากการเตรียมครีมเบสที่เลือกใช้ส่วนประกอบในครีมเบสที่มีคุณภาพและปลอดภัย ตำรับที่เตรียมได้นำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ผลการทดสอบพบว่า สีของเนื้อครีมเป็นสีชมพูอ่อน เนื้อครีมคงตัว เป็นเนื้อเดียวกัน เนื้อครีมไม่แยกชั้น กระจายตัวได้ดีและดูดซึมผิวได้เร็วในเวลา 1-2 นาที ล้างออกจากผิวได้ง่ายด้วยน้ำ ไม่เหนียว ค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อครีมมีค่าระหว่าง 5.15-5.50 ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมของผิวหนังซึ่งควรมีค่าความเป็นกรดต่างที่ 4.0-6.0 และไม่ทำให้ผิวหนังระคายเคือง เมื่อทดสอบค่าความเป็นกรดต่างของครีมที่อุณหภูมิห้องและที่สภาวะ Accelerated stability study คือ 40 ± 2 องศาเซลเซียส 75 ± 5 % RH โดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าค่าความเป็นกรดต่างและการกระจายตัวของเนื้อครีมเมื่อทดสอบเป็นเวลา 3 เดือน มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง การทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิต่ำสลับสูง พบว่าเนื้อครีมไม่แยกชั้น ค่าความเป็นกรดต่างและการกระจายตัวของเนื้อครีมไม่เปลี่ยนแปลง (Tan *et al.*, 2022)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การสกัดน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากพืชสมุนไพร หรือดอกไม้ มีเทคนิคการสกัดที่หลากหลาย สามารถเลือกสกัดจากส่วนต่างๆ ของพืชไม่ว่าจะเป็นส่วนใบ ราก ดอก ลำต้น ทั้งนี้ขึ้นกับวัตถุประสงค์การนำผลผลิตไปใช้ประโยชน์ รวมถึงการเลือกเทคนิคในการสกัดก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน ในงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมสารสกัดจากพืชสมุนไพร จึงมีการใช้เทคนิคการสกัดที่หลากหลายขึ้นกับอุปกรณ์ที่มี ต้นทุน และสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดจากร้อยละผลผลิต และปริมาณสารออกฤทธิ์ในสารสกัดได้ เทคนิคการสกัดมีทั้งแบบเทคนิคดั้งเดิม และเทคนิคที่ประยุกต์จากหลักการการสกัดด้วยเทคนิคเดิมและเพิ่มอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อมุ่งหวังให้เกิดผลลัพธ์ คือ ประสิทธิภาพการสกัดที่สูงมากขึ้น ได้ร้อยละการสกัดมากขึ้น ลดการสลายตัวของสารที่สนใจในส่วนสกัดพืชชนิดนั้น ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการสกัดดอกไม้ คือ ดอกกุหลาบมอญสุโขทัย เลือกเทคนิคการสกัดที่ใช้อุปกรณ์ช่วยสกัดและใช้คลื่นไมโครเวฟในการสกัดสารจากดอกไม้สด เทคนิคนี้ คือ SFME สามารถสกัดได้ทั้งน้ำมันหอมระเหยและเตรียมสารสกัดโดยไม่ใช้ตัวทำละลาย สารสกัดที่ได้จึงเรียกว่า น้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบและสารสกัดน้ำ (สารสกัดจากดอกกุหลาบ) เนื่องด้วยเวลาการสกัดที่สั้น แต่ให้ร้อยละผลผลิตสูง รวมถึงคงสารสำคัญป้องกันการถูกทำลายจากความร้อนถ้าต้องทำการสกัดเป็นเวลานาน ทำให้ส่งผลกระทบต่อฤทธิ์ทางชีวภาพรวมถึงปริมาณสารออกฤทธิ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปริมาณฟีนอลิก ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารเหล่านี้เมื่อนำมาเป็นองค์ประกอบในตำรับผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ครีมที่มีคุณภาพด้วยเช่นกัน

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้สกัดน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญสุโขทัยด้วยเทคนิค SFME ซึ่งเป็นการใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยสกัดส่วนสกัดจากดอกกุหลาบมอญสุโขทัย เทคนิคนี้ไม่ใช้ตัวทำละลายใด ๆ ลดการเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบก่อนการสกัด เป็นเทคนิคการสกัดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัด และสามารถลดระยะเวลาการสกัด ทำให้สารสำคัญที่เป็นสารออกฤทธิ์ในน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดยังไม่ถูกทำลายโดยความร้อนถ้าต้องสกัดโดยใช้เวลานานดังเช่นเทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิมที่มีหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการสกัดด้วยน้ำ การสกัดด้วยน้ำ การแช่หมักและรวมถึงการสกัดด้วยความร้อนอย่างต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์ Soxhlet เทคนิคการสกัดที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ ช่วยเรื่องการรักษากลิ่นธรรมชาติของดอกกุหลาบสดได้อีกทางหนึ่งรวมถึงช่วยเพิ่มร้อยละการผลิตของน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดได้ เมื่อนำส่วนสกัดจากดอกกุหลาบมาวิเคราะห์สารสำคัญที่พบด้วยเทคนิคฟลักซ์เคมีเบื้องต้น ทำให้ทราบถึงสารสำคัญที่เป็นสารทุติยภูมิที่เป็นองค์ประกอบในสารสกัด และน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด เช่น พอลิฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แทนนิน เทอร์ปีนอยด์ แอนโทไซยานิน โดยเฉพาะสารกลุ่มพอลิฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ สารเหล่านี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านการอักเสบ ดังนั้นเมื่อนำส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดไปเป็นส่วนประกอบในการตั้งตำรับผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวโดยมุ่งหวังให้เพิ่มประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ ลดการอักเสบของผิว เพิ่มและกักเก็บความชื้นให้ผิว ช่วยให้ผิวพรรณดีขึ้น ตำรับครีมบำรุงผิวที่พัฒนาขึ้นเลือกใช้ส่วนประกอบในครีมเบสที่นำมาตั้งตำรับที่ปลอดภัย เพื่อให้ได้เครื่องสำอางที่มีองค์ประกอบของสารสกัดจากพืชสมุนไพร

ที่เป็นลักษณะของ Green cosmeceutical herbal creams โดยเตรียมส่วนผสมเบสให้มีความคงตัวก่อนผสมสารออกฤทธิ์ที่เป็นสารสกัดจากดอกกุหลาบ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวมาทดสอบความคงตัว ค่ากรดต่าง พบว่าเนื้อครีมละเอียด สีสันพูนอ่อน เนื้อครีมเป็นเนื้อเดียวกัน มีความคงตัว ไม่แยกชั้น ค่าความเป็นกรดต่างเหมาะสมกับผิวหนัง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเคมี และสาขาวิชาเคมีประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการอนุเคราะห์การใช้อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณแหล่งสนับสนุนทุนวิจัยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (วช 66)

เอกสารอ้างอิง

- Songsak, T. 2016. **Extraction of important substances from medicinal plants using microwave frequencies.** Center for Continuing Pharmaceutical Education. [Online]. Available <https://goo.gl/MVtX23> (September 24, 2017).
- Alizadeh, Z. and M. Fattahi. 2021. Essential oil, total phenolic, flavonoids, anthocyanins, carotenoids and antioxidant activity of cultivated Damask Rose (*Rosa damascena*) from Iran: with chemotyping approach concerning morphology and composition. **Scientia Horticulturae** 288: 110341. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110341> (September 24, 2017).
- Babu, K.G.D., B. Singh, V.P. Joshi and V. Singh. 2002. Essential oil composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) distilled under different pressures and temperatures. **Flavour and Fragrance Journal** 17(2): 136-140. [Online]. Available doi:<https://doi.org/10.1002/ffj.1052> (September 24, 2017).
- Baydar, N.G. and H. Baydar. 2013. Phenolic compounds, antiradical activity and antioxidant capacity of oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) extracts. **Industrial Crops and Products** 41: 375-380. [Online]. Available doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.045> (September 24, 2017).
- Chroho, M., A. Bouymajane, Y. Oulad El Majdoub, F. Cacciola, L. Mondello, M. Aazza, L. Bouissane. 2022. Phenolic composition, antioxidant and antibacterial activities of extract from flowers of *Rosa damascena* from Morocco. **Separations** 9(9). [Online]. Available doi:10.3390/separations9090247.

- Koksal, N., R. Saribas, E. Kafkas, H. Aslançan and S. Sadighazadi. 2015. Determination of volatile compounds of the first rose oil and the first rose water by HS-SPME/GC/MS techniques. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines** 12: 145-150. doi:10.4314/ajtcam.v12i4.21.
- Liu, W.Y., L.Y. Chen, Y.Y. Huang, L. Fu, L.Y. Song, Y.Y. Wang and Y.F. Bi. 2020. Antioxidation and active constituents analysis of flower residue of *Rosa damascena*. **Chin Herb Med** 12(3): 336-341. doi:10.1016/j.chmed.2020.05.005.
- Manouchehri, R., M.J. Saharkhiz, A. Karami and M. Niakousari. 2018. Extraction of essential oils from damask rose using green and conventional techniques: microwave and ohmic assisted hydrodistillation versus hydrodistillation. **Sustainable Chemistry and Pharmacy** 8: 76-81. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.scp.2018.03.002> (June 24, 2023)
- Piotrowicz, Z., Ł. Tabisz, M. Waligórska, R. Pankiewicz and B. Łęska. 2021. Phenol-rich alternatives for *Rosa x damascena* Mill. efficient phytochemical profiling using different extraction methods and colorimetric assays. **Scientific Reports** 11(1): 23883. doi:10.1038/s41598-021-03337-1.
- Shabbir, F., M.A. Hanif, M.A. Ayub, M.I. Jilani and S. Rahman. 2020. Chapter 17–Damask Rose. pp. 217-230. In Hanif, M.A., H. Nawaz, M.M. Khan and H.J. Byrne (Eds.). **Medicinal Plants of South Asia**. Amsterdam: Elsevier.
- Tan, P.L., M. Rajagopal, S. Chinnappan, M. Selvaraja, M.Y. Leong, L.F. Tan and V.L. Yap. 2022. Formulation and physicochemical evaluation of green cosmeceutical herbal face cream containing standardized mangosteen peel extract. **Cosmetics** 9. doi:10.3390/cosmetics9030046.
- Todorova, M., A. Dobрева, N. Petkova, N. Grozeva, M. Gerdzhikova and P. Veleva. 2022. Organic vs conventional farming of oil-bearing rose: effect on essential oil and antioxidant activity. **BioRisk** 17: 271-285. [Online]. Available <https://doi.org/10.3897/biorisk.17.77488> (June 24, 2023).
- Venkatesha, K.T., A. Gupta, A.N. Rai, S.J. Jambhulkar, R. Bisht and R.C. Padalia. 2022. Recent developments, challenges, and opportunities in genetic improvement of essential oil-bearing rose (*Rosa damascena*): a review. **Industrial Crops and Products** 184: 114984. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114984> (June 24, 2023).
- Younis, A., A. Riaz, M.A. Khan, A. Khan and M.A. Pervez. 2008. Extraction and identification of chemical constituents of the essential oil of *Rosa* species. **Acta Horticulturae** 766: 485-492. doi:10.17660/ActaHortic.2008.766.65.

การศึกษากลยุทธ์ทางการตลาดและแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์

เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดกัญชง

The Study on Marketing Strategies and Product Development Guideline

Protein Supplements from Hemp Seed inner Cotyledons

มนัญชา คำมี^{1*} สุพจน์ บุญแรง¹ และชยานนท์ สวัสดิ์ดิณญาณ²

Manunchaya Kummee^{1*}, Supot Boonraeng¹ and Chayanon Sawadeenarunat²

¹สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการวิสาหกิจการเกษตรและอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50330

²วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50330

¹Program in Management Innovation of Agricultural and Food Enterprise, Faculty of Agricultural Technology

Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50330

²Asian Development College for Community Economy and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

Chiang Mai, Thailand 50330

*Corresponding author: Ma.kummee@gmail.com

Abstract

This research aimed to analyze the market strategy of hemp seed protein. This study surveyed consumer behaviour, male and female, with a total sample size of 400 individuals. The marketing survey will be guidance for the development of a prototype of a hemp seed supplement. Based on the survey results, the majority of respondents were female, aged between 41-50 years, with a bachelor's degree educational level. They were primarily employed in government or state-owned enterprises, with an average monthly income of 20,001 to 30,000 Thai Baht. Most of them purchased the product for both personal consumption and for others, with a frequency of once a month. The monthly budget for these purchases ranged from 1,001 to 2,000 Thai Baht per transaction. The data collected also revealed that respondents obtained information about the product and made their purchases primarily through online sources. The key factors influencing their decision to purchase or not to purchase hemp protein supplements were age, educational background, and the product's health-promoting properties. Respondents expressed interest in new products with a compressed tablet format and a focus on herbal ingredients.

Keywords: strategies, dietary supplements, hemp seed

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์กลยุทธ์ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง โดยการสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภคทั้งชายและหญิง จำนวน 400 คน ผลสำรวจตลาดจะเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง จากการสำรวจพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 41-50 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001-30,000 บาท ส่วนใหญ่ซื้อมาให้ทั้งตัวเองและผู้อื่นรับประทาน ความถี่ในการซื้อ 1 ครั้ง/เดือน งบประมาณในการซื้อต่อเดือน 1,001-2,000 บาท/ครั้ง ได้รับข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และสั่งซื้อจากทางอินเทอร์เน็ต ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ/ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง คือ อายุ การศึกษา และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ในเชิงส่งเสริมเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่น่าสนใจ ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต้องการเป็นแบบอัดเม็ด และเน้นสมุนไพรเป็นส่วนผสม

คำสำคัญ: กลยุทธ์ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง

คำนำ

สถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ในช่วงเวลา 3 ปีที่ผ่านมา ทำให้มนุษย์ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการดูแลสุขภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งมาตรการป้องกันไม่ให้เจ็บป่วย ซึ่งอาหารเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญประการหนึ่ง ประกอบกับแนวโน้มประชากรโลกที่มีสัดส่วนผู้สูงอายุมากขึ้น จึงพบว่ากลุ่มอาหารประเภทโปรตีนกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น โดยแหล่งโปรตีนจากพืชมีศักยภาพที่จะกลายเป็นพืชเศรษฐกิจใหม่ของไทย และในปัจจุบันนี้กฎหมายไทยได้อนุญาตให้สามารถนำถั่วเหลืองมาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ ซึ่งกฎหมายอนุญาตให้ผลิตและจำหน่ายถั่วเหลือง ไม่ว่าจะเป็นเมล็ด นํ้ามัน และสารสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม และเครื่องสำอางได้ (The Ministry of Public Health Announcement, 2021)

โปรตีนถั่วเหลือง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วนในอัตราส่วนที่สมดุล อีกทั้งยังมีกรดไขมันโอเมก้า 3, 6 (Omega-3 fatty acids) เหมาะสำหรับผู้ป่วยหลังผ่าตัด แผลไหม้ ความดันโลหิตสูง ช่วยบำรุงโรคหัวใจและหลอดเลือด (Wu and Meininger, 2002) และยังพบว่ามีคุณสมบัติออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ได้แก่ การต้านอนุมูลอิสระ การต้านเชื้อแบคทีเรีย เพิ่มภูมิคุ้มกัน ลดความเมื่อยล้า ลดความวิตกกังวล ลดการอักเสบ (Ckta *et al.*, 2020; Tkaczewska, 2020) ลดความดันโลหิต (Msa, 2020) ช่วยลดระดับน้ำตาลและเบอาหวาน (Callaway, 2004; Rivero-Pino *et al.*, 2020) และยังเป็นโปรตีนทางเลือกประเภทไม่ก่ออาการภูมิแพ้ เหมาะสำหรับคนที่แพ้โปรตีนจากนมโค ช่วยเพิ่มพลังงานให้กับร่างกายทำให้อิ่ม อีกทั้งเป็นโปรตีนจากพืชที่มีเส้นใย ที่ย่อยง่ายช่วยให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดีขึ้น (Wang *et al.*, 2008) และยังช่วยสร้างกล้ามเนื้อแบบไร้ไขมัน (Building lean muscle) เพราะโปรตีนถั่วเหลืองประกอบไปด้วยกรดอะมิโน BCAA (Branched chain amino acids) ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อ และลดการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อ เป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสูง เทียบเท่ากับได้โปรตีนจากนมถั่วเหลืองและไข่ขาว (Wang *et al.*, 2008)

ผู้วิจัยจึงมีเป้าหมายที่จะศึกษาพฤติกรรมการตลาดผลิตภัณฑ์จากโปรตีนเมล็ดถั่วเหลือง โดยทำการสำรวจพฤติกรรม และวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค ในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารแหล่งโปรตีนทางเลือกใหม่ โดยใช้ กลยุทธ์การตลาด 4Ps Marketing Mix ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการขาย เพื่อวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ และเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลืองในรูปแบบอัดเม็ด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Pattanawadee and Chaiprasit (2021) ได้ศึกษาเรื่องการรับรู้ส่วนประสมการตลาดออนไลน์ที่มีความสำคัญ ในการซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารของผู้บริโภคเจนเนอเรชั่นวาย ผลการศึกษาพบว่าระดับการรับรู้ส่วนประสมการตลาดให้ ความสำคัญกับส่วนประสมการตลาดออนไลน์ด้านการจัดจำหน่ายมากที่สุด ซึ่งคุณลักษณะของเจนเนอเรชั่นวาย จะมี ความเชี่ยวชาญการสื่อสารทางออนไลน์และเทคโนโลยี เชื่อมข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต มีความคล่องตัวสูงในการปรับตัวเข้ากับ การเจริญทางเทคโนโลยี

Phutthachart (2018) ได้ทำการศึกษาปัจจัยส่วนประสมการตลาด (4P) ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารของผู้ฟังวิทยุกระจายเสียงในเขตบางบอน กรุงเทพมหานคร พบว่าปัจจัยส่วนประสมการตลาด (4P) ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ มี 3 ด้าน คือ ด้านราคา (0.002) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (0.000) และด้านการ ส่งเสริมการตลาด (0.000) ส่วนด้านผลิตภัณฑ์ไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ (0.05)

Chomrat (2015) ได้ทำการศึกษาเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อสุขภาพชนิด แคปซูล ของคนวัยทำงานในกรุงเทพมหานคร จากผลการวิจัยพบว่าปัจจัยด้านประสมทางการสื่อสารการตลาดด้านการ ขายโดยบุคคล มีผลต่อการตัดสินใจซื้อในระดับความเห็นที่มากที่สุด คือ พนักงานขายมีความรู้ความเข้าใจในผลิตภัณฑ์ เสริมอาหารเป็นอย่างดี และปัจจัยด้านคุณค่าตราสินค้าส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อสุขภาพชนิด แคปซูล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์กลยุทธ์ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง
2. เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบประเภทเสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสำรวจ (Survey research) โดยทำการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการ ของผู้บริโภค เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

วิเคราะห์กลยุทธ์ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดักัญชง

1. ประชากรกลุ่มตัวอย่าง เป็นผู้บริโภคอาหารเสริมโปรตีนทางเลือกทั้งชายและหญิง อายุ 18 ปีขึ้นไป จำนวน 400 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามจำนวน 1 ชุด โดยการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค ที่ได้มีการตรวจสอบความใช้ได้ของแบบสอบถาม และผ่านการขอจริยธรรมในมนุษย์ ด้วยคำถามในส่วนต่างๆดังนี้

ส่วนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลซึ่งมีลักษณะเป็น Check list ที่เป็นคำถามปลายปิดจำนวน 5 ข้อ

ส่วนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากพืช ซึ่งมีลักษณะเป็น Check list ที่เป็นคำถามปลายปิดจำนวน 5 ข้อ

ส่วนที่ 3 คำถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดักัญชง ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบสเกลการจัดประเภท (Selected category scale) โดยให้ระดับอิทธิพลและให้ค่าคะแนน ซึ่งเป็นการวัดข้อมูลประเภทอันตรภาคชั้น (Interval scale) จำนวน 5 ข้อ เกณฑ์การให้คะแนนเป็นแบบมาตรฐานประมาณค่า มีคำตอบให้เลือก 5 ระดับดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง มากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง มาก

คะแนน 3 หมายถึง ปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง น้อย

คะแนน 1 หมายถึง น้อยที่สุด

โดยที่คะแนนทั้งหมดจะกำหนดไว้ล่วงหน้าตามเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ของผู้ทำการวิจัย เพื่อที่จะให้ได้มาซึ่งคะแนนของผู้ตอบแบบสอบถามอย่างสมบูรณ์

ส่วนที่ 4 คำถามเกี่ยวกับความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดักัญชงซึ่งมีลักษณะเป็น Check list ที่เป็นคำถามปลายปิดจำนวน 5 ข้อ

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

3.1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล โดยการหาค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละ และนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบการบรรยาย

3.2 คำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากพืช โดยการหาค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละ นำเสนอในรูปแบบตารางประกอบการบรรยาย

3.3 คำถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ / ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดักัญชง โดยการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก ด้วยสถิติ ไค-สแควร์ อัตราเสี่ยง (Odds Ratio: OR) และการประมาณค่าช่วงเชื่อมั่น 95%

3.4 คำถามเกี่ยวกับความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดักัญชง โดยการหาค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละ และนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบการบรรยาย

แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบประเภทเสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเขียว

โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพฤติกรรม และความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเขียว มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการ

ผลการวิจัย

ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล และความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเขียว

Table 1 Percentage of respondents classified by basic personal information

General information of the respondents	Quantity (N=400)	Valid percent
Sex		
Male	182	46.00
Female	218	54.00
Age		
Under 18 years	6	1.50
18 - 30 years	62	15.50
31 - 40 years	100	25.00
41 - 50 years	108	27.00
51 - 60 years	50	12.50
60 years and over	74	18.50
Education level		
Primary education	32	8.00
Secondary education	58	14.50
Vocational Certificate/Associate Degree	66	16.50
Bachelor's degree	202	50.50
Master's degree or higher	42	10.50

Table 1 (Continued)

General information of the respondents	Quantity (N=400)	Valid percent
Occupation		
Student	30	7.50
Maid	60	15.00
Civil servants/state enterprises	80	20.00
Personal business	66	16.50
Work for hire	40	10.00
Private company employees	72	18.00
Retiree	40	10.00
Other	12	3.00
Average monthly income		
Less than 10,000 Baht	86	21.50
10,001 - 20,000 Baht	104	26.00
20,001 - 30,000 Baht	110	27.50
30,001 - 40,000 Baht	42	10.50
40,001 Baht or more	58	14.50

จาก Table 1 แสดงผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 400 คน ประกอบด้วย 5 ประเด็น ดังนี้

1. เพศ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 218 ราย คิดเป็น 54.00% และเพศชาย จำนวน 182 ราย คิดเป็น 46% ตามลำดับ

2. อายุ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 41-50 ปี จำนวน 108 ราย คิดเป็น 27% รองลงมาคือ ระหว่าง 31-40 ปี จำนวน 100 ราย คิดเป็น 25% อายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 74 ราย คิดเป็น 18.50% อายุระหว่าง 18-30 ปี จำนวน 62 ราย คิดเป็น 15.50% อายุระหว่าง 51-60 ปี จำนวน 50 ราย คิดเป็น 12.50% และอายุต่ำกว่า 18 ปี จำนวน 6 ราย คิดเป็น 1.50% ตามลำดับ

3. ระดับการศึกษา พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ จบการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 202 ราย คิดเป็น 50.50% รองลงมาคือ ระดับปวช./ปวส./อนุปริญญา จำนวน 66 ราย คิดเป็น 16.50% ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 58 ราย คิดเป็น 14.50% ระดับปริญญาโทหรือสูงกว่า จำนวน 42 ราย คิดเป็น 10.50% และระดับประถมศึกษา จำนวน 32 ราย คิดเป็น 8.00% ตามลำดับ

4. อาชีพ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีอาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ จำนวน 80 ราย คิดเป็น 20.00% รองลงมาคือ พนักงานบริษัทเอกชน จำนวน 72 ราย คิดเป็น 18.00% ธุรกิจส่วนตัว จำนวน 66 ราย คิดเป็น 16.50% แม่บ้าน จำนวน 60 ราย คิดเป็น 15.00% รับจ้างและผู้เกษียณอายุ จำนวน 40 ราย คิดเป็น 10.00% มีจำนวนเท่ากับ นักศึกษา จำนวน 30 ราย คิดเป็น 7.50% และอาชีพอื่น ๆ จำนวน 12 ราย คิดเป็น 3.00% ตามลำดับ

5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีรายได้ 20,001-30,000 บาท จำนวน 110 ราย คิดเป็น 27.50% รองลงมาคือ 10,001-20,000 บาท จำนวน 104 ราย คิดเป็น 26.00% ต่ำกว่า 10,000 บาท จำนวน 86 ราย คิดเป็น 21.50% 40,001 บาทขึ้นไป จำนวน 58 ราย คิดเป็น 14.50% และ 30,001-40,000 บาท จำนวน 42 ราย คิดเป็น 10.50% ตามลำดับ

Table 2 Behavior of plant-based protein supplements

Attitude and Behavior	Quantity (N=400)	Valid percent
1. Who is buying dietary supplements to take?		
1.1 Yourself	154	38.50
1.2 Other people	44	11.00
1.3 Both yourself and others	202	50.50
2. Frequency of purchasing your dietary supplements		
2.1 1 times/month	224	56.00
2.2 2 times/month	112	28.00
2.3 2-3 times/month	34	8.50
2.4 3-4 times/month	30	7.50
3. Budget for purchasing products		
3.1 Less than 500 Baht/time	104	26.00
3.2 501-1,000 Baht/time	130	32.50
3.3 1,001-2,000 Baht/time	132	33.0
3.4 2,001 and more	34	8.50
4. Where do you get product information?		
4.1 Salesperson/Pharmacist	98	24.50
4.2 Billboard	0	0.00
4.3 Internet	200	50.00
4.4 Magazines/Journals	6	1.50
4.5 Various events	10	2.50

Attitude and Behavior	Quantity (N=400)	Valid percent
4.6 Friend or relative	36	9.00
4.7 Television and radio media	50	12.50
5. The most popular places to buy dietary supplements		
5.1 Pharmacy	100	25.00
5.2 Clinic-Hospital	34	8.50
5.3 Beauty salon	14	3.50
5.4 Order via the internet	134	33.50
5.5 Convenience store	32	8.00
5.6 Mall	8	2.00
5.7 Dealer	78	19.50

จาก Table 2 แสดงผลการสำรวจทัศนคติและพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากพืช ของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 400 คน ประกอบด้วย 5 ประเด็น ดังนี้

1. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารมาให้ทั้งตนเองและผู้อื่น จำนวน 202 ราย คิดเป็น 50.50% รองลงมาเพื่อตนเอง จำนวน 154 ราย คิดเป็น 38.50% และผู้อื่น จำนวน 44 ราย คิดเป็น 11% ตามลำดับ
2. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร คือ 1 ครั้ง/เดือน จำนวน 224 ราย คิดเป็น 56.00% รองลงมาคือ 2 ครั้ง/เดือน จำนวน 112 ราย คิดเป็น 28.00% 2-3 เดือน/ครั้ง จำนวน 34 ราย คิดเป็น 8.50% และ 3-4 เดือน/ครั้ง จำนวน 30 ราย คิดเป็น 7.50% ตามลำดับ
3. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีงบประมาณในการซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร คือ 1,001-2,000 บาท/ครั้ง จำนวน 132 ราย คิดเป็น 33.00% รองลงมาคือ 501-1,000 บาท/ครั้ง จำนวน 130 ราย คิดเป็น 32.50% ต่ำกว่า 500 บาท/ครั้ง จำนวน 104 ราย คิดเป็น 26.00% และ 2,001 บาท ขึ้นไป จำนวน 34 ราย คิดเป็น 8.50% ตามลำดับ
4. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ ได้รับข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากอินเทอร์เน็ต จำนวน 200 ราย คิดเป็น 50% รองลงมาคือ พนักงานขาย/เภสัชกร จำนวน 98 ราย คิดเป็น 24.50% สื่อโทรทัศน์และวิทยุ จำนวน 50 ราย คิดเป็น 12.50% เพื่อนหรือญาติ จำนวน 36 ราย คิดเป็น 9.00% และงานอีเวนต์ต่าง ๆ จำนวน 10 ราย คิดเป็น 2.50% ตามลำดับ
5. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เลือกซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางอินเทอร์เน็ต จำนวน 134 ราย คิดเป็น 33.50% รองลงมาคือ ร้านขายยา จำนวน 100 ราย คิดเป็น 25.00% ตัวแทนจำหน่าย จำนวน 78 ราย คิดเป็น 19.50% คลินิก-โรงพยาบาล จำนวน 34 ราย คิดเป็น 8.50% ร้านสะดวกซื้อ จำนวน 32 ราย คิดเป็น 8.00% สถานเสริมความงาม จำนวน 14 ราย คิดเป็น 3.50% และห้างสรรพสินค้า จำนวน 8 ราย คิดเป็น 2.00% ตามลำดับ

Table 3 Factors affecting the decision to purchase dietary supplements

Factors affecting the decision to purchase dietary supplements	Deciding to buy/not buy			
	Sig.	Exp(B) OR	95% CI for OR	
			Lower	Upper
1. Sex	0.154	1.876	0.790	4.460
2. Age	0.008*	1.601	1.129	2.271
3. Study	0.003*	1.873	1.245	2.819
4. Average monthly income	0.847	0.967	0.685	1.363
5. Functional properties of dietary supplements	0.001*	0.100	0.270	0.365
6. Perception of dietary supplement information	0.060	2.238	0.965	5.190
7. Marketing promotion of dietary supplements	0.536	1.172	0.709	1.939
8. Price of dietary supplements	0.670	1.150	0.605	2.185
9. Distribution channels of dietary supplements	0.273	1.393	0.770	2.518

*Significant with P value ≤ 0.05

จาก Table 3 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างเพศ อายุ การศึกษา รายได้ และส่วนผสมทางการตลาด ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ/ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโปรตีนจากเนื้อเมล็ดกัญชง พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโปรตีนจากเนื้อเมล็ดกัญชง คือ สมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมมีค่า Sig. เท่ากับ 0.001 รองลงมาคือ การศึกษา มีค่าเท่ากับ 0.003 และอายุ มีค่าเท่ากับ 0.008 ตามลำดับ เห็นได้ว่า มี ค่า Sig. ≤ 0.05 ถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 4 Consumer demand for protein supplements from hemp seeds

Consumer needs	Quantity (N=400)	Valid Percent
1. If a protein supplement was produced from the pulp of hemp seeds, would you purchase the product?		
1.1 Buy	376	94.00
1.2 Not buy	24	6.00

Table 4 (Continued)

Consumer needs	Quantity (N=400)	Valid Percent
2. What are your opinions on hemp seed protein supplements?		
2.1 It is an interesting new product.	152	38.00
2.2 It is a product that has health benefits.	136	34.00
2.3 It is a product that replaces the nutrients that the body does not receive enough.	40	10.00
2.4 It is a safe product. (meets food and drug standards)	72	18.00
3. What kind of texture do you want the hemp seed protein supplement to have?		
3.1 It's in pellet form.	176	44.00
3.2 It's in powder form.	58	14.50
3.3 It's in capsule form.	146	36.50
3.4 It is semi-liquid.	20	5.00
4. Want to get protein supplements from the pulp of hemp seeds?		
What kind of taste does it have?		
4.1 Herbal flavor	184	46.00
4.2 Cocoa flavor	52	13.00
4.3 Peppermint flavor	18	4.50
4.4 Fruit flavor	82	20.50
4.5 Menthol flavor	26	6.50
4.6 Honey flavor	38	9.50
5. How much should a hemp seed protein supplement/pill cost?		
5.1 5-10 Baht/tablet	334	83.50
5.2 10-15 Baht/tablet	66	16.50

จาก Table 4 แสดงผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากในเนื้อเมล็ดกัญชง ของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 400 ประกอบด้วย 5 ประเด็น ดังนี้

1. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เลือกซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อเมล็ดกัญชง จำนวน 376 ราย คิดเป็น 94.00% รองลงมาคือ ไม่ซื้อ จำนวน 24 ราย คิดเป็น 6.00% ตามลำดับ

2. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง ที่เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่น่าสนใจ จำนวน 152 ราย คิดเป็น 38.00% รองลงมาคือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จำนวน 136 ราย คิดเป็น 34.00% เป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย ได้มาตรฐานอาหารและยา จำนวน 72 ราย คิดเป็น 18.00% และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนสารอาหารที่ร่างกายได้รับไม่เพียงพอ จำนวน 40 ราย คิดเป็น 10.00% ตามลำดับ

3. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ ต้องการผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลืองที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นแบบอัดเม็ดจำนวน 176 ราย คิดเป็น 44.00% รองลงมาเป็นแบบแคปซูลจำนวน 146 ราย คิดเป็น 36.50% เป็นแบบผงจำนวน 58 ราย คิดเป็น 14.50% และเป็นแบบกึ่งเหลวจำนวน 20 ราย คิดเป็น 5.00% ตามลำดับ

4. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ ต้องการผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง ที่มีรสสมุนไพรจำนวน 184 ราย คิดเป็น 46.00% รองลงมาคือ รสผลไม้จำนวน 82 ราย คิดเป็น 20.50% รสโกโก้จำนวน 52 ราย คิดเป็น 13.00% รสน้ำผึ้งจำนวน 38 ราย คิดเป็น 9.50% รสเมนทอลจำนวน 26 ราย คิดเป็น 6.50% และรสเปปเปอร์มินท์จำนวน 18 ราย คิดเป็น 4.50% ตามลำดับ

5. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ ต้องการผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง ที่มีราคา/เม็ดคือ 5-10 บาท /เม็ด จำนวน 334 ราย คิดเป็น 83.50% และรองลงมาคือ 10-15 บาท /เม็ด จำนวน 66 ราย คิดเป็น 16.50% ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง ทั้งชายและหญิงอายุ 18 ปีขึ้นไปจำนวน 400 คน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 41-50 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี มีอาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001-30,000 บาท ส่วนใหญ่เข้ามาให้ทั้งตัวเองและผู้อื่นรับประทาน ความถี่ในการซื้อ 1 ครั้ง/เดือน งบประมาณในการซื้อ 1,001-2,000 บาท สอดคล้องกับงานวิจัยของ Phlapphlasee and Kruewong (2016) ที่พบว่าการบริโภคผลิตภัณฑ์เสริมอาหารของนักศึกษา มีการซื้ออย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง และใช้เงินในการซื้อแต่ละครั้ง 1,000 บาท โดยรู้จักผลิตภัณฑ์ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Suriya (2013) ที่พบว่าสื่อออนไลน์ทำให้กลุ่มผู้ออกกำลังกายรู้จักผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพเวย์โปรตีนมากที่สุด เนื่องจากเป็นช่องทางที่สามารถเข้าถึงสินค้าได้ง่ายและรวดเร็ว สถานที่ซื้อคือสั่งซื้อทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเกี่ยวกับการซื้อผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต Chuchai Samithikrai (2015) กล่าวว่าในปัจจุบันผู้บริโภคสามารถที่จะเลือกซื้อสินค้าต่างๆ ได้จากทั่วโลกโดยการใช้ระบบอินเทอร์เน็ตไม่ว่าจะอยู่ที่ไหนก็ตาม ยังมีสินค้ามากมายและไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและยังสามารถดูรายละเอียดสินค้าและทำการเปรียบเทียบระหว่างสินค้าต่าง ๆ ได้

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ/ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร คือ อายุและการศึกษาที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อสุขภาพของผู้บริโภค งานวิจัยของ Chanpuang and Sukanthasirikul (2016) พบว่าการศึกษาที่แตกต่างกันมีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพของผู้บริโภค อีกทั้งสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ในเชิงส่งเสริมเพื่อสุขภาพ Wilalak (2016) กล่าวว่า การตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์เสริม

อาหารพิจารณาจากประโยชน์ที่ได้รับจากการบริโภคค้ำกับราคา อธิบายได้ว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารส่วนมากจะมีราคาสูง แต่เมื่อเทียบกับสรรพคุณของผลิตภัณฑ์แล้วมีความรู้สึกค้ำกับเงินที่จ่าย โดย Chanpuang and Sukanthasirkun (2016) พบว่าผู้สูงอายุให้ความสำคัญกับส่วนผสมและคุณสมบัติของสินค้าในการตัดสินใจเลือกสินค้า

จากผลการวิจัยนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางกลยุทธ์และส่วนประสมทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง ดังนี้

1. ด้านผลิตภัณฑ์ มุ่งเน้นด้านคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร มีส่วนผสมและรสชาติสมุนไพรในรูปแบบอัดเม็ด ตามที่ผู้บริโภคต้องการ การสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับตราสินค้า และการประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคเข้าถึงได้ง่าย ซึ่งสามารถนำมาวางกลยุทธ์ด้านผลิตภัณฑ์ หรือ Product strategy โดยการวิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็ง และจุดขาย ของผลิตภัณฑ์ แล้วออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อให้ตอบโจทย์กลุ่มเป้าหมาย และโดดเด่นจากผลิตภัณฑ์ของแบรนด์อื่น โดยใช้ฐานในการคิด คือ

1.1 ความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง คือ คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ในเชิงส่งเสริมเพื่อสุขภาพ

1.2 จุดขายของสินค้า คือ เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่น่าสนใจที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

1.3 คุณภาพของสินค้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย ได้มาตรฐานอาหารและยา

1.4 ภาพลักษณ์ของสินค้า รูปทรงบรรจุภัณฑ์มีความสวยงามทันสมัย มีฉลากและแสดงข้อมูลรายละเอียดของสินค้าชัดเจน

1.5 การให้บริการหลังการขายสามารถเข้าถึงได้ง่าย มีการรับประกันสินค้าหลังการขาย

จากการวางกลยุทธ์ด้านผลิตภัณฑ์ แล้วนำมาวางตำแหน่งทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเหลือง ดังนี้

1) กำหนดตำแหน่งสินค้าตามคุณภาพ คือ ประโยชน์ที่ได้รับจากการบริโภคค้ำกับราคาที่จ่ายเมื่อเทียบกับสรรพคุณของผลิตภัณฑ์แล้วมีความรู้สึกค้ำกับเงินที่จ่ายออกไป ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้าได้ เช่น คุณสมบัติในเชิงส่งเสริมสุขภาพ รูปลักษณ์ภายนอก ได้มาตรฐานอาหารและยา

2) กำหนดตำแหน่งสินค้าตามกลุ่มเป้าหมาย กลุ่มเป้าหมาย คือ เพศหญิง อายุระหว่าง 41-50 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001-30,000 บาท เพื่อสามารถตอบสนองได้ตรงจุด เพื่อให้สินค้าไปสู่กลุ่มเป้าหมายได้ถูกต้อง สามารถแข่งขันได้ การกำหนดตำแหน่งทางการตลาดที่ดีส่งผลต่อภาพลักษณ์และภาพจดจำ ในการวางกลยุทธ์จึงมีความสำคัญมากที่ต้องดึงเอาจุดเด่นของสินค้า สร้างสโลแกนให้ติดปาก ติดตา ติดสมอง ทำให้สินค้าสามารถครองใจผู้บริโภค ผู้ประกอบการสามารถทราบถึงความต้องการที่แท้จริงของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากพืช อีกทั้งนำกลยุทธ์ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดนี้มาใช้ในการขยายฐานลูกค้า

2. ด้านราคา ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับราคาที่เหมาะสมกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และปริมาณที่บรรจุ ทำให้ผู้บริโภครู้สึกค้ำกับราคาที่จ่าย

3. ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ควรมุ่งเน้นจำหน่ายผ่านทางอินเทอร์เน็ต Social Network เช่น Facebook, Youtube, Instagram, Twitter, TikTok เพื่อให้ผู้บริโภคเข้าถึงได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถสั่งซื้อได้ง่าย ทำให้สะดวกและ

ประหยัดเวลามากขึ้น และควรมีการจำหน่ายตามร้านขายยา ร้านสะดวกซื้อ ร้านขายผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และห้างสรรพสินค้า

4. ด้านการส่งเสริมการขาย ควรมุ่งเน้นการประชาสัมพันธ์โดยให้ข้อมูลหรือข่าวสารการโฆษณา ผ่านทางอินเทอร์เน็ต Social Network เช่น Facebook, Youtube, Instagram, Twitter, TikTok เพื่อให้ผู้บริโภคเข้าใจและเข้าถึงได้ง่าย และควรออกโปรโมชั่น (ลด/แลก/แจก/แถม) ในบางโอกาสเพื่อเป็นการเพิ่มยอดขาย เนื่องจากเป็นวิธีการที่กลุ่มผู้บริโภคชอบมากที่สุด และยังทำให้ได้ทราบถึงความรู้สึกนึกคิดของผู้บริโภค ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร อีกทั้งยังทราบถึงสิ่งกระตุ้นทางการตลาด และในด้านความนิยมรวมถึงส่งผลต่อการตอบสนองการซื้อได้ดีที่สุด ดังนั้นควรกระตุ้นการซื้อโดยใช้โฆษณาผ่านอินเทอร์เน็ตหรือออนไลน์

แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดถั่วเขียว ผู้บริโภคส่วนใหญ่มุ่งเน้นด้านคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ที่มีส่วนผสมของสมุนไพรและรสชาติสมุนไพร เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกสมุนไพรที่นำมาเป็นส่วนผสมโดยเลือกจากสรรพคุณที่สามารถนำมาเสริมสร้างในด้านสุขภาพ ในรูปแบบอัดเม็ด อีกทั้งวิจัยและพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพให้เป็นที่ยอมรับ อันส่งผลต่อภาพลักษณ์สินค้าในรูปแบบ Product excellent เพื่อให้เกิดการรับรู้คุณค่าแนวทางในการจัดการผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อนำผลิตภัณฑ์นั้นออกสู่ตลาด จึงจำเป็นต้องมีกลยุทธ์ด้านผลิตภัณฑ์และแผนงานเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ชัดเจน เพื่อสามารถสร้างความแตกต่างและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ตรงจุด โดยผู้วิจัยเล็งเห็นว่าควรมีการกำหนดกลยุทธ์เพื่อพัฒนาในแต่ละส่วน ดังนี้

1. กลยุทธ์ด้านการวิจัยและพัฒนา (Research and development strategy) เพื่อคิดค้นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ หรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิมเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด ตัวอย่างเช่นการพัฒนาในเรื่องของสารสกัดจากสมุนไพรและส่วนผสม การปรับปรุงเรื่องรสชาติที่กำลังอยู่ในกระแส แต่ยังคงในเรื่องของการเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อส่งเสริมสุขภาพ และคิดค้นวิธีเพื่อควบคุมต้นทุนราคาให้ถูกลง

2. กลยุทธ์ด้านการผลิต (Production strategy) เพื่อกำหนดเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น เพื่อเพิ่มยอดขายของผลิตภัณฑ์โปรตีนในช่วงเวลาที่สำคัญ เช่น มีหลายสูตรโดยการผสมสมุนไพรชนิดต่าง ๆ การออกรสชาติใหม่ในช่วงเทศกาล การใช้กลยุทธ์ด้านการผลิตจะสามารถควบคุมต้นทุนในการจัดสรรปริมาณของวัตถุดิบให้เพียงพอ เพื่อช่วยในการผลิตสินค้าให้ได้ผลผลิตสูงสุดและเกิดผลเสียน้อยที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยนี้ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 41-50 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001-30,000 บาท ส่วนใหญ่ซื้อมาให้ทั้งตัวเองและผู้อื่นรับประทาน ความถี่ในการซื้อ 1 ครั้ง/เดือน งบประมาณในการซื้อต่อเดือน 1,001-2,000 บาท/ครั้ง ได้รับข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ และสั่งซื้อจากทางอินเทอร์เน็ต ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ/ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อเมล็ดถั่วเขียว คือ อายุ การศึกษา และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ในเชิงส่งเสริมเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่น่าสนใจ ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต้องการเป็นแบบอัดเม็ด เน้นสมุนไพรเป็นส่วนผสม

แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อในเมล็ดักัญชง โดยมีกลุ่มเป้าหมายที่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 41-50 ปี มุ่งเน้นจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ คือ คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ในเชิงส่งเสริมเพื่อสุขภาพที่เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยมีส่วนผสมของสมุนไพรที่มีประโยชน์ในเชิงช่วยส่งเสริมสุขภาพ และรสสมุนไพรในรูปแบบอัดเม็ด

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้

1. ด้านกลยุทธ์ทางการตลาดมีดังนี้

1.1 ด้านผลิตภัณฑ์ ควรพัฒนาปรับปรุงรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ให้หลากหลายตามความต้องการของลูกค้าแต่ละกลุ่ม (ผง/น้ำ/แคปซูล/อัดเม็ด) โดยแต่ละสูตรมีการผสมสมุนไพรที่มีสรรพคุณในเชิงส่งเสริมสุขภาพที่แตกต่างกัน รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาคุณค่าของผลิตภัณฑ์ ง่ายต่อการรับประทาน และสามารถพกพาไปไหนได้สะดวก

1.1.1 ต้องทำผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีคุณภาพได้มาตรฐานรับรองจากคณะกรรมการอาหารและยา มีฉลากระบุถึงวัตถุดิบ ส่วนประกอบ ข้อบ่งชี้ ผลข้างเคียง แหล่งผลิต วันหมดอายุ แสดงรายละเอียดอย่างชัดเจน

1.1.2 ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่อยู่ในความต้องการของผู้บริโภคแต่ละกลุ่ม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารประเภทเสริมสร้างสุขภาพในรูปแบบลักษณะต่าง ๆ (ผง/น้ำ/แคปซูล/อัดเม็ด) รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาคุณค่าของผลิตภัณฑ์ ง่ายต่อการรับประทาน และสามารถพกพาไปไหนได้สะดวก

1.1.3 ควรวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีส่วนผสมของสมุนไพร ที่มีสรรพคุณในเชิงส่งเสริมสุขภาพที่แตกต่างกัน เช่น สมุนไพรที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก ประเภทเสริมความงาม หรือควบคุมน้ำหนัก

1.2 ด้านราคา การจำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางออนไลน์ ควรให้ความสำคัญกับประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1.2.1 ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีความหลากหลาย ทั้งยี่ห้อ ราคา ประเภท เพื่อให้กลุ่มรายได้ต่าง ๆ สามารถเข้าถึงผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางออนไลน์ได้

1.2.2 ขายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางออนไลน์ ควรทำราคาขายให้ถูกกว่าการขายผ่านช่องทางอื่น มีราคาที่เหมาะสมกับคุณภาพ และควรมีผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณ ปริมาตร ในบรรจุภัณฑ์หลากหลายขนาด และราคาต่อหน่วยที่ประหยัดในกรณีซื้อเป็นจำนวนมาก

1.2.3 ควรดำเนินการแสดงราคาสินค้าพร้อมทั้งรูปถ่ายสินค้า การลดราคา รายละเอียดสินค้า หรือการส่งเสริมการขายอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้บริโภคทราบหรือสามารถตอบกลับ เพื่อนำเสนอรายละเอียดด้านราคาเพิ่มเติมเป็นรายบุคคล

1.2.4 ควรมีราคาสินค้าที่เหมาะสมกับตัวสินค้า ควรมีสินค้าหลากหลาย มีการปรับกลยุทธ์ให้สอดคล้องกับ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ และรายได้ เพื่อขยายส่วนแบ่งการตลาดให้กว้างขึ้น

1.3 ด้านการจัดจำหน่าย จำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางออนไลน์ ควรให้ความสำคัญกับประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1.3.1 ควรมีการจัดทำเว็บไซต์ในการขายออนไลน์ให้มีประสิทธิภาพ จัดรูปแบบเพจให้มีความน่าสนใจ เหมาะสมกับกลุ่มลูกค้าเป้าหมายของร้าน โดยคำนึงถึง เพศ อายุ นอกจากนี้เว็บไซต์จะต้องสามารถค้นหาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ได้ง่าย

1.3.2 การสร้างความน่าเชื่อถือของร้านหรือตัวแทนจำหน่าย เช่น การจดทะเบียนเป็นนิติบุคคล การจดทะเบียนการค้า หลักฐานการเสียภาษี การมีสำนักงานและที่ตั้ง

1.3.3 ควรจัดให้มีบริการส่งสินค้าฟรี เพื่อเป็นการจูงใจให้ผู้บริโภคแต่ละกลุ่มเกิดการตัดสินใจซื้อ

1.3.4 จำหน่ายผ่านทางอินเทอร์เน็ตหรือออนไลน์ สามารถสั่งซื้อสินค้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง กระบวนการสั่งซื้อเข้าใจง่ายไม่ยุ่งยาก บอกวิธีการสั่งซื้อและชำระเงินอย่างชัดเจน

1.4 ด้านการส่งเสริมการตลาด จำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางออนไลน์ ควรให้ความสำคัญกับประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1.4.1 ควรออกโปรโมชั่น (ลด/แลก/แจก/แถม) ในบางโอกาสเพื่อเป็นการเพิ่มยอดขาย เนื่องจากเป็นวิธีการที่กลุ่มผู้บริโภคชอบมากที่สุด

1.4.2 มีการให้คำปรึกษา และแนะนำเกี่ยวกับข้อสงสัยต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้าเป็นรายบุคคลผ่านเว็บไซต์ โดยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่ได้รับอนุญาตในสาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 มีการบริการหลังการขาย ให้การบริการรับคืนสินค้า กรณีเกิดความเสียหายในขณะทำการขนส่ง ควรให้ความสำคัญกับการบรรจุหีบห่อในการจัดส่งสินค้าเพื่อป้องกันความเสียหาย มีนโยบายการรับประกันและการรับคืนสินค้า เมื่อเกิดความเสียหายจากการจัดส่ง เช่น สินค้าจะต้องได้เปลี่ยนคืนภายใน 7 วัน นับตั้งแต่วันที่ลูกค้าได้รับสินค้า สินค้าจะต้องอยู่ในสภาพใหม่ ส่งคืนพร้อมกับบรรจุภัณฑ์เดิม ใบรับประกันสินค้า และใบเสร็จรับเงิน แบบครบถ้วน เป็นต้น

2. แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบโดยนำผลการวิจัยที่ได้จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคนำมาวิเคราะห์หาข้อสรุปเกี่ยวกับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค คือ มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่เพื่อเสริมสร้างสุขภาพ มีส่วนผสมและรสชาติของสมุนไพร เช่น มีส่วนผสมของสมุนไพรที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก และมีรูปแบบอัดเม็ด

3. ควรมีการเพิ่มข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อสอบถามทัศนคติเกี่ยวกับข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับด้านผลิตภัณฑ์ หากมีการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเพิ่มเติม ตัวอย่างเช่น การใช้การสัมภาษณ์ In-dept interview เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึก และได้ข้อมูลที่กว้างขึ้น จะสามารถช่วยให้เข้าใจความต้องการเชิงลึกของกลุ่มผู้บริโภคได้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณคณาจารย์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้คำปรึกษาและอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการปฏิบัติการทดลองเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Announcement of the Ministry of Public Health. 2021. **About hemp seeds, hemp seed oil, hemp seed protein and food products that contains hemp seeds.** Ministry of Public Health Announcement. (Issue 425). [Online]. Available <https://foof.fda.moph.go.th/law/data/announmoph/P425.PDF> (May 18, 2023). [in Thai]
- Callaway, J.C. 2004. Hemp seed as a nutritional resource: an overview. **Euphytica**. 140: 65-72. DOI: 10.1007/euphyticas.140.10681.
- Ckta, B., C. Wwk, and D. Chd. 2020. The soybean bioactive peptide VHVV alleviates hypertension induced renal damage in hypertensive rats via the SIRT1-PGC1 α /Nrf2 pathway. **J. Funct. Foods** 75: 104255. DOI: 10.1016/j.funct foods.75.104255.
- Chuchai, S. 2015. **Consumer Behavior**. 5th Printing. Bangkok: Chulalongkorn University Press. 433 p. [in Thai]
- Lalita, P. 2018. **Has Studied the Marketing Mix Factors (4p) that Influence the Decision to Purchase Dietary Supplements of Radio Broadcast Listeners in Bang Bon District, Bangkok Province.** Master Independent Study. Siam University. 70 p.
- Msa, B., A. Gh, and B. Mg. 2020. Unravelling the molecular mechanisms associated with the role of food-derived bioactive peptides in promoting cardiovascular health. **J. Funct. Foods** 64: 103645. DOI: 10.1016/j.funct foods.64.103645.
- Pattanawadee, U. and K, Chaiprasit. 2021. Studied the perception of the online marketing mix that is important in purchasing dietary supplements among generation Y. **Consumers. Business Administration Journal** 7(4): 78-93
- Rivero-Pino, F., F.J. Espejo-Carpio and E.M. Guadix. 2020. Production and identification of dipeptidylpeptidase IV (DPP-IV) inhibitory peptides from discarded *Sardine pilchardus* protein. **Food Chem** 328: 127096. DOI: 10.1016/j.food chem.328.127096.
- Tasane, W. 2016. **Buying Decision Behavior and Influential Marketing Mix Factors to the Purchasing Decision Dietary Supplements for Consumers in Bangkok and Surrounding Areas.** Master Independent Study. Kasetsart University. 101 p. [in Thai]
- Thitikarn, P. and P. Patsaporn. 2016. **Consumption Behavior of Dietary Supplement Products of Students in Kamphaeng Phet Rajabhat University.** 8 p. Naresuan Research No. 12. Mae Sot: Research and Innovation and National Development. [in Thai]

- Tkaczewska, J. 2020. Peptides and protein hydrolysates as food preservatives and bioactive components of edible films and coatings-a review. **Trends Food Sci. Tech** 106: 298-311. DOI: 10.1016/J.TIFS.106.10.022.
- Ubonrat, C. 2015. **Factors Affecting the Decision to Purchase Health Supplement Capsules of Working Age People in Bangkok.** Master Independent Study. Bangkok University. 81 p. [in Thai]
- Varunkanchana, S. 2013. **Behavior and Marketing Mix Factors that Affect the Decision to Purchase Beverage Products. for the Health of Whey Protein for Exercise Groups in the Mueang District Lampang Province.** Master Thesis. Nation University. 15 p. [in Thai]
- Wang, X.S., C.H. Tang and X.Q.Yang. 2008. Characterization, amino acid composition and *In Vitro* digestibility of hemp (*Cannabis sativa* L.) proteins. **Food Chem** 107: 11-18. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.06.064.
- Wu, G., and C.J. Meininger. 2002. Regulation of nitric oxide synthesis by dietary factors. **AnnuRev Nutri.** 22: 61-86. DOI: 10.1146/annurev.nutr.22.110901.145329.
- Yaowapha, C. and S. Kanchana. 2016. Characteristics of the lifestyle of the elderly and product purchasing decisions vitamin supplementation in Thailand. **Journal of Accounting and Management** 8(1): 47-58. [in Thai]

การสร้างคุณค่าอย่างยั่งยืนของธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน ตำบลบ้านเป้า อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ด้วยกิจกรรมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเสริมอาหารหมักจุลินทรีย์โปรไบโอติก

Creating of Sustainable Value of Maejo Baandin Homestay Business Baanpao Sub-district, Maeteang District, Chiang Mai with Raising Native Chickens Added by Fermented Feed Probiotics

ชนมน เล็กนามณรงค์* สุพจน์ บุญแรง และนิราภรณ์ ชัยวัง

Chanamon Leknamnarong*, Supot Boonraeng and Niraporn Chaiwang

สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการวิสาหกิจการเกษตรและอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50330

Program in Management Innovation of Agricultural and Food Enterprise, Faculty of Agricultural Technology

Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50330

Corresponding author: chanamonlek@gmail.com

Abstract

This research aimed to analyze and design sustainable value creation for the Maejo Baandin homestay community business. The business operated as a self-reliant learning center to ensure food security and sustainability by utilizing local wisdom in its operations. One of its activities involved traditional chicken farming supplemented with fermented microbial feed additives. The research scope included a targeted sample of 5 community members as producers and a random sample of 50 customers who patronize the Mae Jo Baandin Homestay throughout the year 2022. Using SWOT analysis and the Five Forces model as tools to analyze the strengths of the homestay, its available resources, and local wisdom, we then designed the business value proposition to meet diverse needs through creativity and innovation. This included prioritizing the use of local resources as the first option and fostering self-reliance through food to demonstrate household food security. Subsequently, this was translated into presenting value propositions to customers, synthesized into a sustainable value chain model. Qualitative data analysis, such as open-ended interview analysis, utilizes content analysis methodology, which was then presented as articles to serve as learning resources for farmers, communities, and interested individuals to adapt and apply. Furthermore, this serves as a guideline for farmers to recognize the value of local resources in creating shared value, particularly in producing safe, non-toxic protein sources from indigenous chickens using local microbial agents.

Keywords: sustainable value creation, homestay business, native chickens
fermented feed probiotics

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์และออกแบบการสร้างความยั่งยืนต่อธุรกิจโฮมสเตย์ แม่โจ้ บ้านดิน ซึ่งเป็นวิสาหกิจชุมชนที่ประกอบธุรกิจในรูปแบบศูนย์การเรียนรู้แบบพึ่งพาตัวเอง ให้มีความมั่นคงทางอาหารและยั่งยืนด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น มาใช้ในการดำเนินงานด้วยกิจกรรมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเสริมอาหารหมักจุลินทรีย์โปรไบโอติก โดยมีขอบเขตของการวิจัย ประชากรในภาคผู้ผลิตคือ สมาชิกวิสาหกิจชุมชนโฮมสเตย์ แม่โจ้บ้านดินจำนวน 5 คน ภาคผู้บริโภค คือ กลุ่มลูกค้าที่ใช้บริการในโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินตลอดทั้งปี 2565 โดยกลุ่มตัวอย่างผู้ผลิตเจาะจง 5 คน และกลุ่มผู้บริโภคใช้การสุ่มอย่างง่ายจำนวน 50 คน โดยใช้ SWOT analysis และ Five Force model เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์จุดเด่นของธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินทรัพยากรที่มี และภูมิปัญญาของท้องถิ่น จากนั้นออกแบบคุณค่าของธุรกิจโฮมสเตย์โดยมุ่งสนองความต้องการด้วยความแตกต่างที่อาศัยการสร้างสรรค์ และนวัตกรรมบนฐานคิด 1) การใช้ทรัพยากรท้องถิ่นเป็นทางเลือกลำดับแรก 2) การพึ่งตนเองด้วยอาหารเพื่อเป็นตัวอย่างการสร้างความปลอดภัยทางอาหารในครัวเรือน จากนั้นนำไปสู่ การนำเสนอคุณค่าให้แก่ลูกค้า (Value proposition) สังเคราะห์เป็นโมเดลห่วงโซ่คุณค่าความยั่งยืน การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น การวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ชนิดปลายเปิด จะใช้วิธีการวิเคราะห์ที่เรียกว่า การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) แล้วนำเสนอข้อมูลเป็นบทความก่อให้เกิดเป็นแหล่งการเรียนรู้ให้เกษตรกรหรือชุมชนใกล้เคียงตลอดจนผู้สนใจมาเรียนรู้ศึกษาดูงานเพื่อนำไปปรับใช้ และยังเป็นแนวทางให้เกษตรกรตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรในท้องถิ่น การสร้างความร่วมมือระหว่างเกษตรกรที่ผลิตแหล่งอาหารโปรตีนจากไก่พื้นเมืองที่มีความปลอดภัยไร้สารปฏิชีวนะโดยใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น

คำสำคัญ: การสร้างความยั่งยืน ธุรกิจโฮมสเตย์ ไก่พื้นเมือง อาหารหมักจุลินทรีย์โปรไบโอติก

คำนำ

ธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินเป็นวิสาหกิจชุมชน (Small and micro community enterprise) จัดตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2550 และดำเนินกิจการจนถึงปัจจุบันในรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ (Eco-tourism) ที่มีการสร้างความแตกต่างและมีความยั่งยืนครบในทุกมิติ ได้แก่ 1) ท่องเที่ยวต่อเนื่อง: สร้างประสบการณ์ท่องเที่ยวที่ต่อเนื่องแก่นักท่องเที่ยวด้วยแหล่งทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมท้องถิ่น 2) ท่องเที่ยวคุณภาพ: เน้นความเป็นที่อยู่อาศัยแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประสบการณ์นันทนาการ และร่วมพัฒนาคุณภาพชีวิตของชุมชนในพื้นที่ 3) ท่องเที่ยวสมดุล: ความสมดุลระหว่างความต้องการของนักท่องเที่ยวและขีดความสามารถของทรัพยากรเป็นจุดเด่นของแนวคิดท่องเที่ยวของธุรกิจนี้ (Intharueang, 2016)

กระทบการระบาดของเชื้อโคโรนาไวรัส 2019 (COVID-19) ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 ที่ประเทศจีนนั้น ได้แพร่ระบาดและส่งผลกระทบแก่หลายประเทศทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยพบการระบาดของเชื้อดังกล่าว เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อด้านเศรษฐกิจ สังคม แรงงาน อุตสาหกรรม และภาคการเกษตร จากการควบคุมโรคของรัฐบาลด้วยมาตรการการป้องกันและควบคุมการแพร่ระบาด คือ “เคอร์ฟิว (Curfew)” “ปิดเมือง

(Lockdown)” “อยู่บ้าน หยุดเชื้อ เพื่อชาติ” ทำให้ “สถานประกอบการทุกประเภทต้องปิดการให้บริการ” (Thitichai and Thaweekanyakan, 2021) วิสาหกิจชุมชนแม่โจ้บ้านดินก้อยอยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อวิธีการดำเนินธุรกิจที่ต้องอาศัยพืช ผัก ผลไม้ และไข่ไก่ ที่ผลิตได้เองและได้มาจากเครือข่ายที่มีการปลูกแบบอินทรีย์บริเวณใกล้เคียงมีเพียงพอต่อการบริโภค แต่ยังไม่อาจสนองความต้องการของสมาชิกและผู้เข้ามาใช้บริการที่ต้องการที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มาจากเนื้อสัตว์

การรับประทานอาหารที่มีความปลอดภัยเป็นปัจจัยที่สำคัญในการรักษาสุขภาพขณะที่เผชิญกับวิกฤติ COVID-19 ทั้งนี้เนื่องจากการรับประทานอาหารที่มีคุณภาพดีสามารถเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย และช่วยให้ร่างกายสามารถต่อต้านการติดเชื้อได้ดีขึ้น ในช่วงวิกฤติทางสุขภาพเช่นนี้มีการเพิ่มความสำคัญในการเลือกบริโภคอาหารที่มาจากธรรมชาติโดยเฉพาะ เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีสารเคมีอันตรายและมีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างแท้จริง ในระหว่างที่มีการให้ความสำคัญกับสุขภาพที่ดีของผู้บริโภค ไข่เป็นหนึ่งในแหล่งโปรตีนที่ยอดนิยมและมีราคาประหยัดที่เป็นที่ยอมรับทั่วโลก โดยเฉพาะในช่วงวิกฤติทางสุขภาพเช่น COVID-19 นี้ ที่ผู้คนมีความรับรู้มากขึ้นเกี่ยวกับสุขภาพและการเลือกอาหารที่ดีต่อร่างกาย การบริโภคไข่ที่มีคุณภาพสามารถเพิ่มโอกาสในการรักษาสุขภาพและเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายได้ นอกจากนี้ การเลือกบริโภคไข่ที่เป็นไปได้ที่ดีที่สุด คือ ไข่ ที่ได้รับการเลี้ยงอย่างดีและมีการควบคุมป้องกันโรคอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะไข่พื้นเมืองที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากมักมีการเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และไม่มีการใช้สารเคมีอันตราย ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อ ทำให้เป็นตัวเลือกที่ดีในการรักษาสุขภาพในช่วงวิกฤติทางสุขภาพในทางอื่น ๆ การเลือกบริโภคไข่พื้นเมืองยังส่งเสริมให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนและเศรษฐกิจในพื้นที่ด้วย โดยการส่งเสริมการเลี้ยงไข่พื้นเมือง จะช่วยสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในชุมชนและเสริมสร้างความมั่นคงในเศรษฐกิจชุมชนได้ นอกจากนี้ การเลือกบริโภคไข่ที่มีคุณภาพยังส่งเสริมการอนุรักษ์สายพันธุ์ไข่พื้นเมือง ซึ่งเป็นการรักษาทรัพยากรทางชีวภาพในระยะยาวให้มีความยั่งยืน

Pongduang *et al.* (2010) ได้กล่าวถึงความเหมาะสมของการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ เพื่อส่งเสริมเป็นอาชีพเสริมที่ยั่งยืน โดยใช้หลักเศรษฐกิจพอเพียงและร่วมกับการนำเทคโนโลยีการเลี้ยงไก่ที่ทันสมัยมาใช้ รวมถึงการปรับปรุงระบบการเลี้ยงจากการเลี้ยงแบบปล่อยให้หากินเองเป็นแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย (Semi-intensive system) เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต นอกจากนี้ Boonrang (2022) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติก (Probiotics) ในการเลี้ยงสัตว์ เพื่อเสริมสร้างร่างกายที่แข็งแรง มีภูมิคุ้มกันต่อโรค เจริญเติบโตดี และลดความเสี่ยงจากเชื้อโรค นอกจากนี้ การใช้เชื้อโปรไบโอติกยังช่วยปรับปรุงคุณภาพสภาพแวดล้อมการเลี้ยง และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งมีผลทำให้เกิดประโยชน์อย่างยั่งยืนและสร้างคุณค่าที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและวิสาหกิจชุมชน ซึ่งเป็นการพึ่งพาตนเองอย่างแท้จริง และสร้างโอกาสใหม่ในการท่องเที่ยวเชิงอาหาร (Gastronomy tourism) ที่มีความเป็นมูลค่าสูงและยั่งยืน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะวิเคราะห์และออกแบบการสร้างคุณค่าอย่างยั่งยืนต่อธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน ด้วยกิจกรรมการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนดำเนินงานการสร้างคุณค่าอย่างยั่งยืนต่อธุรกิจวิสาหกิจชุมชนกลุ่มโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน และเพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากร ในท้องถิ่น การสร้างคุณค่าร่วมระหว่างเกษตรกรที่ผลิตแหล่งอาหารที่มีความปลอดภัยไร้สารปฏิชีวนะโดยใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดยใช้การสังเกตการณ์อย่างมีส่วนร่วม (Participant observation) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (In depth interview) เป็นหลักในการเก็บข้อมูล มีการดำเนินงานตามลำดับขั้นตอน 5 ส่วน ได้แก่ 1) การออกแบบงานวิจัย (Research design) 2) การเก็บข้อมูล (Data collection) 3) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) 4) การสังเคราะห์ข้อมูล (Data synthesis) และ 5) สรุป (Conclusion)

สถานที่ในการศึกษา

- โฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน ตำบลบ้านเป้า อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่
- ประชากรและกลุ่มตัวอย่างประชากรในภาคผู้ผลิต คือ สมาชิกวิสาหกิจชุมชนโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินจำนวน 5 คน ภาคผู้บริโภค คือ กลุ่มลูกค้าที่มาใช้บริการในโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินตลอดทั้งปี 2565 โดยกลุ่มตัวอย่างผู้ผลิตเจาะจง จำนวน 5 คน และกลุ่มผู้บริโภคใช้การสุ่มอย่างง่าย จำนวน 50 คน

1. การออกแบบวิธีการศึกษา

1.1 วิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบัน (Current situational analysis) ของธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน โดยใช้เครื่องมือ SWOT analysis และ Five Force model ประเด็นคำถามในการวิเคราะห์ ได้แก่

- ศักยภาพของวิสาหกิจชุมชนมีอะไรบ้าง ทั้งในด้านของเศรษฐกิจชุมชน สังคม คุณภาพชีวิต และสิ่งแวดล้อมมีลักษณะเฉพาะอย่างไร
- ภายในวิสาหกิจชุมชนมีความต้องการอะไรบ้าง มีความต้องการในการสร้างแหล่งอาหารเพิ่มเติมหรือไม่

1.2 วิเคราะห์ข้อมูลและกำหนดเป้าหมายที่จะทำให้ธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินมีความยั่งยืน โดยการระดมความเห็นจากสมาชิก

1.3 วิเคราะห์วิธีการสร้างคุณค่า

1.3.1 วิเคราะห์จุดเด่นของธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน ทรัพยากรที่มี และภูมิปัญญาของท้องถิ่น จากนั้นออกแบบคุณค่าของธุรกิจโฮมสเตย์ โดยมุ่งสนองความต้องการด้วยความแตกต่างที่อาศัยการสร้างสรรค์ และนวัตกรรมบนฐานคิด 1) การใช้ทรัพยากรท้องถิ่นเป็นทางเลือกลำดับแรก 2) การพึ่งพาตนเองด้วยอาหารเพื่อเป็นตัวอย่างการสร้างคามมั่นคงทางอาหารในครัวเรือน

1.3.2 การนำเสนอคุณค่าให้แก่ลูกค้า (Value proposition) สังเคราะห์เป็นโมเดลห่วงโซ่คุณค่าความยั่งยืนด้วยการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ที่ใช้เศษวัตถุดิบอาหารและแหล่งวัตถุดิบอาหารในชุมชน โดยเสริมด้วยอาหารหมักที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก

2. นำเสนอโมเดลห่วงโซ่คุณค่าที่ยั่งยืนของธุรกิจแม่โจ้บ้านดินต่อสมาชิก เพื่อพิจารณาให้เห็นและข้อเสนอแนะ การดำเนินงานตามลำดับขั้นตอน Figure 1

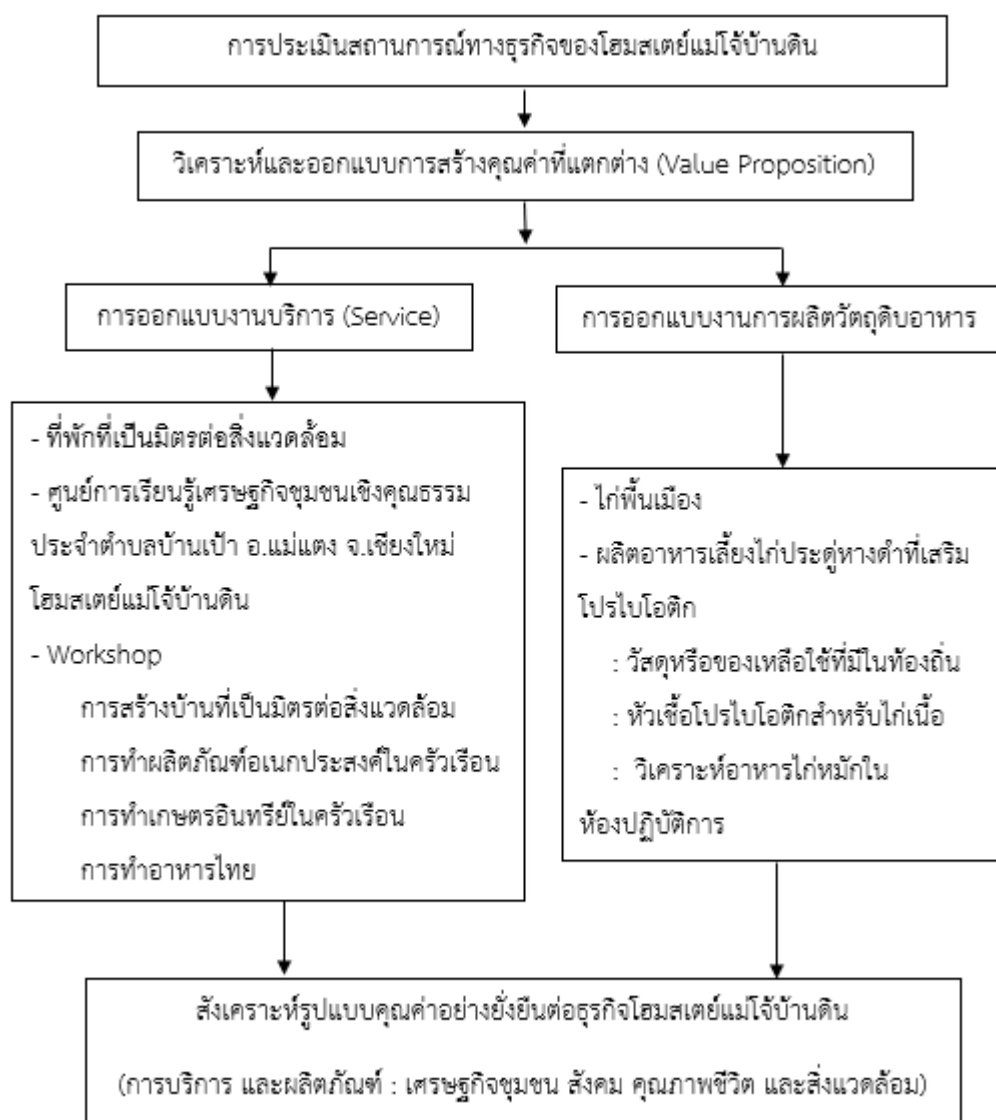


Figure 1 แผนการดำเนินงานวิจัยการสร้างคุณค่าอย่างยั่งยืนของธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน
ด้วยกิจกรรมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเสริมอาหารหมักจุลินทรีย์โปรไบโอติก

3. การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการสัมภาษณ์ภาคสนามมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการสถิติเชิงพรรณนา เช่น การวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ชนิดปลายปิด ด้วยค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าเฉลี่ย (Mean) รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น การวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ชนิดปลายเปิด จะใช้วิธีการวิเคราะห์ที่เรียกว่าการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) แล้วนำเสนอข้อมูลเป็นบทความ

ผลการวิจัย

บริบทของธุรกิจที่ฟักโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน

ธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ขนาด 6 ไร่ ที่ตำบลบ้านเป้า อำเภอมะนัง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นสถานที่หนึ่งที่มุ่งมั่นที่จะสร้างแหล่งอาหารเพื่อความยั่งยืนในชุมชน โดยมีบ้านพักที่สร้างด้วยอิฐดินดิบที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และบรรยากาศรอบหมู่บ้านเป็นไร่นาสวนผสมที่มีนาข้าว แปลงผัก สวนผลไม้ และอ่างเก็บน้ำ ผลผลิตที่เกิดขึ้นในชุมชนส่วนใหญ่จะนำมาใช้ประกอบอาหารให้แก่แขกผู้พักอาศัย และถ้ามีผลผลิตเหลือก็นำออกมาจำหน่าย นอกจากนี้โฮมสเตย์ยังมีกิจกรรมหลัก คือ การพาทำเวิร์คช็อปให้นักท่องเที่ยวได้เรียนรู้และสัมผัสวิถีชีวิตชุมชน การทำเกษตรอินทรีย์ และการผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ Figure 2

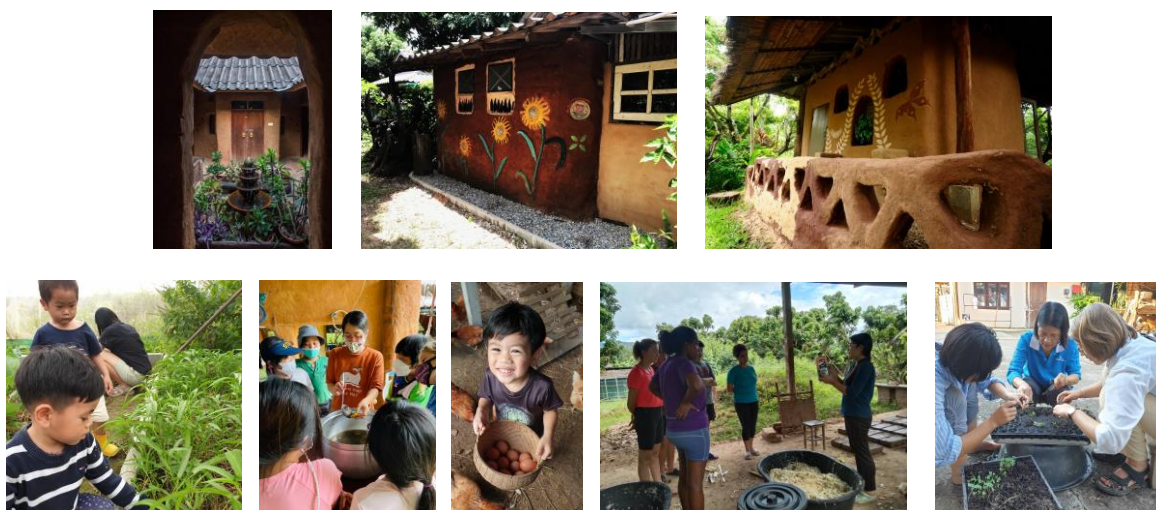


Figure 2 ภาพบรรยากาศภายในโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน

วิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันและกำหนดเป้าหมายความยั่งยืน

บริบทและความต้องการของธุรกิจที่ฟักโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินนำมาวิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันโดยใช้ SWOT analysis เพื่อนำจุดแข็งของวิสาหกิจไปคว้าโอกาสทางการตลาดและนำ Five Force model วิจัยซึ่งแบบจำลองระบุและวิเคราะห์แรงกดดันในการแข่งขันทางธุรกิจไปสร้างกลยุทธ์คุณค่าตามเป้าหมายแห่งโฮมสเตย์ยั่งยืน ดังนี้

1. SWOT analysis ธุรกิจที่ฟักโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน

จุดแข็งในเรื่องฐานของทรัพยากรที่อุดมสมบูรณ์ ธรรมชาติโดยรอบ เป็นไร่นาสวนผสม และชาวบ้านยังคงวิถีชีวิตแบบดั้งเดิม มีเอกลักษณ์เรื่องของที่ฟักที่เป็นโฮมสเตย์ที่สร้างด้วยดินที่มีความเป็นส่วนตัวใกล้เคียงแหล่งเรียนรู้ที่มีชื่อเสียง “พันพรรณ” ที่ก่อตั้งโดย ปราชญ์ชาวบ้านที่ชื่อว่า โจน จันใด ให้เป็นศูนย์เก็บเมล็ดพันธุ์พื้นบ้าน และสวนฝึกอบรมการอยู่แบบพึ่งตนเอง ซึ่งโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินเองก็เป็นหนึ่งในศูนย์การเรียนรู้การพึ่งตนเองเช่นกันแต่จะมีกิจกรรมพานักท่องเที่ยวเรียนรู้วิถีชีวิต และภูมิปัญญาชาวบ้าน เพื่อให้เป็นการท่องเที่ยวเชิงลึก อาหารที่มีไว้บริการก็มาจากผลผลิตที่เป็นอินทรีย์และผลผลิตไร้สารเคมีจากชุมชน

สอดคล้องการพัฒนาภายในเรื่องการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ให้เป็นกิจกรรมรองอีกกิจกรรมหนึ่งของโฮมสเตย์ เนื่องด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารให้ไก่นั้นมีหลากหลายและเพียงพอ เช่น หนุ่ยเนเปี้ยจากหมู่บ้านข้างเคียงที่เกษตรกรกลุ่มผู้เลี้ยงวัวปลูกไว้ตามพื้นที่ว่างเปล่าเพื่อใช้เป็นอาหารหลักให้วัวกล้วยที่มีทั้งกล้วยป่าและกล้วยบ้านที่แตกหน่อขึ้นในบริเวณโดยรอบโฮมสเตย์และภายในพื้นที่ป่าของหมู่บ้าน สามารถนำมาเป็นอาหารเสริมให้ไก่กินได้ รำอ่อนและปลายข้าวเหนียวหักที่ได้จากโรงสีข้าวชุมชนใกล้เคียง และผลผลิตอื่นๆอีกตามฤดูกาลที่หลีกเลี่ยงจากการจำหน่าย

จุดพัฒนาของธุรกิจที่ต้องพิจารณาจากปัจจัยภายนอก เนื่องจากจังหวัดเชียงใหม่เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและเชิงธรรมชาติมากมาย แต่ไม่ค่อยมีแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่ทำในรูปแบบครบวงจร ที่ให้บริการทั้งที่พัก อาหาร กิจกรรม ประเพณี วัฒนธรรม พร้อมทั้งการเรียนรู้แบบเปิดโลกประสบการณ์ใหม่ๆ แก่นักท่องเที่ยวที่ให้บริการมากกว่าการมากินดื่มและจากไป เพื่อรองรับพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เน้นเป็นการท่องเที่ยวที่สร้างประสบการณ์แปลกใหม่และศึกษาเชิงลึกมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้รูปแบบธุรกิจโฮมสเตย์ที่เป็นการรักษาสภาพแวดล้อมและพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืนเติบโตไปด้วยกัน

อุปสรรคภายนอกที่ต้องนำมาปรับกลยุทธ์ธุรกิจ ได้แก่ ปัญหามลพิษทางอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ อาจทำให้นักท่องเที่ยวเลือกไปจังหวัดอื่นแทน หากไม่สามารถจัดการแก้ไขปัญหาได้ทันทั่วทั้ง ความไม่แน่นอนทางการเมือง เศรษฐกิจ ที่ส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ ทำให้เกิดการชะลอตัว จึงจำเป็นต้องใช้การสื่อสารแบบสร้างเรื่องราว (Story telling) สื่อให้ตรงไปยังกลุ่มเป้าหมาย

ดังนั้น การวิเคราะห์ SWOT ทำให้ทราบจุดแข็งฐานทรัพยากรธรรมชาติในชุมชนอยู่รอบแม่โจ้บ้านดินโฮมสเตย์มาเสริมการพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองให้เป็นกิจกรรมรองอีกกิจกรรมหนึ่งของโฮมสเตย์ เพื่อให้มีแหล่งท่องเที่ยวเชิงระบบนิเวศ สร้างการเรียนรู้กับชุมชน และเกิดภาพจำแห่งมิตรภาพที่ดีงาม โดยพื้นที่รอบแม่โจ้บ้านดินเป็นป่าชุมชนขึ้นและลดปัญหามลพิษทางอากาศ และสร้างบรรยากาศร่มรื่นได้ดี ซึ่งข้อมูล SWOT จะนำไปเสริมการสร้างคุณค่านวัตกรรมไก่พื้นเมืองเสริมอาหารหมักจุลินทรีย์โปรไบโอติกในระบบนิเวศเกษตรอินทรีย์ได้

2. Five Force model ธุรกิจที่พักโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินมีประเด็นต้องพิจารณาเกี่ยวกับแรงกดดัน 5 อย่างที่อาจเพิ่มการขับเคลื่อนธุรกิจ ได้แก่ การแข่งขัน อำนาจต่อรองของคู่ค้า อำนาจต่อรองของผู้ให้บริการ ภัยคุกคามจากธุรกิจที่พิกแบบทางเลือกอื่น ๆ และภัยคุกคามจากธุรกิจโฮมสเตย์รายใหม่ ๆ รายละเอียดดังนี้

1) การแข่งขันธุรกิจโฮมสเตย์ ธุรกิจโฮมสเตย์ในยุคปัจจุบันมีการแข่งขันที่ค่อนข้างสูงมีผู้ประกอบการหน้าใหม่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้องปรับเปลี่ยนกลยุทธ์เพื่อความอยู่รอดและสร้างความแตกต่าง พร้อมทั้งเจาะกลุ่มลูกค้าที่แตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะชาวต่างชาติที่ต้องการประสบการณ์ชีวิตที่เรียบง่ายและผ่อนคลายใกล้ธรรมชาติที่ต้องการหลีกเลี่ยงชีวิตในเมืองที่แออัดพร้อมทั้งได้มาเรียนรู้การใช้ชีวิตที่เรียบง่าย โดยมีการทำกิจกรรมให้ความรู้ในการทำเกษตรให้คนในเมือง และนักท่องเที่ยวที่เข้ามาพัก จะได้เรียนรู้วัฒนธรรมและวิถีชีวิตของชาวบ้าน พร้อมให้บริการแก่นักท่องเที่ยวเสมือนเป็นสมาชิกในครอบครัวหรือญาติเป็นสิ่งที่สามารถดึงดูดและสร้างความประทับใจให้กับลูกค้าได้

2) อำนาจต่อรองของคู่ค้าในธุรกิจโฮมสเตย์ จากลักษณะของโฮมสเตย์ที่มีกิจกรรมหลัก คือ การให้บริการด้านที่พักที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งรายได้หลักมาจากค่าห้องพักและอาหาร กิจกรรมเสริมหรือรายได้รองมาจากการจัดกิจกรรมฝึกอบรมต่าง ๆ ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ทำให้สามารถสร้างอำนาจการต่อรองต่อคู่ค้าได้ดี

3) อำนาจต่อรองของผู้ใช้บริการ ผู้มาใช้บริการที่โฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินอำนาจการต่อรองค่อนข้างต่ำ เนื่องจากความเป็นเอกลักษณ์และควมมีอัตลักษณ์ที่เฉพาะตัวของธุรกิจ สร้างความแตกต่างให้กับธุรกิจของตัวเองอย่างชัดเจน เช่น รูปแบบของโฮมสเตย์ บรรยากาศที่เป็น Home feeling กิจกรรมที่แตกต่างและอิงแอบไปกับธรรมชาติรอบตัวที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ทำให้นักท่องเที่ยวเห็นแล้วรู้สึกเกิดความประทับใจและรู้สึกอยากกลับมาใช้บริการซ้ำอีกครั้งในโฮมสเตย์หลังนี้

4) ภัยคุกคามจากธุรกิจที่พิกแบบทางเลือกอื่น ๆ ธุรกิจโฮมสเตย์เป็นธุรกิจการให้บริการที่พักที่ใกล้เคียงกับรีสอร์ทขนาดเล็กแต่ก็มีความแตกต่างค่อนข้างชัดเจน เนื่องจากธุรกิจโฮมสเตย์มีจุดประสงค์เพื่อให้นักท่องเที่ยวได้เข้ามาสัมผัสกับวิถีชีวิตของชาวบ้านในชุมชน ซึ่งผู้ประกอบการโรงแรมและรีสอร์ทส่วนใหญ่จะเน้นไปทางความสะดวกสบายและบรรยากาศของธรรมชาติเป็นหลัก ซึ่งการตัดสินใจอยู่ที่นักท่องเที่ยวว่าต้องการที่จะเข้าใช้บริการในลักษณะใด

5) ภัยคุกคามจากธุรกิจโฮมสเตย์รายใหม่ ๆ การทำกิจการธุรกิจโฮมสเตย์ปัจจุบันมีการแข่งขันกันสูงขึ้น เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคมีมากขึ้น ผู้ประกอบการรายใหม่ ๆ จึงเน้นทำตามกระแสและความต้องการของผู้บริโภคอยู่ตลอดเวลา แต่โฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินที่มีเอกลักษณ์และอัตลักษณ์ที่โดดเด่นในวิสัยทัศน์ ที่เน้นทำธุรกิจแบบการท่องเที่ยวแบบยั่งยืน อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มุ่งเน้นการสร้างชุมชนให้เข้มแข็งพึ่งพาตนเองได้ จึงได้รับผลกระทบหรือแรงกดดันจากโอกาสผู้แข่งขันรายใหม่ในธุรกิจนี้ไม่มากนัก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการระดมความเห็นจากสมาชิกที่กล่าวมา โดยนำกิจกรรมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองมาเสริมกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินแตกต่างจากที่พักทางเลือกแบบอื่น ๆ ธุรกิจโฮมสเตย์รายใหม่ ๆ และมีการพัฒนาโฮมสเตย์ไปสู่ความยั่งยืนมากขึ้น แต่สมาชิกวิสาหกิจเห็นว่าอาจมีแรงกดดันจากที่พักทางเลือกโฮมสเตย์อื่น ๆ หรือธุรกิจโฮมสเตย์รายใหม่ ๆ ที่อาจลอกเลียนแบบธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินได้ ดังนั้น กระบวนการสร้างสรรค์ด้วยนวัตกรรมให้แตกต่างจากคู่แข่งจึงจำเป็นด้วยนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ “ไก่พื้นเมืองเสริมอาหารหมักจุลินทรีย์โปรไบโอติก”

นวัตกรรมนี้ได้นำเอาเชื้อโปรไบโอติกมาใช้ในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำเกษตรในยุคปัจจุบัน เพราะผู้บริโภคสนใจในเรื่องความปลอดภัย สุขภาพอนามัย และสิ่งแวดล้อม เมื่อไก่ได้รับโปรไบโอติกจะมีส่วนทำให้สัตว์แข็งแรง มีภูมิคุ้มกันต่อโรค เจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพ รวมทั้งสภาพแวดล้อมบริเวณที่เลี้ยงสัตว์ไม่มีกลิ่นเหม็นจากการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ การคั่งค้างของสารอาหารประเภทโปรตีนที่จะกลายเป็นแอมโมเนียและก๊าซไข่เน่า จึงทำให้คุณภาพซากของสัตว์ดีและไม่มีการปนเปื้อน ปราศจากเชื้อก่อโรคปนเปื้อน จึงเป็นวิถีใหม่ของการทำเกษตรแบบผสมผสานที่ใช้เศษพืชผัก หญ้า และเศษอาหารที่ยังไม่เน่าเสียมาหมักเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งช่วยหมุนเวียนทรัพยากรในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และมูลของสัตว์ที่ได้ก็นำมาผลิตปุ๋ยบำรุงพืชพรรณ จึงเป็นการพึ่งพาตนเองไปสู่ความยั่งยืนอย่างแท้จริง (Boonrang, 2022)

วิเคราะห์การสร้างคุณค่านวัตกรรมไก่พื้นเมืองเสริมอาหารหมักจุลินทรีย์โปรไบโอติก

ธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินมีจุดแข็ง คือ ทรัพยากรธรรมชาติ และภูมิปัญญาของท้องถิ่น สามารถนำไปเสริมกิจกรรมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองด้วยอาหารหมักจุลินทรีย์โปรไบโอติกได้ จากนั้นออกแบบคุณค่าของธุรกิจโฮมสเตย์โดยมุ่งสนองความต้องการด้วยความแตกต่างที่อาศัยการสร้างสรรค์ และนวัตกรรมด้วยการนำเสนอคุณค่าให้แก่ลูกค้า สังเคราะห์

เป็นโมเดลห่วงโซ่คุณค่าความยั่งยืนด้วยการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ที่ใช้เศษวัตถุดิบอาหารและแหล่งวัตถุดิบอาหารในชุมชน โดยเสริมด้วยอาหารหมักที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก

โมเดลห่วงโซ่คุณค่าที่ยั่งยืนของธุรกิจแม่โจ้บ้านดิน มีคุณค่าที่สำคัญเกิดประโยชน์ต่อผู้ผลิตในโฮมสเตย์ ดังนี้ อาหารเสริมจากชุมชน ได้แก่ หนุ่เนเปี้ยสับ หยวกกล้วยสับละเอียด ข้าวโพด ปลายข้าวเหนียวหัก ร้าอ่อน น้ำสะอาด (Department of Livestock Development, 2013; Bureenok, *et al.*, 2005) ผสมหัวเชื้อโปรไบโอติก (*Lactobacillus plantarum* CMRU 80) มีปริมาณจุลินทรีย์ในกลุ่ม Lactic acid bacteria โดยไก่ประดู่หางดำมีต้นทุนการเลี้ยง (ค่าพันธุ์ไก่ ค่าอาหาร ค่าแรงงาน ค่าโรงเรือน) 180 วัน อยู่ที่ประมาณ 80 บาทต่อกิโลกรัม และต้นทุนการชำแหละอยู่ที่ประมาณ 20 บาทต่อกิโลกรัม แปรรูปเป็นไก่นึ่งพร้อมรับประทานกับน้ำพริกมีต้นทุนอยู่ที่ประมาณ 25 บาทต่อกิโลกรัม จำหน่ายให้กับนักท่องเที่ยวที่มาพักโฮมสเตย์ได้ราคา 200 บาทต่อกิโลกรัม มูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ 52%

โมเดลห่วงโซ่คุณค่าที่ยั่งยืนของธุรกิจแม่โจ้บ้านดินส่งคุณค่าไก่ประดู่หางดำเสริมอาหารหมักโปรไบโอติกธรรมชาติให้กับผู้บริโภค ดังนี้ ช่วยลดการใช้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียวยังช่วยลดการปล่อยไนโตรเจนออกสู่ชั้นบรรยากาศ การเลี้ยงไก่ประดู่หางดำเลี้ยงแบบเลี้ยงปล่อยตามธรรมชาติ เพื่อให้มีพื้นที่ว่างให้ไก่ได้เดินออกกำลังกายลดอาการเครียด พร้อมกับปลูกต้นไม้ให้ไก่ได้จิกกินได้เหมือนอยู่ในธรรมชาติ (Catchpole, and Henzell., 1971) ส่วนมูลไก่นำมาจำหน่ายทำปุ๋ยอินทรีย์ให้กับชุมชนในราคา 13-15 บาทต่อกิโลกรัม นำมาใช้หมุนเวียนบำรุงต้นผักสวนครัวของโฮมสเตย์ได้ การประมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 8.75 กิโลกรัมต่อเนื้อไก่ประดู่หางดำ 1 กิโลกรัม ต่ำกว่าเนื้อวัวปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงกว่า 10 เท่า

วิจารณ์ผลการวิจัย

การสร้างคุณค่าอย่างยั่งยืนของธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน ด้วยกิจกรรมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกเพื่อนำไปสู่การเป็นอาชีพที่ยั่งยืน ภูมิปัญญาการเลี้ยงและการให้อาหารไก่ ก่อให้เกิดรูปแบบการเลี้ยงและการจัดการที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และในขณะเดียวกันเกษตรกรสามารถนำเอาไปปฏิบัติในการเลี้ยงไก่ของตนเองได้ โดยไม่ขัดกับวิถีชีวิตของชุมชนและท้องถิ่น ทำให้มีอาหารโปรตีนบริโภคอย่างเพียงพอ เกิดการสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร เป็นรูปแบบการเลี้ยงไก่ที่ให้ผลผลิตที่ปลอดภัยต่อสุขภาพผู้บริโภค จึงส่งผลให้เกษตรกรเลี้ยงไก่เป็นอาชีพได้เกิดความมั่นคงทางด้านอาหารในชุมชนที่ประชาชนมีอาหารปลอดภัย และมีคุณค่าทางโภชนาการบริโภคอย่างเพียงพอ ด้วยมีระบบการผลิตที่เกื้อหนุนรักษาความสมดุลของระบบนิเวศวิทยา และมีความคงอยู่ของฐานทรัพยากรอาหารทางธรรมชาติ (Jaiwai *et al.*, 2013)

วิสาหกิจชุมชนโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดินมีกระบวนทัศน์มองมุมใหม่และคิดใหม่ที่ดีเน้นกิจการแบบการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ (Eco-tourism) มีการสร้างคุณค่าที่แตกต่างและความยั่งยืนครบในทุกมิติ ได้แก่ 1) การท่องเที่ยวที่มีความต่อเนื่องของทรัพยากรธรรมชาติและของวัฒนธรรม ซึ่งเป็นทรัพยากรหลักรวมถึงการมอบประสบการณ์ที่ดีแก่นักท่องเที่ยว 2) การท่องเที่ยวที่มีคุณภาพเน้นคุณภาพของสิ่งแวดล้อม ประสิทธิภาพนันทนาการและคุณภาพชีวิตของคนในชุมชน และ 3) การท่องเที่ยวที่มีความสมดุลระหว่างความต้องการของนักท่องเที่ยว คนในชุมชน และขีดความสามารถของทรัพยากรในด้านอาหารที่บริการแก่ผู้พักอาศัย

ปัจจุบันวิสาหกิจชุมชนแม่โจ้บ้านดินมีแหล่งอาหารที่เป็นพืช ผัก ผลไม้ และไข่ ที่มาจากเครือข่ายที่มีการปลูกแบบอินทรีย์และที่ผลิตได้เอง แต่ยังคงขาดแหล่งโปรตีนที่มาจากเนื้อสัตว์ ซึ่งในแง่ของการเลี้ยงสัตว์ที่เป็นได้ทั้งกิจกรรมหลักหรือกิจกรรมเสริมของการทำเกษตรแบบทฤษฎีใหม่ มีสิ่งสำคัญ คือ การดูแลสุขภาพสัตว์ให้แข็งแรง ไม่เกิดการเจ็บป่วย มีการเจริญเติบโตที่ดี ให้ผลผลิตเป็นอาหารโปรตีนดังที่ต้องการ จึงต้องมีเทคนิคในการเลี้ยงดูเป็นอย่างดีเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ยาปฏิชีวนะซึ่งอาจตกค้างในสัตว์และสิ่งแวดล้อมภายในแปลงเกษตร แล้วเกิดผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในธรรมชาติ โดยเฉพาะเชื้อก่อโรคที่อาจติดต่อมาได้ (Tancho, 2004)

ความเข้มแข็งของชุมชนร่วมกันทำและร่วมกันรักษาสืบสาน และสร้างการเรียนรู้ให้ผู้คน เพราะคนคือหัวใจของการพัฒนาและสร้างสรรค์นวัตกรรมชุมชนขับเคลื่อนทุนดีให้มีคุณค่า มีเป้าหมายเพื่อการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งในการใช้ทรัพยากร การผลิตผลิตภัณฑ์ ตลอดจนซากของผลิตภัณฑ์ (Saengnil *et al.*, 2021) เพื่อให้เกิดการท่องเที่ยวเชิงอาหาร (Gastronomy tourism) มีคุณค่ามากกว่าการตักกินอาหารตามแหล่งท่องเที่ยว แต่ครอบคลุมไปถึงการผลิต (เช่น การท่องเที่ยวเชิงเกษตร เยี่ยมชมแหล่งผลิตแบบพื้นถิ่น) ไปจนถึงขั้นหลังการบริโภค เช่น การผลิตสินค้าที่ระลึกเพิ่มมูลค่า แม้แต่การจัดการเศษอาหารเหลือทิ้ง ด้วยความต่อเนื่องนี้จะเปิดโอกาสอันดีให้นักท่องเที่ยวได้เต็มเต็มประสบการณ์ และสัมผัสกิจกรรมท่องเที่ยวอันหลากหลายที่เกี่ยวข้องมาจากอาหาร ซึ่งจะยังประโยชน์ให้เกิดกับสังคมเศรษฐกิจของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวของวิสาหกิจชุมชนให้เป็นแหล่งการเรียนรู้ ด้านการเลี้ยงและการจำหน่ายไก่พื้นเมืองให้เกษตรกรหรือชุมชนใกล้เคียง ตลอดจนผู้สนใจมาเรียนรู้ศึกษาดูงานเพื่อนำไปปรับใช้ และขยายการผลิตไก่พื้นเมืองอย่างยั่งยืนต่อไป และยังเป็นแนวทางให้เกษตรกรตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรในท้องถิ่น การสร้างคุณค่าร่วมระหว่างเกษตรกรที่ผลิตแหล่งอาหารที่มีความปลอดภัยไร้สารปฏิชีวนะโดยใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น

สรุปผลการวิจัย

ความสำคัญของการเลี้ยงไก่พื้นเมืองในฐานะธุรกิจโฮมสเตย์ที่สามารถสร้างคุณค่าอย่างยั่งยืน การเลี้ยงไก่พื้นเมืองเสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกเพื่อผลิตอาหารโปรตีนที่ปลอดภัยและมีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับชุมชน นอกจากนี้ยังเป็นโอกาสในการสร้างรายได้และยังเสริมภูมิปัญญาในการเลี้ยงไก่แบบยั่งยืน การสร้างคุณค่านี้มีมากกว่าแค่การผลิตอาหารและการบริโภค แต่ยังเน้นความยั่งยืนในทุกด้านของธุรกิจโฮมสเตย์และการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ นอกจากนี้ ยังเสนอแนวทางในการรวมอาหารในการท่องเที่ยว (Gastronomy tourism) และการนำแนวคิดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศเข้าสู่ฐานรากของชุมชน การผลิตอาหารที่ปลอดภัยและมีคุณค่าทางโภชนาการมีส่วนสำคัญในการสร้างคุณค่าให้กับชุมชนและช่วยให้มีความมั่นคงทางด้านอาหารในชุมชน นอกจากนี้ยังสนับสนุนแนวคิดการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างยั่งยืนและสร้างโอกาสในการเรียนรู้และแบ่งปันความรู้ในชุมชน เพื่อสร้างความเข้มแข็งและความยั่งยืนในทุกมิติของฐานรากชุมชนโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน สำหรับธุรกิจโฮมสเตย์และท่องเที่ยวเชิงนิเวศ (Eco-tourism) ที่มีคุณค่าทางสิ่งแวดล้อมและสังคมทั้งหมด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้คำปรึกษาและอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการปฏิบัติการวิจัยเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Boonrang, S. 2022. **Teaching materials on probiotic microorganisms for human and pet health subject: utilization of agricultural and food waste materials** Chiang Mai: Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University. 58 p. [in Thai].
- Bureenok, S., T. Namihira, Y. Kawamoto and T. Nakada. 2005. Additive effects of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria on the fermentative quality of guinea grass *Panicum maximum* Jacq. silage. **Grass Science** 51: 243-248.
- Catchpoole, V.R. and E.F. Henzell. 1971. Silage and silage making from tropical herbage species. **Herbage Abstracts** 41: 213-221. [in Thai]
- Department of Livestock Development. 2013. Standards for fermented animal feed plants of the Animal Feed Division. Bangkok: Agricultural Cooperatives Association of Thailand. [Online]. Available <http://www.dld.go.th/th/> (May 20, 2023). [in Thai]
- Intharueang, T. 2016. **Teaching Materials for the Course Sustainable Tourism Development and Management**. Bangkok: Marketing Department, Suan Sunandha Rajabhat University. 87 p.
- Jaiwai, P., S. Panphan and A. Wannachot. 2013. **Studying the System of Raising Chiang Mai Black-Tailed Pradu Chickens is a Sustainable Occupation for the Farmers Group**. 3 p. Complete Project Report. Chiang Rai: Tourism Authority of Thailand (TAT). [in Thai]
- Phongduang, A., A. Liatharakul, A. Phianmongkol, P. Takhiao and S. Chaturasitha. 2010. Consumption quality, smell and taste of the meat of Chiang Mai 1 black-tailed padauk chicken, Chiang Mai 1 black-tailed Padauk hybrid chicken and cockerel chicken. **Journal of Agricultural Research and Extension** 30(2): 37-46. [in Thai]
- Saengnil, K., S. Phuriphakdee and P. Siri Wong. 2021. Creating shared value for sustainability of community enterprises: approaches from foundational theory. **Kasem Bundit Journal** 22(2): 83-96. [in Thai]

- Tancho, A. 2004. **Natural Agriculture**. Chiang Mai: National Science and Technology Publishing House. 109 p.
- Thitichai, P. and P. Thaweekanyakan. 2021. **Report on the impact situation from the COVID-19 outbreak on non-communicable diseases and related factors in Thailand**. 13 p. Report on the Impact of the COVID-19 Pandemic on Non-communicable Diseases and Related Factors in Thailand. Bangkok: Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, Ministry of Public Health. ISBN (e-book) 978-616-11-4972-7.

การสำรวจปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริกข่าของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ An Exploration of the Factors Affecting Consumer Consumption of Galangal Chili Paste in Mueang District of Chiang Mai Province

ชญาดา พรจิรวิชัย* สุพจน์ บุญแรง และนักรสิทธิ์ ปัญโญใหญ่

Chayada Pornjirawichai, Supot Boonraeng and Naksit Punyoyai

สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการวิสาหกิจการเกษตรและอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50330

Program in Management Innovation of Agricultural and Food Enterprise, Faculty of Agricultural Technology,

Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50330

Corresponding author: chayada.pornji@gmail.com

Abstract

This research aims to study the factors influencing consumer consumption of galangal chili paste in Mueang district of Chiang Mai province. The findings will be used as a guideline for developing a galangal chili paste product that best aligns with consumer needs. Data was collected using questionnaires from a sample group of 400 individuals, both male and female, aged 18 and above. The sampling method used was non-probability sampling through convenience sampling. The collected data was analyzed using computer software with descriptive statistics including frequency, percentage, and mean. The research concluded that most respondents were female, originally from the upper northern region, aged between 40 and 49 years, holding a bachelor's degree, engaged in private business, with a monthly income between 20,000 to 29,999 Baht, married, and having 4-5 family members living together. The factors influencing the consumption of galangal chili paste were found to be as follows: The most significant raw material characteristic was that the galangal must be of a high-quality variety with recognized nutritional and medicinal properties supported by research. The most significant producer characteristic was being a producer from a community group certified with the Thai Community Product Standard (CPS). The most significant product characteristic was that the product must be clean and free from contaminants. The most significant packaging characteristic was that the packaging must clearly display the production and expiration dates.

Keywords: galangal chili paste, galangal, food as medicine, consumer consumption

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริกของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกที่มีคุณลักษณะสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด วิธีเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างทั้งเพศชายและเพศหญิงอายุ 18 ปีขึ้นไป จำนวน 400 คน ใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบไม่อาจอาศัยความน่าจะเป็น(Non-probability Sampling) ด้วยวิธีสะดวก (Convenience sampling) นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์โดยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ผลวิจัยสรุปได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมีภูมิลำเนาเดิมอยู่ในภาคเหนือตอนบน มีช่วงอายุระหว่าง 40 ถึง 49 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี อาชีพประกอบกิจการส่วนตัว รายได้ต่อเดือนตั้งแต่ 20,000 บาท ถึง 29,999 บาท สถานภาพแต่งงานแล้วและมีจำนวนสมาชิกในครอบครัวอยู่ร่วมกัน 4-5 คน โดยข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริก พบว่าปัจจัยด้านคุณลักษณะของวัตถุดิบที่ส่งผลมากที่สุด คือ วัตถุดิบจะต้องเป็นชาพันธุ์ดีมีคุณสมบัติเชิงเภสัชโภชนาที่มีงานวิจัยรองรับ ปัจจัยด้านคุณลักษณะของผู้ผลิตที่ส่งผลมากที่สุด คือ เป็นผู้ผลิตจากกลุ่มชุมชนที่ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไทย (มผช.) ปัจจัยด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ต้องสะอาดปราศจากสิ่งปลอมปน ปัจจัยด้านคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ส่งผลมากที่สุด คือ ต้องมีการแสดงวันผลิตและวันหมดอายุที่ชัดเจนบนบรรจุภัณฑ์

คำสำคัญ: น้ำพริกชา ชา อาหารเป็นยา การบริโภค

คำนำ

จากสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อย่างรุนแรงที่ผ่านมา ทำให้ผู้คนตระหนักถึงความสำคัญของการบริโภคพืชผักสมุนไพรและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติรวมถึงอาหารเพื่อสุขภาพเป็นการดูแลสุขภาพและช่วยป้องกันตนเองจากโรคภัยไข้เจ็บซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการบริโภคอาหารเป็นยา ที่มีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้แล้วในปี พ.ศ.2565 กระทรวงสาธารณสุขได้เล็งเห็นความสำคัญของสุขภาพประชาชนโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้กำหนดนโยบายเพื่อขับเคลื่อน“อาหารเป็นยา”เน้นการสร้าง الوعيให้ประชาชนเข้าถึงองค์ความรู้และมีความเชื่อมั่นนำไปสู่การบริโภคอาหารเป็นยาซึ่งเมนู“น้ำพริกชาอ่อน”เป็นอีกหนึ่งตัวอย่างเมนูอาหารเป็นยาที่กระทรวงสาธารณสุขแนะนำไว้สำหรับการบริโภคเพราะชาเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณช่วยแก้อาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับลมในลำไส้และแก้ปวดท้องได้ อีกทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี Traditional Thai Medicine and Alternative Medicine (2012) กล่าวถึง อาหารเป็นยา คือ อาหารที่มีผัก ผลไม้พื้นบ้านและสมุนไพรท้องถิ่นเป็นส่วนประกอบ ปลอดภัยจากเชื้อโรค สารเคมี และสารพิษ มีคุณค่าทางโภชนาการในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสม มีส่วนช่วยในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ลดความเสี่ยงในการเป็นโรค Bangsud and Arom (2015) กล่าวถึงน้ำพริกชาว่าเป็นอาหารที่นิยมในภาคเหนือ กินกับเนื้อควายหนึ่งหรือกรควายหนึ่ง นิยมทำเมื่อลัมว้าวหรือควาย เครื่องปรุงประกอบด้วยพริกแห้ง ข่าแก่ กระเทียม ตะไคร้ มะแขว่น เกลือ นิยมใช้แต่ข่าแก่ไม่ใช้ข่าอ่อนเพราะกลิ่นรสร้อนแรงกว่า

และเมื่อทิ้งไว้ไม่มีรสเปรี้ยว ถ้าจะเก็บไว้รับประทานนานๆ จะทำให้แห้งก่อนเก็บ นอกจากนั้นยังนิยมรับประทานกับหัวหมู นึ่ง และผัดต้มเช่น หน่อไม้ เห็ดนางฟ้า ดังนั้น ด้วยแนวคิดที่ว่าอาหารเป็นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นประเด็นการนำเอาพืช สมุนไพรเข้าไปใช้ประโยชน์ทำน้ำพริกซึ่งถือเป็นการพัฒนาน้ำพริกพื้นบ้านที่สอดคล้องกับกระแสการบริโภคของผู้คนที่ ปรับเปลี่ยนตามกาลเวลาและกระแสสังคมยุคปัจจุบันได้ให้ความสนใจต่อการบริโภคเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น การทำความเข้าใจมุมมองของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำพริกจะทำให้ผู้ประกอบการสามารถสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันพัฒนา ผลิตภัณฑ์ได้อย่างตอบโจทย์ตรงความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะดำเนินการศึกษาในหัวข้อเรื่อง การสำรวจปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริกของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริก โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก กลุ่มประชากรในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive research) ใช้วิธีการสำรวจ ความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคน้ำพริก โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและ วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. สำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างทั้งเพศชาย และเพศหญิงมีอายุอยู่ในช่วง 18 ปีขึ้นไป เพราะอยู่ในช่วงวัยที่ใกล้จบการศึกษาแล้วและเป็นกลุ่มคนรุ่นใหม่ที่มีอำนาจ การตัดสินใจซื้อด้วยตนเอง มีกำลังซื้อพอสมควร เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถทราบจำนวนประชากรเป้าหมาย ดังนั้น จึงใช้ การคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างกรณีไม่ทราบจำนวนประชากรด้วยตารางสำเร็จรูปของ Yamane 1967; Sincharu, 2020 โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ ± 5 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 400 คน เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสอบถามซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่ เกี่ยวข้องนำมาประยุกต์และออกแบบสอบถาม โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

ส่วนที่1 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นข้อคำถามชนิดปลายปิด (Close Ended) แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) จำนวน 8 ข้อ

ส่วนที่2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริกจำนวน 4 ด้าน คือ ปัจจัยด้านคุณลักษณะของ วัตถุดิบ ปัจจัยด้านคุณลักษณะของผู้ผลิต ปัจจัยด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ เป็น ข้อคำถามชนิดปลายปิด (Close Ended) แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) จำนวน 4 ข้อ โดยการกำหนดค่า น้ำหนักของการประเมินเป็น 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) ได้ดังนี้ (Sincharu, 2020) คะแนน 5 หมายถึงมากที่สุด คะแนน 4 หมายถึงมาก คะแนน 3 หมายถึงปานกลาง คะแนน 2 หมายถึงน้อย คะแนน 1 หมายถึงน้อยที่สุด โดยเกณฑ์ การแปลความหมายเพื่อจัดระดับค่าคะแนนเฉลี่ย กำหนดเป็นช่วงคะแนนดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00 แปลว่า ระดับมากที่สุด คะแนนเฉลี่ย 3.50-4.49 แปลว่า ระดับมาก คะแนนเฉลี่ย 2.50-3.49 แปลว่า ระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 1.50-2.49 แปลว่า ระดับน้อย คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49 แปลว่า ระดับน้อยที่สุด

ส่วนที่3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับน้ำพริก (ถ้ามีโปรดระบุ) เป็นข้อคำถามชนิดปลายเปิด (Open Ended)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ ด้วยการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ จาก การตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการสถิติเชิงพรรณนา เช่น การวิเคราะห์แบบสอบถามชนิดปลายปิด ด้วยวิธีการหาค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) การวิเคราะห์แบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่าด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย (Mean)

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการสำรวจปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 400 คน ได้ผลดัง Table 1 ดังนี้

Table 1 Percentage of survey respondents categorized by personal factors

Item	Number (400)	Percentage
Gender		
Male	128	32.00
Female	272	68.00
Age		
Less than 20 years	11	2.75
20 to 29 years	104	26.00
30 to 39 years	89	22.25
40 to 49 years	125	31.25
50 to 59 years	37	9.25
60 years and older	34	8.5
Educational level		
Elementary education	28	7.00
Lower secondary education	14	3.50
High school	30	7.50
Associate degree	19	4.75
Bachelor's degree	193	48.25
Postgraduate degree	116	29.00
Status		
Single	122	30.50
Married	194	48.50
Widow	18	4.50
Divorce	66	16.50

Table 1 (Continued)

Item	Number (400)	Percentage
Number of family members		
Living alone	66	16.50
Living together with 2-3 people	107	26.75
Living together with 4-5 people	138	34.50
Living together with 6 people or more	89	22.25
Monthly income		
Less than 10,000 Baht	126	31.50
10,000 to 19,999 Baht	37	9.25
20,000 to 29,999 Baht	160	40.00
30,000 to 39,999 Baht	24	6.00
40,000 to 49,999 Baht	22	5.50
50,000 Baht and up	31	7.75
Occupation		
University student	52	13.00
Government employee/state enterprise Employee	58	14.50
Private company employee	60	15.00
Homemaker/housewife	44	11.00
Farmer	80	20.00
Self-employment	106	26.50
Residential address		
Upper Northern region	227	56.75
Lower Northern region	16	4.00
North Eastern region	31	7.75
Western region	2	0.50
Central region	95	23.75
Eastern region	5	1.25
Southern region	24	6.00

Table 1 ผลการสำรวจข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 272 คน คิดเป็นร้อยละ 68.00 อายุตั้งแต่ 40 ถึง 49 ปี จำนวน 125 คน คิดเป็นร้อยละ 31.25 ระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 193 คน คิดเป็นร้อยละ 48.25 สถานภาพแต่งงานแล้ว จำนวน 194 คน คิดเป็นร้อยละ 48.50 มีจำนวนสมาชิกในครอบครัวอยู่ร่วมกันตั้งแต่ 4-5 คน จำนวน 138 คน คิดเป็นร้อยละ 34.50 รายได้ต่อเดือนตั้งแต่ 20,000 บาทถึง 29,999 บาท จำนวน 160 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 มีอาชีพประกอบกิจการส่วนตัว จำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ 26.50 ภูมิลำเนาเดิมอยู่ในภาคเหนือตอนบน จำนวน 227 คน คิดเป็นร้อยละ 56.75 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริกข่าของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริกข่าของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 400 คนได้ผลดัง Table 2

Table 2 Percentage of survey respondents categorized by the characteristics of galangal chilli paste

Item	Average	Level of opinion
Factors regarding the characteristics of raw materials		
1. Galangal and main ingredients free from chemical residues	4.34	High
2. Galangal and main ingredients certified with cultivation standards from reputable agencies.	4.32	High
3. High-quality galangal with pharmacological and nutritional properties supported by research	4.36	High
Factors related to the characteristics of the producer		
1. Produced from a modern factory meeting international standards	4.23	High
2. Produced by a community group certified with the community product standard	4.26	High
3. Produced from household kitchens for sale	4.20	High
Factors related to the characteristics of the product		
1. The reputation of the brand" or "Brand reputation"	3.78	High
2. The taste is pleasing to the palate" or "Delicious taste."	4.56	Highest
3. Has natural, unadulterated colors	4.26	High
4. Has a natural fragrance without artificial enhancement	4.48	High
5. Clean and free from adulteration	4.58	Highest
6. Free from MSG (Monosodium glutamate) powder	4.37	High

Item	Average	Level of opinion
Factors related to the characteristics of the packaging		
1. Environmentally friendly	4.29	High
2. Hermetically sealed packaging	4.59	Highest
3. Visually pleasing	4.18	High
4. Convenient to carry	4.40	High
5. Food and drug certified.	4.47	High
6. Nutrition information	4.34	High
7. Clearly display the production and expiration dates	4.62	Highest

จาก Table 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการนำพริกข่าของผู้บริโภค พบว่าผลการพิจารณาเป็นรายด้าน ได้แก่ ปัจจัยด้านคุณลักษณะของวัตถุดิบที่มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 คือ วัตถุดิบจะต้องเป็นข้าพันธุ์ดีมีคุณสมบัติเชิงเภสัชโภชนาที่มีงานวิจัยรองรับ ปัจจัยด้านคุณลักษณะของผู้ผลิตที่มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 คือ เป็นผู้ผลิตจากกลุ่มชุมชนที่ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ปัจจัยด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 คือ ผลิตภัณฑ์ต้องสะอาดปราศจากสิ่งปลอมปน ปัจจัยด้านคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 คือ ต้องมีการแสดงวันผลิตและวันหมดอายุที่ชัดเจนบนบรรจุภัณฑ์

วิจารณ์ผลการวิจัย

การสำรวจความคิดเห็นผู้บริโภคทั้งเพศชายและเพศหญิงอายุ 18 ปีขึ้นไป จำนวน 400 คน ซึ่งผลสำรวจที่ได้รับ จะเป็นแนวทางในการพัฒนาน้ำพริกข่าเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมีภูมิลำเนาเดิมอยู่ในภาคเหนือตอนบนมีช่วงอายุระหว่าง 40 ถึง 49 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี อาชีพประกอบกิจการส่วนตัว รายได้ต่อเดือนตั้งแต่ 20,000 บาท ถึง 29,999 บาท สถานภาพแต่งงานแล้วและมีจำนวนสมาชิกในครอบครัวอยู่ร่วมกัน 4-5 คน ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคด้านประชากรศาสตร์ (Seriratana, 1998) กล่าวว่า เพศที่แตกต่างกันส่งผลให้พฤติกรรมของแต่ละบุคคลในการติดต่อสื่อสารต่างกันในเพศหญิงมีความต้องการที่จะส่งและรับข้อมูลมากกว่าเพศชาย เพศเป็นตัวแปรในการแบ่งส่วนทางการตลาด ตัวแปรด้านเพศมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภค และการเปลี่ยนแปลงเกิดจากการที่เพศหญิงมีบทบาทมากขึ้น ตัวแปรด้านอายุ ผู้บริโภคที่มีช่วงอายุที่แตกต่างกันมีการตอบสนองผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน ตัวแปรด้านการศึกษาทำให้ระดับความคิดเห็น ค่านิยม ทัศนคติ และพฤติกรรม เกิดความแตกต่าง ผู้ที่การศึกษาสูงจะสามารถรับรู้ข้อมูลได้ดี ซึ่งทำให้เป็นผู้ที่ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ หากไม่มีหลักฐานและมักจะหาข้อมูลจากสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ ตัวแปรด้านรายได้เป็นตัวแปรกำหนดตลาด โดยปกติ นักการตลาดมักให้ความสำคัญกับกลุ่มผู้บริโภคที่มีฐานะทางการเงินที่สูง เกณฑ์เรื่องรายได้เป็นตัววัดความสามารถในการจ่ายสินค้า จะเห็นได้ว่ามีข้อขัดแย้งกับผลงานวิจัยของ Sangmanee (2016) ที่พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง

มีอายุระหว่าง 25-29 ปี มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,001-20,000 บาท ทั้งนี้ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าการที่มีรายได้ต่อเดือนที่สูงกว่าอาจมีความเกี่ยวเนื่องกับการมีช่วงอายุของกลุ่มตัวอย่างที่สูงกว่าด้วย แต่ก็ยังพบว่ามีข้อค้นพบที่มีความสอดคล้องกัน

ในด้านการมีจำนวนสมาชิกในที่พักอาศัยจำนวน 4-5 คน ซึ่งมีพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อด้วยตนเองโดยส่วนใหญ่จะซื้อน้ำพริกสำเร็จรูปพร้อมทานที่มีการระบุวันผลิตและวันหมดอายุบนบรรจุภัณฑ์อย่างชัดเจน และเป็นสินค้า OTOP รวมทั้งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Chalad and Tai-Saeng (2022) พบว่าการตัดสินใจซื้อน้ำพริกสำเร็จรูปสูตรโบราณนั้น การตัดสินใจซื้อของผู้ซื้อส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงที่มีครอบครัวแล้วและต้องการหาน้ำพริกที่มีรสชาติดีที่สอดคล้องกับค่านิยมการรับประทานน้ำพริกตามภูมิสำเนาของตน นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริก 4 ด้าน

ปัจจัยด้านที่ 1 คุณลักษณะของวัตถุดิบที่ส่งผลมากที่สุด คือ วัตถุดิบจะต้องเป็นข้าพันธุ์ดีมีคุณสมบัติเชิงเภสัชโภชนาการ งานวิจัยรองรับ สอดคล้องกับแนวคิดการบริโภคอาหารที่จะทำให้มีสุขภาพที่ดีหรือไม่ดีนั้นย่อมส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้ออาหารเพื่อสุขภาพโดยตรง หรืออีกทั้งการรับรู้เกี่ยวกับคุณค่าของอาหารเพื่อสุขภาพ นั้นจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรม จากการวิจัยพบว่าผู้บริโภคที่มีการรับรู้เกี่ยวกับอาหารเพื่อสุขภาพ (Borgmeier and Westenhoefer, 2009) อาจกล่าวได้ว่าผู้บริโภคที่รับรู้เกี่ยวกับอาหารเพื่อสุขภาพนั้น สามารถเป็นสิ่งที่มียุทธศาสตร์ต่อการเลือกบริโภคอาหารในท้ายที่สุด เพราะการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพนั้นการรับรู้เกี่ยวกับอาหารเพื่อสุขภาพนั้น ๆ ว่ามีคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์หรือไม่เป็นประโยชน์ ซึ่งจะส่งผลต่อการเลือกบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ

ปัจจัยด้านที่ 2 คุณลักษณะของผู้ผลิตที่ส่งผลมากที่สุด คือ เป็นผู้ผลิตจากกลุ่มชุมชนที่ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ซึ่งผลวิจัยข้อนี้ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Munwongtep and Ketsuwan (2014) ซึ่งทำการศึกษาแนวทางการพัฒนาคุณภาพน้ำพริกบ้านดอนสนามแบบมีส่วนร่วม พบว่า แนวทางพัฒนาที่สำคัญซึ่งรวบรวมได้จากการแสดงความคิดเห็นร่วมกันของสมาชิกกลุ่มทุกคน คือ สมาชิกทุกคนต้องร่วมกันพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มเพื่อให้ได้รับมาตรฐาน ออย. GMP HACCP HALAL Qmark ฮาลาล มผช. มอก. GAP มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และร่วมกันแสวงหาแหล่งที่มาของวัตถุดิบภายในชุมชนเพื่อใช้ในการผลิต แต่จะเห็นว่ามีข้อขัดแย้งของผลงานวิจัยด้านการให้ความสำคัญมากที่สุดในกระบวนการผลิตของน้ำพริกบ้านดอนสนามที่เน้นรสชาติจะต้องเหมือนเดิมทุกครั้ง ซึ่งในผลงานวิจัยนี้จะพบว่า

ปัจจัยด้านที่ 3 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ต้องสะอาดปราศจากสิ่งปลอมปน

ปัจจัยด้านที่ 4 คุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ส่งผลมากที่สุด คือ ต้องมีการแสดงวันผลิตและวันหมดอายุที่ชัดเจนบนบรรจุภัณฑ์ ซึ่งขัดแย้งกับผลงานวิจัยของ Thammakul (2008) ผลการศึกษาปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์น้ำพริกไต่ปลาแห้ง พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมากที่สุดโดยเมื่อพิจารณาทางด้านซึ่งอันดับหนึ่งได้แก่ รสชาติมีความเป็นเอกลักษณ์ รองลงมาเป็นการระบุถึงวันที่ผลิตและวันหมดอายุที่ชัดเจน การใช้วัตถุดิบและส่วนผสมที่มีคุณภาพ บรรจุภัณฑ์ ความสะอาด ตามลำดับ รวมทั้งยังขัดแย้งกับผลงานวิจัยของ Likhitrakulrungs (2011) ที่พบว่าปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่สำคัญต่อการตัดสินใจซื้อน้ำพริกสำเร็จรูปพร้อมรับประทานของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย ปัจจัยย่อย 3 ลำดับแรก คือ รสชาติ ไม่ใส่วัตถุกันเสีย/ไม่ใส่ผงชูรส และความสะอาด ซึ่งเห็นได้ว่าผลการวิจัยของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวมาข้างต้นนี้ล้วนพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญต่อย่อยปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคมากที่สุดเป็นอันดับแรก คือ รสชาติ

ทั้งนี้ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่า ผลงานวิจัยฉบับนี้ได้พบว่า ผู้บริโภคในปัจจุบันได้หันมาให้ความสำคัญปัจจัยผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีความสะอาดมาเป็นอันดับแรกเพราะกระแสนิยมอาหารเพื่อสุขภาพหรืออาหารเป็นยาแพร่หลายมากทำให้การเลือกรับประทานอาหารที่เน้นความสะอาดย่อมมีความปลอดภัยส่งผลดีต่อสุขภาพ Department of Medical Science, Ministry of Public Health (2022) กล่าวถึง คุณภาพและความปลอดภัยของน้ำพริกพร้อมบริโภคไว้ว่า การดำเนินชีวิตที่

เร่งรีบทำให้ผู้บริโภคต้องการความสะดวกและรวดเร็ว จึงมีผู้ผลิตจากทั้งระดับอุตสาหกรรมและชุมชนผลิตน้ำพริกพร้อมบริโภคจำหน่ายอย่างแพร่หลายโดยบรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย พวกเราได้สะดวก และสามารถรับประทานได้ทันที แต่เนื่องจากน้ำพริกพร้อมบริโภคเป็นอาหารที่มีได้ผ่านความร้อนสูงนักหากเลือกใช้วัตถุดิบด้วยคุณภาพหรือกระบวนการผลิตไม่ถูกสุขลักษณะอาจทำให้พบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ต่าง ๆ เกินเกณฑ์ยอมรับทั้งจุลินทรีย์ที่บ่งชี้คุณภาพของอาหาร จุลินทรีย์บ่งชี้สุขลักษณะการผลิตและจุลินทรีย์ก่อโรคอาหารเป็นพิษ อีกทั้งน้ำพริกพร้อมบริโภคเป็นอาหารทั่วไปที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น เน่าเสียและขึ้นราได้ง่าย ดังนั้นการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพและสะอาดจึงเป็นสิ่งสำคัญประการแรกที่จะช่วยลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้นในผลิตภัณฑ์

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สรุปว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริกของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกที่มีคุณลักษณะตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด ผลวิจัยสรุปได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมีภูมิลำเนาเดิมอยู่ในภาคเหนือตอนบน มีช่วงอายุระหว่าง 40 ถึง 49 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี อาชีพประกอบกิจการส่วนตัว รายได้ต่อเดือนตั้งแต่ 20,000 บาท ถึง 29,999 บาท สถานภาพแต่งงานแล้วและมีจำนวนสมาชิกในครอบครัวอยู่ร่วมกัน 4-5 คน โดยข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริโภคน้ำพริก พบว่า ปัจจัยด้านคุณลักษณะของวัตถุดิบที่ส่งผลมากที่สุด คือ วัตถุดิบจะต้องเป็นชาพันธุ์ดีมีคุณสมบัติเชิงเภสัชโภชนาที่มีงานวิจัยรองรับ ปัจจัยด้านคุณลักษณะของผู้ผลิตที่ส่งผลมากที่สุด คือ เป็นผู้ผลิตจากกลุ่มชุมชนที่ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ปัจจัยด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ต้องสะอาดปราศจากสิ่งปลอมปน ปัจจัยด้านคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ส่งผลมากที่สุด คือ ต้องมีการแสดงวันผลิตและวันหมดอายุที่ชัดเจนบนบรรจุภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความนิยมน้ำพริก เพื่อการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาโท สามารถดำเนินการจนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ บุญแรง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสิทธิ์ ปัญญาใหญ่ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 400 ท่านที่ได้ให้ความกรุณาในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Bangsud, S. and P. Arom. 2015. **Tasty of Lanna**. Bangkok: Sangdad Publishing. 5 p.
- Borgmeier, I., & Westenhoefer, J. 2009. Impact of different food label formats on healthiness evaluation and food choice of consumers: a randomized-controlled study. **BMC Public Health**, 9(1): 184.
- Chalad, N. and S. Tai-Saeng. 2022. **The marketing strategy of a traditional recipe ready-made chili businee in Tha Wung district, Lopburi Province**. [Online]. Available <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/WTURJ/article/view/258989/176462>
- Department of Medical Science, Ministry of Public Health. 2022. **Summary report of the project's progress of integrated food safety project for the fiscal year 2020**. [Online]. Available http://bqsf.dmsc.moph.go.th/bqsfWeb/index.php/sdm_downloads/food_safety_report_2563/ (December 19, 2023).
- Likhittrakulrung, S. 2011. The significant market factors influencing the decision to purchase ready-to-eat chilli paste for consumption by consumers in the Muang district, Chiang Mai province. [Online]. Available <http://repository.cmu.ac.th/handle/6653943832/9974?mode=full> (December 19, 2023).
- Munwongtep, T. and N. Ketsuwan. 2014. **The development of a chili paste group in Don Saman village, Dok Kam Tai sub-district, Dok Kam Tai district, Phayao province, with an emphasis on community participation**. [Online]. Available https://cscd.kku.ac.th/uploads/proceeding/070714_094555.pdf (December 19, 2023).
- Sangmanee, N. 2016. **Grouping consumers who purchase ready-to-eat chilli paste in the Bangkok metropolitan area, using factors related to market demand and purchasing behaviour**. [Online]. Available <https://searchlib.utcc.ac.th/library/onlinethesis/300841.pdf> (December 19, 2023).
- Seriratana, S. 1998. Marketing strategy. and marketing management. Bangkok: Theeraphilim/Sitex. 378 p.
- Sincharu, T. 2020. **Statistical data research and analysis with SPSS and AMOS**. Bangkok: Business R&D. 570 p.

- Thammakul, P. 2008. **Factors affecting purchase for chilli paste dried fish kidney of population in Trang Province.** [Online]. Available http://www.ba-abstract.ru.ac.th/AbstractPdf/2562-5-11_1602745370.pdf (December 19, 2023).
- Yamane, T. 1967. **Statistics: An introductory Analysis.** 2nd ed. New York: Harper & Row. 734 p.



ประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้
เรื่อง แต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินผลงานทางวิชาการ

ตามที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ กำหนดให้มีการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๖ “นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ” ระหว่างวันที่ ๒๑-๒๒ ธันวาคม ๒๕๖๖ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้บุคลากรทางการศึกษา วิจัยและพัฒนา นวัตกรรม ด้านการเกษตร อาหาร สุขภาพและสิ่งแวดล้อม ทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคธุรกิจ และภาคประชาชน มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ทางวิชาการ รวมทั้งเผยแพร่ผลงานวิจัย งานสร้างสรรค์และนวัตกรรมสู่สาธารณะในรูปแบบของการเสวนาวิชาการ การนำเสนอบทความ และขยาย เครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการระหว่างสถาบันการศึกษา วิจัยและพัฒนาของหน่วยงานราชการ และหน่วยงานเอกชน เพื่อย่อยทอดขยายผล พัฒนางานวิจัย นั้น

ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินการจัดประชุมวิชาการครั้งนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงแต่งตั้ง ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินผลงานทางวิชาการ เพื่อพิจารณาและประเมินผลงานทางวิชาการที่นำเสนอ ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๖ ดังนี้

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| ๑. ศาสตราจารย์พิเศษ ดร.ยุยยุทธ | โอสถสภา |
| ๒. ศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ | วรรณวิจิตร |
| ๓. รองศาสตราจารย์ ดร.วีระภาส | คุณรัตนสิริ |
| ๔. รองศาสตราจารย์ ดร.วรชาติ | วิศวพัฒน์ |
| ๕. รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณวิมล | คล้ายประดิษฐ์ |
| ๖. รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวเรศ | เรืองพานิช |
| ๗. รองศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ | ดวงมัลย์ |
| ๘. รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ | ศรีวิชัยลำพันธ์ |
| ๙. รองศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ | เกิดปราง |
| ๑๐. รองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย | นิติรัฐสุวรรณ |
| ๑๑. รองศาสตราจารย์ ดร.อารีย์ | เชื้อเมืองพาน |
| ๑๒. รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ | สาครวาลี |
| ๑๓. รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ | หวังเจริญ |
| ๑๔. รองศาสตราจารย์ ดร.ระวี | คณาภิรักษ์ |
| ๑๕. รองศาสตราจารย์ ดร.พุมิสรรค์ | เครือคำ |
| ๑๖. รองศาสตราจารย์ ดร.บงกชมาศ | เอกเอี่ยม |
| ๑๗. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรณัฐ | เจริญกิจ |
| ๑๘. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร | อมรเลิศพิศาล |
| ๑๙. รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพร | จันทร์ฉาย |
| | ๒๐. รองศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์... |

๒๐. รองศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์	จิตมนัส
๒๑. รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์	พวงงามชื่น
๒๒. รองศาสตราจารย์ ดร.แสงทอง	พงษ์เจริญกิต
๒๓. รองศาสตราจารย์ ดร.รภัสสรณ์	คงธนจารอนันต์
๒๔. รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย	ชวนอุดม
๒๕. รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต	ยวงสร้อย
๒๖. รองศาสตราจารย์ ดร.นุชรี	ศิริ
๒๗. รองศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์	มาศวรรณา
๒๘. รองศาสตราจารย์ ดร.สุลีมาศ	บุญไทย อีวาย
๒๙. รองศาสตราจารย์ ดร.จรงค์	หงษ์งาม
๓๐. รองศาสตราจารย์ ดร.คุณเดช	สุริหาร
๓๑. รองศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์	เชื้อหวด ชัยสิทธิ์
๓๒. รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี	วัฒนชัยยิ่งเจริญ
๓๓. รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี	ทาตระกูล
๓๔. รองศาสตราจารย์ ดร.มาฆะสิริ	เชาวกุล
๓๕. รองศาสตราจารย์ ดร.นิติพงศ์	จิตรีโกชน
๓๖. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรพร	กงบังเกิด
๓๗. รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์	ดีศีลธรรม
๓๘. รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา	สมตระกูล
๓๙. รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์	บุญเที่ยง
๔๐. รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา	เพ็งหนู
๔๑. รองศาสตราจารย์ ดร.สุดา	จักรทอง
๔๒. รองศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ	ไชยประพันธ์
๔๓. รองศาสตราจารย์ ดร.นริศ	ท้าวจันทร์
๔๔. รองศาสตราจารย์ ดร.จำเริญ	อ่อนทอง
๔๕. รองศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร	เกตุงาม
๔๖. รองศาสตราจารย์ ดร.ธนาทิพย์	แหลมคม
๔๗. รองศาสตราจารย์ ดร.บุญส่ง	เอกพงษ์
๔๘. รองศาสตราจารย์ ดร.มยุรี	กลัยาวัฒนกุล
๔๙. รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐยา	เหล่าฤทธิ
๕๐. รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงศ์	เบญจศรี
๕๑. รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร	คงเรือง
๕๒. รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์	พรสุริยา
๕๓. รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์นาค	นาถวรานันต์
๕๔. รองศาสตราจารย์ ดร.สินีสุข	ครุฑเมือง แสนเสริม
๕๕. รองศาสตราจารย์ ดร.จินดา	ชลีบทอง
๕๖. รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงศ์	อัครกุล

๕๗. รองศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์...

๕๗. รองศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์	สุนทรสุข
๕๘. รองศาสตราจารย์ ดร.อินทิรา	ลิจันทรพร
๕๙. รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา	บุญเลิศนรินทร์
๖๐. รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนาพร	โชคชัยศิริ
๖๑. รองศาสตราจารย์ ดร.สนธิสุข	ธีระชัยชยติ
๖๒. รองศาสตราจารย์อุไรวรรณ	ไอยสุวรรณ
๖๓. รองศาสตราจารย์นฤมล	อัครเกษมณี
๖๔. รองศาสตราจารย์ชฎาพร	ทิมาอุตมากร
๖๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.สุทธิดา	ปิยะเดชสุนทร
๖๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกริช	อนันตศรัณย์
๖๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์พงศ์	บ้องปรานี
๖๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทิยา	พนมจันทร์
๖๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์	สีม่วง
๗๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อจรรย์วดี	บุญคุ้ม
๗๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูลีพร	ถนอมศิลป์
๗๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณณานิ	สัมภาวะผล
๗๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวา	แก้วปลั่ง
๗๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภัสสร	บุษหมั่น
๗๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญธร	ศรีวิเชียร
๗๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร	อุด้าย
๗๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชิดศักดิ์	ทัพใหญ่
๗๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุพงศ์	วงศ์ตามี
๗๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชานนท์	ลามจิตร
๘๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จร.วรวิริ	แสงอาวุธ
๘๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พฤกษา	หล้าวงษา
๘๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรประพันธ์	สงเสริม
๘๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิจิตรา	แก้วสอน
๘๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง	พูลศิริ
๘๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สงวนศักดิ์	ธนาพรพูนพงษ์
๘๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสุวรรณ	นฤนาทวงศ์สกุล
๘๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร	คลังเพชร อุเอโนะ
๘๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ	สันธทรัพย์
๘๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย	แสงโชโยสวัสดิ์
๙๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิติเทพ	อยู่เย็นง
๙๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมล	งามสมสุข
๙๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา	ใสแก้ว
๙๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิกิจ	ผินรับ

๙๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญยุทธ...

๙๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญยุทธ	สุดทองคง
๙๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานุภาพ	วรรณคนาพล
๙๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรพินธุ์	สฤณีดีน้ำ
๙๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนรรฆอร	ศรีไสยเพชร
๙๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หยาดฝน	ทนางการกิจ
๙๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร	แสงศรีจันทร์
๑๐๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ	เหมฮึก
๑๐๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร	ตงศิริ
๑๐๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริกุล	ตุลาสมบัติ
๑๐๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีกาญจนา	คล้ายเรือง
๑๐๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรภา	ศุพรินทร์
๑๐๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย	วิริยะอลงกรณ์
๑๐๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษณุภาส	สังพาสี
๑๐๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทริกา	มณีพันธ์
๑๐๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา	หาญนอก
๑๐๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสร	กิจเจริญ
๑๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองเลียน	บัวจุม
๑๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิตา	พันธุ์มณี
๑๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จอมสุดา	ดวงวงษา
๑๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภา	อินสฤต
๑๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสนห์	รักเกื้อ
๑๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา	ทะพิงค์แก
๑๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นักสิทธิ์	ปัญญาใหญ่
๑๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิราภรณ์	ชัยวัง
๑๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาลัย	อารีรักษ์
๑๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรณพ	ทัศนอุดม
๑๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งกานต์	กล้าหาญ
๑๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์	อานี
๑๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แดนชัย	เครื่องเงิน
๑๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรณรงค์	สิริปิยะสิงห์
๑๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชนียะ	สมาลา
๑๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑารพ	สุธารธรรม
๑๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารักษ์	ธีรอำพน
๑๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พฤทธิ	ราชรักษ์
๑๒๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จริพร	เชื้อเจ็ดตน
๑๒๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดุสิต	ศรีวิไล
๑๓๐. อาจารย์ ดร.วาริน	สุทนต์

๑๓๑. อาจารย์ ดร.จิตราพร

งามพีระพงศ์

๑๓๒. อาจารย์ ดร.นิมมานรดี

พรหมทอง

๑๓๓. อาจารย์ ดร.ศรัณย์

จิ่นะเจริญ

ประกาศ ณ วันที่ ๑๓ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๖



(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล ทองมา)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้



รายงานประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566

“นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ”

21-22 ธันวาคม 2566

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โดย

สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปาฐกถาพิเศษ
โดย ดร.กริชผกา บุญเฟื่อง
ผู้อำนวยการสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
“นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ”
ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



เชิญเข้าร่วมรับฟังปาฐกถาพิเศษ....

**“ย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้
เพื่อสร้างเป็นพื้นที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจ
ด้วยนวัตกรรม”**

 **21 ร.ค. 66**  **STREAMING**
เวลา 09.00 - 10.00 น. 📍 ห้องข้าวหอมมะลิ



ดร.กริชผกา บุญเฟื่อง
ผู้อำนวยการสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ
(องค์การมหาชน)

 <https://conference.mju.ac.th>  0 5387 3411  mjuvirtual_conference@gmajejo.mju.ac.th



<https://www.youtube.com/watch?v=woCe1NBIVRs>

บรรยายพิเศษ
 โดย ดร.จุฬารัตน์ ตันประเสริฐ
 รองผู้อำนวยการ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
 สายงานกลยุทธ์องค์กร



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"
 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้




เชิญเข้าร่วมรับฟังบรรยายพิเศษ....
**"เกษตร อาหาร และสุขภาพกับยุทธศาสตร์
 การขับเคลื่อนประเทศไทยสู่เวทีโลก"**



22 ธ.ค. 66 **STREAMING**
 เวลา 09.00 - 09.45 น. 📍 ห้องข้าวหอมมะลิ



ดร.จุฬารัตน์ ตันประเสริฐ
 รองผู้อำนวยการ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
 และเทคโนโลยีแห่งชาติ สายงานกลยุทธ์องค์กร

<https://conference.mju.ac.th> ☎ 0 5387 3411 ✉ mjuvirtual_conference@gmaejo.mju.ac.th



<https://www.youtube.com/watch?v=rguAjs4D3uw&t=1777s>

บรรยายพิเศษ
โดย นายวิชัย ทองแตง
นักลงทุนใน “ธุรกิจสตาร์ทอัพ”



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
“นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ”
ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



เชิญเข้าร่วมรับฟังบรรยายพิเศษ....

**“กลยุทธ์การป้อนธุรกิจ
การเกษตรเพื่อความยั่งยืน”**

 **22 ธ.ค. 66**  **STREAMING**
เวลา 10.00 - 11.00 น. ♡ ห้องข้าวหอมมะลิ



นายวิชัย ทองแตง
นักลงทุนใน “ธุรกิจสตาร์ทอัพ”

 <https://conference.mju.ac.th>  0 5387 3411  mjuvirtual_conference@gmajejo.mju.ac.th



<https://www.youtube.com/watch?v=1AUGP0UKjXA&t=212s>

บรรยายพิเศษ
โดย คุณบัณฑิต ว่องกุศลกิจ
ประธานกรรมการบริษัทและประธานกรรมการบริหาร กลุ่มมิตรผล



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
“นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ”
ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้




เชิญเข้าร่วมรับฟังบรรยายพิเศษ....

“Bioeconomy in Agriculture, food and Health”

 **22 ธ.ค. 66**  **STREAMING**
เวลา 11.00 - 12.00 น. ♡ ห้องข่าวหอมมะลิ



ดร.บรรเทง ว่องกุศลกิจ
ประธานกรรมการบริษัทและประธานกรรมการบริหาร
กลุ่มมิตรผล

 <https://conference.mju.ac.th>  0 5387 3411  mjuvirtual_conference@gmajejo.mju.ac.th



<https://www.youtube.com/watch?v=g7YhhbUcO84&t=46s>

การเสวนาทางวิชาการ

การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 1

Co-Creation: กระบวนการร่วมสร้างสรรค์เมืองนวัตกรรม เกษตร อาหาร และสุขภาพ



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566

"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้



เสวนาวิชาการ ① **"Co-Creation: กระบวนการร่วมสร้างสรรค์เมืองนวัตกรรม เกษตร อาหาร และสุขภาพ"**

21 ธ.ค. 66

เวลา 10.00 - 12.00 น.

ห้องข่าวหอมมะลิ

LIVE STREAMING



ผู้เสวนา
ผศ.ดร.ภาสพิรุฬห์ วงศ์ศรีสำโรง
ประธานคณะกรรมการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรญาณ



ผู้เสวนา
รศ.ดร.วรวิญญู พูลเจริญ
CTO โกลบอลฟาร์ม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ผู้เสวนา
คุณธนารักษ์ พงษ์บุตร
ประธานสถาบันอุตสาหกรรมพลังงานเกษตร
รองประธานสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย



ผู้เสวนา
รศ.ดร.อวพรรณ อรรถเลิศพิศาล
คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



ผู้ดำเนินรายการ
ผศ.ดร.นทธีร เรืองนาคกุล
ผู้จัดการและงานพิเศษฝ่ายงานวิจัยและวิชาการ

<https://conference.mju.ac.th>

0 5387 3411

mjuvirtual_conference@gmaejo.mju.ac.th



https://www.youtube.com/watch?v=vZPna_5CVQQ

การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 2
 “มอง “โลก” เห็น “เรา” ปฏิบัติการบนฐานความรู้ว่าด้วย ป่าชุมชน ผู้คน
 บนฐานเศรษฐกิจชีวภาพของท้องถิ่น



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"
 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้




เสวนาวิชาการ ② มอง “โลก” เห็น “เรา” ปฏิบัติการบนฐานความรู้ว่าด้วย
 ป่าชุมชน ผู้คน บนฐานเศรษฐกิจชีวภาพของท้องถิ่น

21 ธ.ค. 66 เวลา 13.30 - 15.00 น. 9 ห้องข้าวหอมมะลิ **LIVESTREAMING**



ผู้เสวนา
คุณเด่น โยธภ
ผู้อำนวยการศูนย์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (ภาคเหนือ)



ผู้เสวนา
ผศ.ดร.สนกร สักดิ์ระสุพรรณ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่



ผู้เสวนา
อาจารย์ ดร.ณัฏฐ์ บุญสา
มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่



ผู้ดำเนินรายการ
อาจารย์ ดร.ไพฑูรย์ อ่องพะ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่

<https://conference.mju.ac.th> 0 5387 3411 mjuvirtual_conference@gmajejo.mju.ac.th



<https://www.youtube.com/watch?v=HNqPlwfhGGs&t=117s>

การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 3
การเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
“นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ”
 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



เสวนาวิชาการ ③ **“การเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร”**

21 ธ.ค. 66 เวลา 15.00 - 16.30 น. 9 ห้องข้าวหอมมะลิ

LIVE STREAMING



ผู้เสวนา
ผศ.ดร.รอง วรทัศน์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ผู้เสวนา
ผศ.ดร.สุพัตรา วงศ์แสนใหม่
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ผู้เสวนา
ผศ.ดร.ปรารภรณ์ สุนันท์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ผู้เสวนา
อาจารย์ ดร.นตพร ช้างสง
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ผู้ดำเนินรายการ
ผศ.ดร.รัตน์ สร้อยทอง
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

 <https://conference.mju.ac.th>

 0 5387 3411

 mjuvirtual_conference@gmajejo.mju.ac.th



<https://www.youtube.com/watch?v=O3TJmUqYkVI&t=298s>

การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 4
นวัตกรรมและเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตผลเกษตรและอาหารเพื่อสุขภาพ



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
“นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ”
 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



เสวนาวิชาการ ④ **“นวัตกรรมและเทคโนโลยีการแปรรูป
ผลิตผลเกษตรและอาหารเพื่อสุขภาพ”**

22 ธ.ค. 66 เวลา 13.00 - 14.30 น. 9 ห้อง Co making space สำนักหอสมุด

LIVE STREAMING



ผู้เสวนา
ผศ.ดร.กาญจนา นามประสม
 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ผู้เสวนา
อาจารย์ ดร.จิราพร ชามพริ้งพอห์
 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ผู้เสวนา
ผศ.ดร.ไพโรจน์ วงศ์ทงกiet
 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ผู้เสวนา
ผศ.ดร.ปิยะบุษ ปิยนกรณ
 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ผู้เสวนา
อาจารย์ ดร.กัญปภา พัสสิบุรกุล
 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ผู้ทรงคุณวุฒิ
คุณสมภรณ์ พงษ์ภณกร
 ประธานสถาบันสุขภาพและอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
 รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ผู้ดำเนินรายการ
ผศ.ดร.นิตกร เรืองนภากุล
 วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี

 <https://conference.mju.ac.th>

 0 5387 3411

 mjuvirtual_conference@gmajejo.mju.ac.th

การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 5
ทิศทางเกษตรปลอดภัยในเวทีไทยและเวทีโลก



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"
 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้



เสวนาวิชาการ ⑤ **"ทิศทางเกษตรปลอดภัยในเวทีไทย และเวทีโลก"**

🕒 **22 ธ.ค. 66 เวลา 13.00 - 16.00 น.** 📺 **Zoom Meeting** LIVE STREAMING



ผู้เสวนา
นายคม ตรีราช
เจ้าของ S&B Vich (Vich Varich)
ด้านอาหารจาก จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา



ผู้เสวนา
นายศราวุธ ตรีบุญธรรม
President & Chief Executive Officer (CEO)
Thai World Food (Thailand) Co., Ltd.



ผู้เสวนา
นางสาวสุภาวรรณ ส.
Chief of Business Director บริษัท (ป๊อป)
จำกัด (Jasoco Co., Ltd.) ประเทศไทย



ผู้เสวนา
นายภูวดี อินทร์มั่งง
เจ้าของ ฟาร์มอินทรีย์ จังหวัดฉะเชิงเทรา



ผู้เสวนา
นายนิลเชิ
เจ้าของสวนอินทรีย์ จังหวัดฉะเชิงเทรา



ผู้ดำเนินรายการ
อาจารย์ ดร. ปิยะ กอชสิทธิ์
คณบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้-จันทบุรี

🌐 <https://conference.mju.ac.th> ☎ 0 5387 3411 ✉ mjuvirtual_conference@maejo.mju.ac.th



<https://www.youtube.com/watch?v=4OAZBQBnSfA&t=190s>

การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 6

Lanna Creative City : การยกระดับการท่องเที่ยวชุมชนและผลิตภัณฑ์พื้นถิ่นล้านนา
ด้วยนวัตกรรมการตลาดในยุคดิจิทัล



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566

"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"

คณะพัฒนาการท่องเที่ยวร่วมกับคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



เสวนาวิชาการ ⑥ **"Lanna Creative City : การยกระดับการท่องเที่ยวชุมชนและผลิตภัณฑ์พื้นถิ่นล้านนาด้วยนวัตกรรมการตลาดในยุคดิจิทัล"**

🕒 22 ธ.ค. 66 เวลา 13.00 - 15.00 น. 📍 อาคาร VAM ชั้น 2 คณะบริหารธุรกิจ



ผู้เสวนา
คุณธิดา ไพรามัน
ผู้แทนผู้ประกอบการ Craft ผู้ผลิตจำหน่ายข้าวหอมมะลิ
เมืองลำพูน จากลำโพงอินออน (Fahmai Handloom)
กลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมเมืองลำพูน



ผู้เสวนา
คุณณัฐวัฒน์ พรหมยศ
ผู้เชี่ยวชาญด้าน Digital Marketing Ad Operations
Specialist at Primal Agency THAILAND



ผู้เสวนา
คุณกัญญ์ กัณยิณ
ผู้เชี่ยวชาญด้านพัฒนาภาคธุรกิจและนวัตกรรม
สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์
(องค์การมหาชน) เชียงใหม่



ผู้ดำเนินรายการ
อาจารย์ ดร.วุฒิชัย วงศ์ทะนูล
คณบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภาควิชาสังคมศาสตร์

🌐 <https://conference.mju.ac.th> ☎ 0 5387 3411 ✉ mjuvirtual_conference@maejo.mju.ac.th



<https://www.youtube.com/watch?v=Gbg9kD31Rgg&t=184s>

การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 7
การส่งเสริมตัวลิสงพันธุ์ใหม่สู่การใช้ประโยชน์จากหิ้งสู่ห้าง



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"
 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้



เสวนาวิชาการ ⑦ **"การส่งเสริมตัวลิสงพันธุ์ใหม่สู่การใช้ประโยชน์จากหิ้งสู่ห้าง"**

🕒 **22 ธ.ค. 66** เวลา 13.30 - 16.00 น. 📍 ห้อง 202 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม



นางปาล์ม พงษ์
ผู้อำนวยการศูนย์ส่งเสริมพัฒนาพันธุ์พืช
กรมส่งเสริมการเกษตร



ดร.มณฑา จิตพันธ์
อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



ดร.มริณดา รักษ์
ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร
กรมส่งเสริมการเกษตร



นางสาวรุจิรา หล้าวงศา
ผู้จัดการส่งเสริมการตลาดฝ่ายวิชาการ
สำนักงานเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก



นายเอกสิทธิ์ ศรีตติโร
ผู้อำนวยการศูนย์เกษตรอินทรีย์
สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่



นายไชยวัฒน์ เทดา
ผู้อำนวยการศูนย์เกษตรอินทรีย์
สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่



อาจารย์ ดร.ธิดาวัลย์ ศิริบุรินทร์
คณาจารย์สายเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

🌐 <https://conference.mju.ac.th> ☎ 0 5387 3411 ✉ mjuvirtual_conference@gmaejo.mju.ac.th

การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 8
การพัฒนาสวนยางพาราสู่สมาชิกชุมชน



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"
 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้



เสวนาวิชาการ ⑧ **"การพัฒนาสวนยางพาราสู่สมาชิกชุมชน"**

23 ธ.ค. 66 เวลา 10.00 - 12.00 น. ห้อง 304 LIVE STREAMING



ผู้เสวนา
ดร.วิฑูรย์ พรหมณี
 หัวหน้างานวิจัยและพัฒนาทางสัตวศาสตร์
 สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย
 ประเด็น "สวัสดิภาพและแนวทางการเลี้ยงสัตว์"



ผู้เสวนา
นายพยนต์ แสงเพ็ชร์
 หัวหน้างานส่งเสริมการแปรรูปยางและแปรรูปไม้
 ฝ่ายส่งเสริมและพัฒนาระบบการผลิต
 ประเด็น "การส่งเสริมแปรรูปยางและไม้ยาง
 เพื่อสวนยางยั่งยืน"



ผู้เสวนา
นายชกกรณ์ รณปา
 ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายต่างประเทศ
 จังหวัดสระบุรี
 ประเด็น "การเชื่อมโยงกับห่วงโซ่อุปทาน
 การบริหารจัดการสวนยางยั่งยืน"



ผู้เสวนา
นายจิรพงษ์ จิตนารพ
 ผู้อำนวยการฝ่ายนโยบายและการ
 และสถาบันเกษตรกร
 ประเด็น "การพัฒนาศูนย์ข้อมูลเกษตรกร
 เพื่อความยั่งยืนในสมาชิก"



ผู้ดำเนินรายการ
ผศ.ดร.จิรวัฒน์ บุญราศรี
 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้

 <https://conference.mju.ac.th>
 0 5387 3411
  mjuvirtual_conference@maejo.mju.ac.th



<https://www.youtube.com/watch?v=wO04xJneWUQ&t=5333s>

การนำเสนอผลงานวิชาการ



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"
 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้




การนำเสนอผลงานทางวิชาการ
"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"



 **21 ร.ค. 66**
 ภาคบ่าย 13.30 - 16.30 น.

Session 1: เทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร ด้านพืช ♣ ห้องข้าวสาส์
 Session 2: นวัตกรรมการแปรรูปผลิตผลการเกษตรและอาหาร
 นวัตกรรมด้านสุขภาพ ♣ ห้องประชุม 301
 Session 3: นวัตกรรมสิ่งแวดล้อม ♣ ห้องประชุม 304

 <https://conference.mju.ac.th>  0 5387 3411  mjuvirtual_conference@gmaejo.mju.ac.th



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"
 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้




การนำเสนอผลงานทางวิชาการ
"นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ"



 **22 ร.ค. 66**
 ภาคเช้า 10.00 - 12.00 น.
 ภาคบ่าย 13.00 - 16.00 น.

Session 4: เทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร ด้านพืช ♣ ห้องประชุม 304
 Session 5: นวัตกรรมการตลาดและธุรกิจการเกษตร ♣ ห้องประชุม 301

Session 6: เทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร ด้านพืช ♣ ห้องประชุม 301
 Session 7: เทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร ด้านพืช ♣ ห้องประชุม 304
 Session 8: เทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร ด้านสัตว์ และประมง ♣ ห้องข้าวสาส์

 <https://conference.mju.ac.th>  0 5387 3411  mjuvirtual_conference@gmaejo.mju.ac.th

กลุ่ม 1: เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร ด้านพืช

ลำดับ	ชื่อบทความ	ผู้บรรยาย
ประธาน รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภิธา อ้าทอง เลขานุการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชนี พุทธา		
1	การศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกกล้วยขงพันธุ์ CBD type และ Superfood type	ดร.วชิระ เกตุเพชร
2	ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของใบพายอัลบิดา <i>Cryptocoryne albida</i> ในระบบไฮโดรโปนิกส์	นางสาวเบญญากร หล้าบรรเทา
3	ผลการเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 ต่อการเจริญเติบโต และสาระสำคัญของพรรณไม้น้ำ พรหมิ (<i>Bacopa monnieri</i>) ในระบบปลูกพืชไร้ดิน	นางสาววรรัตน์ น้ำผึ้ง
4	ผลของชนิดพลาสติกฟิล์มต่อการเจริญเติบโต คุณภาพ และผลผลิตของผักกาดหอม	นางสาวจริญญา ฤทธิรัมย์
5	ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวภายใต้สภาพขาดน้ำ	อาจารย์ ดร.ธิดารัตน์ ศิริบุรณ์
6	ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าโภชนาการของผักเคลียงที่ปลูกในแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร จังหวัดชุมพร	อาจารย์ ดร.จิระศักดิ์ วิชาสวัสดิ์
ประธาน รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี เลขานุการ อาจารย์ ดร.ธิดารัตน์ ศิริบุรณ์		
7	ผลของฤดูปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาที่สามารถติดผลได้โดยไม่ต้องผสมเกสร 12 พันธุ์ที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน	นางสาวพุดิตา หลักไหล
8	ความสัมพันธ์ระหว่างความมีชีวิต ความงอกของละอองเกสร การติดผล และความสัมพันธ์ของสภาพอากาศที่มีผลต่อการติดผลของฝรั่งพันธุ์ไรเมล็ด เเดนขุนวัง และบางกอกแอปเปิล	นางสาวฐานิสรณ์ วรรณศรี
9	ผลของระยะเวลาการเตรียมอับละอองเกสรพร้อมกับความเข้มข้นของ 2,4-D ต่อการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรพริก ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ ‘ปากคลอง’	นางสาวพรพนซ์ มีกุล
10	การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของเนื้อเยื่ออวัยวะระบบเปิด	นางสาวจิราพร พรหมขุนทด
11	ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพริกพันธุ์พื้นเมือง นครพนม	อาจารย์ ดร.ชัชวาล แสงฤทธิ์

กลุ่ม 2: นวัตกรรมการแปรรูปผลิตผลการเกษตรและอาหาร นวัตกรรมด้านสุขภาพ

ลำดับ	ชื่อบทความ	ผู้บรรยาย
ประธาน รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล เลขานุการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน		
1	การศึกษาความสามารถในการซึมผ่านในเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่คาโคทูและความคงตัวของสารสำคัญของสารสกัดจากว่านหางจระเข้ในเซลล์ตับเพาะเลี้ยง	ผศ.ดร.ภก.ดำรงศักดิ์ เป็กทอง
2	การเปรียบเทียบกระบวนการสกัดผงบุกที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เชิงหน้าที่	นางสาวนุชจรินทร์ โพธิ์
3	การเตรียมเซลล์โอลิโกแซคคาไรด์โดยการย่อยเซลล์ลูโลสจากลำไยดิบด้วยเอนไซม์	อาจารย์ ดร.จุฑามาศ มณีวงศ์
4	ความคงตัวของสารให้สีจากธรรมชาติ และคุณภาพผลิตภัณฑ์หัตถ์ที่ประกอบในระหว่างการเก็บรักษาด้วยกระบวนการแช่เยือกแข็ง	นายณัฐพงษ์ มุ่งเมือง
5	การตั้งตำรับครีมบำรุงผิวกายที่มีน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ	รศ.ดร.จิตติพรรณ ฉิมสุข
6	การพัฒนาชุดผลิตภัณฑ์สปาบำรุงเส้นผมสูตรอ่อนโยนจากสารสกัดสมุนไพรไทย	อาจารย์ศนิพร จันทบุรี
7	ซูปลิงกาหมาดพรมบรีโกล	รศ.ดร.ชุตินุช สุจริต
ประธาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนันท์ภัทร์ ราษฎร์นิยม เลขานุการ อาจารย์ ดร.ศรัณญา สุวรรณอังกู		
8	การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงทอง	รศ.ดร.พิชญอร ไหมสุทธิสกุล
9	ผลของเกลือโซเดียม แคลเซียม และโพแทสเซียมต่อคุณสมบัติของมอสซาเรลล่าชีส	นางสาวรวงข้าว ทรายา
10	การใช้แปรงผสมและไขน้ำสำหรับพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากพืช	นางสาวณัชชา หงษ์ภักดี

กลุ่ม 3: นวัตกรรมสิ่งแวดล้อม

ลำดับ	ชื่อบทความ	ผู้บรรยาย
ประธาน รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี อินธนู เลขานุการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชณ์ สร้อยทอง		
1	การใช้งานถังหมักปุ๋ยในครัวเรือนสำหรับขยะอินทรีย์และเศษอาหาร	ผศ.ดร.ศิราภรณ์ ชื่นบาล
2	ถ่านชีวภาพดัดแปลงเสริมด้วยจุลินทรีย์บำรุงจากฟางข้าวสำหรับการส่งเสริมการเจริญของพืชและปรับปรุงดิน	ผศ.ดร.มุจลินทร์ ผลจันทร์
3	การส่งเสริมการทำเกษตรอินทรีย์พื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างชาญฉลาดและยั่งยืน	อาจารย์ ดร.จิตาภรณ์ น้อยนาลุ่ม
4	ความหลากหลายชนิดและอัตราการเพิ่มพูนของไม้ไผ่ในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดแพร่	ผศ.ดร.กฤษดา พงษ์การณภาส
5	การสำรวจไวรัสโคโรนาในนกในประเทศไทย	นายภักพล ศิลปานนท์
6	การพัฒนาชุดย้อมหม้อหอมธรรมชาติสำเร็จรูปด้วยหัวเชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์แบบแห้ง	รศ.ดร.ณัฐพร จันทรฉาย
ประธาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลักขณา สัมมานิธิ เลขานุการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ดวงธิดา		
7	ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเกี่ยวกับข้อบัญญัติท้องถิ่นเพื่อควบคุมกิจกรรมการเกษตร ที่ก่อให้เกิดมลพิษทางแสงต่อสิ่งแวดล้อม	ผศ.พิทักษ์ ศศิสุวรรณ
8	ความพร้อมของสินทรัพย์ทางกายภาพเพื่อการพัฒนาย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้	อาจารย์พิทักษ์พงศ์ แบ่งทิศ
9	การปลูกหน่อไม้สำหรับการเกษตรในเมือง	ผศ.ดร.อภิสิทธิ์ ชิตวณิช

กลุ่ม 4: เทคโนโลยีและนวัตกรรมกรรมการเกษตร ด้านพืช

ลำดับ	ชื่อบทความ	ผู้บรรยาย
ประธาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ อินทสาร เลขานุการ อาจารย์ ดร.ฉัตรปวีณ์ เดชจิรัตน์ศิริ		
1	ความแข็งของดินในพื้นที่ห้วยอมป่า สวนชาเมี่ยง สวนยางพารา และสวนลำไย บริเวณบ้านกอก ตำบลแม่อลาว อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา	ผศ.ดร.ธนากร ลัทธิตีระสุวรรณ
2	คุณสมบัติดินในพื้นที่ห้วยอมป่า สวนกาแฟ สวนชาเมี่ยง และความหลากหลายของพืช ในพื้นที่บ้านป่าเหมี้ยง ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง	นายเทวัญ จันทร์พรหม
3	ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ที่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดสี	อาจารย์ ดร.จุฑามาศ พิลาดี
4	ผลของวัสดุเพาะจากเศษเหลือชีวมวลจากอ้อยและข้าว ต่อการเจริญเติบโต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ ในต้นอ่อนฟ้าทะลายโจร	นางสาวเพ็ญนภา ธานะวิโรจน์
5	ชีวนวัตกรรมวัสดุปรับปรุงดินจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเก่า	รศ.ดร.ณัฐพร จันทน์ฉาย
ประธาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา คงจัญญ เลขานุการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร แสงศรีจันทร์		
6	การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย จากดอกเอื้องคำสด ด้วย GC-MS/MS TQ	นางสาวรุ่งทิพย์ กาวารี
7	ผลของไบโหมินสำปะหลังหมักแบคทีเรีย <i>Lactobacillus</i> <i>casei</i> TH14 ในสูตรอาหารต่อองค์ประกอบทางเคมี จลนศาสตร์การผลิตแก๊สและความสามารถในการย่อยได้ ในหลอดทดลอง	นายดวงจัน สมบัติเทพาลี
8	ไมโครเอนแคปซูเลชันสารสกัดเห็ดหลินจือสำหรับควบคุม การปลดปล่อยสารต้านอนุมูลอิสระ ในสภาวะเลียนแบบ ทางเดินอาหารสัตว์ปีก	นางสาวปิยาพัชร เพ็ชร วัฒนาภา
9	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์การต้านเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดเห็ด กระถินพิมาน (<i>Phellinus linteus</i>)	อาจารย์ ดร.ฉันทนา ชูแสงวทรัพย์

กลุ่ม 5: นวัตกรรมการตลาดและธุรกิจการเกษตร

ลำดับ	ชื่อบทความ	ผู้บรรยาย
ประธาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภัศร วรรณสถิตย์ เลขานุการ อาจารย์ ดร.จักรพงษ์ สุข		
1	การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความนิยมน้ำพริกข่า	นางสาวชญาดา พรจิรวิชัย
2	การสร้างคุณค่าอย่างยั่งยืนของธุรกิจโฮมสเตย์แม่โจ้บ้านดิน ด้วยกิจกรรมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเสริมอาหารหมักจุลินทรีย์โปรไบโอติก	นางสาวชนมน เล็กนามณรงค์
3	การศึกษากลยุทธ์ทางการตลาดและแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากเนื้อในเมล็ดักยุง	นางสาวมนัญญา คำมี

กลุ่ม 6: เทคโนโลยีและนวัตกรรมกรรมการเกษตร ด้านพืช

ลำดับ	ชื่อบทความ	ผู้บรรยาย
ประธาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นลิน วงศ์ขัตติยะ เลขานุการ อาจารย์ ดร.พรพรรณ อุตมั่ง		
1	การศึกษาสูตรอาหารในการเลี้ยงต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มรงควัตถุของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง	นางสาวณัฏฐศิริ สุตดวง
2	กิจกรรมต้านจุลินทรีย์ก่อโรคขาวของ <i>Bacillus velezensis</i> และการสร้างสารลดแรงตึงผิวทางชีวภาพ	นางสาวธัญชนก เอื้ออาจีน
3	ความหลากหลายของเชื้อราที่แยกได้จากเห็ดสมุนไพรจีน <i>Ophiocordyceps sinensis</i> จากประเทศจีน และศักยภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	นางสาวสุวรรณโณม ชาตินรินทร์
4	การคัดเลือกสายพันธุ์เห็ดถั่งเช่าที่เบตและคุณลักษณะของเชื้อราที่มีประโยชน์ที่คัดแยกจากดอกเห็ดถั่งเช่าที่เบตในธรรมชาติ	นางสาวสุวรรณโณม ชาตินรินทร์
ประธาน รองศาสตราจารย์ ดร.แสงทอง พงษ์เจริญกิต เลขานุการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา หาญนอก		
5	ความหลากหลายทางพันธุกรรมและปริมาณสารแคปไซซินในพริกพื้นเมืองที่มีศักยภาพของประเทศไทย	ดร.มณฑิยา แสงคะหมื่น
6	ความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีนที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกในลำไยพันธุ์ต่าง ๆ จากการกระตุ้นด้วยสารโพแทสเซียมคลอเรต	ผศ.ดร.สุภารัตน์ ลีธนะอุดม
7	สมรรถนะการรวมตัวในลักษณะคุณภาพผลของแตงเทศ (<i>Cucumis melo</i> L.) สายพันธุ์แท้	นางสาวนันทิยา นิตยวัฒน์กุล
8	การจัดกลุ่มพันธุ์ข้าวไทยด้วยลำดับนิวคลีโอไทด์ที่แตกต่างของยีนซึ่งเกี่ยวข้องกับความทนแล้ง	อาจารย์ ดร.กนกวรรณ จันทร์เพ็ญ
9	การแก้ไขยีน Pi21 โดยระบบ CRISPR/Cas9 เพื่อให้ข้าวต้านทานโรคไหม้	นายณัฐพงษ์ มลฑาทอง
10	เครื่องหมายไมโครแซตเทลไลต์ที่แยกความแตกต่างระหว่างข้าวโพดสูงและต่ำ	ผศ.ดร.ยุพเยาว์ คบพิมาย

กลุ่ม 7: เทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการเกษตร ด้านพืช

ลำดับ	ชื่อบทความ	ผู้บรรยาย
ประธาน รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี คงดี อัลเตรด เลขานุการ อาจารย์ ดร.เนตรพร ต้วงสง		
1	อิทธิพลของความเร็วในการตีฟองต่อสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ ที่ใช้เปลือกกล้วยเป็นสารตัวเติม	นางสาวอรุณศรี เอี่ยมรัมย์
2	การคัดเลือกวัสดุตัวกลางรวมกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลาสมาสำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิววัสดุเพื่อควบคุมไรศัตรูพืช	รศ.ดร.วีรนนท์ ไชยมณี
ประธาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย วิริยะอลงกรณ์ เลขานุการ อาจารย์ ดร.อำพล สอนสระเกษ		
3	การประเมินความเสี่ยงภัยแล้งพื้นที่ปลูกมะม่วง ด้วยเทคนิค การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ ตำบลแม่บึง อำเภอพรวัว จังหวัดเชียงใหม่	นายสุทธิพงษ์ ศรีฉัตรใจ
4	ไขปริศนาผลกระทบและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวนาปีตามเขตชลประทาน: กรณีศึกษาทางเศรษฐกิจจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย	นายธนากร แสนสาร
5	ความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำภาคการเกษตรภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ลุ่มน้ำแม่แปะตอนบน อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่	นายยศสรณ์ ศรีสุข

กลุ่ม 7: เทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการเกษตร ด้านพืช (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อบทความ	ผู้บรรยาย
ประธาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ เลขานุการ อาจารย์นนท์ ปิ่นเงิน		
6	การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก Multispectral ในการประเมินผลผลิตของ ถั่วเหลืองฝักสดในพื้นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่	นางสาวภาณุมาศ เวชกร
7	การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อคัดแยกระดับความสุกของมะม่วงโดยใช้เทคนิคค่าเฉลี่ยของสี	ผศ.วิทยา บุญสุข
8	ระบบแยกเพศเมล็ดกัญชาโดยใช้วิธีการเรียนรู้ของเครื่อง	ผศ.ดร.หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ
9	การดัดแปลงเครื่องผลิตผักไมโครกรีน เพื่อทดสอบผลของความเข้มของแสงและจีโนไทป์ ในการผลิตและขยายปริมาณกิ่งปักชำขนาดเล็กของต้นสมุนไพรรำเพียเซียแอนนัว	นางสาววันนิสา เชื้อคง
10	การยอมรับการใช้แอปพลิเคชันต้นแบบบริการข้อมูลด้านอารักขาพืช ของเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่	นายปกป้อง ญาณะโค

กลุ่ม 8: เทคโนโลยีและนวัตกรรมกรรมการเกษตร ด้านสัตว์ และประมง

ลำดับ	ชื่อบทความ	ผู้บรรยาย
ประธาน รองศาสตราจารย์ ดร.ระวี คณชาบริรักษ์ เลขานุการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจนจิรา หม่องอัน		
1	ผลของแมลงอาศัยต่อชีววิทยาของแตนเบียน <i>Microplitis manilae</i> Ashmead (Hymenoptera: Braconidae)	นางสาวณัฐริกา สีขาว
2	การควบคุมไรศัตรูผึ้ง (<i>Tropilaelaps</i> sp. และ <i>Varroa</i> sp.) ด้วยลิเทียมคลอไรด์ ในผึ้งพันธุ์ (<i>Apis mellifera</i> L.)	นางสาวพนารัตน์ สงวนศรี
ประธาน รองศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส เลขานุการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมลักษณ์ สมพงษ์		
3	การใช้หนอนแมลงวันลายอบแห้งเป็นอาหารปลาบึก อินทรีย์	ผศ.ดร.สุดาพร ตงศิริ
4	ผลของสารสกัดจากเปลือกสีเสียดแห้งต่ออัตราการรอด และการเติบโตของลูกปลากัดสายพันธุ์หางมงกุฏ	นายปรีดา ไวยเจริญ
5	ศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการกินอาหารต่อวันของ กุ่มม้งกรเลน (<i>Panulirus polyphagus</i> Herbst, 1793) ที่มีขนาดแตกต่างกันสามขนาด	นางสาวรุ่งทิพา คนสันทัด
6	แนวทางการพัฒนาการประมงปูม้าพื้นบ้านสู่คุณภาพ มาตรฐาน กรณีศึกษาจังหวัดตรัง	รศ.ดร.ธงชัย นิติรัฐสุวรรณ
7	การศึกษารูปแบบการกวนที่เหมาะสมต่อการ เจริญเติบโต ของสาหร่ายคลอเรลลา	นางสาวกัญญารัตน์ พูลทะจิตร
8	การใช้ 17 เบต้า-เอสตราไดออลสลับเพศของปลานิล ซูเปอร์แมล	อาจารย์ ดร.จักร อรัญยกานนท์
9	ผลของฤดูกาลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บริเวณชายฝั่งทะเลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร	อาจารย์ ดร.พรพิมล พิมลรัตน์

ภาคผนวก

ผลการประเมินการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566

“นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ”

ระหว่างวันที่ 21 - 23 ธันวาคม พ.ศ. 2566

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

การประเมินผลการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566 “นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ” เพื่อให้ทราบถึงผลสำเร็จของโครงการตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ผลการประเมินแบ่งออกเป็น 4 ตอน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการจัดการประชุมวิชาการ

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นต่อผลลัพธ์จากการร่วมประชุมวิชาการ

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะต่อการจัดการประชุมวิชาการ

โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

1.1 ที่อยู่ปัจจุบัน

ผู้ตอบแบบประเมิน จำนวน 200 คน ส่วนใหญ่มีที่อยู่ปัจจุบันอยู่ในภาคเหนือ จำนวน 150 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 75.00 รองลงมาได้แก่ ภาคกลาง จำนวน 23 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 11.50 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 14 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 7.00 ภาคตะวันออก จำนวน 7 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 3.50 และภาคใต้ จำนวน 6 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 3.00 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

1.2 เพศ

ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 129 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 64.50 รองลงมาได้แก่ เพศชาย จำนวน 67 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 33.50 และเพศทางเลือก จำนวน 4 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 2.00 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

1.3 อายุ

ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีอายุระหว่าง 21 - 30 ปี จำนวน 91 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 45.50 รองลงมาได้แก่ อายุไม่เกิน 20 ปี จำนวน 50 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 25.00 อายุระหว่าง 41 - 50 ปี จำนวน 25 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 12.50 อายุระหว่าง 31 - 40 ปี จำนวน 17 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 8.50 อายุระหว่าง 51 - 60 ปี จำนวน 16 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 8.00 และอายุมากกว่า 60 ปี จำนวน 1 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 0.50 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

1.4 ระดับการศึกษา

ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่เป็นผู้ที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี จำนวน 90 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 45.00 รองลงมาได้แก่ ผู้ที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาเอก จำนวน 33 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 16.50 ผู้ที่กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี จำนวน 33 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 16.50

ผู้ที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโท จำนวน 25 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 12.50 ผู้ที่กำลังศึกษาในระดับปริญญาโท จำนวน 14 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 7.00 และผู้ที่กำลังศึกษาในระดับปริญญาเอก จำนวน 5 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 2.50 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

1.5 ประเภทของผู้ตอบแบบประเมิน

ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่เป็นนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 102 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 51.00 รองลงมาได้แก่ นักศึกษา สถาบันการศึกษาอื่น จำนวน 37 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 18.50 อาจารย์/นักวิจัย/บุคลากร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 23 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 11.50 อาจารย์/นักวิจัย/บุคลากร หน่วยงานอื่น จำนวน 20 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 10.00 บุคลากรองค์กรภาคเอกชน จำนวน 11 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 5.50 และบุคลากรหน่วยงานภาครัฐ จำนวน 7 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 3.50 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

1.6 สาขา/ความเชี่ยวชาญของผู้ตอบแบบประเมิน

ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่เป็นผู้มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 98 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 49.00 รองลงมาได้แก่ เกษตรศาสตร์ จำนวน 70 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 35.00 เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ จำนวน 21 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 10.50 มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ จำนวน 9 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 4.50 และวิทยาศาสตร์สุขภาพ จำนวน 2 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 1.00 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

1.7 แหล่งข้อมูลข่าวสารการประชาสัมพันธ์

ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อออนไลน์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เช่น เว็บไซต์ Facebook จำนวน 110 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 55.00 รองลงมาได้แก่ สื่อออนไลน์อื่น ๆ เช่น Line เว็บไซต์ Facebook Twitter จำนวน 71 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 35.50 หนังสือเวียนภายในหน่วยงานที่สังกัด จำนวน 68 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 34.00 สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น โปสเตอร์ แผ่นพับ หนังสือพิมพ์ จำนวน 18 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 9.00 อาจารย์ผู้สอน จำนวน 17 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 8.50 สื่อโทรทัศน์/วิทยุ จำนวน 3 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 1.50 หนังสือเชิญจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 3 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 1.50 และผู้นำเสนอผลงาน จำนวน 2 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 1.00 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

1.8 กิจกรรมการประชุมวิชาการที่เข้าร่วม

ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่เข้าร่วมกิจกรรมบรรยายพิเศษ “เกษตร อาหาร และสุขภาพ กับยุทธศาสตร์การขับเคลื่อนประเทศไทยสู่เวทีโลก” จำนวน 92 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 46.00 รองลงมาได้แก่ ปาฐกถาพิเศษ “ย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้เพื่อสร้างเป็นพื้นที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม” จำนวน 90 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 45.00 เสวนาวิชาการ “Co-Creation: กระบวนการร่วมสร้างสรรค์เมืองนวัตกรรม เกษตร อาหาร และสุขภาพ” จำนวน 87 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 43.50 บรรยายพิเศษ “กลยุทธ์การปันธุรกิจการเกษตรเพื่อความยั่งยืน” จำนวน 85 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 42.50 ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 2 “นวัตกรรมและการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารและนวัตกรรมด้านสุขภาพ” จำนวน 84 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 42.00 ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 4

“เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร ด้านพืช” จำนวน 73 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 36.50 บรรยายพิเศษ “Bioeconomy in Agriculture, food and Health” จำนวน 60 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 30.00 เสวนาวิชาการ “มอง โลก เห็น เรา ปฏิบัติการบนฐานความรู้ด้วย ป่าชุมชน ผู้คนบนฐานเศรษฐกิจชีวภาพของท้องถิ่น” จำนวน 58 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 29.00 ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 1 “เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร ด้านพืช” จำนวน 55 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 27.50 ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 5 “นวัตกรรมการตลาดและธุรกิจการเกษตร” จำนวน 55 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 27.50 ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 3 “นวัตกรรมสิ่งแวดล้อม” จำนวน 51 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 25.50 เสวนาวิชาการ “การเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” จำนวน 50 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 25.00 ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 6 “เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร ด้านพืช” จำนวน 47 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 23.50 เสวนาวิชาการ “นวัตกรรมและเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารเพื่อสุขภาพ” จำนวน 45 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 22.50 เสวนาวิชาการ “ทิศทางเกษตรปลอดภัยในเวทีไทยและเวทีโลก” จำนวน 40 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 20.00 ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 7 “เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร ด้านพืช” จำนวน 39 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 19.50 ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 8 “เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร ด้านสัตว์และประมง” จำนวน 39 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 19.50 เสวนาวิชาการ “Lanna Creative City: การยกระดับการท่องเที่ยวชุมชนและผลิตภัณฑ์พื้นถิ่นล้านนาด้วยนวัตกรรมการตลาดในยุคดิจิทัล” จำนวน 35 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 17.50 เสวนาวิชาการ “การส่งเสริมถั่วลิสงพันธุ์ใหม่สู่การใช้ประโยชน์จากหิ้งสู่ห้าง” จำนวน 32 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 16.00 และเสวนาวิชาการ “การพัฒนาสวนยางพาราสู่สมาชิกชุมชน” จำนวน 20 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 10.00 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ที่อยู่ปัจจุบัน		
เหนือ	150	75.00
กลาง	23	11.50
ตะวันออกเฉียงเหนือ	14	7.00
ตะวันออก	7	3.50
ใต้	6	3.00
รวม	200	100.00
เพศ		
ชาย	67	33.50
หญิง	129	64.50
เพศทางเลือก	4	2.00
รวม	200	100.00

อายุ		
ไม่เกิน 20 ปี	50	25.00
21 – 30 ปี	91	45.50
31 – 40 ปี	17	8.50
41 – 50 ปี	25	12.50
51 – 60 ปี	16	8.00
มากกว่า 60 ปี	1	0.50
รวม	200	100.00
ระดับการศึกษา		
ปริญญาตรี	90	45.00
ปริญญาโท	25	12.50
ปริญญาเอก	33	16.50
กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี	33	16.50
กำลังศึกษาในระดับปริญญาโท	14	7.00
กำลังศึกษาในระดับปริญญาเอก	5	2.50
รวม	200	100.00
ประเภทของผู้ตอบแบบประเมิน		
นักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้	102	51.00
นักศึกษา สถาบันการศึกษาอื่น	37	18.50
อาจารย์/นักวิจัย/บุคลากร มหาวิทยาลัยแม่โจ้	23	11.50
อาจารย์/นักวิจัย/บุคลากร หน่วยงานอื่น	20	10.00
บุคลากรองค์กรภาคเอกชน	11	5.50
บุคลากรหน่วยงานภาครัฐ	7	3.50
รวม	200	100.00
สาขา/ความเชี่ยวชาญของผู้ตอบแบบประเมิน		
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	98	49.00
เกษตรศาสตร์	70	35.00
เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ	21	10.50
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	9	4.50
วิทยาศาสตร์สุขภาพ	2	1.00
รวม	200	100.00

ที่มา: การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้เข้าร่วมการประชุมวิชาการ ระหว่างวันที่ 21 – 23 ธันวาคม 2566

ตารางที่ 2 ข้อมูลการเข้าร่วมการประชุมวิชาการของผู้ตอบแบบประเมิน

ข้อมูลการเข้าร่วมการประชุมวิชาการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
แหล่งข้อมูลข่าวสารการประชาสัมพันธ์*		
สื่อออนไลน์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เช่น เว็บไซต์ Facebook	110	55.00
สื่อออนไลน์อื่น ๆ เช่น Line เว็บไซต์ Facebook Twitter	71	35.50
หนังสือเวียนภายในหน่วยงานที่สังกัด	68	34.00
สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น โปสเตอร์ แผ่นพับ หนังสือพิมพ์	18	9.00
อาจารย์ผู้สอน	17	8.50
สื่อโทรทัศน์/วิทยุ	3	1.50
หนังสือเชิญจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้	3	1.50
ผู้นำเสนอผลงาน	2	1.00
กิจกรรมการประชุมวิชาการที่เข้าร่วม*		
ปาฐกถาพิเศษ “ย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้เพื่อสร้าง เป็นพื้นที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม”	90	45.00
เสวนาวิชาการ “Co-Creation: กระบวนการร่วมสร้างสรรค์เมือง นวัตกรรม เกษตร อาหาร และสุขภาพ”	87	43.50
เสวนาวิชาการ “มอง โลก เห็น เรา ปฏิบัติการบนฐานความรู้ว่า ด้วย ป่าชุมชน ผู้คน บนฐานเศรษฐกิจชีวภาพของท้องถิ่น”	58	29.00
เสวนาวิชาการ “การเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร”	50	25.00
ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 1 “เทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร ด้านพืช”	55	27.50
ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 2 “นวัตกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตร และอาหาร และนวัตกรรมด้านสุขภาพ”	84	42.00
ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 3 “นวัตกรรมสิ่งแวดล้อม”	51	25.50
บรรยายพิเศษ “เกษตร อาหาร และสุขภาพกับยุทธศาสตร์การ ขับเคลื่อนประเทศไทยสู่เวทีโลก”	92	46.00
บรรยายพิเศษ “กลยุทธ์การป้อนธุรกิจการเกษตรเพื่อความยั่งยืน”	85	42.50
บรรยายพิเศษ “Bioeconomy in Agriculture, food and Health”	60	30.00
ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 4 “เทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร ด้านพืช”	73	36.50
ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 5 “นวัตกรรมการตลาดและธุรกิจ การเกษตร”	55	27.50
เสวนาวิชาการ “นวัตกรรมและเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตผล เกษตรและอาหารเพื่อสุขภาพ”	45	22.50
เสวนาวิชาการ “ทิศทางเกษตรปลอดภัยในเวทีไทยและเวทีโลก”	40	20.00
เสวนาวิชาการ “Lanna Creative City: การยกระดับการ ท่องเที่ยวชุมชนและผลิตภัณฑ์พื้นถิ่นล้านนาด้วยนวัตกรรม การตลาดในยุคดิจิทัล”	35	17.50

เสวนาวิชาการ “การส่งเสริมถั่วลิสงพันธุ์ใหม่สู่การใช้ประโยชน์จาก หิ้งสู่ห้าง”	32	16.00
ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 6 “เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร ด้านพืช”	47	23.50
ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 7 “เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร ด้านพืช”	39	19.50
ประชุมวิชาการกลุ่มที่ 8 “เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร ด้านสัตว์และประมง”	39	19.50
เสวนาวิชาการ “การพัฒนาสวนยางพาราสู่สมาชิกชุมชน”	20	10.00

หมายเหตุ: * ตอบได้มากกว่า 1 ตัวเลือก

ที่มา: การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้เข้าร่วมการประชุมวิชาการ ระหว่างวันที่ 21 – 23 ธันวาคม 2566

2. ความพึงพอใจต่อการจัดการประชุมวิชาการ

ผู้ตอบแบบประเมิน จำนวน 200 คน มีความพึงพอใจต่อการจัดการประชุมวิชาการ ในภาพรวมในระดับมากที่สุด (4.42 คะแนน) โดยระดับความพึงพอใจในแต่ละด้านมีดังนี้

2.1 ด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการให้บริการได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (4.33 คะแนน) โดยการแบ่งกลุ่มห้องประชุมมีความเหมาะสม (4.38 คะแนน) รูปแบบการจัดกิจกรรม (On-Site และ Online) มีความเหมาะสม (4.31 คะแนน) ลำดับขั้นตอนการจัดกิจกรรม มีความเหมาะสม (4.31 คะแนน) และช่วงเวลา และรอบระยะเวลาในการประชุมวิชาการแต่ละกลุ่ม มีความเหมาะสม (4.31 คะแนน) ได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ตามลำดับ

2.2 ด้านวิทยากร/เจ้าหน้าที่ได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (4.46 คะแนน) โดยประธาน/เลขานุการสามารถสรุป/อภิปรายเนื้อหาในหัวข้อการประชุมวิชาการได้อย่างครบถ้วน (4.48 คะแนน) ประธาน/เลขานุการมีเทคนิคการบรรยาย และสร้างบรรยากาศในการประชุมวิชาการได้ดี (4.47 คะแนน) ประธาน/เลขานุการมีความรู้ความเชี่ยวชาญในเนื้อหาที่บรรยายเป็นอย่างดี (4.46 คะแนน) และเจ้าหน้าที่มีการให้ข้อมูล ประสานงาน และอำนวยความสะดวกได้เป็นอย่างดี (4.44 คะแนน) ได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ตามลำดับ

2.3 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (4.45 คะแนน) โดยมีช่องทางการเข้าร่วมการประชุมวิชาการที่หลากหลาย และสามารถเข้าถึงได้ง่าย (4.48 คะแนน) อาหารกลางวัน อาหารว่างและเครื่องดื่ม มีความเพียงพอและเหมาะสม (4.47 คะแนน) สถานที่มีความพร้อมและเหมาะสมต่อการประชุมวิชาการ (4.46 คะแนน) วัสดุ อุปกรณ์ โสตทัศนูปกรณ์ มีความพร้อมและเพียงพอ (4.46 คะแนน) และมีการบริหารจัดการการจราจร และ สถานที่จอดรถสำหรับการประชุมวิชาการ (4.39 คะแนน) ได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ตามลำดับ

2.4 ด้านการให้บริการในภาพรวมได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (4.42 คะแนน) โดยเนื้อหาของการประชุมวิชาการเป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรมใหม่ที่ทันสมัย มีความน่าสนใจ เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ (4.50 คะแนน) และการประชาสัมพันธ์โครงการ

เป็นไปอย่างรวดเร็วและทั่วถึง (4.34 คะแนน) ได้รับการประเมินความพึงพอใจในระดับมากที่สุดตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการประชุมวิชาการ

ประเด็น	ระดับความพึงพอใจ*		
	ค่าเฉลี่ย คะแนน	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	การแปล ความหมาย
1. ด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการให้บริการ	4.33	0.62	มากที่สุด
1.1 รูปแบบการจัดกิจกรรม (On-Site และ Online) มีความเหมาะสม	4.31	0.66	มากที่สุด
1.2 การแบ่งกลุ่มห้องประชุมมีความเหมาะสม	4.38	0.65	มากที่สุด
1.3 ช่วงเวลา และรอบระยะเวลาในการประชุมวิชาการ แต่ละกลุ่มมีความเหมาะสม	4.31	0.71	มากที่สุด
1.4 ลำดับขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.31	0.71	มากที่สุด
2. ด้านวิทยากร/เจ้าหน้าที่	4.46	0.56	มากที่สุด
2.1 ประธาน/เลขานุการมีความรู้ความเชี่ยวชาญในเนื้อหาที่บรรยายเป็นอย่างดี	4.46	0.60	มากที่สุด
2.2 ประธาน/เลขานุการสามารถสรุป/อภิปรายเนื้อหาในหัวข้อการประชุมวิชาการได้อย่างครบถ้วน	4.48	0.58	มากที่สุด
2.3 ประธาน/เลขานุการมีเทคนิคการบรรยาย และสร้างบรรยากาศในการประชุมวิชาการได้ดี	4.47	0.63	มากที่สุด
2.4 เจ้าหน้าที่ที่มีการให้ข้อมูล ประสานงาน และอำนวยความสะดวกได้เป็นอย่างดี	4.44	0.61	มากที่สุด
3. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก	4.45	0.54	มากที่สุด
3.1 สถานที่มีความพร้อมและเหมาะสมต่อการประชุมวิชาการ	4.46	0.60	มากที่สุด
3.2 วัสดุ อุปกรณ์ โสตทัศนูปกรณ์ มีความพร้อมและเพียงพอ	4.46	0.58	มากที่สุด
3.3 มีช่องทางการเข้าร่วมการประชุมวิชาการที่หลากหลาย และสามารถเข้าถึงได้ง่าย	4.48	0.63	มากที่สุด
3.4 อาหารกลางวัน อาหารว่างและเครื่องดื่ม มีความเพียงพอและเหมาะสม	4.47	0.64	มากที่สุด
3.5 มีการบริหารจัดการการจราจร และสถานที่จอดรถ สำหรับการประชุมวิชาการที่ดี	4.39	0.63	มากที่สุด
4. ด้านการให้บริการในภาพรวม	4.42	0.57	มากที่สุด
4.1 การประชาสัมพันธ์โครงการเป็นไปอย่างรวดเร็วและทั่วถึง	4.34	0.62	มากที่สุด
4.2 เนื้อหาของการประชุมวิชาการเป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรมใหม่ที่ทันสมัย มีความน่าสนใจ เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้	4.50	0.61	มากที่สุด
ภาพรวม	4.42	0.53	มากที่สุด

หมายเหตุ: * กำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนของระดับความพึงพอใจ ดังนี้

- 4.21 – 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
 3.41 – 4.20 หมายถึง ระดับมาก
 2.61 – 3.40 หมายถึง ระดับปานกลาง
 1.81 – 2.60 หมายถึง ระดับน้อย
 1.00 – 1.80 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

ที่มา: การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้เข้าร่วมการประชุมวิชาการ ระหว่างวันที่ 21 – 23 ธันวาคม 2566

3. ความคิดเห็นต่อผลลัพธ์จากการร่วมประชุมวิชาการ

ผู้ตอบแบบประเมิน จำนวน 200 คน มีความคิดเห็นต่อผลลัพธ์จากการร่วมประชุมวิชาการ ในภาพรวมในระดับมากที่สุด (4.41 คะแนน) โดยการดำเนินงานในครั้งนี้นำให้เกิดองค์ความรู้ที่สามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน และงานวิจัย (4.49 คะแนน) เกิดความตระหนัก และให้ความสำคัญกับการพัฒนางานวิจัยด้านนวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ (4.47 คะแนน) เกิดแนวทางการวิจัยที่มาจากปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ประโยชน์อย่างแท้จริง (4.43 คะแนน) เกิดความสนใจที่จะเข้าศึกษาทุนงานในฐานเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (4.42 คะแนน) เกิดเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ (4.40 คะแนน) เกิดความสนใจที่จะสมัคร (หรือแนะนำบุตรหลาน) เข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (4.37 คะแนน) เกิดความสนใจที่จะเข้าอบรม ในหลักสูตรระยะสั้นของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (4.35 คะแนน) และความสนใจที่จะร่วมลงทุนทางธุรกิจ กับมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (4.30 คะแนน) ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความคิดเห็นต่อผลลัพธ์จากการร่วมประชุมวิชาการ

ผลลัพธ์จากการร่วมสัมมนาวิชาการ	ระดับความคิดเห็น*		
	ค่าเฉลี่ย คะแนน	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	การแปล ความหมาย
1. เกิดองค์ความรู้ที่สามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน และงานวิจัย	4.49	0.60	มากที่สุด
2. เกิดความตระหนักและให้ความสำคัญกับการพัฒนางานวิจัยด้านนวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ	4.47	0.60	มากที่สุด
3. เกิดแนวทางการวิจัยที่มาจากปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ประโยชน์อย่างแท้จริง	4.43	0.60	มากที่สุด
4. เกิดความสนใจที่จะเข้าศึกษาทุนงานในฐานเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้	4.42	0.64	มากที่สุด
5. เกิดเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ	4.40	0.64	มากที่สุด
6. เกิดความสนใจที่จะสมัคร (หรือแนะนำบุตรหลาน) เข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยแม่โจ้	4.37	0.68	มากที่สุด
7. เกิดความสนใจที่จะเข้าอบรมในหลักสูตรระยะสั้นของมหาวิทยาลัยแม่โจ้	4.35	0.70	มากที่สุด
8. เกิดความสนใจที่จะร่วมลงทุนทางธุรกิจกับมหาวิทยาลัยแม่โจ้	4.30	0.74	มากที่สุด
ภาพรวม	4.41	0.56	มากที่สุด

หมายเหตุ: * กำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนของระดับความคิดเห็น ดังนี้

- 4.21 – 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
- 3.41 – 4.20 หมายถึง ระดับมาก
- 2.61 – 3.40 หมายถึง ระดับปานกลาง
- 1.81 – 2.60 หมายถึง ระดับน้อย
- 1.00 – 1.80 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

ที่มา: การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้เข้าร่วมการประชุมวิชาการ ระหว่างวันที่ 21 – 23 ธันวาคม 2566

4. ข้อเสนอแนะต่อการจัดการประชุมวิชาการ

ผู้ตอบแบบประเมิน จำนวน 200 คน มีผู้ให้ข้อเสนอแนะต่อการจัดประชุมวิชาการ จำนวน 16 คน ดังนี้

- 1) การจัดงานในภาพรวมทำได้ดีและเป็นประโยชน์มาก จำนวน 6 คน
- 2) เนื้อหาในการบรรยายดีมาก ๆ เข้าใจง่ายและเข้าถึงง่าย จำนวน 4 คน
- 3) ควรเพิ่มการประชาสัมพันธ์ให้มากขึ้น เนื่องจากมีผู้เข้าร่วมการประชุมค่อนข้างน้อย จำนวน 4 คน
- 4) ควรพูดคุยวางแผนการนำนักศึกษาเข้าร่วมการประชุมกับอาจารย์ผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องให้ชัดเจน เนื่องจากมีกิจกรรมที่นักศึกษาต้องเข้าร่วมในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นจำนวนมาก จำนวน 2 คน
- 5) ควรปรับปรุงเกี่ยวกับการแจ้งสถานที่ในการจัดประชุมให้ชัดเจน เพื่อไม่ให้ผู้เข้าร่วมการประชุมเกิดความสับสน จำนวน 1 คน
- 6) ควรควบคุมระยะเวลาในการจัดแต่ละกิจกรรมให้เป็นไปตามกำหนดการอย่างเคร่งครัด (ควรตรงต่อเวลาให้มากกว่านี้) จำนวน 1 คน

ภาพกิจกรรม

ประชุมวิชาการระดับชาติ
 “นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ”
 21-22 ธันวาคม 2566

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้







การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 1
Co-Creation: กระบวนการร่วมสร้างสรรค์เมืองนวัตกรรม เกษตร อาหาร และสุขภาพ



การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 2
 “มอง “โลก” เห็น “เรา” ปฏิบัติการบนฐานความรู้ว่าด้วยป่าชุมชน
 ผู้คน บนฐานเศรษฐกิจชีวภาพของท้องถิ่น



การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 3
การเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร



การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 4
นวัตกรรมและเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์และอาหารเพื่อสุขภาพ



การเสวนาวิชาการ กลุ่ม 8
การพัฒนาสวนยางพาราสู่สมาชิกชุมชน



การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2566
“นวัตกรรมเกษตร อาหาร และสุขภาพ”



มหาวิทยาลัยแม่โจ้

63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

โทรศัพท์ 0 5387 3411 โทรสาร 0 5387 3418