

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

ที่ปรึกษา อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยจรัส เตชะตันนินสกุล)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการ
รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย
รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริหาร

บรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง

รองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิญญูภาส สังพาลี

บรรณาธิการผู้ช่วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหมฮีก

อาจารย์ ดร.จุฑามาศ อางนาเสียว

กองบรรณาธิการ	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สาวิตรี	ลี้มทอง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.ดอกรัก	มารอด	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์	ณ นคร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา	เรืองแสง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย	เงินแสงสรวย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย	ทองดีเลิศ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.ศกร	คุณวุฒิมุทิติรม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย	ดวงจินดา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	รองศาสตราจารย์ ดร.ศักรินทร์	นนทพจน์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	รองศาสตราจารย์ ดร.บุญมี	ศิริ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	รองศาสตราจารย์ ดร.พงศกร	ศุภกิจไพศาล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์	อินทร์คัมพร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวรรณ	สุทธิประพันธ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์	เชื้อชวด ชัยสิทธิ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร.จรัณธร	บุญญาภาพ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร.นริศ	ท้าวจันทร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
	ศาสตราจารย์ ดร.อานัฐ	ตันโซ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร.ทิฆา	โยธาทักดี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์	สาครวาลี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์	พวงงามชื่น	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร	อมรเลิศพิศาล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.จงกล	พรมยะ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา	นาคประสม	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์วัลย์	เมฆกมล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนุช	นิยมทรัพย์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ฝ่ายตรวจสอบพิสูจน์อักษรและปรับแก้ภาษา นางทิพย์สุตา ปุกมณี ดร.จันทร์เพ็ญ สระ

ฝ่ายจัดทำวารสาร นางสาวรัฐธนา ชยัน นางสาวอัมภา สันทราย
นายเกียรติศักดิ์ ทาสุน

จัดทำโดย กองบริหารงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
โทรศัพท์ 0-5387-3411 E-mail: Mju_journal@maejo.mju.ac.th
Web site: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index>

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร เป็นวารสารทางวิชาการของสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการด้านการเกษตร อาหาร สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนนวัตกรรมด้านการเกษตร และส่งเสริมการเกษตร โดยวารสารเผยแพร่ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ ISSN 2985-0118 (Online) เป็นวารสารราย 4 เดือน กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ บทความที่ส่งมาจะต้องผ่านการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) อย่างน้อย 3 ท่าน

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณแลคโตนรวม
ของฟ้าทะลายโจรต่างสายพันธุ์ที่ปลูกในถังไลซิมิเตอร์
Comparison on Growth, Yield and Total Lactone Content
of Different *Andrographis paniculata* Varieties Grown in Lysimeter Tank

ปริญญาาวดี ศรีตันทิพย์¹ ชิติ ศรีตันทิพย์^{1*} เสกสรร วงศ์ศิริ² มนัสวี วังไชยเลิศ¹ และบุศรินทร์ บุญเต็ม¹

Parinyawadee Sritontip¹, Chiti Sritontip^{1*}, Seksan Wongsiri²

Manassawee Wangchailerd¹ and Butsarin Boontem¹

¹สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

¹Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Thailand 52000

²Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Thailand 52000

*Corresponding author: chiti@rmutl.ac.th

Received: June 16, 2024

Revised: March 10, 2025

Accepted: March 27, 2025

Abstract

The objective of this research was to compare the growth, yield, and total lactone content of four varieties of *Andrographis paniculata* cultivated in lysimeter tanks for water and nutrient use studies. The experiment was conducted at the Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang Province. The experiment followed a completely randomized design (CRD) with eight replications and four treatments, including Phichit 4-4, Phitsanulok 5-4, and two commercial varieties (Golden Mountain brand and Compass brand variety). The results showed no statistically significant differences in stem growth and physiology. However, significant differences were observed in yield, yield components, and phytochemical concentrations. The Phitsanulok 5-4 and Compass brand varieties produced the highest dry weights, with averages of 20.26 and 20.74 grams per plant, respectively. Meanwhile, Phichit 4-4 and Golden Mountain brand varieties had average dry weights of 17.12 and 16.28 grams per plant, respectively. The total lactone content, calculated as andrographolide, exceeded the standard for *Andrographis paniculata* in all four varieties, ranging from 23.64 to 27.70 grams per 100 grams of dry weight. Among them, the Phichit 4-4 variety had the highest average value.

Keywords: *Andrographis paniculata*, stem growth, total lactone content, lysimeter tanks

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบ การเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณแลคโตนรวม ของฟ้าทะลายโจร 4 สายพันธุ์ ที่ปลูกในชุดศึกษาการใช้น้ำและธาตุอาหารพืช ดำเนินการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา จังหวัดลำปาง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่ม สมบูรณ์ (CRD) จำนวน 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 8 ซ้ำ ได้แก่ สายพันธุ์พิจิตร 4-4 สายพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และ พันธุ์การค้า 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ตราภูเขาทอง และ สายพันธุ์ตราสี่ทิศ ผลการทดลองพบว่าทั้ง 4 สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและข้อมูลสรีรวิทยา ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีปริมาณผลผลิต องค์ประกอบ ของผลผลิต และปริมาณสารสำคัญต่างกัน โดยสายพันธุ์ พิษณุโลก 5-4 และสายพันธุ์ตราสี่ทิศ ให้น้ำหนักแห้ง สูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 20.26 และ 20.74 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ขณะที่สายพันธุ์พิจิตร 4-4 และสายพันธุ์ตราภูเขาทอง มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 17.12 และ 16.28 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนปริมาณแลคโตนรวมโดยคำนวณเป็น แอนโดรกราโฟไลด์ พบว่าทั้ง 4 สายพันธุ์ มีค่าสูงกว่า มาตรฐานของสมุนไพรฟ้าทะลายโจร โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 23.64–27.70 กรัม/ 100กรัม น้ำหนักแห้ง โดยสายพันธุ์ พิจิตร 4-4 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด

คำสำคัญ: ฟ้าทะลายโจร การเจริญเติบโต ปริมาณแลคโตนรวม ถึงไลซิมีเตอร์

คำนำ

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของ ฟ้าทะลายโจรในประเทศไทยพบว่า ฟ้าทะลายโจรที่เก็บ รวบรวมจากแหล่งปลูกต่าง ๆ มีความแตกต่างกันทาง พันธุกรรม สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม จากการศึกษา ลักษณะทางพันธุกรรมโดยใช้เทคนิค DNA โมเลกุล

เครื่องหมาย พบว่ากลุ่มที่ 1 พบแถบดีเอ็นเอขนาด 850 bp ได้แก่ ต้นที่รวบรวมจากเชียงใหม่ นครปฐม ประจวบคีรีขันธ์ และราชบุรี และกลุ่มที่ 2 ไม่พบแถบ ดีเอ็นเอขนาด 850 bp ได้แก่ ต้นที่รวบรวมจากชัยนาท พิจิตร พิษณุโลก สระแก้ว และสระบุรี และทุกสายพันธุ์ จากทั้ง 9 แหล่ง มีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่างกัน (Sakuanrungsirikul *et al.*, 2008; Ditchaiwong *et al.*, 2015) ปัจจุบันฟ้าทะลายโจรที่กรมวิชาการเกษตรมีการ วิจัยพัฒนาสายพันธุ์และส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปปลูก ได้แก่ พันธุ์พิษณุโลก 5-4 ซึ่งอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 77 วัน และพันธุ์พิจิตร 4-4 อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 82 วัน ส่วนพันธุ์อื่นที่ปลูกกันทั่วไป เช่น พันธุ์จากอำเภอ กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม พันธุ์จากระยอง พันธุ์ศรีสะเกษ และพันธุ์พื้นเมือง เป็นต้น (Phongphrom *et al.*, 2021) โดยสายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับปลูกในพื้นที่จังหวัดพิจิตร คือ พิษณุโลก 5-4 (Ditchaiwong *et al.*, 2015) ขณะที่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าสายพันธุ์พิษณุโลก 5-4 ให้ ผลผลิตน้ำหนักสด และปริมาณแลคโตนรวมสูงกว่า สายพันธุ์พิจิตร 4-4 แต่ทั้งสองสายพันธุ์ให้ปริมาณแลคโตน รวมสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด (Chaemcheun *et al.*, 2020) ส่วนการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า คุณทหารลาดกระบัง พบว่าพันธุ์ปราจีนบุรี มีการ เจริญเติบโตทางลำต้นและให้ผลผลิตน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคือ พิจิตร 4-4 ราชบุรี และพิษณุโลก 5-4 (Liphan, 2023) จะเห็นว่าการปลูกในพื้นที่ต่างกัน ส่งผล ให้ผลผลิตและปริมาณสารสำคัญของฟ้าทะลายโจรมีความ แตกต่างกัน และจากความต้องการใช้ฟ้าทะลายโจร มี แนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งกอนนโยบายเทคโนโลยีเพื่อการเกษตร และเกษตรกรรมยั่งยืน คาดการณ์ว่าฟ้าทะลายโจร จะยังคงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคไปจนถึงปี พ.ศ. 2571 (Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agricultural and Cooperatives, 2023) การขยายพื้นที่ ปลูกฟ้าทะลายโจรเพื่อผลิตเชิงพาณิชย์ และในระบบ อุตสาหกรรม พบว่าสายพันธุ์ฟ้าทะลายโจรที่ทราบ ปริมาณสารสำคัญ Andrographolide มีเพียง 2 สายพันธุ์

ซึ่งกรมวิชาการเกษตรทำการพัฒนาและคัดเลือกพันธุ์ คือ สายพันธุ์พิจิตร 4-4 และสายพันธุ์พิษณุโลก 5-4 ดังนั้นจึงเป็นข้อจำกัดในการที่เกษตรกรจะทำการขยายพื้นที่ปลูกให้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสายพันธุ์ที่ทำการจำหน่ายในตลาดมีปริมาณน้อย และไม่ทราบปริมาณของสาร Andrographolide ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสายพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรพัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับสายพันธุ์การค้า ในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญในฟ้าทะลายโจร ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเกิดประโยชน์ต่อการตัดสินใจเลือกใช้พันธุ์เพื่อขยายพื้นที่ปลูก อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาการผลิตพืชสมุนไพรในระดับอุตสาหกรรม และส่งเสริมให้เกษตรกรได้เพาะปลูกเพื่อเพิ่มรายได้

วิธีดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 8 ซ้ำ คือ สายพันธุ์ฟ้าทะลายโจรที่กรมวิชาการเกษตรพัฒนา จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์พิจิตร 4-4 และสายพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และสายพันธุ์การค้า จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ตราภูเขาทอง และสายพันธุ์ตราสีทศ ทำการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2566

1. การเตรียมต้นกล้า โดยแช่เมล็ดฟ้าทะลายโจรเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเพาะบนกระดาษเพาะเมล็ด เมื่อต้นกล้าอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด ทำการย้ายต้นกล้าลงถาดเพาะกล้าขนาด 104 หลุม ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางแต่ละหลุม 4 ซม. โดยมีวัสดุเพาะกล้า คือ พีทมอส ย้ายปลูกในถังไลซิเมตรเมื่อต้นกล้าอายุ 45 วัน หลังจากเพาะเมล็ด โดยคัดเลือกต้นกล้าให้มีขนาดของลำต้นและความสูงของลำต้นใกล้เคียงกัน

2. ปลูกในชุดศึกษาการใช้น้ำและธาตุอาหารพืช (Lysimeter) แต่ละชุดประกอบด้วยถังซีเมนต์ความสูง 80 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 60 ซม. ระยะห่างกันประมาณ 1.50 เมตร ใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก และมีถังพลาสติกสำหรับใส่สารละลายธาตุอาหารพืชปริมาตร 20 ลิตร โดยมีท่อเชื่อมต่อกับถังปลูก มีฝาปิดด้านบนเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ มีช่องว่างตรงกลางสำหรับปลูกพืช การให้สารละลายธาตุอาหารโดยการใช้อัตราของถังสารละลายธาตุอาหารขึ้น วันละ 1 ครั้ง ในช่วงเวลาประมาณ 9.00 น. ซึ่งสารละลายธาตุอาหารจะไหลเข้าสู่ถังปลูกทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นยกถังลงสารละลายธาตุอาหารพืชจะไหลจากถังปลูกกลับสู่ถังสารละลาย เพื่อความสม่ำเสมอในการจัดการธาตุอาหารทุกกรรมวิธีใช้สารละลายธาตุอาหารพืชตามสูตรตัดแปลงจาก Hoagland and Arnon (1938) ซึ่งเติมจำนวน 2 ครั้งต่อเดือน สลับกับการเติมน้ำเปล่า

การบันทึกข้อมูล

1. การเจริญเติบโตทางลำต้น ที่อายุ 63 วัน ซึ่งเป็นระยะสิ้นสุดของการเจริญเติบโตทางลำต้น และเริ่มออกดอก ได้แก่ ความสูงของลำต้น (ซม.) โดยวัดจากโคนต้นถึงปลายยอดของต้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น (มม.) วัดความสูงขึ้นมาจากพื้นดิน 5 ซม. ทำเครื่องหมายไว้เพื่อทำการวัดครั้งต่อไป โดยวัดข้อมูล 2 ด้านของลำต้น แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ความกว้างของทรงพุ่ม (ซม.) วัดส่วนที่กว้างที่สุดของทรงพุ่มเป็น 2 แนวตั้งฉากกัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จำนวนใบ (ใบ) ขนาดความกว้างและความยาวของใบ (ซม.)

2. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา โดยวัดใบแก่ในตำแหน่งใบที่ 3 นับจากปลายยอด วัดใบแต่ละใบด้านขวาและซ้ายของเส้นกลางใบข้างละ 2 จุด เช่น ดัชนีความเขียวของใบ (Chlorophyll meter รุ่น SPAD-502) ประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบ (Chlorophyll fluorescence meter รุ่น Handy PEA

Chlorophyll fluorescence, Hansatech instruments, UK) วัดอัตราการสังเคราะห์แสง โดยใช้เครื่องวัดการสังเคราะห์แสงของพืชแบบควบคุมสภาพแวดล้อม รุ่น LCpro SD (ADC BioScientific Ltd., UK) เช่น อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ assimilation rate) อัตราการยอมให้ก๊าซผ่านของปากใบ (Stomata conductance rate) และอัตราการคายน้ำ (Transpiration rate)

3. ปริมาณผลผลิต โดยเก็บเกี่ยวที่ระยะออกดอก ร้อยละ 6.25 เก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเช้า ใช้กรรไกรตัดกิ่งตัดส่วนเหนือดินห่างจากโคนต้น 4 ซม. หรือประมาณ 10 ซม. (Ditchaiwong *et al.*, 2015) นำตัวอย่างผลผลิตไปวัดและวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักสดต่อต้น และวัดค่าความเขียวของใบ โดยใช้ใบที่ 3 จากยอด ใช้เครื่องมือ Chlorophyll meter (SPAD-502) วัดใบแต่ละใบด้านขวาและซ้ายของเส้นกลางใบข้างละ 2 จุด จากนั้นนำไปปอบที่อุณหภูมิ 60°C. เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักแห้งต่อต้น แล้วนำใบแห้งไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในใบโดยวิธีการทำให้เกิดสี (Supakamnerd, 1999)

4. ปริมาณแลคโตนรวม โดยทำการอบใบฟ้าทะลายโจรที่อุณหภูมิ 60°C. เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บดให้เป็นผง และสกัดใบฟ้าทะลายโจรด้วยวิธี Sonication โดยใช้ตัวทำละลายเป็น Methanol นำผงใบฟ้าทะลายโจรใส่ในตัวทำละลาย ในอัตราส่วน 1:10 แล้ว Sonicate เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40°C. บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน นำไปปั่นเหวี่ยง และกรองเอาเฉพาะส่วนใส นำไปวิเคราะห์ปริมาณแลคโตนรวมในพืชตัวอย่างด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตมิทรี โดยดูดสาร

สกัดใบฟ้าทะลายโจรปริมาตร 2 มล. และเติมสารละลาย 3,5-ไดไนโตรเบนโซอิกแอซิดความเข้มข้นร้อยละ 1 และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 อย่างละ 0.5 มล. ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 536 นาโนเมตร และคำนวณปริมาณสารกลุ่มแลคโตนรวมจากสมการเส้นตรง (Linear regression) ของกราฟมาตรฐาน โดยดัดแปลงวิธีจาก Onsa *et al.* (2022) และ Sharma and Sharma (2018)

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) โดยการทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรม SPSS version 30.0.0

ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตทางลำต้นที่อายุ 63 วันหลังย้ายปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกด้าน โดยความสูงของลำต้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 50.51–53.15 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.62–5.26 มม. ความกว้างทรงพุ่ม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 34.14–38.26 ซม. การเจริญเติบโตทางใบ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกด้าน โดยจำนวนใบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 141.75–154.00 ใบ ความกว้างใบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.86–4.83 ซม. ความยาวใบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.78–11.61 ซม. (Table 1)

Table 1 Stem growth of 4 *Andrographis paniculata* varieties at 63 days after transplanting

Varieties	Plant height (cm)	Diameter (mm)	Canopy width (cm)	Number of leaf	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)
Phichit 4-4	52.51±1.92	4.72±0.21	34.66±2.36	154.00±19.21	4.16±0.28	10.95±0.58
Phitsanulok 5-4	53.15±2.14	5.26±0.25	37.53±3.01	145.63±19.61	4.39±0.36	11.31±0.62
Commercial 1	50.51±2.98	4.62±0.25	34.14±2.96	141.75±13.01	3.86±0.17	10.78±0.43
Commercial 2	51.69±4.32	4.85±0.30	38.26±3.16	152.88±17.98	4.83±0.19	11.61±0.30
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16.29	14.87	10.64	16.30	17.16	12.71

The results are expressed as the means ± standard error: SE, ns = no significant difference

สรีรวิทยา ในลักษณะดัชนีความเขียวใบ ประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบ และ อัตราการสังเคราะห์แสง ได้แก่ การคายน้ำ ค่าการยอมให้ ก๊าซผ่านของปากใบ และอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้ง 4 สายพันธุ์ มีดัชนีความเขียวใบ เฉลี่ยระหว่าง 53.663–58.638 SPAD unit มีประสิทธิภาพ

การทำงานของระบบแสงที่สองของใบเฉลี่ยระหว่าง 0.789–0.798 มีการคายน้ำเฉลี่ยระหว่าง 2.539–3.049 m mol/m²s มีค่าการยอมให้ก๊าซผ่านของปากใบ เฉลี่ย ระหว่าง 0.089–0.114 m mol/m²s และมีอัตราการ แลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยระหว่าง 5.225–7.706 μ mol/m²s (Table 2)

Table 2 Physiology of leaf greenness index, chlorophyll fluorescence and the rate of photosynthesis of 4 *Andrographis paniculata* varieties at 63 days after transplanting

Varieties	Leaf greenness index (SPAD unit)	Chlorophyll fluorescence (FV/FM)	Photosynthesis rate		
			Transpiration rate (m mol/m ² s)	Stomata conductance rate (m mol/m ² s)	CO ₂ -assimilation rate (μ mol/m ² s)
Phichit 4-4	58.64±1.81	0.79±0.01	3.04±0.39	0.10±0.01	6.60±0.63
Phitsanulok 5-4	54.35±1.28	0.79±0.01	3.05±0.47	0.11±0.02	6.94±1.07
Commercial 1	57.66±1.85	0.80±0.01	2.54±0.55	0.09±0.01	5.22±0.50
Commercial 2	53.66±2.14	0.80±0.01	2.62±0.41	0.09±0.01	7.70±0.92
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	9.07	3.98	19.89	9.61	13.93

The results are expressed as the means ± standard error: SE, ns = no significant difference

ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของน้ำหนักสดพบว่า สายพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และสายพันธุ์การค้า 2 มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์การค้า 1 แต่ไม่ต่างกับสายพันธุ์พิจิตร 4-4 ส่วนน้ำหนักแห้ง พบว่าสายพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และสายพันธุ์การค้า 2 มีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 20.74 และ 20.26 กรัม ตามลำดับ ดังนี้

ความเขียวใบ และปริมาณไนโตรเจนในใบ พบว่าสายพันธุ์พิจิตร 4-4 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 63.75 SPAD unit และร้อยละ 1.74 ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับสายพันธุ์การค้า 2 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61.59 SPAD unit และร้อยละ 1.59 ขณะที่ปริมาณแลคโตนรวม พบว่าสายพันธุ์พิจิตร 4-4 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 27.70 กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง (Table 3)

Table 3 Fresh weight, dry weight, leaf greenness index, nitrogen and total lactone of 4 *Andrographis paniculata* varieties

Varieties	Fresh weight (gram)	Dry weight (gram)	Leaf greenness index (SPAD unit)	Nitrogen (%)	Total lactone (gram/100 grams dry weight)
Phichit 4-4	66.61±3.30 ab	17.12±0.54 b	63.75±1.58 a	1.74±0.18 a	27.70±0.79 a
Phitsanulok 5-4	76.66±4.23 a	20.74±1.47 a	55.69±2.44 b	1.36±0.08 b	24.73±0.90 b
Commercial 1	60.97±2.46 b	16.28±0.76 b	56.49±2.69 b	1.33±0.07 b	23.64±1.51 b
Commercial 2	74.92±5.36 a	20.26±1.05 a	61.59±1.63 ab	1.59±0.07 ab	24.18±0.60 b
F-test	*	**	*	*	*
CV (%)	16.15	15.44	10.19	18.22	11.39

The results are expressed as the means ± standard error: SE.

*,** Denote significant levels (P-value) at 0.05, and 0.01, respectively

Data with the same letters within a column do not differ significantly by DMRT at 0.05 level.

วิจารณ์ผลการวิจัย

ฟ้าทะลายโจรทั้ง 4 สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตทางลำต้น และข้อมูลสรีระวิทยาที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสายพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และสายพันธุ์การค้า 2 ให้ผลผลิตสูง ขณะที่สายพันธุ์พิจิตร 4-4 มีปริมาณแลคโตนรวมโดยคำนวณเป็นแอนโดรกราโฟไลด์สูงที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Suriyaphromchai *et al.* (2011) ที่รายงานว่าสายพันธุ์ฟ้าทะลายโจรมีความสูงต้นและ

ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่มีปริมาณสารสำคัญต่างกัน ขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูกและสภาพแวดล้อม เช่นเดียวกันกับงานทดลองที่ศึกษาสายต้นของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในพื้นที่ที่แตกต่างกันจำนวน 7 รัฐ ของประเทศมาเลเซีย จำนวน 32 สายต้น ผลการทดลองพบว่าความแตกต่างของสายต้นไม่มีผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยา จำนวนใบ ความกว้างของใบ และน้ำหนักสดของราก แต่ความแตกต่างของแหล่งปลูกมีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้ง โดยให้ผลสูงที่สุด คือ สายต้น 11340 จากแหล่งปลูกรัฐ Kelantan และความแตกต่างของสายต้นไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณโปรตีน แต่ความแตกต่าง

ของแหล่งปลูกทำให้สายต้น 11159 จากแหล่งปลูกรัฐ Salangor มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด (Talei, 2019) และจากการวิจัยโดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอพบว่าฟ้าทะลายโจรมีความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากลักษณะทางธรรมชาติของพืชชนิดนี้ ที่มีอัตราการผสมเกสรตัวเองสูง รวมถึงโครงสร้างและการพัฒนาของดอกส่งเสริมให้เกิดการผสมตัวเอง ทำให้มีโอกาสน้อยที่จะเกิดการผสมข้ามสายพันธุ์ นอกจากนี้สายพันธุ์ที่นำมาทดสอบได้แก่ พิจิตร 4-4 และพิษณุโลก 5-4 เป็นสายพันธุ์ที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน คือไม่พบแถบดีเอ็นเอขนาด 850 bp เหมือนกัน (Sakuanrungsirikul *et al.*, 2008) และพันธุ์การค้าที่นำมาทดสอบอาจอยู่ในกลุ่มเดียวกัน จึงไม่เห็นความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ในลักษณะการเจริญเติบโต

เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิต สายพันธุ์ที่ควรส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก คือ สายพันธุ์พิษณุโลก 5-4 แต่เมื่อพิจารณาปริมาณแลคโตนรวม พบว่าทั้ง 4 สายพันธุ์มีค่าสูงกว่ามาตรฐานของสมุนไพรฟ้าทะลายโจร ซึ่งในตำรายาสมุนไพรของไทย ได้กำหนดให้ฟ้าทะลายโจรที่มีประสิทธิภาพในการรักษาโรค ต้องมีปริมาณแลคโตนรวม (Total lactone) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 6 (Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health., 2016) และในการศึกษาลักษณะทางฟีโนไทป์และองค์ประกอบของสารสำคัญในฟ้าทะลายโจรจากแหล่งปลูกต่าง ๆ พบว่าฟ้าทะลายโจรจากแหล่งปลูกจากอุดรธานีมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งจากส่วนที่รับประทานได้ (Edible biomass) และปริมาณแลคโตนรวมสูงที่สุด ซึ่งมีค่าสูงกว่าฟ้าทะลายโจรจากแหล่งปลูกจากกำแพงแสน เชียงราย เชียงใหม่ และราชบุรี (Onsa *et al.*, 2022) โดยสายพันธุ์ที่ควรส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก คือ สายพันธุ์พิจิตร 4-4 สอดคล้องกับ Chaemcheun *et al.* (2020) ซึ่งรายงานว่าสายพันธุ์พิษณุโลก 5-4 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดสูงที่สุด ส่วนสายพันธุ์พิจิตร 4-4 เป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์สูง และเป็นสายพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้เกษตรกรปลูก

สรุปผลการวิจัย

ฟ้าทะลายโจรทั้ง 4 สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตทางลำต้น และข้อมูลสรีระวิทยาที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และสายพันธุ์การค้า 2 ให้ผลผลิตสูง ขณะที่สายพันธุ์พิจิตร 4-4 มีปริมาณแลคโตนรวมสูงที่สุด ซึ่งพิจารณาจากปริมาณสารสำคัญ สายพันธุ์ที่ควรส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก คือ สายพันธุ์พิจิตร 4-4

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณด้าน ววน. ทุน Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2566 แหล่งทุน กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว.) โครงการย่อยที่ 1 ศึกษาการใช้ฟ้าและธาตุอาหารพืชของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในไลซิเมเตอร์ ภายใต้โครงการชุดวิจัย การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ของฟ้าทะลายโจร

เอกสารอ้างอิง

- Chaemcheun, K., S. Anuttato, P. Kheawpumpuang and C. Kongnakhon. 2020. **Andrographis Paniculata: High-Quality Varieties for Combating the COVID-19 Crisis.** 8 p. In Research Report. Phitsanulok: Office of Agricultural Research and Development Region 2. [in Thai]

- Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. 2016. **Thai Herbal Pharmacopoeia 2016**. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand. 659 p.
- Ditchaiwong, Ch., S. Chamchumroon, D. Tonpayom, M. Saengphet, S. Prasongsap, J. Suphaphon, S. Chingduang, K. Tawong, S. Wanasit, T. Pudchang, P. Rungrawee, W. Toliang, and S. Chaikiattiyos. 2015. **Research and Development of *Andrographis Paniculata* (Burm. F.) Nees for Increasing Yield and Qualities**. 14 p. *In* Research Report. Bangkok: Department of Agriculture. [in Thai]
- Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1938. The water-culture method for growing plants without soil. **Circular. California Agricultural Experiment Station** 347: 1–39.
- Liphan, S. 2023. Influence of different cultivars and cutting lengths on growth of Kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees). **Rajabhat agric.** 22(1): 31–40. [in Thai]
- Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agricultural and Cooperatives. 2023. **Assessment of Herbal Product Production by the Ministry of Agriculture and Cooperatives**. Bangkok: Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agricultural and Cooperatives. 69 p. [in Thai]
- Onsa, N.E., S.K. Prasad, T. Chaiyaso, C. Lumsangkul and S.R. Sommano. 2022. Phenotypic and chemotypic relations among local *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall landrace Collection. **Horticulturae** 8(10): 978.
- Phongphrom, A., A. Watthanathiratham, P. Kaewfu, P. Premying and N. Hinkaew. 2021. **Cultivation of Medicinal Herbs: *Andrographis Paniculata***. Bangkok: Technology Transfer and Development Offices and Agricultural Land Reform Office. 15 p. [in Thai]
- Sakuanrungsirikul, S., A. Jetana, P. Buddanoi and J. Dithachaiyawong. 2008. Intraspecific variability assessment of *Andrographis paniculata* collections using molecular markers. **Acta Horticulturae** 786(10): 283–286.
- Sharma, S. and Y.P. Sharma. 2018. Comparison of different extraction methods and HPLC method development for the quantification of andrographolide from *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall. ex Nees. **Annals of Phytomedicine** 7(1): 119–130.
- Supakamnerd, N. 1999. **Analysis of ammonium nitrogen by colorimetric method**. Chiang Rai: Chiang Rai Horticultural Research Center. 2 p. [in Thai]

Suriyaphromchai, P., C. Ditchaiwong, L. Anukhun and S. Meesuk. 2011. **Testing *Andrographis Paniculata* Varieties for Recommended Cultivation.** 46 p. *In* Research Report. Bangkok: Department of Agriculture, Office of Agricultural Research and Development Region 1, Phare Agricultural Research and Development Center. [in Thai]

Talei, D. 2019. Morpho-physiological diversity of *Andrographis paniculata* accessions using multivariate analysis. **Horticulture International Journal** 3(4): 173–177.

อิทธิพลของสีพลาสติกฟิล์มคลุมแปลงต่อการเจริญเติบโต คุณภาพ และผลผลิตของผักกาดหอม
Influence of Plastic Film Covering Plant Colored on Growth Quality
and Yield of Lettuces

จริญญา ฤทธิรัมย์¹ และอารักษ์ ธีรอำพน^{1,2*}

Jarinya Rittiram¹ and Arak Tira-umphon^{1,2*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช/สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

²ศูนย์วิจัยนวัตกรรมยกระดับคุณภาพผลิตผลทางการเกษตรเพื่ออุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

¹School of Crop Production Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology
Nakhon Ratchasima, Thailand 30000

²Innovation of Quality Enhancement of Agricultural Products for Agro-industry-Research Center
Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand 30000

*Corresponding author: arak@sut.ac.th

Received: September 23, 2023

Revised: January 07, 2025

Accepted: February 19, 2025

Abstract

The greenhouse cover plastic film is one of the most important factors in plant growth in the greenhouse. Therefore, the selection of the type of plastic film has an impact on plant growth and yield. The objective of this experiment was to study the influence of different types of plastic film on the growth and yield of lettuce. The experiment was designed as a split plot in CRD (Completely Randomized Design). Main plot, which was the type of plastic film, consisted of four treatments: red plastic, yellow plastic, white plastic, and an uncovered as a control (Sunlight). Sub plot was the lettuce variety, comprising two varieties: Red Oak and Green Oak. The hydroponic NFT system was used for lettuce cultivation, and data on growth and yield were collected 45 days after sowing. Results indicated significant interactions between plastic film types and lettuce varieties. Green Oak under red plastic exhibited the tallest plants, similar to those under yellow plastic. Red Oak under white plastic showed the widest canopy. Planting Green Oak under white, red, and yellow plastic led to more leaves than uncovered or sunlight conditions. Both Red Oak and Green Oak under yellow plastic had the highest leaf count compared to the sunlight group. White and yellow plastic-covered lettuce had higher SPAD values and leaf color expression (L^* , a^* , b^*) than red plastic. The redness value (a^*) of leaves was lowest in the white and yellow plastic groups. Thus, planting lettuce under white and yellow plastic film was most suitable for achieving optimal growth and yield compared to red plastic.

Keywords: lettuce, plastic roof covering, light, light intensity, greenhouse

บทคัดย่อ

พลาสติกคลุมหลังคาโรงเรือนถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อการปลูกพืชในโรงเรือน ดังนั้นการเลือกชนิดของพลาสติกคลุมหลังคาจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ซึ่งการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของชนิดของพลาสติกคลุมหลังคาที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอม วางแผนการทดลองแบบ Split Plot in CRD (Completely Randomized Design) หน่วยทดลองหลัก คือ ชนิดของพลาสติกคลุมหลังคาที่มีสเปกตรัมแสงแตกต่างกัน 4 แบบ ได้แก่ พลาสติกสีแดง สีเหลือง สีขาว และการไม่คลุมพลาสติก (กลางแจ้ง) หน่วยทดลองรอง คือ ผักกาดหอม 2 พันธุ์ ได้แก่ เรดโอ๊คและกรีนโอ๊ค ปลูกทดสอบด้วยระบบไฮโดรพอนิกส์แบบ NFT (Nutrient Film Technique) อายุ 45 วันหลังเพาะกล้า ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต จากการทดลองพบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของพลาสติกและพันธุ์ผักกาดหอม โดยการปลูกกรีนโอ๊คภายใต้พลาสติกสีแดง มีผลให้ความสูงต้นสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากพลาสติกสีเหลือง และการปลูกเรดโอ๊คภายใต้พลาสติกสีขาว มีผลทำให้แต่ความกว้างทรงพุ่มสูงที่สุด และการปลูกกรีนโอ๊คภายใต้พลาสติกทั้งสีขาว แดง และเหลือง มีผลให้จำนวนใบสูงกว่าการไม่คลุมหลังคา และพบว่าการปลูกภายใต้พลาสติกสีเหลืองมีผลทำให้ผักกาดหอมทั้ง 2 พันธุ์ให้ผลผลิตสูงที่สุดในขณะที่ค่า SPAD และการแสดงออกของสีใบโดยวัดค่าสี L^* a^* และ b^* การปลูกเรดโอ๊คภายใต้การไม่คลุมพลาสติกคลุมหลังคา และการคลุมหลังคาด้วยพลาสติกสีขาว และสีเหลือง ให้ค่า SPAD และการแสดงออกสีใบสูงกว่าการปลูกด้วยหลังคาพลาสติกสีแดง โดยค่า a^* ซึ่งแสดงสีใบสีแดงน้อยที่สุด ดังนั้นปลูกด้วยพลาสติกสีขาวและสีเหลืองมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกด้วยพลาสติกสีแดง

คำสำคัญ: ผักกาดหอม พลาสติกคลุมหลังคา
แสง ความเข้มของแสง โรงเรือน

คำนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียและยุโรป แถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและเอเชีย เป็นพืชฤดูเดียว เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ผู้คนนิยมบริโภคมากที่สุดในโลก ปริมาณผลผลิตของผักกาดหอมที่ผลิตได้ทั่วโลกในปี ค.ศ. 2020 ประมาณ 27.66 ล้านตัน (FAOSTAT, 2022) ในทวีปยุโรปมีปริมาณการบริโภคผักกาดหอมเฉลี่ยวันละ 22.5 กรัมต่อคน คิดเป็น 6.5 เปอร์เซ็นต์ของผักที่บริโภคในแต่ละวัน (WHO, 2003) ผักกาดหอมที่นิยมปลูกในประเทศไทยมี 2 กลุ่มใหญ่ คือ 1) กลุ่มครีสป์เฮด (Crisp Head) คือ ผักกาดหอมหัว และ 2) กลุ่มลิฟ (Leaf) คือ ผักกาดหอมใบหยิกใบบาง ๆ เช่น พันธุ์กรีนโอ๊ค และเรดโอ๊ค เป็นต้น สีของใบมีตั้งแต่สีเขียวอ่อนจนถึงสีแดง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ผักกาดหอมกลุ่มนี้สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีแต่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศเย็น (Sen Hydroponics, 2016) ผักกาดหอมจึงจัดว่าเป็นพืชที่มีมูลค่าทางการเศรษฐกิจสูง เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ ผักกาดหอมจึงนิยมปลูกในโรงเรือน เนื่องจากสภาพอากาศในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อาจทำให้การเพาะปลูกผักกาดหอมแบบกลางแจ้ง ได้รับความกระทบจากภัยธรรมชาติโดยเฉพาะในฤดูฝน เนื่องจากใบของผักกาดหอมมีความบาง ถ้าผักกาดหอมได้แรงกระแทกจากน้ำฝน จะทำให้ใบผักกาดหอมเสียหาย โรคอาจเข้าทำลาย ส่งผลให้ผลผลิตลดลงมาก อีกทั้งการเพาะปลูกในโรงเรือนยังสามารถช่วยลดความเข้มแสงหรือกำหนดช่วงแสงเพื่อให้เหมาะสมกับพืชที่จะเพาะปลูกได้ และยังสามารถเพาะปลูกได้พืชได้ตลอดทั้งฤดู ดังนั้นการปลูกพืชในโรงเรือนฟิล์มคลุมหลังคาโรงเรือนถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความจำเป็นและมีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการปลูกพืช (Wisitphant and Chomphuphuang, 2017)

แสงจัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อแสงที่แตกต่างกัน สามารถอธิบายเรื่องแสงได้ในเชิงปริมาณและในเชิงคุณภาพ ได้ดังนี้ 1) ความเข้มแสง (light intensity) คือ ปริมาณแสงทั้งหมดที่พืชได้รับ 2) ช่วงแสง (light duration or photoperiod) คือ ระยะเวลาของแสงในแต่ละช่วงของวัน และ 3) คุณภาพของแสง (light quality) หรือความยาวคลื่นแสง (wavelength) แสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความยาวคลื่นหลายระดับ แสงอาทิตย์มีความยาวคลื่นระหว่าง 280–2,800 นาโนเมตร (nm) สำหรับแสงที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์แสงเรียกว่า Photosynthetically Active Radiation (PAR) คือแสงในช่วงที่มนุษย์มองเห็น (visible light) มีความยาวคลื่นที่ 380–770 nm โดยช่วงแสงที่มีการดูดซึมแสงเพื่อสร้างคลอโรฟิลล์ ชนิด เอ และ บี (chlorophyll molecules type a & b) ได้ดีที่สุดในช่วงความยาวคลื่น 400–480 nm (แสงสีน้ำเงิน) และระหว่าง 630–680 nm (แสงสีแดง) และช่วงแสงที่ดูดซึมสำหรับการสร้างแคโรทีนอยด์ (carotenoids) มีความยาวคลื่น 2 ช่วง คือ 455 และ 485 nm และคลื่นแสงที่มองไม่เห็น (invisible light) ได้แก่ แสงเหนือม่วง หรือรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet radiation: UV) มีความยาวคลื่นในช่วง 100–400 nm ซึ่งเป็นแสงที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต (Watjanatepin and Boonmee, 2017) ดังนั้นการออกแบบและพัฒนาฟิล์มคลุมโรงเรือนที่ดี ต้องมีคุณสมบัติช่วยคัดเลือกช่วงแสงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ให้มีความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสง ความยาวคลื่น และบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช และช่วยป้องกันช่วงแสงที่จะส่งผลเสียต่อพืชให้เข้ามาภายในโรงเรือนน้อยที่สุด ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีปัจจุบัน ฟิล์มคัดกรองแสงบางชนิดถูกพัฒนาจนสามารถดูดกลืนแสงบางช่วงไว้ และปรับเปลี่ยนเป็นแสงอีกช่วงความยาวคลื่นได้ด้วย เช่น การพัฒนาฟิล์มป้องกันรังสี UV ฟิล์มป้องกันและฟิล์มสะท้อนรังสีความร้อน (NIR) ในขณะที่ยอมให้แสงในช่วง PAR ส่องผ่านได้ซึ่งเป็นแสงที่มีความ

จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์แสงของพืช (Espi *et al.*, 2006) การพัฒนาให้ฟิล์มพลาสติกคลุมโรงเรือนมีการกระจายแสงภายในโรงเรือน ช่วยส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้น (Hemming *et al.*, 2008) และการดูดซับแสง UV ซึ่งไม่เป็นประโยชน์ไว้และปรับเป็นแสงสีแดงซึ่งเป็นประโยชน์กับพืชมากกว่า เป็นต้น แต่ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ฟิล์มคัดกรองแสงทางเกษตรยังเป็นสินค้าที่ราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้เกษตรกรไทยที่ปลูกพืชในโรงเรือนไม่อาจเข้าถึงเทคโนโลยีนี้ได้ ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของพลาสติกคลุมหลังคาที่มีสเปกตรัมแสงต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนไอล์และพันธุ์เรดไอล์

วิธีดำเนินการวิจัย

เพาะเมล็ดผักกาดหอมพันธุ์กรีนไอล์และเรดไอล์ลงในถ้วยปลูกที่ใส่เพอร์ไลต์ (Pelite) ปลูกทดลอง ณ อาคารเกษตรวิวัฒน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ช่วงเดือนกันยายน–ตุลาคม พ.ศ. 2564 เมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 1 สัปดาห์ ให้สารละลาย A และ B สูตร มทส. (SUT-NS5) (Tira-umporn, 2001) ที่ความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ (EC) 0.8 mS/cm และ pH 5.5–6.5 เมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 2 สัปดาห์ ย้ายกล้าลงรางปลูกไฮโดรพอนิกส์ระบบ NFT (Nutrient Film Technique) แบบแปลงเปิด ปลูกตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยวางแผนการทดลองแบบ Split Plot Design จำนวน 2 ซ้ำ หน่วยทดลองหลัก คือ ชนิดของพลาสติกคลุมหลังคาที่มีสเปกตรัมแสงแตกต่างกัน 4 แบบ ได้แก่ พลาสติกสีแดง สีเหลือง สีขาว และการไม่คลุมพลาสติก (กลางแจ้ง) หน่วยทดลองรอง คือ ผักกาดหอม 2 พันธุ์ ได้แก่ เรดไอล์และกรีนไอล์ ปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 3–6 สัปดาห์ เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายค่า EC 1.5–1.8 mS/cm และควบคุม pH ที่ 5.5–6.5 และทำการเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 45 วัน หลังเพาะเมล็ด

บันทึกข้อมูล ค่าความเข้มแสงและวัดสเปกตรัมแสงจากเครื่อง Model Name: PG200N Spectral PAR-PPFD Spectrometer ได้แก่ บริเวณเหนือทรงพุ่มพืชและใต้หลังคาพลาสติก (วัดบริเวณกลางราง ระยะห่างเหนือต้นและใต้พลาสติก ประมาณ 10 ซม.) และบันทึกลักษณะการเจริญเติบโต ประกอบด้วย ความสูงต้น โดยวัดจากพื้นพองน้ำถึงปลายยอด (ซม.) ความกว้างทรงพุ่มโดยวัดความกว้างจากของทั้งสองด้านแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย (ซม.) จำนวนใบ โดยนับจำนวนใบที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ (ใบ) ความยาวราก โดยวัดจากขอบถ้วยปลูกถึงปลายรากแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย (ซม.) และเมื่อถึงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวนำใบวัดค่าความเขียวใบ SPAD Chlorophyll Meter Reading (SCMR) โดยใช้เครื่อง SPAD Chlorophyll Meter รุ่น SPAD 502 plus เก็บข้อมูลในช่วงเวลา 09.00–12.00 น. วัดจากใบที่ 4 นับจากยอดของต้นผักกาดหอมจำนวน 3 ใบ และวัดค่าการแสดงออกของสีใบที่บริเวณกลางใบและปลายใบ โดยใช้เครื่องวัดสีระบบ Spectrophotometer Hunter Lab (รุ่น MiniscanEZ) ผลของการวัดสีที่ได้แสดงในรูปแบบ $L^* a^* b^*$ (L^* = เป็นค่าแสดงค่าความสว่าง ซึ่งมีค่า 0-100 (0 เท่ากับสีดำ และ 100 เท่ากับสีขาว); a^* = เป็นค่าแสดงสีแดงและสีเขียว a^* (+) วัตถุเป็นสีแดง a^* (-) วัตถุสีเขียว และ b^* = เป็นค่าแสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน b^* (+) วัตถุเป็นสีเหลือง b^* (-) วัตถุเป็นสีน้ำเงิน) จากนั้นบันทึกลักษณะผลผลิต ประกอบด้วย ข้อมูลพื้นที่ใบ โดยวัดพื้นที่ใบทั้งหมดต่อต้นด้วยเครื่อง AREA meter น้ำหนักสด โดยการนำมาชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และน้ำหนักแห้งผลผลิต นำผลผลิตสดกับความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C. เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบันทึกผลด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (กรัม/ต้น)

การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS for Windows Version 14.0 วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

จากการศึกษาอิทธิพลของชนิดพลาสติกคลุมหลังคาที่มีสีแตกต่างกัน พบว่าสีของพลาสติกมีผลต่อสเปกตรัมแสงที่พืชจะได้รับ (Figure 1) ซึ่งมีพลาสติกสีขาวและสีเหลือง มีความยาวคลื่น 400-480 nm (แสงสีน้ำเงิน) และระหว่าง 630-680 nm (แสงสีแดง) สำหรับการดูดซึมแสงเพื่อสร้าง chlorophyll molecules type a & b และความยาวคลื่น 455 และ 485 nm สำหรับการสร้าง carotenoids ใกล้เคียงกับการไม่คลุมพลาสติก แต่มีความแตกต่างกันที่การคลุมพลาสติกจะช่วยกรองช่วงแสง UV ที่มีความยาวคลื่นในช่วง 350-400 nm น้อยกว่าการไม่คลุมพลาสติก ในขณะที่คลุมหลังคาด้วยพลาสติกสีแดง มีสเปกตรัมแสงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับการคลุมพลาสติกสีเหลือง สีขาว และการไม่คลุมพลาสติก โดยความยาวคลื่น 400-480 nm (แสงสีน้ำเงิน) และ 630-680 nm (แสงสีแดง) สำหรับการสร้าง Chlorophyll molecules type a & b และความยาวคลื่น 455 และ 485 nm สำหรับการสร้าง Carotenoids และที่สำคัญพบว่ามีช่วงแสง UV ที่มีความยาวคลื่นในช่วง 350-400 nm น้อยกว่าการคลุมหลังคาด้วยพลาสติกสีขาว สีเหลือง และการไม่คลุมพลาสติก ส่งผลให้การวัดความเข้มแสงภายใต้พลาสติกคลุมหลังคาสีแดงมีความเข้มแสงน้อยกว่าชนิดอื่น (Table 1)

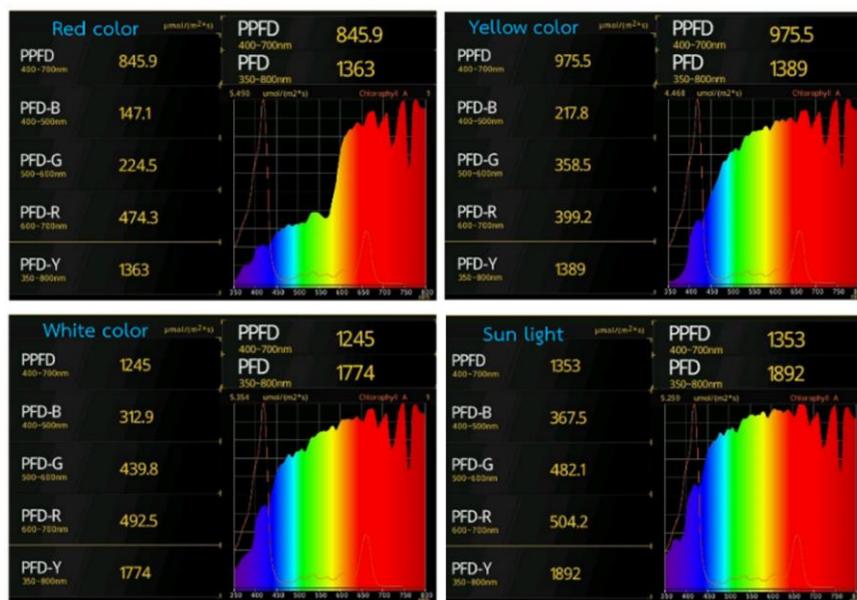


Figure 1 Characterization of light spectral distribution from 350 to 800 nm under greenhouse plastic film on experimentation

Table 1 Measured light intensities beneath the three greenhouse plastic film treatments under the control (sun light)

Time measured	10.00 a.m. (μ mol.m ⁻² .s ⁻¹)		12.00 p.m. (μ mol.m ⁻² .s ⁻¹)		02.00 p.m. (μ mol.m ⁻² .s ⁻¹)	
	Beneath the film	Canopy	Beneath the film	Canopy	Beneath the film	Canopy
Red color	700	600	900	700	800	700
Yellow color	1,400	1,300	1,400	1,300	1,400	1,300
White color	1,500	1,500	1,600	1,500	1,400	1,500
Sun light	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900

ผลของชนิดพลาสติกต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม 2 พันธุ์

จากการศึกษาผลของชนิดพลาสติกทั้ง 3 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมทั้ง 2 พันธุ์ พบว่าการเจริญเติบโตก่อนการเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 6 (หลังเพาะกล้า) การปลูกภายใต้พลาสติกสีแดง ทำให้ผักกาดหอมมีความสูงต้นมากที่สุด (21.17 ซม.) แต่พบว่าการปลูกภายใต้พลาสติกสีเหลืองและสีขาว เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกกลางแจ้งมีความสูงต้นไม่แตกต่างกัน (19.50,

18.83 และ 18.67 ซม. ตามลำดับ) และพบว่าความกว้างทรงพุ่มและความยาวรากที่ปลูกให้ค่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการปลูกกลางแจ้งและปลูกภายใต้พลาสติก เมื่อพิจารณาจำนวนใบพบว่าการปลูกภายใต้พลาสติกมีจำนวนใบมากกว่าการปลูกกลางแจ้ง โดยการปลูกภายใต้พลาสติกสีเหลืองมีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด (33.72 ใบ) แต่ไม่แตกต่างจากการปลูกภายใต้พลาสติกสีแดงและสีขาวที่มีจำนวนใบเฉลี่ย 32.50 และ 32.00 ใบตามลำดับ ขณะที่การปลูกกลางแจ้งมีจำนวนใบเฉลี่ยน้อย

ที่สุด (29.33 ใบ) ขณะที่ค่าพื้นที่ใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพบว่า การปลูกภายใต้พลาสติกสีแดงและสีเหลืองมีพื้นที่ใบมากที่สุด (2,646 และ 2,628 ตร.ซม. ตามลำดับ) รองลงมาคือ การปลูกด้วยพลาสติกสีขาวมีพื้นที่ใบ 2,349 ตร.ซม. ขณะที่การ

ปลูกกลางแจ้งมีพื้นที่ใบน้อยที่สุด (2,107 ตร.ซม.) ขณะที่พันธุ์ผักกาดหอม พบว่ากรีนโอ๊คมีความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ และพื้นที่ใบมากกว่าเรดโอ๊ค แต่ทั้ง 2 พันธุ์ ให้ความยาวรากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

Table 2 The effects type of plastic film on plant growth (plant height, plant width, number of leaves, root length and leaf area) of lettuce at 45 days after sowing

Factor		Plant height (cm)	Plant width (cm)	Number of leaves	Root length (cm)	Leaf area (cm ²)
Type of plastic film (A)	Red color	21.17±0.66a ^{1/}	36.50±0.46	32.50±1.15a	35.94±1.80	2,628±99.11a
	Yellow color	19.50±0.74b	35.72±0.52	33.72±1.37a	36.39±1.99	2,646±92.38a
	White color	18.83±0.56b	35.17±0.84	32.00±1.36a	37.61±1.61	2,349±78.18b
	Sun light	18.67±0.23b	35.00±0.85	29.33±0.59b	34.00±1.11	2,107±42.90c
Variety (B)	Red oak	17.75±0.40b	34.28±0.38b	28.00±0.74b	37.03±1.12	2,324±84.04b
	Green oak	21.33±0.32a	36.92±0.50a	35.78±0.54a	34.94±1.14	2,541±40.14a
F-test	A	** ^{2/}	ns	**	ns	**
	B	**	**	**	ns	**
	A*B	**	*	**	ns	**

^{1/}Mean values in the same columns followed by different superscripts are statistically different when compared using Duncan's New Multiple Range Test.

^{2/**} = highly significant difference at p<0.01, * = significant difference at p<0.05 and ns = not significant difference at p>0.05

Table 3 Interaction between type of plastic film and type of lettuce on plant growth (plant height, plant width, number of leaves and leaf area) of lettuce at 45 days after sowing

Type of plastic film (A)	Variety (B)	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Number of leaves	Leaf area (cm ²)
Red color	Red oak	19.11±0.42c ^{1/}	36.44±0.71ab	28.11±0.42c	2,452.93±47.12c
	Green oak	23.22±0.80a	36.56±0.63ab	36.89±0.79a	2,803.82±178.41ab
Yellow color	Red oak	16.78±0.36d	34.67±0.60bc	28.78±0.46bc	2,442.88±75.23c
	Green oak	22.22±0.60a	36.78±0.72ab	38.67±1.29a	2,850.03±142.30a
White color	Red oak	16.78±0.32d	32.33±0.75c	27.11±0.61c	2,146.06±65.69de
	Green oak	20.89±0.39b	38.00±0.65a	36.89±1.21a	2,552.70±106.43bc
Sun light	Red oak	18.33±0.44c	33.67±1.36c	28.00±0.50c	2,255.52±39.93cd
	Green oak	19.00±0.00c	36.33±0.88ab	30.67±0.88b	1,959.13±27.17e
F-test	A*B	**2/	*	**	**

^{1/}Mean values in the same columns followed by different superscripts are statistically different when compared using Duncan's New Multiple Range Test.

^{2/**} = highly significant difference at p<0.01 and * = significant difference at p<0.05

ผลของชนิดพลาสติกร่วมกับพันธุ์ของผักกาดหอมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดพลาสติกและพันธุ์ผักกาดหอมใน Table 2 (A*B) พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของพลาสติกและพันธุ์ผักกาดหอมต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ และพื้นที่ใบ โดยการปลูกกรีนโอ๊คร่วมกับพลาสติกสีแดง ทำให้มีความสูงต้นสูงสุดเฉลี่ย 23.22 ซม. แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกด้วยพลาสติกสีเหลืองที่ให้ความสูงต้นของกรีนโอ๊คเฉลี่ย 22.22 ซม. ในขณะที่การปลูกกรีนโอ๊คภายใต้พลาสติกสีขาวมีผลทำให้ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุดที่ 38 ซม. แต่เมื่อพิจารณาพื้นที่ใบ พบว่ากรีนโอ๊คที่ปลูกภายใต้พลาสติกสีเหลืองทำให้มีพื้นที่ใบสูงสุดที่ 2,850.03 ตร.ซม. แต่ไม่แตกต่างกับพลาสติกสีแดงที่ให้พื้นที่ใบที่ 2,803.82 ตร.ซม. และพบว่าการไม่มุงหลังคาพลาสติก

มีผลให้กรีนโอ๊คมีพื้นที่ใบเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 1,959.13 ตร.ซม. (Table 3)

ผลของชนิดพลาสติกต่อค่าความเขียวใบและสีใบของผักกาดหอม 2 พันธุ์

จากการศึกษาผลของชนิดพลาสติกทั้งสามชนิดต่อค่าความเขียวใบ พบว่าการปลูกภายใต้พลาสติกสีขาว สีเหลือง และการปลูกกลางแจ้ง มีค่าความเขียวใบมากที่สุด ขณะที่การปลูกภายใต้พลาสติกสีแดงมีค่าความเขียวใบต่ำที่สุด เรดโอ๊คมีค่าความเขียวใบมากกว่าพันธุ์กรีนโอ๊ค ทั้งนี้ค่าความเขียวใบ (SPAD Chlorophyll Meter Reading) มีค่าในทิศทางเดียวกับการวัดสีใบ จากการศึกษาลักษณะการแสดงออกของสีใบด้วยการวัดค่าสี $L^* a^* b^*$ (Table 4) พบว่าพลาสติกแต่ละชนิดให้ค่าสีใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยที่ปลายใบ ค่า L^* สูงสุด เมื่อปลูกพืชภายใต้พลาสติกสีแดง รองลงมาคือ การปลูกด้วย

พลาสติกสีเหลือง กลางแจ้ง และสีขาว ตามลำดับ การวัดค่าสีใบ a* สูงที่สุด เมื่อปลูกด้วยพลาสติกสีขาว รองลงมา คือ การปลูกกลางแจ้งและพลาสติกสีเหลือง และการปลูกด้วยพลาสติกสีแดงให้ค่าสีใบ a* ต่ำที่สุด (ค่าสีใบ a* (+) วัตถุเป็นสีแดง a* (-) วัตถุเป็นสีเขียว) จาก Figure 2

จะเห็นว่าพลาสติกมีผลต่อการเกิดสีใบของเรดโอ๊ค โดยพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกภายใต้พลาสติกสีแดงมีการเกิดสีแดงของใบน้อยที่สุด ขณะที่ปลูกภายใต้พลาสติกสีขาวและสีเหลืองมีการเกิดสีแดงของใบใกล้เคียงกับการปลูกกลางแจ้ง

Table 4 The effects type of plastic film on total chlorophyll content (SPAD-unit) and characteristic expression pigmented of leaf lettuce at 45 days after sowing

Factor		SPAD-unit (SCMR)	Leaf apex		
			L*	a*	b*
Type of plastic film (A)	Red color	18.16±0.44b ^{1/}	59.80±2.26a	-9.54±1.51c	37.74±2.09a
	Yellow color	20.68±0.63a	50.56±3.57b	-2.88±2.83b	25.12±3.66b
	White color	21.37±0.76a	49.41±4.20b	-1.47±3.08a	23.65±4.35b
	Sun light	20.12±1.23a	50.26±3.85b	-2.84±2.85b	24.92±4.00b
Variety (B)	Red oak	22.68±0.31a	38.46±1.06b	6.3±0.69a	13.91±1.35b
	Green oak	17.49±0.56b	66.55±1.99a	-14.65±1.5b	41.81±2.27a
F-test	A	** ^{2/}	**	**	**
	B	**	**	**	**
	A*B	**	**	**	**

^{1/}Mean values in the same columns followed by different superscripts are statistically different when compared using Duncan's New Multiple Range Test.

^{2/}** = highly significant difference at p<0.01 and * = significant difference at p<0.05

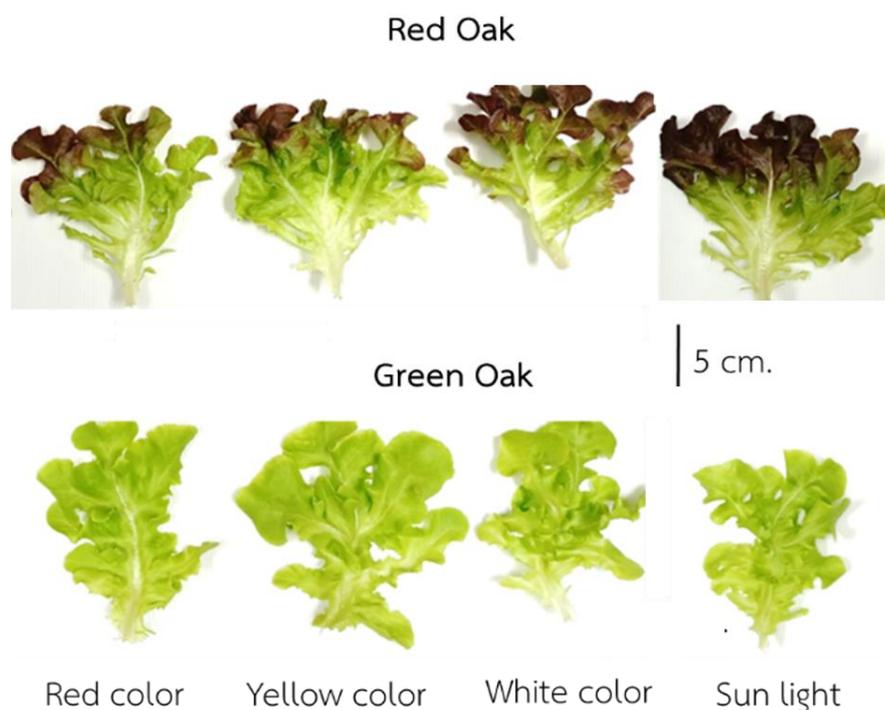


Figure 2 Effects of plastic film light on characteristic expression pigmented leaves of leaf lettuce at 45 days after sowing

ผลของชนิดพลาสติกร่วมกับพันธุ์ของผักกาดหอมต่อค่าความเขียวใบและสีใบ

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดพลาสติกและพันธุ์ผักกาดหอมใน Table 4 (A*B) พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของพลาสติกและพันธุ์ผักกาดหอมต่อค่าความเขียวใบ และการแสดงออกสีใบของผักกาดหอม โดยการปลูกเรดโอ๊ค ร่วมกับการไม่มุงหลังคาพลาสติกให้ค่าความเขียวใบ (SPAD Chlorophyll Meter Reading) สูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากการปลูกภายใต้พลาสติกสีขาว และพลาสติกสีเหลือง ซึ่งให้ค่าความเขียวใบ 24.53, 23.96 และ 22.78 ตามลำดับ ในขณะที่ปลูกกรีนโอ๊คโดยไม่มุง

หลังคาพลาสติกทำให้มีค่าความเขียวใบต่ำที่สุดที่ 15.70 และเมื่อพิจารณาการแสดงออกของสีใบโดยเน้นการเกิดสีแดง (a^*) ในเรดโอ๊ค พบว่าที่ปลายใบการปลูกเรดโอ๊คร่วมกับพลาสติกสีขาวให้ค่า a^* มากที่สุดที่ 11.18 รองลงมาคือ การปลูกโดยไม่คลุมหลังคาพลาสติก และการปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกสีเหลือง โดยให้ค่า a^* เท่ากับ 8.80 และ 8.77 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ให้ค่า a^* เป็นบวก (วัตถุเป็นสีแดง) ในขณะที่การปลูกภายใต้พลาสติกสีแดงให้ค่า a^* เป็นลบ (วัตถุเป็นสีเขียว) โดยมีค่า a^* เท่ากับ -3.54 (Table 5)

Table 5 Interaction between type of plastic film and type of lettuce on total chlorophyll content (SPAD-unit) characteristic expression pigmented and fresh weight of leaf lettuce at 45 days after sowing

Type of plastic film (A)	Variety (B)	SPAD-unit (SCMR)	Leaf apex			Leaf fresh weight (g)
			L*	a*	b*	
Red color	Red oak	19.43±0.56b	50.94±1.40c	-3.54±0.81c	29.51±1.05c	115.74±3.75ab
	Green oak	16.89±0.31cd	68.66±0.40a	-15.54±0.24d	45.98±0.77a	107.40±4.98bc
Yellow color	Red oak	22.78±0.70a	36.11±1.15d	8.77±0.25b	11.57±1.22d	125.82±3.95a
	Green oak	18.59±0.31bc	65.01±0.73b	-14.46±0.54d	38.67±3.09b	129.12±6.55a
White color	Red oak	23.96±0.82a	32.21±0.93e	11.18±0.58a	5.84±0.84e	107.50±2.89bc
	Green oak	18.78±0.32bc	66.60±0.56ab	-14.12±0.18d	41.46±0.53b	121.04±6.29ab
Sun light	Red oak	24.53±1.13a	34.60±1.17de	8.80±0.82b	8.71±0.86de	111.83±1.57b
	Green oak	15.70±0.53d	65.92±0.46b	-14.47±0.32d	41.13±1.30b	94.21±3.93c
F-test	A*B	**	**	**	**	**

^{1/} Mean values in the same columns followed by different superscripts are statistically different when compared using Duncan's New Multiple Range Test.

^{2/} ** = highly significant difference at p<0.01

ผลของชนิดพลาสติกต่อผลผลิตของผักกาดหอม 2 พันธุ์

จากการศึกษาผลของชนิดพลาสติกทั้ง 3 ชนิดต่อผลผลิตของผักกาดหอมทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าการปลูกภายใต้พลาสติกสีเหลืองมีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งใบมากที่สุด โดยมีน้ำหนักสดที่ 127.47 กรัม/ต้น และน้ำหนักแห้งที่ 6.30 กรัม/ต้น รองลงมาคือ การปลูกด้วยพลาสติกสีขาวและสีแดง มีค่าน้ำหนักสดใบที่ 114.27 และ 111.57 กรัม/ต้น ตามลำดับ ขณะที่การปลูกกลางแจ้งมีน้ำหนักสดใบ (103.02 กรัม/ต้น) และน้ำหนักแห้งใบ (4.13 กรัม/ต้น) น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งใบเฉลี่ยของผักกาดหอม

ทั้งสองพันธุ์ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 6) เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดพลาสติกและพันธุ์ผักกาดหอมใน Table 6 (A*B) พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของพลาสติกและพันธุ์ผักกาดหอมต่อน้ำหนักสดลำต้นและน้ำหนักสดใบ โดยใน Table 5 พบว่าผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกภายใต้พลาสติกสีเหลือง และสีแดงให้น้ำหนักสดต้นสูงที่สุด 19.64 และ 19.08 กรัม/ต้นตามลำดับ และพบว่าการปลูกผักกาดหอมกรีนโอ๊คและเรดโอ๊คภายใต้พลาสติกสีเหลืองทำให้น้ำหนักสดใบสูงที่สุด 129.12 และ 125.82 กรัม/ต้น ตามลำดับ (Table 5)

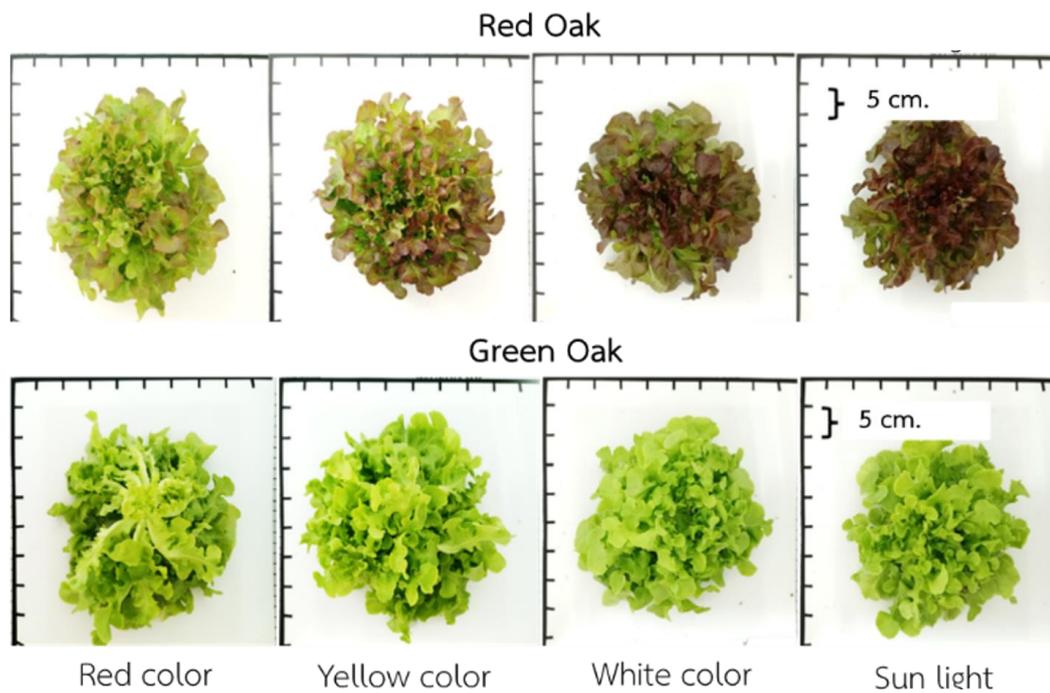


Figure 3 Effects of type of plastic film on growth of lettuce at 45 days after sowing

Table 6 The effects of plastic film type on fresh weight and dry weight of lettuce at 45 days after sowing

Factor		Fresh weight (g)			Dry weight (g)		
		Stem	Root	Leaf	Stem	Root	Leaf
Type of plastic film (A)	Red	15.42±0.97a ^{1/}	10.33±0.64b	111.57±3.19bc	0.62±0.04	0.60±0.04b	5.66±0.17b
	Yellow	15.94±1.13a	14.45±1.37a	127.47±3.73a	0.62±0.06	0.65±0.05ab	6.30±0.20a
	White	12.80±0.95b	15.12±0.78a	114.27±3.74b	0.52±0.06	0.73±0.06a	4.99±0.15c
	Sun light	11.46±0.39b	15.04±1.44a	103.02±2.96c	0.52±0.03	0.59±0.03b	4.13±0.08d
Variety (B)	Red oak	11.00±0.63b	12.58±1.00b	115.22±3.48	0.43±0.03b	0.60±0.04b	5.17±0.18
	Green oak	16.81±0.45a	14.89±0.63a	112.94±2.38	0.72±0.02a	0.69±0.02a	5.37±0.16
F-test	A	** ^{2/}	*	**	ns	*	**
	B	**	*	ns	**	*	ns
	A*B	**	ns	**	ns	ns	ns

^{1/} Mean values in the same columns followed by different superscripts are statistically different when compared using Duncan's New Multiple Range Test.

^{2/} ** = highly significant difference at p<0.01, * = significant difference at p<0.05 and ns = not significant difference at p>0.05

วิจารณ์ผลการวิจัย

ปัจจุบันการใช้หลังคาพลาสติกคลุมโรงเรือนมีบทบาททางการเกษตรมากขึ้น ทั้งในด้านการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ พืชผัก และไม้ผล มีการนำหลังคาพลาสติกมาใช้เพื่อประโยชน์ในทางการเกษตรอย่างแพร่หลายและมีแนวโน้มการใช้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากประโยชน์ที่ได้รับจากหลังคาพลาสติกมีมาก โดยเฉพาะใช้ในการจัดการสภาพลมฟ้าอากาศให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน และปริมาณแสงแดด ตลอดจนป้องกันภัยธรรมชาติ ทั้งจากสภาพภูมิอากาศที่เป็นอันตรายต่อพืช เช่น พายุฝน จากโรคพืชและสัตว์ที่เป็นศัตรูพืช (Hentapik *et al.*, 2007) แต่พลาสติกคลุมหลังคาโรงเรือนในท้องตลาดที่จำหน่ายมีความหนาประมาณ 80–220 ไมโครเมตร ส่วนใหญ่มีแค่พลาสติกสีขาวใสถึงสีขาวขุ่น มีชนิดของฟิล์มตั้งแต่ 1 ชั้นจนถึง 3 ชั้น ขึ้นกับระดับเทคโนโลยีของแต่ละประเทศ และมีอายุการใช้งานอยู่ในช่วง 6-45 เดือน ขึ้นกับชนิดของสารเติมแต่งที่ช่วยเรื่องการเสื่อมสภาพของฟิล์มจากแสงแดด (photo stabilizer) ที่ใช้ในการผลิต และสภาพภูมิศาสตร์ที่ตั้ง เป็นต้น (Espí *et al.*, 2006)

แสงที่พืชได้รับจากการใช้พลาสติกคลุมหลังคาส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของผักกาดหอม โดยพบว่าผักกาดหอมทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกสีเหลืองที่มีการกรอง UV ในช่วงความยาวคลื่น 100–400 nm ตาม Figure 1 มีแนวโน้มของดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตสูงที่สุด โดยพันธุ์กรีนโอ๊คมีค่าความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ พื้นที่ใบ และผลผลิตต้นน้ำหนักสดต่อต้นสูงกว่าพันธุ์เรดโอ๊คอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srioon *et al.* (2022) ที่พบว่าการใช้พลาสติกที่มีการกรอง UV ชนิดฟิล์ม MultiTech และ ฟิล์ม MultiTech-Ultra ทำให้ผักกาดหอมเรดโอ๊คและกรีนโอ๊คมีการเจริญเติบโตและผลผลิตดีกว่าฟิล์มพลาสติกการค่าที่มีค่า UV สูงกว่า แต่จากการสังเกตด้วยสายตาพบว่าผักกาดหอมทั้งสองพันธุ์

ที่ปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกสีขาวไม่พบอาการต้นยืดและทรงพุ่มต้นกระชับกว่าพลาสติกสีเหลืองและสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับ Udomprasert (2015) ที่กล่าวว่าเมื่อพืชได้รับความเข้มของแสงและรังสีอัลตราไวโอเล็ตสูง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของพืช เช่น ทรงพุ่มเล็กลง ใบไม่ยืด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของพืชดังกล่าวมีส่วนช่วยให้ใบพืชได้รับแสงและรังสีอัลตราไวโอเล็ตน้อยลง ใบมีโอกาสบ่งแสงกันมากขึ้น และพบว่าผักกาดหอมที่ปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกมีจำนวนใบมากกว่าการปลูกกลางแจ้ง และพันธุ์กรีนโอ๊คมีจำนวนใบมากกว่าพันธุ์เรดโอ๊คอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผักกาดหอมทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกและปลูกกลางแจ้งมีความยาวรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพบว่าพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกสีขาวมีแนวโน้มไม่มีสีแดง ไม่แตกต่างจากการปลูกกลางแจ้ง รองลงมาคือ พันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกสีเหลือง และสีแดง ตามลำดับ

ข้อมูลสอดคล้องเป็นทิศทางเดียวกับค่าความเขียวใบ ค่าสีใบ ($L^* a^* b^*$) และค่าความเข้มแสงที่ส่องผ่านพลาสติก เมื่อพิจารณาค่าความเข้มแสงใน Table 1 จะเห็นว่าในสภาพวันที่แสงแดดจัด การปลูกกลางแจ้งมีค่าความเข้มแสงสูงถึง 1,900 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที ส่วนพลาสติกสีเหลืองและสีแดงอยู่ในช่วงระหว่าง 1,300-1,400 และ 1,500-1,600 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที ขณะที่ค่าความเข้มแสงภายใต้พลาสติกสีแดงอยู่ระหว่าง 600-900 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที เมื่อพิจารณาค่าของความเข้มแสงเหนือทรงพุ่มพืชพบว่า ความเข้มแสงที่ผ่านพลาสติกสีแดงลดลงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ผักกาดหอม และชนิดของพลาสติกคลุมหลังคา จึงพบว่าการปลูกผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คภายใต้พลาสติกสีแดงมีการแสดงออกของสีใบน้อยที่สุด ดังนั้นการปลูกผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คไม่ควรปลูกภายใต้พลาสติกสีแดง เนื่องจากใบจะไม่แสดงการเกิดสีแดงได้ตามลักษณะประจำพันธุ์

สีแดงในใบผักกาดหอม คือ สารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ จัดเป็นสารประกอบฟีนอลชนิดหนึ่ง มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Bridle and Timberlake, 1996) Loreti *et al.* (2008) รายงานว่าการสะสมแอนโทไซยานินในพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกของพืชหลายประการ เช่น การสังเคราะห์ flavonoids จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ลดลง (Neugart *et al.*, 2012) การสังเคราะห์ flavonoids ขึ้นกับความเข้มแสงและ UV ที่พืชได้รับพบว่าผักกาดหอมที่ได้รับแสง UV จากดวงอาทิตย์โดยตรงมี flavonoids สูงกว่าการปลูกพืชในโรงเรือน (Romani *et al.*, 2002) Rittiram (2020) รายงานว่าสีใบจะเป็นสีแดงตามลักษณะประจำพันธุ์เมื่อได้รับรังสี UV ความยาวคลื่น 280–400 nm เนื่องจากแสง UV มีผลต่อการสะสมสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ที่สามารถควบคุมการแสดงออกของลักษณะ (characteristics) หรือมีบทบาทจำเพาะ เช่น ควบคุม photomorphogenesis, pigment biosynthesis และ pathogen resistance induction สอดคล้องกับงานวิจัยของ Park *et al.* (2007) ที่รายงานว่าใบผักกาดหอม เมื่อฉายรังสี UV-B พบว่าการสร้างสารแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระให้เพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ผลของพลาสติกคลุมหลังคาที่มีสเปกตรัมแสงต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค และพันธุ์เรดโอ๊ค พบว่าพลาสติกสีเหลืองเหมาะสมต่อการปลูกผักกาดหอมทั้ง 2 พันธุ์ เนื่องจากช่วยส่งเสริมทั้งด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต อย่างไรก็ตามหากต้องการให้ผักกาดหอมเรดโอ๊คมีใบสีแดงตามลักษณะประจำพันธุ์ควรเลือกใช้หลังคาพลาสติกสีขาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในการเอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน และขอขอบคุณนายบุญวิชัย มังบุ่งแวน นักศึกษาระดับปริญญาตรีผู้ช่วยปฏิบัติงานในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Bridle, P. and C.F. Timberlake. 1996. Anthocyanins as natural food colors selected aspects. **Food Chem.** 58: 103–109.
- Espi, A. Salmerón, A. Fontecha, Y. García and A.I. Real. 2006. Plastic film for agricultural applications. **Journal of Plastic Film & Sheeting** 22: 85–102.
- FAOSTAT. 2022. **The FAO (Statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations) statistical database.** [Online]. Available <http://faostat.fao.org> (January 21, 2024)
- Hemming, S., V. Mohammadkhani and T. Dueck. 2008. Diffusegreenhouse covering materials-material technology, measurements and evaluation of optical properties. **Acta Horticulturae** 797: 469–475.

- Hentapik, C., S. Narasri and R. Pilap. 2007. Table Grape Production under Plastic Roof Open Field Condition. pp. 1-2. **In Research Exhibition: On the Path of Research, Kasetsart University 2007, Agricultural Fair 2007.** Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Loreti, E., G. Povero, G. Novi, C. Solfanelli, A. Alpi and P. Perata. 2008. Gibberellins, jasmonate and abscisic acid modulate the sucrose-induced expression of anthocyanin biosynthetic genes in *Arabidopsis*. **New Phytologist** 179: 1004–1016
- Neugart, S., K. Hans-Peter, Z. Michaela, S. Monika, R. Sascha, W. Lothar, and A. Krumbein. 2012. The effect of temperature and radiation on flavonol aglycones and flavonol glycosides of kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). **Food Chemistry** 133(4): 1456–1465.
- Park, J.S., M.G. Choung, J.B. Kim, B.S. Hahn, J.B. Kim, S.C. Bae, K.H. Roh, Y.H. Kim, C.I. Cheon, M.K. Sung and K.J. Cho. 2007. Genes up-regulated during red coloration in UV-B irradiated lettuce leaves. **Plant Cell Reports** 26(4): 507–516.
- Rittiram, J. 2020. **Effects of Light and Temperature on Growth and yield of Lettuce in Plant Factory with Artificial Light.** Master Thesis. Suranaree University of Technology. 99 p. [in Thai]
- Romani, A., P. Pinelli, C. Galardi, G. Sani, A. Cimato and D. Heimler. 2002. Polyphenols in greenhouse and open-air grown lettuce. **Food Chemistry** 79: 337–342.
- Sen Hydroponics. 2016. **Green oak lettuce.** [Online]. Available <http://zen-hydroponics.blogspot.com/2014/12/green-oaklettuce.html> (March 2, 2023). [in Thai]
- Srioon, K., T. Thongket, A. Petchsuk, D. Srinun, and D. Sirikittikul. 2022. Effects of multifunctional greenhouse film on growth and yield of ‘Green Oak’ and ‘Red Oak’ lettuces (*Lactuca sativa* L.). **Khon Kaen Agriculture Journal** 50(6): 1655–1665. [in Thai]
- Tira-umporn, A. 2001. **Hydroponics.** Nakhon Ratchasima: Teaching Publications, Suranaree University of Technology. 81 p. [in Thai]
- Udomprasert, N. 2015. **Plant Stress Physiology.** Bangkok: Chulalongkorn University Press. 237 p. [in Thai]
- Watjanatepin, N. and C. Boonmee. 2017. Which color of light from the light emitting diodes optimal for plant cultivation? **Thai Journal of Science and Technology** 25(1): 158–176. [in Thai]
- WHO. 2003. **GEMS/Food Regional Diets: Regional per Capita Consumption of Raw and Semi Processed Agricultural Commodities.** Geneva: World Health Organization. 27 p.

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 42(2): 10-24

Wisitphanit, J. and A. Chomphuphuang. 2017.
Greenhouse Vegetable Cultivation in
Thailand. pp. 7-25. *In* Wisitphanit, J.
(Ed.). **Handbook of High-Quality and
Safe Vegetable Production in
Greenhouses.** Bangkok: Agriculture
Division, Office of Agricultural Research
Fund (OARF). [in Thai]

ระยะแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพริกพันธุ์พื้นเมืองนครพนม 3 พันธุ์

Seed Physiological Maturity of 3 Varieties of Nakhon Phanom Local Chili

ชัชวาล แสงฤทธิ์^{1*} และกิตติยา ผางโยธา

Chadchawarn Sangrit^{1*} and Kitiya Phangyotha¹

สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม 48000

Section of Plant Science, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom, Thailand 48000

*Corresponding author: chdhort@npu.ac.th

Received: January 04, 2024

Revised: April 08, 2025

Accepted: April 30, 2025

Abstract

Chili pepper is an important vegetable worldwide including Thailand. Local crop varieties have some good agronomic and horticultural traits, i.e., disease resistance and environmental stress tolerance. Therefore, to improve local chili production, the investigation of seed physiology and quality is necessary to enhance chili yield. This study aimed to evaluate the relationship between fruit ripening stages and seed quality in Prik-Pi, Prik-Phee and Prik-Khee-Noo-Suan. All of the chili varieties were evaluated at the Nakhon Phanom University during October 2020–March 2021. A Completely Randomized Design (CRD) was used with 3 replications and 50 seeds of each variety per replication. The results clearly showed that colour parameters and the seed qualities were cultivar and fruit ripening-dependent. At 45 days after anthesis (DAA) for Prik-Pi, Prik-Phee and 41 DAA for Prik-Khee-Noo-Suan were suitable for seed harvesting as the seeds had reached physical and physiological maturity and gave the highest values for seed qualities (%germination, %normal seedling, seedling fresh weight, seedling dry weight and biomass). Moreover, days after anthesis could be used as an indicator of harvesting time. That is following certain days after anthesis, depending on cultivar, chili fruits displayed a colour transition from orange to red while remaining firm.

Keywords: germination, seed vigour, harvesting time, seed quality, harvest index

บทคัดย่อ

พริกนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมีการบริโภคกันทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย ลักษณะเด่นของพริกพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ ด้านทานโรค ทนทานต่อสภาพแวดล้อม เพื่อเป็นการยกระดับการผลิตพริกพันธุ์พื้นเมือง การศึกษาทางสรีรวิทยาและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มีความจำเป็นต่อการเพิ่มผลผลิต ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะแก่ทางสรีรวิทยาในระยะการสุกที่แตกต่างกันที่สัมพันธ์กับคุณภาพเมล็ดของเมล็ดพริกพันธุ์พื้นเมืองนครพนม จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พริกปี พริกผี และพริกชี้หูสวน ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563-มีนาคม พ.ศ. 2564 ที่แปลงทดลองมหาวิทยาลัยนครพนม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design: CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากการศึกษาพบว่า ระยะสุกแก่ของพริกแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันในลักษณะของสีและคุณภาพเมล็ด ในระยะการสุกที่ 45 วันหลังดอกบานในพริกปีและพริกผี และ 41 วันหลังดอกบานในพริกชี้หูสวน เป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากเมล็ดมีความสุกทั้งทางกายภาพและทางสรีรวิทยา และมีคุณภาพเมล็ดที่สูงที่สุด (เปอร์เซ็นต์การงอก เปอร์เซ็นต์ต้นกล้าปกติ น้ำหนักสดต้นกล้า น้ำหนักแห้งต้นกล้า และค่าดัชนีมวลชีวภาพ) ทั้งนี้ในระยะวันหลังดอกบานดังกล่าวสามารถเป็นดัชนีการเก็บเมล็ดพันธุ์ได้ โดยผลพริกแต่ละพันธุ์มีการเปลี่ยนสีจากสีส้มจนถึงสีแดง และผลพริกยังมีลักษณะผลแน่น ไม่เหี่ยว

คำสำคัญ: การงอก ความแข็งแรงของเมล็ด
ระยะเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ คุณภาพเมล็ดพันธุ์
ดัชนีการเก็บเกี่ยว

คำนำ

พริก (Chili) เป็นพืชผักที่จัดอยู่ในวงศ์ Solanaceae มีอายุตั้งแต่ย้ายกล้าปลูกจนถึงให้ผลผลิตเก็บเกี่ยวได้ ประมาณ 60–120 วัน นับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมีการบริโภคกันทั่วโลก ในประเทศไทยมีการปลูกพริกในทุกภาค มีพันธุ์ที่หลากหลายแตกต่างกันไป ซึ่งแหล่งผลิตพริกที่มีพื้นที่ใหญ่ที่สุดของไทยอยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ นครราชสีมา เลย หนองคาย รวมทั้งนครพนม (Horticultural Research Institute, 2023) โดยการผลิตพริกในประเทศไทยมีพื้นที่โดยประมาณ 120,000 ไร่ แบ่งเป็นพริก 3 กลุ่มที่สำคัญ คือ พันธุ์พื้นเมือง พันธุ์แนะนำจากหน่วยงานราชการ และพริกพันธุ์ลูกผสมของบริษัทเอกชน ชนิดของพริกที่นิยมบริโภคและปลูกทั่วไปของเกษตรกร ได้แก่ พริกชี้หูเม็ดใหญ่ พริกชี้ฟ้า พริกชี้หูเม็ดเล็ก พริกชี้หูสวน พริกจินดา พริกหัวเรือ พริกยอดสน พริกกะเหรี่ยง พริกเครือ พริกหวาน (Techawongstien, 2006)

นครพนม เป็นจังหวัดในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีความโดดเด่นของความหลากหลายของเชื้อชาติและวัฒนธรรม พืชพรรณหลายชนิดจัดเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ที่มีอยู่ประจำถิ่น พริกเป็นพืชพื้นเมืองชนิดหนึ่งที่บ่งบอกถึงความหลากหลายด้านวัฒนธรรมที่มีความเฉพาะและจุดเด่น ซึ่งลักษณะเด่นของพริกพันธุ์พื้นเมืองในจังหวัดนครพนมและพื้นที่ใกล้เคียง (มุกดาหาร และหนองคาย) จะมีความเผ็ด และหอมมากกว่าพริกกลุ่มพริกชี้หูเม็ดใหญ่ที่นิยมปลูกกันทั่วไป (*Capsicum annuum*) พริกพันธุ์พื้นเมืองจะนิยมปลูกและบริโภคในชุมชนของชาวญวน ซึ่งจะใช้พริกเป็นผักเครื่องแนม ซึ่งเป็นพริกกลุ่ม *C. chinense* และ

C. frutescens (Techawongstien, 2006) แต่ปัญหาที่มักพบในพื้นที่การผลิตของพริกพื้นเมืองดังกล่าว นอกจากเรื่องปริมาณผลผลิตต่ำ และลักษณะอ่อนแอต่อโรค ยังพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เอง ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และการรักษาพันธุกรรมพริกพื้นเมืองให้คงความบริสุทธิ์ของพันธุ์ ถ้าเกษตรกรสามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ได้อย่างถูกต้องและเก็บเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ จะช่วยให้ลดต้นทุนและลดอัตราการใช้เมล็ดพันธุ์ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งเป็นข้อมูลในการจัดการเมล็ดพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ในการผลิตเมล็ดพันธุ์สำหรับจำหน่ายและการพัฒนาพันธุ์ การควบคุมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่การผลิตในระดับแปลงเริ่มต้นจากเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ โดยเฉพาะการเก็บผลพริกในระยะที่เหมาะสมในการผลิตเมล็ดพันธุ์คุณภาพดี โดยระยะการสุกของผล (ripening stage) สามารถบ่งบอกระยะการพัฒนาของผลพริกในระยะที่เมล็ดมีความสมบูรณ์ที่สุด คือ ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) โดยทั่วไปพริกจะมีระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาหลังดอกบานประมาณ 40-60 วัน ขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ แต่อย่างไรก็ตามอายุการสุกแก่ยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมด้วย (Tetteh *et al.*, 2019) จากวิธีปฏิบัติโดยทั่วไปของเกษตรกรมักจะมีการเก็บพันธุ์ไว้ใช้ต่อเอง ซึ่งจะเก็บและคัดเลือกผลสุกจากลักษณะที่มองเห็นได้ชัดเจน (สีแดง) โดยไม่ได้คำนึงถึง

ระยะการสุกกับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม ทำให้อัตราในการเพาะเมล็ดแต่ละครั้งมักจะใช้จำนวนเมล็ดค่อนข้างมาก ทั้งนี้การได้มาซึ่งเมล็ดที่ไม่มีคุณภาพ อาจส่งผลให้ได้ต้นกล้าที่ไม่สมบูรณ์ (abnormal seedling) ด้วย เช่น ต้นกล้าที่องค์ประกอบไม่ครบ (abnormal seedling) ต้นกล้าอ่อนแอ หรือต้นกล้าที่มีเชื้อโรคติดมาด้วย งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาระยะการพัฒนาของผลพริกพื้นเมืองที่ปลูกในจังหวัดนครพนมที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับช่วยให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพนำไปสู่การได้เมล็ดพันธุ์ที่มีอัตราการงอกที่ดี และต้นอ่อนที่สมบูรณ์แข็งแรง

อุปกรณ์และวิธีการ

พริกพื้นเมือง

พริกพื้นเมือง จำนวน 3 พันธุ์ ที่รวบรวมเมล็ดจากแปลงเกษตรกรที่ปลูกในพื้นที่ริมแม่น้ำโขง จังหวัดนครพนม คือ พริกปี พริกผี และพริกขี้หนูสวน มีลักษณะเด่นเป็นที่นิยมของตลาด มีกลิ่นหอมและเผ็ด มีความสามารถในการทนโรคและสภาพแล้งได้ดี และนำมาปลูกทดสอบในแปลงทดลอง เพื่อศึกษาระยะการแก่ทางสรีรวิทยาของผล (Table 1)

Table 1 Plant Characteristics of 3 local chili varieties (*C. frutescens*)

Entry	Specific traits	Location
Prik-Pi	light green unripe fruit and turned to red-orange ripe fruit	Muang district, Nakhon Phanom province
Prik-Phee	white immature fruit and turned to red-orange ripe fruit	That Phanom district, Nakhon Phanom province
Prik-Khee-Noo-Suan	small green immature fruit and turned to red ripe fruit	Muang district, Nakhon Phanom province

การปลูกพริกและการจัดการดูแล

ขั้นตอนการเพาะต้นกล้าสำหรับการทดลอง

เตรียมเมล็ดพริก โดยการแช่ในน้ำอุ่น (60°C) เป็นเวลา 15 นาที และเพาะในกล่องพลาสติกที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ดชุบด้วยยากันราไดเทน เอ็นที® (แมนโคเซบ) อัตรา 1 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร จนกว่าเมล็ดงอกราก (radicle) (5-7 วัน) จากนั้นนำเมล็ดที่งอกเพาะลงในถาดเพาะขนาด 104 หลุม ที่ใช้วัสดุเพาะกล้า (ดิน แกลบดำ และมูลวัว อัตราส่วน 1:1:1) 1 เมล็ด ต่อ 1 หลุม รดน้ำให้ชุ่มนำไปวางไว้ในโรงเรือน เมื่อต้นกล้าพริกอายุได้ 30-45 วัน ย้ายลงแปลงปลูกที่เตรียมดินรองพื้นด้วยหน้าดิน แกลบดำ มูลวัว ในอัตรา 1:1:1 และติดตั้งระบบน้ำหยดลงในแปลงคลุมด้วยพลาสติกคลุมแปลงสีดำ จำนวน 3 แปลง (ขนาดแปลง กว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 5 เมตร) ก่อนย้ายกล้าเปิดน้ำทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง ย้ายต้นกล้าลงปลูกในแปลง (แถวเดี่ยว) โดยใช้ 1 ต้น ต่อหลุม ระยะห่าง 50 เซนติเมตรต่อหลุม หลังจากย้ายกล้าพริกพันธุ์พื้นเมืองได้ 15 วัน ทำการให้ปุ๋ยเกล็ด วาย.วี.พี.® สูตร 25-5-5 โดยให้ปุ๋ย 12 กรัม ละลายในน้ำ 15 ลิตร ให้น้ำแบบระบบน้ำหยดให้วันเว้นวัน จนถึงระยะออกดอก และให้ปุ๋ย วาย.วี.พี.® สูตร 15-15-15 จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ให้น้ำสองเวลา คือ เวลา 10.00 น. และ 14.00 น. โดยเปิดระบบน้ำครั้งละ 15 นาที หากมีการให้ปุ๋ยร่วมด้วยจะให้น้ำนาน 30 นาที และกำจัดวัชพืชโดยการถอน

การวางแผนการทดลอง

เมื่อต้นพริกเข้าสู่ระยะออกดอก ทำสัญลักษณ์ด้วยการผูกด้ายที่มีสีแตกต่างกันไว้ที่ดอกของพริกช่วงดอกตูม (ก่อนบาน 1 วัน) เพื่อให้ได้ผลพริกที่มีอายุ 35, 38, 39, 40, 41, 42 และ 45 วันหลังดอกบาน เก็บผลพริกในแต่ละระยะทำการวัดสีผล ด้วยระบบ CIE (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Colour Meter; Konika Minolta®, Japan) นำผลพริกมาแกะเมล็ดใส่ผ้าขาวบาง ตากเมล็ดไว้ในที่ร่ม

จนเมล็ดแห้ง นำไปอบเมล็ดที่อุณหภูมิ 36°C. 48 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักรวม 100 เมล็ด

การทดสอบความงอก (germination test) นำเมล็ดมาเพาะ โดยแบ่งออกเป็น 3 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ด้วยวิธี top of paper โดยนำเมล็ดมาแช่ในน้ำอุ่น 15 นาที บ่มในกล่องพลาสติกที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ดที่จุ่มยากันรา เพื่อไม่ให้เมล็ดโดนทำลายโดยเชื้อรา ทำการเก็บข้อมูลการงอกรวม 14 วัน โดยนับจำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละวัน และเก็บข้อมูลครั้งสุดท้ายในวันที่ 14 หลังจากนั้นเลือกต้นกล้าที่สมบูรณ์ที่สุด 3 ต้นต่อซ้ำ นำไปชั่งน้ำหนักสด และนำไปอบที่อุณหภูมิ 48°C. 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง

การบันทึกข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลการงอกรวม 14 วัน ตามมาตรฐานการทดสอบการงอกของ International Seed Testing Association (ISTA) (ISTA, 1999) โดยนับการงอกวันแรกวันที่ 7 (first count) และนับการงอกวันสุดท้ายวันที่ 14 (final count) โดยวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ 1) เปอร์เซ็นต์การงอก (% seed germination) = $(100 \times \text{จำนวนเมล็ดงอกวันสุดท้าย}) / \text{จำนวนเมล็ดที่ทดสอบ}$ 2) ทดสอบการเจริญเติบโต (growth test) โดยคำนวณค่าดัชนีมวลชีวภาพ (biomass index) Biomass index = $(\text{น้ำหนักต้นกล้าสด} - \text{น้ำหนักต้นกล้าแห้ง}) / \text{น้ำหนักต้นกล้าแห้ง}$ และ 3) ความแข็งแรงของเมล็ด (seed vigour) วัดจากค่าดัชนีการงอก (germination index) = ผลรวมของ (จำนวนเมล็ดงอกวันที่ 1/1) + (จำนวนเมล็ดงอกวันที่ 2/2) + ... (จำนวนเมล็ดงอกวันที่ 14/14) วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least-Significant Difference (LSD) คำนวณด้วยโปรแกรม Statistix Ver. 8

ผลการวิจัย

จากการศึกษาระยะแก่ทางสรีรวิทยาของพริก พันธุ์ 3 พันธุ์ (พริกปี พริกผี และพริกชี้หูสวน) พบว่า พริกทั้ง 3 พันธุ์ มีพัฒนาการของผลแตกต่างกันในช่วง 35 วันหลังดอกบานเป็นต้นไป โดยการเปลี่ยนแปลงของสีผล จากระยะสุกเขียว (green mature) สู่ระยะสุก (ripe) ชัดเจนในวันที่ 38 วันหลังดอกบาน (Figure 1) และ น้ำหนักเมล็ดแห้งของพริกทั้ง 3 พันธุ์ พบว่ามีน้ำหนัก เมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในวันแรกที่เก็บข้อมูลระยะ ผลที่ 35 วันหลังดอกบาน พริกชี้หูสวนมีน้ำหนักต่อเมล็ด

สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 พันธุ์ และมีน้ำหนัก เมล็ดแห้งสูงสุดที่ 42 วันหลังดอกบาน เฉลี่ย 5.71 มก./ เมล็ดแห้ง เช่นเดียวกับพริกผี มีน้ำหนักเมล็ดแห้งสูงสุด 2.92 มก./เมล็ดแห้ง ส่วนพริกปี มีน้ำหนักเมล็ดแห้งสูงสุด ที่ 45 วันหลังดอกบาน เฉลี่ย 3.45 มก./เมล็ดแห้ง (Figure 2) เมื่อทำการทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การงอก ลักษณะของต้นกล้า ดัชนีการ งอก และดัชนีมวลชีวภาพ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติทุกลักษณะที่ทดสอบในทุกพันธุ์ (Table 2)

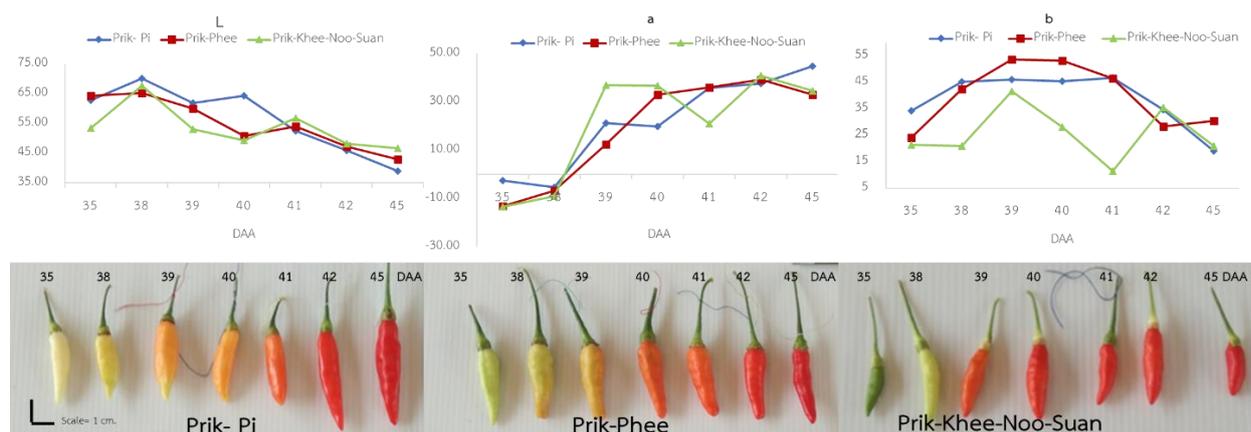


Figure 1 Colour changes in L*, a* and b* for a) Prik-Pi, b) Prik-Phee and c) Prik-khee-Noo-Suan at different fruit development after anthesis (35-45 DAA)

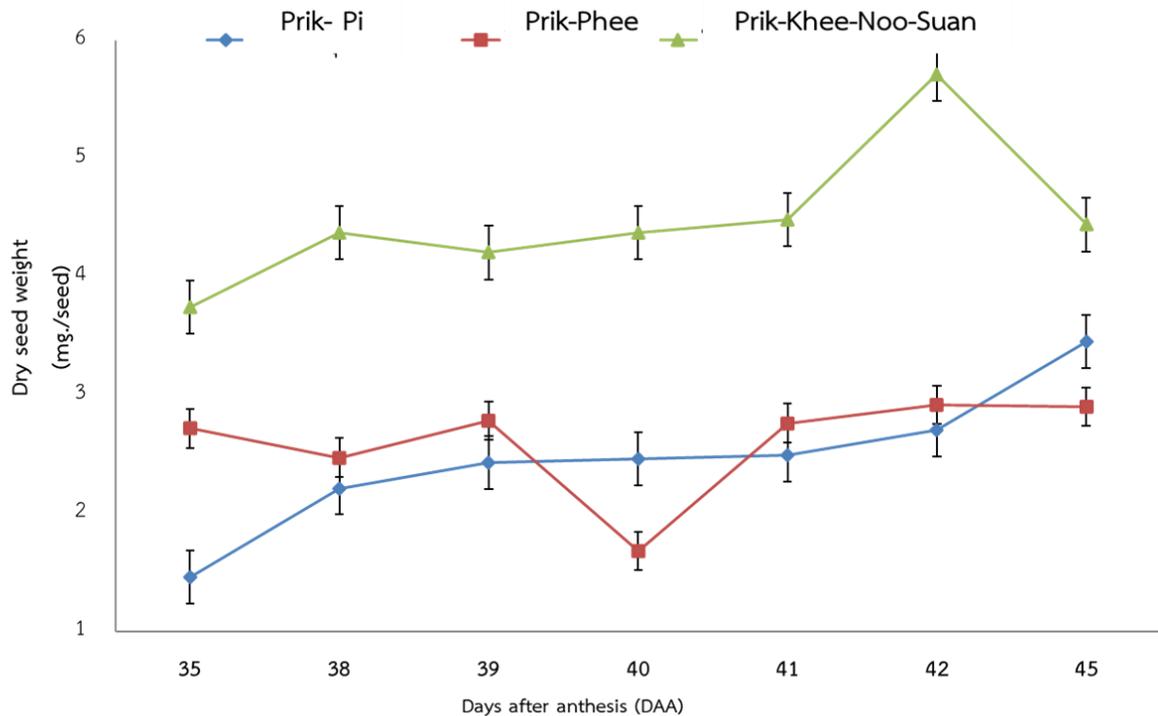


Figure 2 Dry seed weight of three local chili varieties i.e., Prik-Pi, Prik-Phee and Prik-khee-Noo-Suan at different fruit development after flowering (35, 38, 39, 40, 41, 42 and 45 days after anthesis: DAA)

จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกในระยะ การพัฒนาผลที่ต่างกันของพริกทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าพริกปี และพริกผี มีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ โดยพริกปี มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุดที่ 45 วันหลังดอกบาน (20.67%) เช่นเดียวกับในระยะ 38 และ 40 วันหลังดอกบาน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ (13.33 และ 8.94% ตามลำดับ) (Table 2) พริกผี มีเปอร์เซ็นต์การงอกในระยะผลพัฒนา ที่ 45 วันหลังดอกบาน มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด (38.67%) รองลงมาคือ ระยะ 40 และ 41 วันหลังดอกบาน (25.33 และ 18.00% ตามลำดับ) (Table 3) ในขณะที่ พริกขี้หนูสวนมีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ซึ่งเมล็ดพริกที่เก็บในช่วงอายุ 41, 42 และ 45 วันหลังดอกบาน มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะการสุกของผลอื่น ๆ (72.92, 65.81 และ 72.84% ตามลำดับ) (Table 4) พริกปี มี เปอร์เซ็นต์ของต้นกล้าปกติสูงที่สุดที่ระยะ 41 วันหลัง

ดอกบาน (100%) เช่นเดียวกับระยะการพัฒนาของผล ที่ 45 และ 40 วันหลังดอกบาน (90.30 และ 78.33% ตามลำดับ) และระยะที่ 42 วันหลังดอกบาน มีเปอร์เซ็นต์ ต้นกล้าปกติต่ำที่สุด (23.81%) ในขณะที่ต้นกล้าผิดปกติ ที่ระยะ 38 วันหลังดอกบาน มีเปอร์เซ็นต์ผิดปกติสูงสุด ที่ 63.89% เช่นเดียวกับระยะ 39, 40 และ 42 วันหลัง ดอกบาน (63.33, 21.67 และ 42.86% ตามลำดับ) (Table 2) ส่วนพริกผี พบว่าต้นกล้าที่งอกและมีลักษณะ ปกติสมบูรณ์สูงที่สุดที่ระยะ 45 วันหลังดอกบาน (85.08%) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ระยะ 35, 39, 40 และ 41 วันหลังดอกบาน (52.78, 75.00, 70.08 และ 23.61% ตามลำดับ) และมีเปอร์เซ็นต์ ต้นกล้าผิดปกติสูงสุดที่ระยะ 42 วันหลังดอกบาน (100%) เช่นเดียวกับระยะ 35, 38, 40 และ 41 วันหลังดอกบาน (47.22, 78.33, 29.27 และ 76.39% ตามลำดับ) (Table 3) ในขณะที่พริกขี้หนูสวน ระยะการพัฒนาของผลที่มี ต้นกล้าปกติสูงที่สุดที่ 45 วันหลังดอกบาน (97.92%)

แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการพัฒนาของผลที่ 41, 42 และ 40 วันหลังดอกบาน (97.92, 90.63, 87.08 และ 82.44% ตามลำดับ) และช่วงระยะพัฒนาของผลที่มีต้นกล้าผิดปกติมากที่สุด คือ ระยะ 39, 40, 42 และ 41 วันหลังดอกบาน (26.17, 17.56, 12.92 และ 9.37% ตามลำดับ) (Table 4) เมื่อพิจารณาความแข็งแรงของต้นกล้าที่วิเคราะห์จากค่าดัชนีการงอก (GI)

ของพริกทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าพริกปีมีดัชนีการงอกสูงสุดที่ 1.83 ในระยะ 45 วันหลังดอกบาน (Table 2) ส่วนพริกปีมีดัชนีการงอกสูงสุดในระยะ 45 และ 40 วันหลังดอกบาน (1.73 และ 1.05 ตามลำดับ) (Table 3) ในขณะที่พริกชี้หนูมีดัชนีการงอกไม่แตกต่างกันตั้งแต่ระยะ 31-45 วันหลังดอกบาน (2.15-3.22) (Table 4)

Table 2 Germination percentage, normal and abnormal seedling percentage, germination index (GI), seedling fresh and dry weight and biomass index of chili cv. Prik-Pi

DAA	Germination (%)	Normal seedling (%)	Abnormal seedling (%)	GI	Fresh weight (mg/seedling)	Dry weight (mg/seedling)	Biomass index
35	0.71 c	33.33 b	0.00 c	0.04 b	0.0042 d	0.0003 b	4.96 b
38	13.33 ab	36.11 ab	63.89 a	0.62 b	0.0152 b-d	0.0018 b	9.70 a
39	6.67 bc	36.67 ab	63.33 a	0.30 b	0.0092 cd	0.0025 b	2.11 b
40	8.94 ab	78.33 a	21.67 a-c	0.57 b	0.0329 ab	0.0029 b	10.35 a
41	4.67 bc	100.00 a	0.00 c	0.38 b	0.0257 a-c	0.0028 b	8.34 a
42	6.67 bc	23.81 b	42.86 ab	0.33 b	0.0206 b-d	0.0019 b	6.20 a
45	20.67 a	90.30 a	9.70 bc	1.83 a	0.0451 a	0.0063 a	6.15 a
F-test	*	*	*	**	*	*	**
CV (%)	35.16	40.78	59.83	18.24	1.16	0.17	13.30

Values within a column followed by the same letter are not significantly different, * = significant at $P < 0.05$, > 0.01 , ** = significant at $P < 0.01$. Data were transformed to the square root transformation ($\sqrt{x+0.5}$) for analysis. Nontransformed means were shown.

จากการวิเคราะห์น้ำหนักสด และแห้งของต้นกล้า พบว่าต้นกล้าของพริกพันธุ์ปี มีน้ำหนักสดของต้นกล้าทุกระยะการพัฒนาลดลงเหลือ 0.0219 มก./ต้น โดยที่ระยะ 45 วันหลังดอกบาน ต้นกล้าจะมีน้ำหนักสดสูงสุดเท่ากับ 0.0451 มก./ต้น แต่ไม่แตกต่างกับระยะ 40 และ 41 วันหลังดอกบาน (0.0329 และ 0.0257 มก./ต้น ตามลำดับ) (Table 2) เช่นเดียวกับพริกปี ที่ระยะ 45 วัน

หลังดอกบาน ต้นกล้ามีน้ำหนักสดสูงสุดเท่ากับ 0.0533 มก./ต้น และที่ระยะ 40 วันหลังดอกบาน แต่ไม่แตกต่างกับระยะที่ 40 วันหลังดอกบาน ต้นกล้ามีน้ำหนักสด 0.0331 มก./ต้น (Table 3) และในระยะ 45, 42, 40 และ 39 วันหลังดอกบาน เป็นระยะที่ต้นกล้ามีน้ำหนักสดสูงสุดในพริกชี้หนูสวน (0.0425, 0.0392, 0.0360 และ 0.0354 มก./ต้น ตามลำดับ) (Table 4) สำหรับน้ำหนักแห้ง

ต้นกล้า พบว่าพริกปีมีน้ำหนักแห้งของต้นกล้าทุกระยะการพัฒนาลดลง 0.0026 มก./ต้น โดยที่ระยะ 45 วันหลังดอกบาน ต้นกล้ามีน้ำหนักแห้งสูงสุด เท่ากับ 0.0063 มก./ต้น (Table 2) เช่นเดียวกับพริกผี ต้นกล้ามีน้ำหนักแห้งสูงสุด เท่ากับ 0.0053 มก./ต้น แต่ไม่แตกต่างกัน

ระยะที่ 40 และ 41 วันหลังดอกบาน (0.0044 และ 0.0041 มก./ต้น ตามลำดับ) (Table 3) และสำหรับพริกชี้หนูสวน ระยะผลพัฒนา 39-45 วันหลังดอกบาน มีน้ำหนักแห้งต้นกล้าไม่แตกต่างกัน อยู่ระหว่าง 0.0041-0.0044 มก./ต้น (Table 4)

Table 3 Germination percentage, normal and abnormal seedling percentage, germination index (GI), seedling fresh and dry weight and biomass index of chili cv. Prik-Phee

DAA	Germination (%)	Normal seedling (%)	Abnormal seedling (%)	GI	Fresh weight (mg/seedling)	Dry weight (mg/seedling)	Biomass index
35	11.11 cd	52.78 ab	47.22 ab	0.23 c	0.0130 bc	0.0019 b	6.51 ab
38	9.33 cd	21.67 bc	78.33 a	0.46 bc	0.0224 bc	0.0027 b	8.87 ab
39	4.67 d	75.00 ab	25.00 b	0.25 c	0.0207 bc	0.0029 b	7.61 ab
40	25.33 b	70.28 ab	29.27 ab	1.05 ab	0.0331 ab	0.0044 a	6.54 ab
41	18.00 bc	23.61 a-c	76.39 a	0.67 bc	0.0242 bc	0.0041 a	3.28 ab
42	4.00 d	0.00 c	100.00 a	0.14 c	0.0083 c	0.0017 b	2.52 b
45	38.67 a	85.08 a	14.92 b	1.73 a	0.0533 a	0.0053 a	9.13 a
F-test	*	**	*	**	**	**	*
CV (%)	46.36	35.36	37.31	49.17	0.97	0.09	23.67

Values within a column followed by the same letter are not significantly different, * = significant at $P < 0.05$, > 0.01 , ** = significant at $P < 0.01$. Data were transformed to the square root transformation ($\sqrt{x+0.5}$) for analysis. Nontransformed means were shown.

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีมวลชีวภาพ (biomass index) จากค่าสัดส่วนของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พบว่าค่าดัชนีมวลชีวภาพในพริกปี มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเช่นเดียวกับพริกชี้หนู ในขณะที่พริกผีมีค่าดัชนีมวลชีวภาพแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ พริกปีระยะที่มีค่าดัชนีมวลชีวภาพสูงสุด คือ 40 วันหลังดอกบาน (10.35) รองลงมาคือ ระยะผลสุก 38, 41, 42 และ 45 วันหลังดอกบาน (9.70, 8.34, 6.20

และ 6.15 ตามลำดับ) (Table 2) ในพริกผี พบว่าค่าดัชนีมวลชีวภาพสูงสุดระยะการพัฒนารูปร่างของผล 45 วันหลังดอกบาน (9.13) และต่ำที่สุดในระยะ 42 วันหลังดอกบาน (2.52) (Table 3) ส่วนพริกชี้หนูสวน พบว่าทุกระยะการพัฒนารูปร่างของผลมีค่าดัชนีมวลชีวภาพไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นระยะที่ 35 และ 39 วันหลังดอกบาน มีค่าดัชนีเท่ากับ 0 (Table 4)

Table 4 Germination percentage, normal and abnormal seedling percentage, germination index (GI), seedling fresh and dry weight and biomass index of chili cv. Prik-Khee-Noo-Suan

DAA	Germination (%)	Normal seedling (%)	Abnormal seedling (%)	GI	Fresh weight (mg/seedling)	Dry weight (mg/seedling)	Biomass index
35	0.00 d	0.00 c	0.00 c	0.00 b	0.0000 c	0.0000 b	0.00 b
38	0.00 d	0.00 c	0.00 c	0.00 b	0.0000 c	0.0000 b	0.00 b
39	51.33 bc	73.83 b	26.17 a	2.31 a	0.0354 ab	0.0044 a	7.05 a
40	37.61 c	82.44 ab	17.56 a	2.15 a	0.0360 ab	0.0041 a	7.86 a
41	72.92 a	90.63 ab	9.37 a-c	2.36 a	0.0340 b	0.0041 a	7.37 a
42	65.81 ab	87.08 ab	12.92 ab	3.22 a	0.0392 ab	0.0047 a	7.43 a
45	72.84 a	97.92 a	2.08 bc	2.55 a	0.0425 a	0.0044 a	8.67 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	7.99	6.16	39.21	10.23	0.29	0.04	7.15

Values within a column followed by the same letter are not significantly different, ** = significant at $P < 0.01$. Data were transformed to the square root transformation ($\sqrt{x+0.5}$) for analysis. Nontransformed means were shown.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การเก็บเกี่ยวเมล็ดพริกที่มีคุณภาพจำเป็นจะต้องมีการศึกษาระยะที่เหมาะสม ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับระยะเวลาสุกแก่ทางสรีรวิทยา จากการศึกษาระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพริกพันธุ์พื้นเมืองนครพนมทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พริกปี พริกผี และพริกขี้หนูสวน ซึ่งเก็บผลในช่วงการออกดอกที่ต่างกัน คือ 35, 38, 39, 40, 41, 42 และ 45 วันหลังดอกบาน พบว่าพริกทั้ง 3 พันธุ์ที่ทำการทดลองมีการสะสมน้ำหนักรวมในเมล็ดสูงที่สุดหลังดอกบาน 42 วัน (พริกผี และขี้หนูสวน) และ 45 วันหลังดอกบาน (พริกปี) ซึ่งในกระบวนการพัฒนาของเมล็ดจะมีช่วงระยะของการสะสมอาหารและองค์ประกอบอื่น ๆ ภายในเมล็ดเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง น้ำหนักสะสมจะลดต่ำลง ซึ่งระยะที่มีการสะสมน้ำหนักเมล็ดสูงสุด เป็นระยะที่เมล็ด

มีคุณภาพมากที่สุด (Tetteh *et al.*, 2019) ซึ่งมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีผลและน้ำหนักเมล็ดอย่างชัดเจน โดยเมื่อผลอายุแก่ขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงสีจากผลสีเขียวจนถึงสีแดงเข้ม

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การงอก จะเห็นได้ว่าพริกทุกพันธุ์จะเริ่มงอกได้ตั้งแต่วันที่ 35 หลังดอกบาน และมีเปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นตามระยะการสุกของผล ยกเว้นพริกขี้หนูสวนจะมีการงอกเริ่มที่เมล็ดจากผล 39 วันหลังดอกบาน ทั้งนี้จากการเก็บข้อมูลในแต่ละระยะสุกของพริกที่ทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าที่ระยะหลังดอกบาน 45 วัน เป็นช่วงระยะแก่ที่ส่งผลต่อการงอกสูงที่สุด รวมทั้งเป็นระยะสุกที่ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงมากที่สุดเช่นกัน นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า จากการทดสอบการงอกของต้นกล้าในระยะการสุกเดียวกัน ต้นกล้าที่งอกมีลักษณะปกติสูงที่สุด (% normal seedling) แสดงให้เห็นว่า

ระยะการแก่ทางสรีรวิทยาซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวของพริกทั้ง 3 พันธุ์ คือ ระยะ 45 หลังดอกบาน แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าพริกปีช่วงระยะเวลาหลังดอกบานที่ 38 และ 40 วัน มีเปอร์เซ็นต์การงอก เเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าปกติ น้ำหนักสดต้นกล้า น้ำหนักแห้งต้นกล้า และค่าดัชนีมวลชีวภาพ ไม่แตกต่างจาก 45 วันหลังดอกบาน เช่นเดียวกับพริกผี ระยะผลสุกที่ 40-41 วัน มีเปอร์เซ็นต์การงอก เเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าปกติ น้ำหนักสดต้นกล้า น้ำหนักแห้งต้นกล้า และค่าดัชนีมวลชีวภาพ ไม่แตกต่างกัน สำหรับพริกขี้หนูสวน ระยะผลสุกหลังดอกบานที่ 41-42 วัน ให้ผลการทดสอบไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ 45 วันหลังดอกบาน ซึ่งระยะการสุกของผลในพริกทั้ง 3 พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับพริกพันธุ์บุตรสี (พริกพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดสงขลา) ซึ่งมีระยะการแก่ทางสรีรวิทยาที่อายุ 49 วันหลังดอกบาน เป็นระยะที่ผลสีแดงที่เมล็ดมีความชื้น 22.20 เเปอร์เซ็นต์ และมีคุณภาพเมล็ดพันธุ์สูงสุด (ความงอกมาตรฐาน 97.50 เเปอร์เซ็นต์ ความสามารถการงอกในดินได้ 93.50 เเปอร์เซ็นต์ และความงอกหลังการเร่งอายุ 95.50 เเปอร์เซ็นต์) ซึ่งถ้าเก็บผลพริกในระยะที่อ่อนหรือแก่กว่า 49 วันหลังดอกบาน จะทำให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ลดลง (Phaidam, 2011) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว แม้ว่าเปอร์เซ็นต์การงอกจะมีสูงแต่เปอร์เซ็นต์ต้นกล้าผิดปกติจะค่อนข้างสูงเช่นกันในช่วงเริ่มสุก (35-40 วันหลังดอกบาน) แสดงให้เห็นว่าการสะสมอาหารในเมล็ดยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ มีผลต่อการพัฒนาของต้นอ่อนภายในเมล็ด (embryo) เมื่อพัฒนาเป็นต้นกล้า จะได้ต้นกล้าที่ไม่สมบูรณ์แข็งแรง ซึ่งในพริกบางพันธุ์ระยะผลสุกที่อายุหลังดอกบานจะช้ากว่าพริกในกลุ่มพริกขี้หนูสวน โดยพริกพันธุ์ห้วยสีทน (*C. annuum*) ผลจะสุกสมบูรณ์อยู่ที่อายุ 52 วันหลังดอกบาน และพริกหวาน (sweet pepper) จะมีอายุการสุกแก่ที่ให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์สูงสุดที่ 75 วันหลังผสมเกสร (Vidigal *et al.*, 2011) ซึ่งจากงานทดลองของ Mansuriwong (2010) มีความสอดคล้องกับอายุการสุก

ของพริกพื้นเมืองในจังหวัดนครพนมทั้ง 3 พันธุ์นี้ นอกจากนี้ยังพบว่าระยะสีผลที่เริ่มมีการเปลี่ยนสีเป็นสีแดง อายุผลช่วง 41-45 วันหลังดอกบาน จะเป็นระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมต่อระดับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริก (Tetteh *et al.*, 2019) ดังนั้น การเก็บผลพริกสุกสำหรับคุณภาพเมล็ดพันธุ์เพื่อให้ได้คุณภาพเมล็ดที่ดี ควรเก็บในระยะการสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่เหมาะสม โดยสามารถใช้อายุผลที่พัฒนาหลังดอกบานและสีผล ซึ่งมีความสัมพันธ์กันเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวได้ (Nakada-Freitas *et al.*, 2020; Sanjuan-Martinez *et al.*, 2020)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาระยะแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพริกพันธุ์พื้นเมืองนครพนม จำนวน 3 พันธุ์ คือ พริกปี พริกผี และพริกขี้หนูสวน พบว่าระยะแก่ทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมต่อการเก็บเมล็ดพันธุ์พริกปีและพริกผีที่ให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์สูงสุด (เปอร์เซ็นต์การงอก เเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าปกติ น้ำหนักสดต้นกล้า น้ำหนักแห้งต้นกล้า และค่าดัชนีมวลชีวภาพ) คือ 45 วันหลังดอกบาน ส่วนพริกขี้หนูสวน คือ 41 วันหลังดอกบาน ดังนั้นจึงแนะนำการเก็บพริกปีและพริกผีที่ 45 วันดอกบาน ส่วนพริกขี้หนูสวนเก็บเกี่ยวที่ 41 วันหลังดอกบาน ซึ่งเป็นระยะที่มีความสัมพันธ์กับผลพริกมีการเปลี่ยนสี จากส้มเป็นสีส้มแดงจนถึงสีแดง มีสีผิวสดและมันวาว นอกจากนี้ผลพริกยังมีลักษณะผลที่แน่น ไม่เหี่ยวยุบ โดยสามารถใช้สีผลและลักษณะผลนี้เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวผลพริกพื้นเมืองดังกล่าวได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพริกพันธุ์พื้นเมือง และการพัฒนาระบบการผลิตที่เหมาะสมในเขตจังหวัดนครพนม ภายใต

โครงการวิจัยการพัฒนางานวิจัยบูรณาการในพื้นที่เขตเศรษฐกิจพิเศษและอนุภูมิภาคกลุ่มน้ำโขง ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

- Horticultural Research Institute. 2023. **Plant situation; chilli production situation_October 2020.** [Online]. Available https://www.doa.go.th/hort/?page_id=46177 (August 8, 2023). [in Thai]
- ISTA. 1999. **International Rules for Seed Testing: Seed Science and Technology.** Zurich: International Seed Testing Association. 24 p.
- Mansuriwong, P. 2010. **Harvesting Age and Fruit Color on Seed Quality of *Capsicum frutescens* L.** Master Thesis. Prince of Songkhla University. 69 p. [in Thai]
- Nakada-Freitas, P.G, N.B.L. Lanna, P.N.L. Silva, E.M. Bardivieso, A.E.B. Tavares, M.T.R. Claudio, A.I.I. Cardoso, F.O. Magro and H.S. Araújo. 2020. The physiological quality of 'chilli pepper' seeds, extracted from fruits harvested at different stages of maturation, with and without postharvest rest. **Australian Journal of Crop Science** 14(05): 739–743.
- Phaidam, C. 2011. **Fruit Color Development and Fruit Post-harvest Ripening on Seed Quality of Chili cv. Butsi.** Master Thesis. Prince of Songkhla University. 62 p. [in Thai]
- Sanjuan-Martínez, J., Y.D. Ortiz-Hernández, T. Aquino-Bolaños and S. Cruz-Izquierdo. 2020. Seed and seedling quality of three chilis (*Capsicum annuum* L.) native to Oaxaca, Mexico. **Crop Production** 50(9): 1–10. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190921>
- Techawongstein, S. 2006. **Chili: Production, Management and Breeding.** Bangkok: Advance Agriculture Technology & Supplies. 168 p. [in Thai]
- Tetteh, R., L.M. Aboagye, R. Darko and E.A. Osafo. 2019. Physiological seed quality in relation to maturity stage in two pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. **Indian Journal of Agricultural Research** 53(5): 604–608. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-419>
- Vidigal D.S., D.C.F.S. Dias, L.A.S. Dias and F.L. Finger. 2011. Changes in seed quality during fruit maturation of sweet pepper. **Scientia Agricola** 68(5): 535–539.

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความมีชีวิต ความงอกของละอองเกสร และสภาพอากาศ

ต่อการติดผลของฝรั่งพันธุ์ ‘ไร้เมล็ด’ ‘เด่นขุนวัง’ และ ‘บางกอกแอปเปิล’

Correlation between Pollen Viability, Germination and Weather Conditions with Fruit Set in ‘Seedless’ ‘Den Khun Wang’ and ‘Bangkok Apple’ Guavas

ฐานิขสรณ์ วรณศรี* เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี และธีรนุช เจริญกิจ

Thanitsorn Wannasri*, Chalernsri Nontaswatsri and Theeranuch Jaroenkit

สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Division of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

Corresponding author: ainum103.53@gmail.com

Received: September 26, 2023

Revised: November 25, 2024

Accepted: December 06, 2024

Abstract

The study aimed to investigate the relationship between pollen viability, pollen germination, and climatic conditions and their effects on the fruit set of three guava cultivars: ‘Seedless,’ ‘Den Khun Wang,’ and ‘Bangkok Apple.’ The primary objective was to identify the causes of low fruit set in seedless guavas. Climatic conditions recorded included temperature, relative humidity, rainfall, and precipitation. Experiments were conducted on guava cultivars grown in field plots within the 7th Infantry Division area, Mae Rim District, Chiang Mai Province. Data analysis revealed a positive correlation between pollen viability and fruit set across all three cultivars (‘Seedless’ $r = 0.755$; ‘Den Khun Wang’ $r = 0.690$; ‘Bangkok Apple’ $r = 0.706$). Each cultivar exhibited peak fruit set during distinct periods. ‘Seedless’ guava in August (56.54%), ‘Den Khun Wang’ in October (71.43%), and ‘Bangkok Apple’ in April and June (42.77% and 40.00%, respectively). Climatic factors also showed consistent positive correlations with fruit set across the cultivars, including relative humidity (‘Seedless’ $r = 0.246$; ‘Den Khun Wang’ $r = 0.296$; ‘Bangkok Apple’ $r = 0.343$), rainfall (‘Seedless’ $r = 0.383$; ‘Den Khun Wang’ $r = 0.322$; ‘Bangkok Apple’ $r = 0.457$), and precipitation (‘Seedless’ $r = 0.356$; ‘Den Khun Wang’ $r = 0.232$; ‘Bangkok Apple’ $r = 0.363$). These findings highlight the significant influence of climatic factors on guava fruit set and suggest that effective production planning based on climatic data could improve yields in the studied cultivars.

Keywords: pollen viability, fruit set, weather conditions, seedless guava

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความมีชีวิต ความงอกของละอองเกสร และสภาพอากาศ ต่อการติดผลของฝรั่งพันธุ์ 'ไร้เมล็ด' 'เด่นขุนวัง' และ 'บางกอก แอปเปิล' มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสาเหตุของการติดผลน้อยของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด โดยสภาพอากาศที่เก็บบันทึกข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน และปริมาณหยาดน้ำฟ้า ทำการทดลองกับฝรั่ง 3 สายพันธุ์ ที่ปลูกในสภาพแปลงในพื้นที่ของ พล. ร. 7 อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ผลการทดลองพบว่า ความมีชีวิตของ ละอองเกสรกับการติดผลมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในฝรั่งทั้งสามพันธุ์ (พันธุ์ไร้เมล็ด $r = 0.755$; พันธุ์เด่นขุนวัง $r = 0.690$; พันธุ์บางกอกแอปเปิล $r = 0.706$) ฝรั่งแต่ละสายพันธุ์ติดผลได้ดีในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ไร้เมล็ดมีการติดผลได้ดีที่สุดในเดือนสิงหาคม ร้อยละ 56.54 พันธุ์เด่นขุนวังติดผลได้ดีที่สุดในเดือน ตุลาคม ร้อยละ 71.43 ส่วนพันธุ์บางกอกแอปเปิลติดผลได้ดีที่สุดในเดือนเมษายนและมิถุนายน ร้อยละ 42.77 และ 40.00 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าสภาพอากาศ มีลักษณะความสัมพันธ์กับการติดผลของฝรั่งทั้งสามสายพันธุ์ ในทิศทางเดียวกัน ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ (พันธุ์ไร้เมล็ด $r = 0.246$; พันธุ์เด่นขุนวัง $r = 0.296$; พันธุ์บางกอกแอปเปิล $r = 0.343$) ปริมาณน้ำฝน (พันธุ์ไร้เมล็ด $r = 0.383$; พันธุ์เด่นขุนวัง $r = 0.322$; พันธุ์บางกอกแอปเปิล $r = 0.457$) และปริมาณหยาดน้ำฟ้า (พันธุ์ไร้เมล็ด $r = 0.356$; พันธุ์เด่นขุนวัง $r = 0.232$; พันธุ์บางกอกแอปเปิล $r = 0.363$) ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่าปัจจัยทางสภาพอากาศมีผลอย่างมากต่อการติดผลของฝรั่งแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศต่อการติดผลของฝรั่งอย่างชัดเจน หากวางแผนการผลิตให้เหมาะสมจะสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตของกลุ่มฝรั่งที่ศึกษาได้

คำสำคัญ: ความมีชีวิตของละอองเกสร การติดผล สภาพอากาศ ฝรั่งไม่มีเมล็ด

คำนำ

ฝรั่งเป็นผลไม้เขตร้อน มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Psidium guajava* Linn. อยู่ในวงศ์ Myrtaceae อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินซี ไฟเบอร์ โลโคปิน และมีน้ำตาลน้อย จึงเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพ ที่มีรสชาติอร่อยและมีประโยชน์ต่อร่างกาย ปัจจุบันเนื้อที่การปลูกฝรั่งในประเทศไทยช่วงปี พ.ศ. 2562–2566 มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยจังหวัดที่ปลูกมากที่สุด 3 จังหวัด ได้แก่ ราชบุรี นครปฐม และสมุทรสาคร ในปี พ.ศ. 2566 มีพื้นที่ปลูก 51,550 ไร่ และมีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต 30,261 ไร่ โดยกรมส่งเสริมการเกษตร (Department of Agricultural Extension, 2023) ได้แบ่งฝรั่งการค้าออกเป็น 3 กลุ่มพันธุ์ ได้แก่ 1) กลุ่มที่ติดผลตก เช่น พันธุ์กิมจู มีขนาดผลไม่เล็กและใหญ่จนเกินไป ปลูกได้ทุกพื้นที่ และเป็นที่ต้องการของตลาด 2) กลุ่มที่มีผลโต เช่น พันธุ์แป้นสีทอง ลักษณะผลกลมแป้นขนาดใหญ่มีสีเขียว และ 3) กลุ่มอื่น ๆ เช่น ฝรั่งที่มีเมล็ดน้อยหรือไร้เมล็ด เช่น พันธุ์ไร้เมล็ด ลักษณะผลค่อนข้างบิดเบี้ยวไม่สมมาตร มีหลายรูปทรงในพันธุ์เดียวกัน (Sangphet *et al.*, 2007) อีกทั้งมีการติดผลน้อย อย่างไรก็ตามฝรั่งพันธุ์ที่มีเมล็ดน้อยหรือไร้เมล็ดยังมีพื้นที่ปลูกไม่มาก เนื่องจากมีขนาดผลที่เล็กกว่าฝรั่งพันธุ์การค้าทั่วไป

การติดผลน้อยของฝรั่งพันธุ์ที่ไม่มีเมล็ดน้อยหรือไร้เมล็ดเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย โดยอาจเกิดจากพันธุกรรมที่มีการติดผลน้อยอยู่แล้ว ในพืชบางชนิดมีการผสมเกสรด้วยละอองเกสรตัวผู้ที่ไม่สมบูรณ์และพัฒนาเป็นผลที่ไม่มีเมล็ดได้ เรียกว่าการพัฒนาผลแบบ parthenocarpy (Gustafson, 1942) ซึ่งพืชที่ไม่มีเมล็ดมักขาดแหล่งฮอร์โมนในการพัฒนาผล หรือบางชนิดมีการเจริญเติบโต

ทางยอดได้ดี ทำให้อาหารที่จะไปเลี้ยงผลอ่อนต้องส่งไปเลี้ยงส่วนยอด (Chatbanyong and Boonprakob, 2021) หรือมีความมีชีวิตของละอองเกสรตัว จิ้งเกี่ยวเนื่องไปถึงความงอกของละอองเกสรและการติดผล นอกจากนั้นการติดผลมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม เช่น น้ำ ธาตุอาหาร และสภาพอากาศ (Techawongstien, 2013) โดยแต่ละพื้นที่และฤดูกาลมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จากปัจจัยสภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับการติดผลโดยตรง ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ลม และความชื้น เนื่องจากมีผลต่อกระบวนการผสมเกสรโดยตรง ซึ่งในการติดผลน้อยของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดนี้ยังไม่เคยมีการศึกษาวิจัยเรื่องสาเหตุ หรือปัจจัยที่มีผลต่อการติดผล วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ จึงต้องการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่คาดว่าจะส่งผลต่อลักษณะการติดผลน้อยของฝรั่ง เช่น ความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน และหาความสัมพันธ์ของสภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับการติดผลของฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ดน้อยหรือไร้เมล็ด

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ฝรั่งที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ พันธุ์ไร้เมล็ด พันธุ์เด่นขุนวัง และพันธุ์บางกอกแอปเปิล ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ไม่มีเมล็ด อายุ 2 ปี 8 เดือน จำนวนพันธุ์ละ 3 ต้น ปลูกในแปลงรวบรวมพันธุ์ฝรั่งของศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ กองพลทหารราบที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่ ดำเนินการ

ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงตุลาคม พ.ศ. 2565 โดยแยกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองในห้องปฏิบัติการ คือ การศึกษาความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสร โดยทำการแท็กดอกของแต่ละสายพันธุ์ ๆ ละ 5 ดอก และเก็บละอองเกสรมาศึกษาในห้องปฏิบัติการทุกเดือน เป็นระยะเวลา 5 เดือน และการทดลองที่ 2 เก็บข้อมูลสภาพอากาศในแปลงในช่วงที่ดอกและผลมีการพัฒนา โดยแท็กดอกทุกดอกที่บ้านในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา บันทึกข้อมูลร้อยละการติดผล และหาความสัมพันธ์กับสภาพอากาศที่จัดเก็บในแต่ละช่วงที่ศึกษา เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับการติดผลของฝรั่งทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยมีรายละเอียดในการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสร

เก็บละอองเกสรของฝรั่งทั้ง 3 สายพันธุ์ ในเดือนกุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน สิงหาคม และตุลาคม โดยเก็บดอกฝรั่งระยะก่อนดอกบาน 1 วัน สังเกตได้จากกลีบเลี้ยงเริ่มแตกและเห็นกลีบดอกสีขาวเล็กน้อย จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ดอกต่อสายพันธุ์ จากนั้นนำมาศึกษาในห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบความมีชีวิต โดยการย้อมสี acetocarmine ความเข้มข้น 1% และส้อมตรวจนับละอองเกสรตัวผู้ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า ซ้ำละ 5 บริเวณ ซึ่งละอองเกสรที่มีชีวิตจะติดสีแดงเข้ม รูปร่างไม่บิดเบี้ยว มีขนาดโต (Nongyai *et al.*, 2015) (Figure 1) เก็บข้อมูลโดยนับจำนวนละอองเกสรที่มีชีวิตและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต} = \frac{\text{จำนวนละอองเกสรทั้งหมดที่ติดสี}}{\text{จำนวนละอองเกสรทั้งหมดที่ส้อมนับ}} \times 100$$

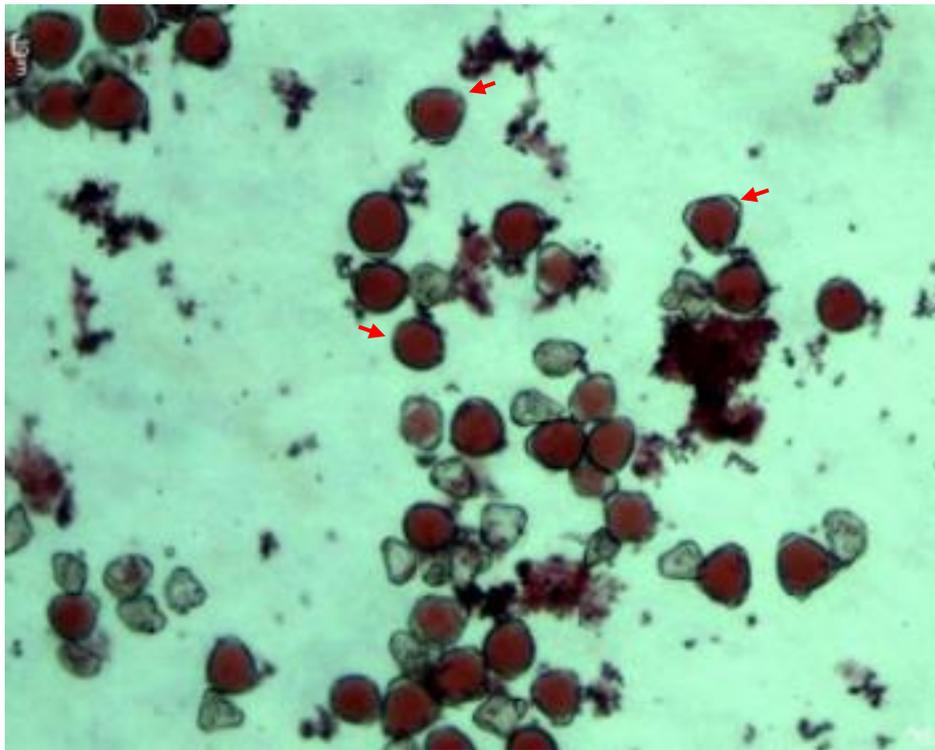


Figure 1 Characteristics of viable guava pollen will be dark red, perfect shape and large size.

**การตรวจสอบความงอกของละอองเกสรด้วยเทคนิค
หยดแขวน (hanging drop technique)**

ใช้ละอองเกสรที่เก็บชุดเดียวกันกับการศึกษา
ความมีชีวิตของละอองเกสร นำมาตรวจสอบความงอก
ของละอองเกสรในอาหารสังเคราะห์สำหรับเลี้ยงละออง
เกสรสูตร Brewbaker and Kwack (1963) ประกอบด้วย
บอริก 0.01 กรัม แคลเซียมไนเตรด 0.03 กรัม แมกนีเซียม
ซัลเฟต 0.02 กรัม และโพแทสเซียมไนเตรด 0.01 กรัม
ต่อปริมาตรอาหาร 100 มิลลิลิตร (Kaewkhumpai

et al., 2018) โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 10%
และสุมตรวจนับละอองเกสรด้วยกล้องจุลทรรศน์
กำลังขยาย 400 เท่า ซ้ำละ 5 บริเวณ หลังจากบ่มเป็น
เวลา 1.5 ชั่วโมง โดยเลือกนับละอองเกสรที่งอกหลุด
ละอองเกสรออกมาที่ความยาวมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง
ของละอองเกสร (Figure 2) เก็บข้อมูลโดยนับจำนวน
ละอองเกสรที่งอกและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอก
ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความงอก} = \frac{\text{จำนวนละอองเกสรทั้งหมดที่งอก}}{\text{จำนวนละอองเกสรทั้งหมดที่สุมนับ}} \times 100$$

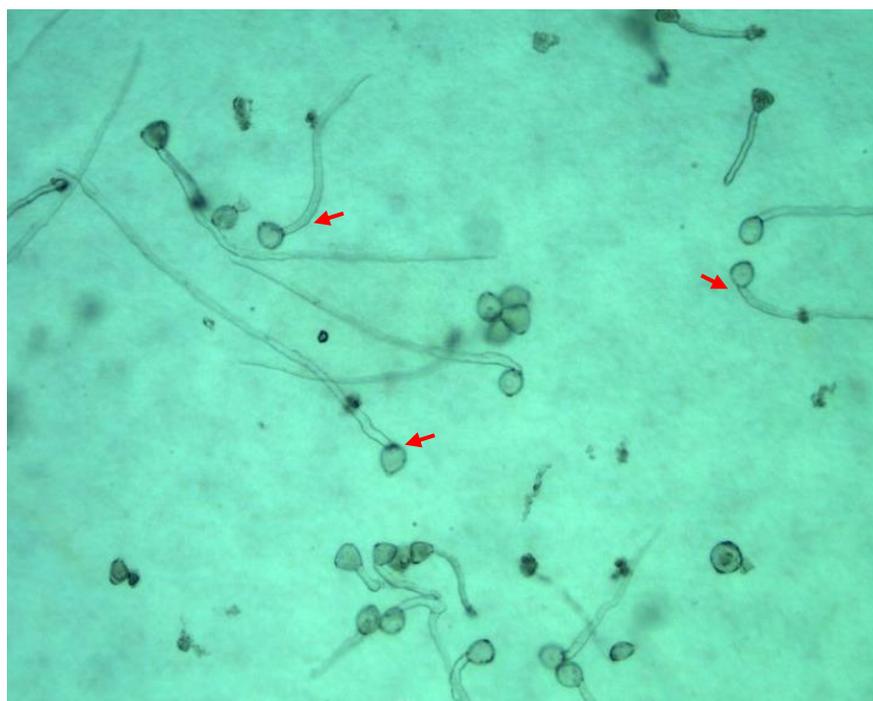


Figure 2 Characteristics of germinated guava pollen; the pollen that germinates will have a length equal to or longer than the diameter of the pollen tube.

การตรวจสอบการติดผล

ดำเนินการติดป้ายดอกที่ระยะก่อนดอกบานหนึ่งวัน ของทุกดอกบนต้นเป็นเวลาทุกวันในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน สิงหาคม และตุลาคม เนื่องจากการพัฒนาผลจากกระบวนการปฏิสนธิจะเริ่มพัฒนาให้เห็นได้ภายใน 10-14 วันหลังดอกบาน

(Gustafson, 1942) เพื่อตรวจสอบการติดผลที่เกิดจากกระบวนการปฏิสนธิ จึงเริ่มนับจำนวนการติดผลบนต้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์หลังจากวันที่ติดป้ายดอก เก็บข้อมูลโดยนับจำนวนผลที่พัฒนาขึ้นมาและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การติดผล ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การติดผล} = \frac{\text{จำนวนผลที่พัฒนาขึ้นมา}}{\text{จำนวนดอกทั้งหมดที่ติดป้ายดอก}} \times 100$$

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความมีชีวิต ความงอกของละอองเกสร การติดผล

นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต เปอร์เซ็นต์ความงอก และเปอร์เซ็นต์การติดผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยแต่ละช่วงเดือนของแต่ละพันธุ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range

Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต เปอร์เซ็นต์ความงอก และเปอร์เซ็นต์การติดผลของฝรั่งแต่ละสายพันธุ์รวมทุกช่วงเดือน โดยวิธี Pearson's correlation ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

การหาความสัมพันธ์ของสภาพอากาศที่มีผลต่อการติดผล

ในการศึกษานี้ ใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากฐานข้อมูล Climate Engine จากดาวเทียม ERA5-Ag พิกัดในพื้นที่แปลงรวบรวมพันธุ์ฝรั่งของศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ กองพลทหารราบที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่ (ละติจูด $18^{\circ}53'10.9''N$ ลองจิจูด $98^{\circ}57'53.6''E$) โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณหยาดน้ำฟ้า (precipitation) ใช้ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์จากฐานข้อมูลของ NASA ผ่านระบบ POWER Data Access Viewer และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจากกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ค่าเฉลี่ยข้อมูล 1-3 วัน หลังดอกบาน เนื่องจากกระบวนการผสมเกสรของฝรั่งสามารถเกิดขึ้นได้ภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมงหลังจากดอกบาน (anthesis) และจะเกิดการปฏิสนธิภายใน 24-72 ชั่วโมงหลังจากการผสมเกสร (Singh *et al.*, 2019; Vinod and Sattagi, 2018) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทดสอบการกระจายและหาความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การติดผลโดยวิธี Spearman's correlation ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสร

ฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต ร้อยละ 55.91-74.89 โดยมีความมีชีวิตมากที่สุดในเดือนสิงหาคม ร้อยละ 74.89 รองลงมาเดือนเมษายน ร้อยละ 65.14 เดือนตุลาคม ร้อยละ 62.07 เดือนมิถุนายน ร้อยละ 59.53 และน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ ร้อยละ 65.14 ส่วนพันธุ์เด่นขุนวังเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต ร้อยละ 47.99-76.07 โดยมีความมีชีวิตมากที่สุดในเดือนตุลาคม ร้อยละ 76.07 และเดือนสิงหาคม ร้อยละ 67.70 น้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ ร้อยละ 57.80 เดือนเมษายน ร้อยละ 53.57 และเดือนมิถุนายน ร้อยละ 47.99 ส่วนพันธุ์บางกอกแอปเปิล มีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต ร้อยละ 80.12-92.11 โดยมีความมีชีวิตมากที่สุดในเดือนเมษายน ร้อยละ

92.11 รองลงมาเดือนมิถุนายน ร้อยละ 88.43 เดือนสิงหาคม ร้อยละ 86.00 เดือนตุลาคม ร้อยละ 84.42 และน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ ร้อยละ 80.12 จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสรเพศผู้ในฝรั่งทั้ง 3 สายพันธุ์ มีความมีชีวิตน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (Table 1)

เปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสร

ฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพันธุ์เด่นขุนวังมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสร ร้อยละ 0.65-6.47 โดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสรมากที่สุดในเดือนตุลาคม ร้อยละ 6.47 รองลงมาเดือนสิงหาคม ร้อยละ 3.53 เดือนเมษายน ร้อยละ 3.25 น้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ ร้อยละ 0.72 และเดือนมิถุนายน ร้อยละ 0.65 ส่วนพันธุ์บางกอกแอปเปิล มีเปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสร ร้อยละ 0.71-32.68 โดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสรมากที่สุดในเดือนเมษายน ร้อยละ 32.68 เดือนมิถุนายน ร้อยละ 30.40 รองลงมาเดือนตุลาคม ร้อยละ 13.51 น้อยที่สุดในเดือนสิงหาคม ร้อยละ 0.97 และเดือนกุมภาพันธ์ ร้อยละ 0.71 โดยเปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสรทั้ง 3 สายพันธุ์ มีค่า CV(%) อยู่ระหว่าง 30.80-90.71 เนื่องจากข้อมูลมีการกระจายมาก (Table 1)

เปอร์เซ็นต์การติดผล

ฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การติดผลมากที่สุดในเดือนสิงหาคม ร้อยละ 56.54 รองลงมาเดือนเมษายน ร้อยละ 27.30 เดือนตุลาคม 20.00 น้อยที่สุดในเดือนมิถุนายน ร้อยละ 1.52 และเดือนกุมภาพันธ์ ร้อยละ 0.00 หรือไม่ติดผล ส่วนพันธุ์เด่นขุนวังมีเปอร์เซ็นต์การติดผลมากที่สุดในเดือนตุลาคม ร้อยละ 71.43 รองลงมาเดือนสิงหาคม ร้อยละ 51.48 เดือนเมษายน ร้อยละ 35.96 น้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ ร้อยละ 0.54 และเดือนมิถุนายน ร้อยละ 0.00 หรือไม่ติดผล ส่วนพันธุ์บางกอก

แอปเปิลมีเปอร์เซ็นต์การติดผลมากที่สุดในเดือนเมษายน ร้อยละ 42.77 เดือนมิถุนายน ร้อยละ 40.00 รองลงมา เดือนสิงหาคม ร้อยละ 31.20 น้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ และตุลาคม ร้อยละ 0.00 หรือไม่ติดผล (Table 1)

ความสัมพันธ์ระหว่างความมีชีวิต ความงอกของ ละอองเกสร การติดผล

ฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตกับเปอร์เซ็นต์การติดผลที่มีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($r = 0.755$) ส่วนพันธุ์เด่นขุนวังเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตกับเปอร์เซ็นต์การติดผล

มีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($r = 0.690$) และเปอร์เซ็นต์ความงอกกับเปอร์เซ็นต์การติดผลมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($r = 0.764$) ส่วนพันธุ์บางกอกแอปเปิลเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตกับเปอร์เซ็นต์การติดผลมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($r = 0.706$) เปอร์เซ็นต์ความงอกกับเปอร์เซ็นต์การติดผลมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($r = 0.636$) และเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตกับเปอร์เซ็นต์ความงอกมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($r = 0.619$) (Table 2)

Table 1 Percentage of fruit setting, pollen viability, and pollen germination of *Psidium guajava* Linn. CV ‘Seedless’, ‘Den Khun Wang’ and ‘Bangkok apple’ for each month

Month	Guava cultivars								
	‘Seedless’			‘Den Khun Wang’			‘Bangkok Apple’		
	% fruit setting	% pollen viability	% pollen germination	% fruit setting	% pollen viability	% pollen germination	% fruit setting	% pollen viability	% pollen germination
Feb 2022	0.00 d	55.91 c	1.10	0.54 d	57.80 b	0.72 c	0.00 c	80.12 c	0.71 c
Apr 2022	27.30 b	65.14 b	3.59	35.96 c	53.57 b	3.25 b	42.77 a	92.11 a	32.68 a
Jun 2022	1.52 d	59.53 bc	2.25	0.00 d	47.99 b	0.65 c	40.00 a	88.43 ab	30.40 a
Aug 2022	56.54 a	74.89 a	3.71	51.48 b	67.70 a	3.53 b	31.20 b	86.00 abc	0.97 c
Oct 2022	20.00 c	62.07 bc	3.48	71.43 a	76.07 a	6.47 a	0.00 c	84.42 bc	13.51 b
F-test	**	**	ns	**	**	**	**	*	**
CV (%)	18.92	9.71	90.71	18.06	12.23	61.58	9.02	3.87	30.80

ns = not significant difference, *, ** = significant difference at probability level 0.05 and 0.01, respectively by DMRT

Table 2 Relationship between percentage of fruit setting, pollen viability, and pollen germination of *Psidium guajava* Linn. CV ‘Seedless’, ‘Den Khun Wang’ and ‘Bangkok apple’

Guava cultivars	% pollen viability and % fruit setting		% pollen germination and % fruit setting		% pollen viability and % pollen germination	
	Pearson	Sig.	Pearson	Sig.	Pearson	Sig.
	Correlation		Correlation		Correlation	
‘Seedless’	0.755**	0.001	0.403	0.136	0.125	0.552
‘Den Khun Wang’	0.690**	0.004	0.764**	0.001	0.556	0.004
‘Bangkok Apple’	0.706**	0.003	0.636*	0.011	0.619*	0.014

*, ** = significant difference at probability level 0.05 and 0.01, respectively by Pearson’s correlation

ความสัมพันธ์ของสภาพอากาศที่มีผลต่อการติดผล

สภาพอากาศที่มีความสัมพันธ์กับการติดผลของฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ดในทิศทางบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนและปริมาณหยาดน้ำฟ้า โดยปริมาณน้ำฝนและปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่เหมาะสมต่อการติดผลของฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ด คือ 4 ± 2.9 และ 4 ± 3.1 มิลลิเมตรต่อวัน และสภาพอากาศที่มีความสัมพันธ์กับการติดผลของฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ดในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยที่เหมาะสมต่อการติดผลของฝรั่งไร้เมล็ด คือ 26 ± 1.0 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 87 ± 5.3 (Table 3)

สภาพอากาศที่มีความสัมพันธ์กับการติดผลของฝรั่งพันธุ์เด่นขุนวังในทิศทางบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยที่เหมาะสมต่อการติดผลของฝรั่งพันธุ์เด่นขุนวัง คือ

25 ± 1.6 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนที่ 4 ± 2.2 มิลลิเมตรต่อวันและสภาพอากาศที่มีความสัมพันธ์กับการติดผลของฝรั่งพันธุ์เด่นขุนวังในทิศทางบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณหยาดน้ำฟ้า โดยอุณหภูมิต่ำสุดที่เหมาะสมต่อการติดผลของฝรั่งพันธุ์เด่นขุนวัง คือ 20 ± 2.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 78 ± 14.0 และปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่ 3 ± 2.6 มิลลิเมตรต่อวัน (Table 3)

สภาพอากาศที่มีความสัมพันธ์กับการติดผลของฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิลในทิศทางบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน และปริมาณหยาดน้ำฟ้า โดยอุณหภูมิต่ำสุดที่เหมาะสมต่อการติดผลของฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิล คือ 22 ± 1.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 87 ± 5.7 ปริมาณน้ำฝนที่ 7 ± 2.6 มิลลิเมตรต่อวัน และปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่ 4 ± 3.2 มิลลิเมตรต่อวัน (Table 3)

Table 3 Correlation analysis between weather conditions and percentile fruit setting of *Psidium guajava* Linn. CV ‘Seedless’, ‘Den Khun Wang’ and ‘Bangkok apple’

Guava cultivars		Weather conditions from the 1 st -3 rd day after flowering					
		Max Temp (°C)	Min Temp (°C)	Avg Temp (°C)	%RH	Rainfall (mm/day)	Precipitation (mm/day)
‘Seedless’	r	0.044	0.206	0.238*	0.246*	0.383**	0.356**
	Sig.	0.697	0.065	0.032	0.027	0.000	0.001
‘Den Khun Wang’	r	0.216	0.295*	0.303**	0.296*	0.322**	0.232*
	Sig.	0.067	0.011	0.009	0.011	0.006	0.048
‘Bangkok Apple’	r	0.052	0.381**	0.248	0.343**	0.457**	0.363**
	Sig.	0.705	0.004	0.066	0.010	0.000	0.006

*, ** = Significant difference at probability level 0.05 and 0.01, respectively by Pearson’s correlation

Table 4 Weather conditions from the 1st-3rd day after flowering of *Psidium guajava* Linn. CV ‘Seedless’, ‘Den Khun Wang’ and ‘Bangkok apple’

Guava cultivars	Month	Weather conditions from the 1 st -3 rd day after flowering					
		Max Temp (°C)	Min Temp (°C)	Avg Temp (°C)	%RH	Rainfall (mm/day)	Precipitation (mm/day)
‘Seedless’	Apr 2022	32±1.5	22±1.2	27±1.4	78±2.2	5±5.2	2±2.9
	Jun 2022	29.9	23.3	26.4	89.4	0.0	1.4
	Aug 2022	28±0.6	23±0.2	25±0.4	91±0.9	8±3.6	9±3.2
	Oct 2022	28±0.3	21±0.8	24±0.4	89±2.2	4±2.9	5±4.4
	Average	30±1.3	22±1.0	26±1.0	87±5.3	4±2.9	4±3.1
‘Den Khun Wang’	Feb 2022	28.8	15.6	22.1	55.2	0.0	0.0
	Apr 2022	31±1.5	22±1.3	27±1.4	79±2.3	5±4.9	2±2.7
	Aug 2022	29±0.5	23±0.0	25±0.3	90±1.6	5±1.2	5±2.4
	Oct 2022	28±0.3	21±0.9	24±0.4	89±2.9	5±3.3	7±3.9
	Average	29±1.2	20±2.8	25±1.6	78±14.0	4±2.2	3±2.6
‘Bangkok Apple’	Apr 2022	30±0.9	20±0.6	25±0.6	79±1.8	10±5.4	1±0.8
	Jun 2022	31±0.3	23±0.3	27±0.2	90±0.1	4±3.4	2±0.5
	Aug 2022	28±0.7	23±0.2	25±0.4	91±1.1	9±5.4	8±3.7
	Average	30±1.2	22±1.5	26±0.8	87±5.7	7±2.6	4±3.2

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า ความมีชีวิตของละอองเกสรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการติดผล โดยดูจากค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) โดยในฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ด มีค่า $r = 0.755$ พันธุ์เด่นขุนวัง มีค่า $r = 0.690$ และพันธุ์บางกอกแอปเปิล มีค่า $r = 0.706$ นอกจากนี้ยังพบว่า ความงอกของละอองเกสรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการติดผล โดยในพันธุ์เด่นขุนวัง มีค่า $r = 0.764$ และพันธุ์บางกอกแอปเปิล มีค่า $r = 0.764$ ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของความมีชีวิตของละอองเกสรและความงอกของละอองเกสรต่อการผสมเกสรที่สมบูรณ์และการติดผล สอดคล้องกับที่ Nartvaranant and Kongsri (2020) กล่าวว่าความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการติดผล อีกทั้งในงานวิจัยของ Nongyai *et al.* (2015) พบว่าละอองเกสรที่มีความมีชีวิตสูงจะมีโอกาสในการงอกและติดผลได้ดีกว่าละอองเกสรที่มีความมีชีวิตต่ำ ในส่วนของการตอบสนองต่อสภาพอากาศขึ้นอยู่กับพันธุ์

โดยพันธุ์ไร้เมล็ดติดผลได้ดีที่สุดในเดือนสิงหาคม มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิเฉลี่ย ($r = 0.238$) ที่ 25 ± 0.4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ($r = 0.246$) ร้อยละ 91 ± 0.9 ปริมาณน้ำฝน ($r = 0.383$) ที่ 8 ± 3.6 มิลลิเมตรต่อวัน และปริมาณหยาดน้ำฟ้า ($r = 0.356$) ที่ 9 ± 3.2 มิลลิเมตรต่อวัน พันธุ์เด่นขุนวังติดผลได้ดีที่สุดในเดือนตุลาคม มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำสุด ($r = 0.295$) ที่ 21 ± 0.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย ($r = 0.303$) ที่ 24 ± 0.4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ($r = 0.296$) ร้อยละ 89 ± 2.9 ปริมาณน้ำฝน ($r = 0.322$) ที่ 5 ± 3.3 มิลลิเมตรต่อวัน และปริมาณหยาดน้ำฟ้า ($r = 0.232$) ที่ 7 ± 3.9 มิลลิเมตรต่อวัน และพันธุ์บางกอกแอปเปิลติดผลได้ดีที่สุดในเดือนเมษายนและมิถุนายน มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำสุด ($r = 0.381$) ที่ 20 ± 0.6 และ 23 ± 0.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ($r = 0.343$) ร้อยละ 79 ± 1.8 และ 90 ± 0.1 ปริมาณน้ำฝน ($r = 0.457$) ที่ 10 ± 5.4 และ 4 ± 3.4 มิลลิเมตรต่อวัน และปริมาณ

หยาดน้ำฟ้า ($r = 0.363$) ที่ 1 ± 0.8 และ 2 ± 0.5 มิลลิเมตรต่อวัน (Table 2 และ 3) เช่นเดียวกับมะพร้าวและมะละกอที่การติดผลขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ทั้งอุณหภูมิและความชื้นในช่วงการผสมเกสร โดยมะละกามีอุณหภูมิที่เหมาะสม 23.9–33.5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 62–96 ส่วนมะพร้าวมีอุณหภูมิที่เหมาะสม 28 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 87.24 (Nartvaranant and Kongsri, 2020; Srimat *et al.*, 2014) โดยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมจะช่วยให้ละอองเกสรตัวผู้มีโอกาสจับกับเกสรตัวเมียได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้กระบวนการผสมเกสรมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์หรือวางแผน การผลิต เช่น วางแผนตัดแต่งกิ่งล่วงหน้าก่อนดอกบาน 2–3 เดือน โดยการตัดกิ่งออกประมาณ 20 ซม. (Adhikari and Kandel, 2015) เพื่อให้ดอกออกและติดผลในช่วงสภาพอากาศเป็นดังที่ต้องการ

สรุปผลการวิจัย

ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการติดผล โดยสภาพอากาศในช่วงดอกบาน อาจส่งผลต่อความมีชีวิตของละอองเกสรได้ อย่างไรก็ตาม การตอบสนองต่อสภาพอากาศของฝรั่งแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน โดยฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ดมีการติดผลได้ดีที่สุดในเดือนสิงหาคม พันธุ์เด่นขุนวังติดผลได้ดีที่สุดในเดือนตุลาคม ส่วนพันธุ์บางกอกแอปเปิลติดผลได้ดีที่สุดในเดือนเมษายนและมิถุนายน และสภาพอากาศที่มีผลต่อการติดผลของฝรั่งทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน และปริมาณหยาดน้ำฟ้า มีความสัมพันธ์เชิงบวกการติดผลของฝรั่งทั้งสามสายพันธุ์ โดยความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ในช่วง ร้อยละ 79–91 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4–10 มิลลิเมตรต่อวัน และปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1–9 มิลลิเมตรต่อวัน ส่วนการติดผลของฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ดและ เด่นขุนวัง

พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ชัดเจน โดยค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 24–25 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดมีความสัมพันธ์เชิงบวก กับการติดผลของฝรั่งพันธุ์เด่นขุนวังและบางกอกแอปเปิล โดยอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ระหว่าง 20–23 องศาเซลเซียส

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้ผลศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ มูลนิธิชัยพัฒนา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563–2564 และขอขอบคุณ “ทุนนักศึกษาเรียนดี” มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้จัดสรรทุนให้กับนักศึกษาให้ได้มีโอกาสเข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา อันนำไปสู่การต่อยอดองค์ความรู้ เพื่อสร้างสรรค์งานวิจัยที่เป็นประโยชน์ต่อสาธารณชน

เอกสารอ้างอิง

- Adhikari, S. and T.P. Kandel. 2015. Effect of time and level of pruning on vegetative growth, flowering, yield, and quality of guava. **International Journal of Fruit Science** 15(3): 290–301.
- Brewbaker, J.L. and B.H. Kwack. 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. **American Journal of Botany** 50(9): 859–865.
- Chatbanyong, R. and U. Boonprakob. 2021. Techniques for producing Taiwanese guava to get high value. **Kehakaset Magazine** 45(2): 55–71. [in Thai]
- Department of Agricultural Extension. 2023. **Geographic information system for agriculture**. [Online]. Available <https://geoplots.doae.go.th/ssmap> (July 5, 2023). [in Thai]
- Gustafson, F.G. 1942. Parthenocarpy: natural and artificial. **The Botanical Review** 8: 599–654.
- Kaewkhumpai, A., S. Onsanit, Y. Sontikun, T. Srisawat, and S. Thitithanakul. 2018. Appropriate methods for pollen viability pollen and germination testing of *Nepenthes* sp. **Agricultural Science Journal** 49(1)(Suppl.): 225–229. [in Thai]
- Nartvaranant, P. and S. Kongsri. 2020. Relationship between temperature, relative humidity and seasonal variation on pollen germination and pollen viability in ‘Nam Hom’ coconut. **Wichcha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University** 39(2): 101–115. [in Thai]
- Nongyai, N., D. Thawornchareon and K. Thaipong. 2015. Morphology, viability and germinability of dwarf guava pollen. **Agricultural Science Journal** 46(3)(Suppl.): 117–120. [in Thai]
- Sangphet, P., U. Boonprakob and K. Thaipong. 2007. Evaluation on viability and germination of seedless and less seed guava pollen. **Agricultural Science Journal** 38(5): 389–395. [in Thai]

- Singh, G., H. Sahare and M. Deep. 2019. Recent trends in guava propagation—a review. **Biosciences Biotechnology Research Asia** 16(1): 143–154.
- Srimat, S., K. Iamjud, S. Wasee and K. Thaipong. 2014. Seasonal effect on viability and germination of papaya pollen. **Khon Kaen Agriculture Journal** 42(3)(Suppl.): 174–179. [in Thai]
- Techawongstien, S. 2013. **Teaching Materials Physiology of Horticulture**. Chapter 3 Physiology of Fruit. Khon Kaen: Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. 256 p. [in Thai]
- Vinod, M. and H.N. Sattagi. 2018. Foraging activity of pollinators in guava under organic and conventional farming systems. **Journal of Entomology and Zoology Studies** 6(5): 865–872.

ผลของระยะเวลาการเตรียมอับละอองเกสรร่วมกับความเข้มข้นของ 2,4-D
ต่อการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรพริกลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ ‘ปากคลอง’
The Effect of Pretreatment Period and 2,4-D Concentration
on Anther Culture of Pepper Hybrid ‘Pak Klong’

พรพนัช มีกุล^{1*} วัฒนนิกรณ์ เทพโพธา¹ ทศนีย์ ดวงแยม² และศศิธร วรปิตรังสี²
Pornpanuch Meekul^{1*}, Wattananikorn Theppota¹, Tassanee Duangyam²
and Sasitron Vorapitirangsi²

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย กรมวิชาการเกษตร เชียงราย 57180

²ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย กรมวิชาการเกษตร เชียงราย 57000

¹Chiangrai Highland Agricultural Research and Development Center, Department of Agriculture, Chiangrai, Thailand 57180

²Chiangrai Horticulture Research Center, Department of Agriculture, Chiangrai, Thailand 57000

*Corresponding author: panuch.318@gmail.com

Received: September 15, 2023

Revised: January 12, 2025

Accepted: February 19, 2025

Abstract

Double haploid lines are useful in generating material for parental line in hybrid development. This research was to study the effect of pretreatment period and 2,4-D concentration on anther culture of pepper conducted at Chiangrai Highland Agricultural Research and development Center during 2020-2021. Anther culture of F₁ hybrid chili pepper var. ‘Pak Klong’ was performed. Anthers containing microspores at the late uninucleate stage were collected and cultured on C medium supplemented with 0.1 and 0.3 mg/l of 2,4-D and 0.1 mg/l kinetin. The cultured plates were incubated at 35°C for 4, 6 and 8 days and moved to 25°C in the dark for 10 days. Then anthers were transferred to R medium containing 0.1 mg/l kinetin under 16 h day length. Forty days after culturing, embryos emerged from anthers which were transferred to the plant growth regulator free R medium. The highest number of embryos developed to plantlets was 5.8 plantlets/100 anthers when cultured on C medium containing 0.1 mg/l 2,4-D plus 0.1 mg/l kinetin in the dark at 35 °C or 6 day. Chloroplast counting could be used to determine the ploidy level. The investigation of whether diploid plants were derived from spontaneous chromosome doubling was done by using a microsatellite marker. The results revealed 18 haploid plants and 22 spontaneous double haploid from 1,270 anthers.

Keywords: double haploid lines, anther culture, pepper, pretreatment, 2,4-D

บทคัดย่อ

การสร้างสายพันธุ์ดับเบิลแฮพลอยด์เป็นวิธีการที่มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากเป็นการลดระยะเวลาในการสร้างพืชสายพันธุ์แท้ การเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรเป็นวิธีการหนึ่งในการสร้างสายพันธุ์ดับเบิลแฮพลอยด์ งานวิจัยนี้ศึกษาผลของระยะเวลาการเตรียมอับละอองเกสรร่วมกับความเข้มข้นของ 2,4-D ต่อการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรพริกหยาบลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ปากคลอง ดำเนินการ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2563-2564 นำอับละอองเกสรของพริกที่มีไมโครสปอร์อยู่ในระยะ late uninucleate เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร C ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับโคเคนตินความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วบ่มในที่มืดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4, 6 และ 8 วัน และนำไปเพาะเลี้ยงในที่มืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 10 วัน จึงย้ายอับละอองเกสรลงบนอาหารสูตร R ที่เติมโคเคนติน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในที่มืด 16 ชั่วโมง และที่มืด 8 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อเพาะเลี้ยงประมาณ 40 วัน สังเกตพบเอ็มบริโอเกิดขึ้นจึงย้ายลงบนอาหารสูตร R ซึ่งไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่าสูตรอาหารและระยะเวลาการเตรียมอับละอองเกสรที่เหมาะสมต่อการชักนำให้ไมโครสปอร์มีการพัฒนาเป็นเอ็มบริโอคืออาหารสูตร C ที่มี 2,4-D 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับโคเคนติน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในที่มืดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 6 วัน โดยสามารถชักนำให้พัฒนาเป็นต้นได้ประมาณ 5.8 ต้นต่อ 100 อับละอองเกสร เมื่อตรวจสอบต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรด้วยการนับจำนวนคลอโรพลาสต์ในเซลล์คุมและดีเอ็นเอเครื่องหมายชนิดไมโครแซทเทลไลท์ ได้ต้นแฮพลอยด์จำนวน 18 ต้น และได้ต้นดับเบิลแฮพลอยด์ที่เกิดจากการเพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นเองในสภาพเพาะเลี้ยง (spontaneous double haploid) จำนวน 22 ต้น จากการเพาะเลี้ยง 1,270 อับละอองเกสร

คำสำคัญ: สายพันธุ์ดับเบิลแฮพลอยด์ การเพาะเลี้ยงอับละอองเกสร พริก การเตรียมอับละอองเกสร 2,4-D

คำนำ

พริกเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของคนไทย มีการปลูกและใช้พริกเพื่อประกอบอาหารหรือแปรรูป ในอุตสาหกรรมอาหารและสกัดสารสำคัญ เช่น แคปไซซินเพื่อใช้ในการแพทย์ แต่ปัญหาจากโรคและแมลงศัตรูพืชทำให้ผลผลิตต่ำและมีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชปริมาณมาก การปรับปรุงพันธุ์พริกเพื่อให้ได้ลักษณะที่ต้องการ เช่น ต้านทานโรคหรือลักษณะที่ดีทางการเกษตรต้องใช้พื้นที่และแรงงานมาก และต้องใช้เวลานานในขั้นตอนการสร้างสายพันธุ์แท้ การสร้างสายพันธุ์ดับเบิลแฮพลอยด์ (double haploid) เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์พืช เนื่องจากเป็นการสร้างพืชสายพันธุ์แท้ ที่ไม่มีการผสมของยีน ได้โดยตรงจากพริกสายพันธุ์ลูกผสม อย่างไรก็ตามการสร้างสายพันธุ์ดับเบิลแฮพลอยด์โดยการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรพริกนั้นความสำเร็จขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น พันธุกรรม ระยะการพัฒนาที่เหมาะสมของไมโครสปอร์ องค์ประกอบของอาหารเพาะเลี้ยง และการเตรียมอับละอองเกสรก่อนการเพาะเลี้ยง (pretreatment) ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ไมโครสปอร์เปลี่ยนจากการพัฒนาเพื่อเป็นเซลล์สืบพันธุ์ (gametophyte) เป็นพัฒนาเพื่อเป็นเซลล์ร่างกาย (sporophyte) การทำ pretreatment ทำได้ทั้งทางกายภาพ เช่น การใช้อุณหภูมิ หรือทางเคมี การใช้อุณหภูมิในการ pretreatment นิยมใช้อุณหภูมิต่ำ (4-10 องศาเซลเซียส) หรืออุณหภูมิสูง (30-35 องศาเซลเซียส) ระยะเวลาหนึ่ง ในพริก de Vaulx *et al.* (1981) พบว่าการใช้อุณหภูมิสูงมีผลดีต่อการเกิดเอ็มบริโอโดยเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรที่อุณหภูมิ 35

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน และ 8 วัน พบว่าการใช้ อุณหภูมิสูงเป็นเวลา 8 วัน ส่งเสริมการเกิดเอ็มบริโอได้ ดีกว่า 2 วัน อย่างเห็นได้ชัด Meekul and Chunwongse (2010) รายงานการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรลูกผสมชั่วที่ 1 ระหว่างพริกชี้หนูพันธุ์ ‘83-168’ และ ‘PEPAC25’ พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้น 2,4-D ในอาหารชักนำให้เกิด เอ็มบริโอเปอร์เซ็นต์การเกิดเอ็มบริโอจะเพิ่มมากขึ้นตาม ไปด้วย แต่ที่ความเข้มข้นของ 2,4-D ระดับ 0.5 มิลลิกรัม ต่อลิตร พบว่าเอ็มบริโอมีการพัฒนาเป็นต้นปกติช้ากว่า เอ็มบริโอที่ได้จากสูตรอาหารที่มี 2,4-D 0.3 มิลลิกรัมต่อ ลิตร โดยในสูตรอาหารที่เติม 2,4-D 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับโคเคนติน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการพัฒนาเป็นต้น พริก 9.5 ต้นต่อ 100 อับละอองเกสร และมีการพัฒนา เป็นต้นที่เร็วและสมบูรณ์

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของ ระยะเวลาการเตรียมอับละอองเกสรร่วมกับความเข้มข้น ของ 2,4-D ในการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรของพริก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์พริกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาระยะการพัฒนาของไมโครสปอร์

พันธุ์พริกที่ใช้ในการศึกษา คือ พริกหยวกลูกผสม ชั่วที่ 1 พันธุ์ ‘ปากคลอง’ ของบริษัท เจียไต่ จำกัด มีลักษณะผลยาว 10–12 เซนติเมตร ผลสีเขียวอมเหลือง ให้ผลผลิตดี ผลใหญ่ ผิวเรียบตึงเป็นพันธุ์ที่ตลาดต้องการ ศึกษาลักษณะสัณฐานของดอกพริกหยวกพันธุ์ปากคลอง ที่ภายในอับละอองเกสรมีไมโครสปอร์พัฒนาอยู่ในระยะ late uninucleate ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมต่อการ เพาะเลี้ยงอับละอองเกสร ดังนี้ เก็บดอกพริกดอกตูมหลาย ๆ ขนาด ตั้งแต่ดอกที่มีกลีบเลี้ยงหุ้มกลีบดอกทั้งหมดไปจนถึง ดอกที่ใกล้บานมีกลีบดอกเป็นสองเท่าของกลีบเลี้ยง ตรวจสอบระยะการพัฒนาของไมโครสปอร์ โดยย้อมด้วยสี ฟลูออเรสเซนซ์ 4',6-diamidino-2-phenylindole

(DAPI) ซึ่งมีคุณสมบัติย้อมติดสีในนิวเคลียส ทำการบด อับละอองเกสรของดอกพริกแต่ละขนาดในสารละลาย DAPI ความเข้มข้น 2 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร แล้วคั้นเศษ อับละอองเกสรออก บ่มสไลด์ในที่มีด 10 นาที แล้ว ตรวจสอบระยะการพัฒนาของไมโครสปอร์ โดยพิจารณาจาก ตำแหน่งของนิวเคลียสในไมโครสปอร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ฟลูออเรสเซนซ์กำลังขยาย 400 เท่า ณ ฝ่ายปฏิบัติการ งานกล้องจุลทรรศน์และเครื่องถ่ายภาพ สถาบันบริการ ตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรพริก

การเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรพริกทำโดยการ พอกฆ่าเชื้อที่ผิวของดอกพริกแล้วแยกอับละอองเกสรออก จากดอก วางอับละอองเกสรบนอาหารชักนำให้เกิด เอ็มบริโอ คือ อาหารสูตร C (de Vaulx *et al.*, 1981) ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับโคเคนตินความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วบ่ม ในที่มีดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4, 6 และ 8 วัน เพาะเลี้ยง 200 อับละอองเกสรขึ้นไปต่อหนึ่ง ระดับความเข้มข้น และนำไปเพาะเลี้ยงในที่มีดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 10 วัน จึงย้ายอับละอองเกสรลงบน อาหารสูตร R ที่เติมโคเคนติน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในที่มีแสง 16 ชั่วโมง และที่มีด 8 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อเพาะเลี้ยงประมาณ 40 วัน สังเกตพบเอ็มบริโอเกิดขึ้น จึงย้ายลงบนอาหารสูตร R ซึ่งไม่เติมสารควบคุมการ เจริญเติบโตเพื่อให้พัฒนาเป็นต้นพริกที่สมบูรณ์

การตรวจสอบจำนวนชุดโครโมโซมต้นพริกที่ได้จากการ เพาะเลี้ยงอับละอองเกสร

นับจำนวนคลอโรพลาสต์ในเซลล์คุม (guard cell) ของผิวใบพริกที่ได้จากการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสร เพื่อตรวจสอบจำนวนชุดโครโมโซม ตามวิธีของ Arjunappa *et al.* (2015) ทำการลอกผิวใบด้านหลังใบ พริกแล้ววางบนสไลด์ที่มีน้ำกลั่น ตรวจสอบด้วยกล้อง

จุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า โดยจำนวนคลอโรพลาสต์ในเซลล์คุมของพริกแฮพลอยด์มีจำนวน 8-10 คลอโรพลาสต์ ส่วนพริกดิพลอยด์มี 16-20 คลอโรพลาสต์

ตรวจสอบ Spontaneous double haploid โดยใช้ ดีเอ็นเอเครื่องหมาย

การตรวจสอบ Spontaneous double haploid ใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมายชนิดไมโครแซทเทลไลท์ ได้นำต้นพริกส่งวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพพืช ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วิธีการตรวจสอบทำการสกัดดีเอ็นเอของใบพริกของต้นดิพลอยด์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสร ตามวิธี Fulton *et al.* (1995) โดยเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายของปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส (Polymerase Chain Reaction: PCR) ด้วยดีเอ็นเอเครื่องหมายชนิดไมโครแซทเทลไลท์ โดยใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมายที่ให้ความแตกต่างในพริกหยวกลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ปากคลอง คือ CA516439 ซึ่งวางตัวอยู่บนกลุ่มลิงค์เจกกลุ่มที่ 10 (Wu *et al.*, 2009) ตรวจสอบผลด้วยวิธีอีเล็กโทรโฟรีซิสในเจลโพลีอะครีลาไมด์ 4.5 เปอร์เซ็นต์ และย้อมด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 1 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

การศึกษาระยะการพัฒนาของไมโครสปอร์

การศึกษาลักษณะสัณฐานของดอกพริกหยวกพันธุ์ปากคลอง ที่มีไมโครสปอร์พัฒนาอยู่ในระยะ late-uninucleate ทำโดยการย้อมสีนิวเคลียสด้วยสีฟลูออเรสเซนต์ DAPI ผลการศึกษาพบว่า ขนาดของดอกตูมที่พัฒนาขึ้นสัมพันธ์กับการพัฒนาของไมโครสปอร์ภายในอับละอองเกสร ดอกตูมที่มีกลีบเลี้ยงหุ้มกลีบดอกทั้งหมดไมโครสปอร์ส่วนหนึ่งยังติดกันอยู่ในระยะ tetrad และส่วนใหญ่พบไมโครสปอร์รูปร่างกลม นิวเคลียสเรียงสออยู่ตรงกลาง คือ ระยะ early uninucleate ส่วนดอกพริกที่ใกล้บาน อับละอองเกสรเป็นสีม่วง ไมโครสปอร์ภายในส่วนใหญ่จะพบ 2 นิวเคลียส ซึ่งผ่านการแบ่งตัวแบบไมโทซิสครั้งที่ 1 แล้ว หรือเรียกว่าระยะ binucleate ในส่วนลักษณะสัณฐานของดอกพริกหยวกพันธุ์ปากคลองที่กลีบดอกพันกลีบเลี้ยงเล็กน้อยและอับละอองเกสรมีสีม่วงอ่อนด้านหนึ่ง (Figure 1) มีไมโครสปอร์ที่อยู่ในระยะ late-uninucleate พบนิวเคลียสติดกับผนังเซลล์ของไมโครสปอร์ เนื่องจากเป็นระยะที่แวนิวโอลขยายขนาดใหญ่เกือบเต็มทั้งเซลล์ นิวเคลียสเคลื่อนจนกระทั่งติดผนังเซลล์และเตรียมแบ่งตัวแบบไมโทซิสครั้งที่ 1 ดังนั้นจะเลือกดอกพริกที่มีลักษณะดังกล่าวนำไปเพาะเลี้ยงอับละอองเกสร

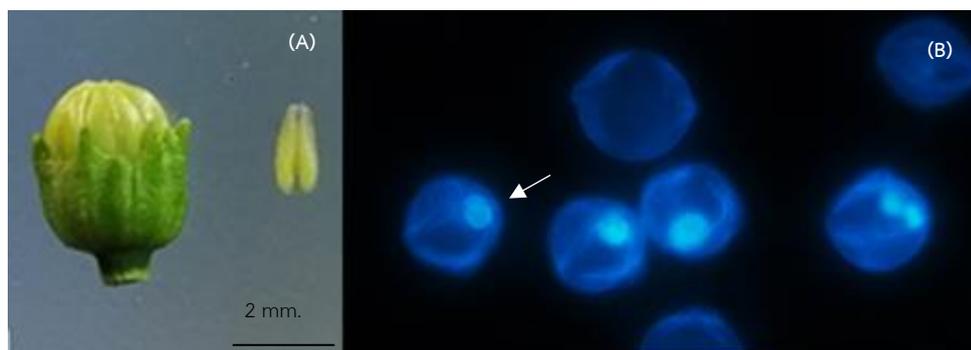


Figure 1 Flower buds of and anther 'Pak Klong' pepper containing microspores at the stage of late-uninucleate (A) and microspores in the late uninucleate stage stained with DAPI, examined by 400x fluorescence microscopy (B)

การเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรพริก

ได้ศึกษาสถานะในการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรพริก โดยใช้พริกหยวกพันธุ์ปากคลอง เพาะเลี้ยงอับละอองเกสรในอาหารสูตร C ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0.1 หรือ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับไคเนติน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในที่มืดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 4, 6 หรือ 8 วัน เมื่อทำการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรเป็นเวลาประมาณ 40 วัน พบการเกิดเอ็มบริโอโดยไม่ผ่านแคลลัส (direct embryogenesis) เอ็มบริโอบางส่วนมีการพัฒนาเป็นต้นอ่อนที่สมบูรณ์เมื่อย้ายลงอาหารสูตร R เป็นเวลาประมาณ 20-30 วัน (Figure 2) การเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในอาหาร C ที่มี 2,4-D ทั้งสองระดับความเข้มข้น เป็นเวลา 8 วัน มีจำนวนต้นพริกที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด การชักนำให้เกิดเอ็มบริโอในอาหารสูตร C ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0.3

มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในที่มืดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 4 วัน เกิดต้นพริก 5.1 ต้นต่อ 100 อับละอองเกสร ซึ่งเป็นสถานะที่เอ็มบริโอพัฒนาเป็นต้นสูงที่สุด ร้อยละ 50 และการเกิดต้นสูงที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร C 2,4-D ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในที่มืดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 6 วัน พบจำนวนต้นสูงที่สุดเท่ากับ 5.8 ต่อ 100 อับละอองเกสร (Table 1) ต้นพริกดิพลอยด์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรจะต้องมีการตรวจสอบเซลล์ที่พัฒนาเป็นต้นพริก โดยใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมาย เนื่องจากต้นดิพลอยด์ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรนั้นอาจเกิดจากการพัฒนาของผนังอับละอองเกสร ซึ่งมีพันธุกรรมเช่นเดียวกับต้นพริกที่ให้อับละอองเกสร หรืออาจเกิดการพัฒนาขึ้นจากเซลล์สืบพันธุ์ที่มีการเพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นเองในสภาพเพาะเลี้ยง (spontaneous chromosome doubling)

Table 1 Effect of pretreatment period and 2,4-D concentration on anther culture of pepper hybrid ‘Pak Klong’

Treatment	Day of heat treatment	No. of cultured anthers	No. of embryos produced	No. of regenerated plants	Plant regeneration percentage
2,4-D 0.1 mg/l + kinetin 0.1 mg/l	4	207	32	7	3.4
2,4-D 0.1 mg/l + kinetin 0.1 mg/l	6	226	34	13	5.8
2,4-D 0.1 mg/l + kinetin 0.1 mg/l	8	216	13	4	1.9
2,4-D 0.3 mg/l + kinetin 0.1 mg/l	4	214	22	11	5.1
2,4-D 0.3 mg/l + kinetin 0.1 mg/l	6	207	11	3	1.4
2,4-D 0.3 mg/l + kinetin 0.1 mg/l	8	200	10	2	1.0



Figure 2 Direct androgenesis embryo and haploid embryo (A,B); *In Vitro* regeneration and development of plantlets (C,D) and transplanting of *In Vitro* regenerated plantlets.

การตรวจสอบจำนวนชุดโครโมโซมต้นพริกที่ได้จากการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสร

จากรายงานของ Arjunappa *et al.* (2015) ได้ศึกษาวิธีตรวจสอบจำนวนชุดโครโมโซมต้นพริกที่ได้จากการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรโดยศึกษา 3 วิธี คือ 1) การนับจำนวนโครโมโซมที่ปลายรากพริก พบว่าต้นพริกแฮพลอยด์มีจำนวนโครโมโซม 12 แท่ง ส่วนดิพลอยด์มีโครโมโซม 24 แท่ง 2) การนับจำนวนคลอโรพลาสต์ในเซลล์คุม ซึ่งต้นแฮพลอยด์มีจำนวนคลอโรพลาสต์ในเซลล์คุม 8-10 คลอโรพลาสต์ ส่วนต้นดิพลอยด์มีคลอโรพลาสต์ 16-20 คลอโรพลาสต์ และ 3) การใช้เครื่องโพลไซโตมิเตอร์ในการประเมินปริมาณดีเอ็นเอภายในเซลล์แล้ว

เปรียบเทียบกับปริมาณดีเอ็นเอของตัวอย่างอ้างอิงที่ทราบจำนวนชุดโครโมโซม ผลการทดลองพบว่า ทุกวิธีสามารถใช้ตรวจสอบจำนวนชุดโครโมโซมได้ การนับจำนวนโครโมโซมและการนับจำนวนคลอโรพลาสต์มีข้อดีกว่าการใช้โพลไซโตมิเตอร์ คือ มีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่า ดังนั้นการทดลองนี้จึงได้ใช้การนับจำนวนคลอโรพลาสต์ในเซลล์คุมในการตรวจสอบจำนวนชุดโครโมโซมเบื้องต้น เนื่องจากทำได้ง่ายและรวดเร็ว โดยได้นำต้นพริกจากการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสร จำนวน 40 ต้น ตรวจสอบพบต้นพริกที่คาดว่าจะเป็ต้นแฮพลอยด์ 18 ต้น และต้นพริกที่คาดว่าจะเป็ต้นดิพลอยด์จำนวน 22 ต้น (Figure 3)

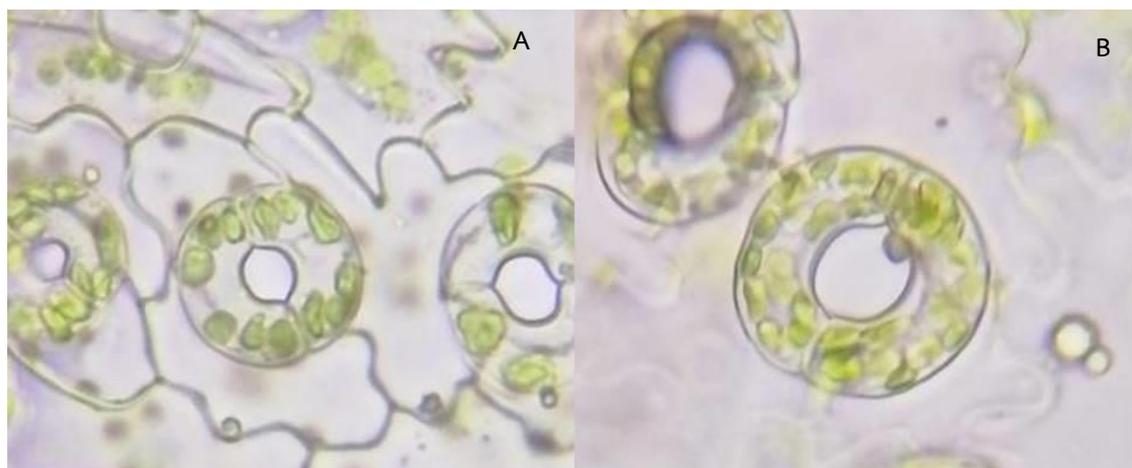


Figure 3 The guard cells of putative haploid plant (A) and putative diploid plant (B) demonstrate the difference in number of chloroplasts

การตรวจสอบ spontaneous double haploid โดยใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมาย

การใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมายชนิดไมโครแซทเทลไลท์ สามารถแยกต้นดิพลอยด์ที่เกิดจากการพัฒนาของเซลล์ร่างกายของอับละอองเกสร หรือจากเอ็มบริโอพัฒนามาจากเซลล์สืบพันธุ์ที่เพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นเองในสภาพเพาะเลี้ยง (spontaneous

chromosome doubling) ได้โดยการเปรียบเทียบแถบดีเอ็นเอของต้นดิพลอยด์ที่ได้กับแถบดีเอ็นเอของต้นที่ให้อับละอองเกสร โดยต้นดิพลอยด์ที่เกิดจากการพัฒนาจากเซลล์ร่างกายของอับละอองเกสรได้มาจากการรวมของเซลล์สืบพันธุ์ของแม่และพ่อ ดังนั้นควรมีแถบดีเอ็นเอของทั้งแม่และพ่อ ส่วนต้นพริกที่พัฒนาจากเซลล์สืบพันธุ์ที่เพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นเอง

ในสภาพเพาะเลี้ยงนั้นจะมีแถบดีเอ็นเอเป็นแถบเดียว ซึ่งอาจจะเป็นแถบใดเพียงแถบหนึ่งก็ได้ จากผลการตรวจสอบพบว่า แถบดีเอ็นเอของพริกพันธุ์ปากคลอง ซึ่งเป็นลูกผสมชั่วที่ 1 (ตัวอย่างที่ 20) พบแถบดีเอ็นเอสองแถบ ตำแหน่งที่ 170 และ 160 คู่เบส ตามลำดับ (Figure 4) ส่วนต้นพริกที่พัฒนาจากเซลล์สืบพันธุ์ที่เพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นเองในสภาพเพาะเลี้ยงนั้น มีแถบดีเอ็นเอเป็นแถบเดียว จากการทดสอบต้นพริกดิพลอยด์ จำนวน 19 ต้น (ตัวอย่างที่ 1 ถึง 19) ไม่พบ

ต้นพริกที่พัฒนามาจากเซลล์ร่างกายของอับละอองเกสร แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการเพาะเลี้ยงนี้สามารถชักนำการพัฒนาเอ็มบริโอจากละอองเกสรเท่านั้น จากนั้นได้ทำการย้ายต้นพริกดับเบิลแฮพลอยด์ปรับสภาพและปลูกในโรงเรือนเพื่อเก็บเมล็ดพันธุ์ โดยลักษณะทางสรีระของพริกดับเบิลแฮพลอยด์แต่ละต้นแตกต่างกันทั้งขนาดผล รูปร่างผล เป็นแบบสามเหลี่ยมหรือเรียวยาว หรือดังใน Figure 5 ลักษณะการติดผลที่ผลชี้ขึ้นหรือผลห้อยลง

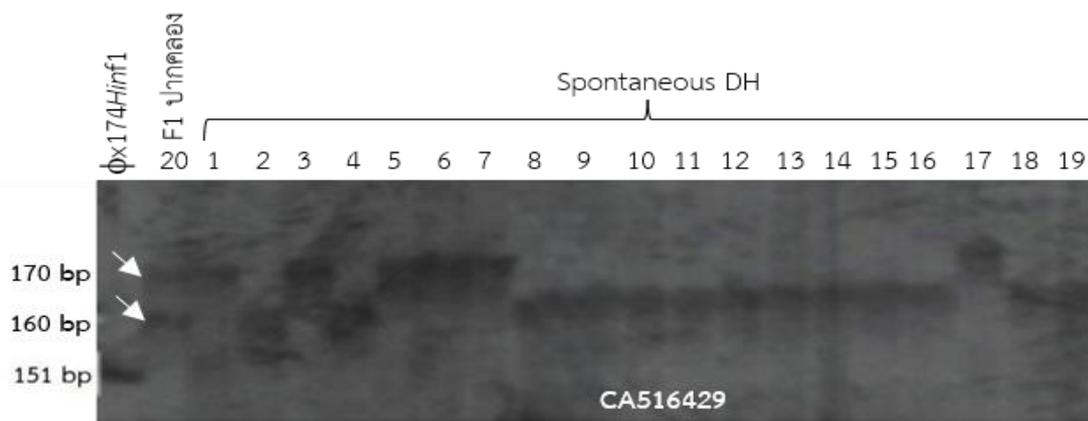


Figure 4 Determination of diploid plants obtained from anther culture using microsatellite DNA marker CA516439



Figure 5 Anther culture derived plants grown in the greenhouse

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาระยะเวลาการเตรียมอับละออง เกสรร่วมกับความเข้มข้นของ 2,4-D ต่อการเพาะเลี้ยง อับละอองเกสรพริกหยวกลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ปากคลอง พบว่าการใช้ pretreatment ที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน เพอร์เซ็นต์การเกิดต้นลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานของ de Vault *et al.* (1981) ที่รายงานว่า การใช้สภาวะดังกล่าวสามารถเพาะเลี้ยง อับละอองเกสรพริกผลใหญ่หลายพันธุ์ โดยสามารถชักนำ ให้เกิดต้นได้ 5-40 ต้นต่อ 100 อับละออง ซึ่งอาจเกิดจาก พันธุ์กรรมของต้นพริกที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าการศึกษา ครั้งนี้จะมีเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดต้นไม่มากนัก แต่ เนื่องจากการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรเป็นวิธีการที่ ไม่ซับซ้อน ไม่ต้องใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ทันสมัย หากมี การศึกษาต่อไปถึงปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งมีผลต่อการพัฒนา เป็นต้น เช่น การเพิ่มองค์ประกอบอื่น ๆ ของอาหารชักนำ เช่น ผงถ่าน หรือกรดอะมิโนบางชนิด อาจเพิ่ม ประสิทธิภาพการชักนำให้พัฒนาเป็นต้นเพิ่มขึ้นได้

การเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซมขึ้นเองในสภาพ เพาะเลี้ยงเป็นประโยชน์ต่อการสร้างสายพันธุ์ดับเบิล แฮพลอยด์ เนื่องจากสามารถลดขั้นตอนการเพิ่มจำนวนชุด โครโมโซมโดยใช้สารเคมีได้ ซึ่งเป็นสภาวะที่พบได้ในการ เพาะเลี้ยงอับละอองเกสรพืชหลายชนิด การศึกษาในครั้งนี้ พบการเกิด spontaneous double haploid สูงที่สุด ร้อยละ 50 ซึ่งสูงกว่าการศึกษาของ Meek (2010) เพาะเลี้ยงอับละอองเกสรพริกลูกผสมชั่วที่ 1 ('83-168'x 'PEPAC25') พบการเกิดร้อยละ 20 Seguí-Simarro and Nuez (2008) ศึกษาการเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซม ขึ้นเองในสภาพเพาะเลี้ยงรายงานว่า อาจเกิดได้ 3 วิธี คือ endoreduplication, nuclear fusion และ endomitosis โดยสภาพแวดล้อม เช่น สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่ม ออกซิน สภาวะเครียดต่าง ๆ ที่ใช้ในการ pretreatment มีผลต่อการเพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นเองในสภาพ เพาะเลี้ยงอับละอองเกสร ส่วนพันธุ์กรรมของพืชอาจจะ เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผล อย่างไรก็ตามต้องมีการศึกษาเพื่อให้ มีข้อมูลสนับสนุนที่มากเพียงพอต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสรพริกหยวก ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ปากคลอง สูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำให้ไมโครสปอร์มีการพัฒนาเป็นเอ็มบริโอ คือ อาหารสูตร C ที่มี 2,4-D 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ไคเนติน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในที่มืดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 6 วัน โดยสามารถชักนำให้พัฒนาเป็น ต้นได้ 5.8 ต้นต่อ 100 อับละอองเกสร และเอ็มบริโอที่ได้ จากอาหารสูตรนี้มีการพัฒนาเป็นต้นสมบูรณ์ในระยะเวลา สั้น เมื่อตรวจสอบต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสร ด้วยการนับจำนวนคลอโรพลาสต์ในเซลล์คุม และการใช้ ดีเอ็นเอเครื่องหมายชนิดไมโครแซทเทลไลท์ ได้ต้น แสพลอยด์จำนวน 18 ต้น และได้สายพันธุ์ดับเบิลแฮพลอยด์ ที่เกิดจากการเพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นเองในสภาพ เพาะเลี้ยง (spontaneous double haploid) จำนวน 22 ต้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและ นวัตกรรม (สกว.) ปี พ.ศ. 2564 เรื่องการปรับปรุงพันธุ์ และเทคโนโลยีการผลิตพริกหวาน

เอกสารอ้างอิง

Arjunappa, H.M. K.P. Sateesh and L.D. Prema. 2015. Studies on ploidy analysis and chromosome doubling in androgenic plants of chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). **International Journal of Agriculture Innovations and Research** 4(4): 2319–1473.

de Vaulx, R.D., D. Chambonnet and E. Pochard. 1981. Culture *in vitro* d'anthers de piment (*Capsicum annuum* L.): amélioration des taux d'obtention de plantes chez différents génotypes par des trgtitement à + 35°C. **Agronomie** 1: 859–864.

Fulton, T.M., J. Chunwongse and S.D. Tanksley. 1995. Microprep protocol for extraction of DNA from tomato and other herbaceous plants. **Plant Molecular Biology Reporter** 13(3): 207–209.

Meekul, P. 2010. **Production of Double Haploid Lines from Anthers of F₁ Hybrid Pepper**. Master Thesis. Kasetsart University. 57 p. [in Thai]

Meekul, P. and J. Chunwongse. 2010. Production and verification of double haploid lines derived from F₁ hybrid pepper cvs. '83-168' and 'PEPAC25' by anther culture. **Agricultural Science Journal** 41(2): 203–212. [in Thai]

Seguí-Simarro, J.M. and F. Nuez. 2008. Pathways to doubled haploidy: chromosome doubling during androgenesis. **Cytogenetic and Genome Research** 120: 358–369.

Wu, F., N.T. Eannetta, M. Mazourek, M.M. Jahn and S.D. Tanksley. 2009. A COSII genetic map of the pepper genome provides a detailed picture of synteny with tomato and new insights into recent chromosome evolution in the genus *Capsicum*. **Theoretical Applied Genetics** 118: 1279–1293.

ผลของอายุการเก็บรักษาของตำรับสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ต่อลักษณะทางกายภาพ

และคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและคะน้า

Effects of the Shelf Life of Organic Seed Coating Formulations on the Physical Characteristics and Quality of Tomato and Collard Green Seeds

นรารัตน์ ทาวงค์¹ สุธีระ เหมฮึก^{2,5} ฉัตรสุดา เผือกใจแก้ว^{3,5} จิราภรณ์ อินทสาร⁴ และจักรพงษ์ กางโสภา^{1,5*}

Nararat Thawong¹, Sutheera Hermhuk^{2,5}, Chatsuda Phuakjaiphaeo^{3,5}

Jiraporn Inthasan⁴ and Jakkrapong Kangsopa^{1,5*}

¹สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (ทรัพยากรป่าไม้และการจัดการ) คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (อารักขาพืช) คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

⁴สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (ปฐพีศาสตร์) คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

⁵ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์สมัยใหม่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Bachelor of Science (Forest Resources and Management), Faculty of Agricultural Production, Maejo University
Chiang Mai, Thailand 50290

³Bachelor of Science (Plant Protection), Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

⁴Bachelor of Science (Soil Resources and Environment), Faculty of Agricultural Production, Maejo University
Chiang Mai, Thailand 50290

⁵Modern Seed Technology Research Center, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jakkrapong_ks@mju.ac.th

Received: June 11, 2024

Revised: September 26, 2024

Accepted: October 04, 2024

Abstract

In conventional agriculture, most crops are grown from seeds coated with chemicals to protect against diseases and pests, which can reduce the impact of unfavorable growing conditions. However, in organic farming systems, the use of chemically treated seeds is not permitted, potentially lowering the efficiency of organic seed utilization. Therefore, developing organic seed coating formulations can enhance the viability of organic seeds, making them comparable to conventionally grown crops. This experiment therefore aimed to study the formula of organic seed coating using a Completely Randomized Design (CRD) created with four replications for three seed coating formulations: 0.3% w/v gum arabic, 0.2% w/v sodium alginate, and 0.1% w/v xanthan gum. These formulations were stored under two different conditions: controlled conditions (4 °C) and ambient conditions (27±2 °C). The coating formula was stored for 12 months and their physical characteristics were tested every three months over a 12-month period. Additionally, the formulations were tested on tomato and collard green seeds. The result

indicated that the pH of all three formulations was initially highly alkaline but gradually decreased over the storage period. All formulations maintained suitable viscosity for seed coating throughout the storage period under both conditions. 0.3% w/v gum arabic film maintained 100% water solubility throughout storage, while 0.2% w/v sodium alginate and 0.1% w/v xanthan gum films showed good water solubility for the three months, which decreased over time. 0.2% w/v sodium alginate demonstrated formulation the highest radicle emergence and germination percentages for both tomato and collard green seeds compared to other formulations. Therefore, organic seed coating prepared with 0.2% w/v sodium alginate stored in controlled conditions for 12 months is recommended as an effective organic seed coating for coating tomato and kale seeds.

Keywords: seed quality, organic seed enhancement, biopolymers, organic farming

บทคัดย่อ

การปลูกพืชทั่วไปส่วนใหญ่ใช้เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารเคมีป้องกันโรคและแมลงเพื่อลดการเข้าทำลายของปัจจัยการเพาะปลูกที่ไม่เหมาะสม แต่ในระบบการปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ไม่สามารถใช้เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเตรียมร่วมกับสารเคมีได้ จึงเป็นการลดประสิทธิภาพการใช้เมล็ดพันธุ์อินทรีย์ลง ดังนั้นการสร้างสูตรสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์จึงเป็นการเพิ่มโอกาสการใช้เมล็ดพันธุ์อินทรีย์ให้สามารถเพาะปลูกได้ทัดเทียมกับการปลูกพืชในระบบทั่วไปได้ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรตำรับสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย การสร้างสูตรสารเคลือบจำนวน 3 ตำรับ ประกอบด้วย gum arabic 0.3% w/v, sodium alginate 0.2% w/v และ xanthan gum 0.1% w/v แล้วนำไปเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน 2 สภาพ คือ สภาพควบคุมอุณหภูมิ (4 องศาเซลเซียส) และสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ (27±2 องศาเซลเซียส) เก็บรักษาสูตรสารเคลือบเป็นระยะเวลา 12 เดือน จากนั้นสุ่มสารเคลือบในแต่ละตำรับทุก ๆ 3 เดือน มาทดสอบลักษณะทางกายภาพและทดลองเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและเมล็ดพันธุ์คะน้า

จากการศึกษาพบว่า pH ของสารเคลือบทั้ง 3 ตำรับ มีค่าเป็นต่างกันในช่วง 3 เดือนแรก จากนั้นความเป็นต่างกันจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อเก็บรักษานานยาวนานขึ้น ส่วนสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ทั้ง 3 ตำรับ พบว่าหลังการเก็บรักษาทั้ง 2 สภาพสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ยังคงมีความหนืดที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบเมล็ดพันธุ์ เมื่อตรวจสอบแผ่นฟิล์มของ gum arabic 0.3% w/v พบว่าสามารถละลายน้ำได้ 100% ตลอดการเก็บรักษาทั้ง 2 สภาพ ส่วนแผ่นฟิล์มของ sodium alginate 0.2% w/v และ xanthan gum 0.1% w/v สามารถละลายน้ำได้ในช่วง 3 เดือนแรก จากนั้นจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์พบว่าตำรับสารเคลือบ sodium alginate 0.2% w/v มีเปอร์เซ็นต์การงอกรากแรกและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและคะน้าดีกว่าตำรับอื่น ๆ ดังนั้นจึงแนะนำสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ที่ได้จากการเตรียมด้วย sodium alginate 0.2% w/v ที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมเป็นระยะเวลา 12 เดือน เป็นสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพดีสำหรับใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและเมล็ดพันธุ์คะน้า

คำสำคัญ: คุณภาพเมล็ดพันธุ์ การยกระดับเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ ไบโอฟอลิเมอร์ เกษตรอินทรีย์

คำนำ

การปลูกพืชในระบบอินทรีย์ คือ การทำเกษตรที่ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์หรือปุ๋ยเคมี โดยเน้นการใช้วัสดุธรรมชาติและวิธีการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งในด้าน การปรับปรุงดิน การควบคุมศัตรูพืช และการเพิ่มผลผลิต การปลูกพืชในระบบนี้ยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อรักษาความหลากหลายทางชีวภาพและความสมบูรณ์ของระบบนิเวศ โดยจุดเริ่มต้นการเพาะปลูกพืชในระบบอินทรีย์ให้ได้ตามมาตรฐานแล้วยังต้องใช้เมล็ดพันธุ์ที่ผลิตจากระบบอินทรีย์ด้วย (Agricultural Research Development Agency, 2020) จากข้อจำกัดในการปลูกพืชในระบบอินทรีย์ต้องไม่ใช้สารเคมีในกระบวนการเพาะปลูก จึงทำให้ยากต่อการควบคุมปัจจัยเสี่ยงจากสภาพแวดล้อม เช่น การเข้าทำลายของโรคและแมลง เป็นต้น ซึ่งแตกต่างจากเมล็ดพันธุ์ทั่วไปที่สามารถใช้เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการคลุกหรือเคลือบเมล็ดร่วมกับสารเคมีป้องกันโรคและแมลงก่อนนำไปเพาะปลูกได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เมล็ดพันธุ์อินทรีย์ถูกลดประสิทธิภาพการใช้ลง ดังนั้นเพื่อเพิ่มศักยภาพการใช้เมล็ดพันธุ์อินทรีย์จึงจำเป็นต้องมีเทคโนโลยีที่สามารถยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้ดีและใกล้เคียงกับระบบการปลูกพืชแบบทั่วไปได้ ซึ่งเทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ (seed coating) เป็นวิธีการปฏิบัติต่อเมล็ดพันธุ์มานานและมีประสิทธิภาพสูง โดยเป็นวิธีการนำสารสะสมที่มีลักษณะบางเบา (film coating) มาฉาบรอบ ๆ เปลือกเมล็ดพันธุ์เพื่อเป็นตัวกลางนำพาสารออกฤทธิ์ให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ได้ (Kangsopa, 2019) แต่สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่สามารถใช้ได้ในระบบอินทรีย์ตามกฎหมายของสมาพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (International Federation of Organic Agriculture Movements: IFOAM) ต้องเป็นสารเคลือบชีวภาพหรือไบโอพอลิเมอร์ (biopolymer) ซึ่งเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติหรือผ่านกระบวนการชีวภาพ เช่น พืช สัตว์ หรือจุลินทรีย์ เป็นต้น โดยพอลิเมอร์ชนิดนี้ต้องสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable) และไม่ก่อให้เกิดมลพิษหรือ

สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เช่น โซเดียม แอลจีเนต (sodium alginate) กัมอารบิก (gum arabic) และแซนแทนกัม (xanthan gum) เป็นต้น (Deaker *et al.*, 2004) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการสร้างสูตรสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ขึ้นเพื่อใช้ในเชิงการค้า อีกทั้งยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การปรับเปลี่ยน pH ความหนืด และการละลายของฟิล์ม เป็นต้น อีกทั้งผลของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษาต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เช่น เเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น ซึ่งสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ที่มีข้อจำกัดการแต่งเติมสำหรับสร้างสูตรสารเคลือบ จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบให้แน่นอนเพื่อลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรตำรับสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และติดตามการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับใช้เป็นสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ สำหรับเป็นตัวกลางนำพากลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชให้ติดไปกับเมล็ด เพื่อให้เกิดการใช้เมล็ดพันธุ์อินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพสูงทัดเทียมกับการปลูกพืชในระบบทั่วไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์และการเก็บรักษา

ก่อนการทดลองได้ทำการทดสอบเบื้องต้นจากการคัดเลือกพอลิเมอร์อินทรีย์ที่อยู่ภายใต้การรับรองของ International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) ที่ให้สามารถใช้ได้ร่วมกับการปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งจากการคัดเลือกได้พอลิเมอร์ต่างระดับความเข้มข้นมาทั้งหมด 3 ชนิดคือ gum arabic 0.3% w/v, sodium alginate 0.2% w/v และ

xanthan gum 0.1% w/v สำหรับนำมาเป็นองค์ประกอบหลักในการสร้างสูตรตำรับสารเคลือบอินทรีย์ จากนั้นนำมาเตรียมร่วมกับสารเติมแต่งดังแสดงใน Table 1

หลังการเตรียมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ในแต่ละสูตรตำรับเสร็จแล้วนำสารเคลือบเมล็ดในแต่ละตำรับไป

เก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 2 สภาพ คือ สภาพควบคุมอุณหภูมิ (4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50±2%) และสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ (27±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5%) เป็นเวลา 12 เดือน

Table 1 The component of the organic seed coating formula

Organic seed coating components	Organic seed coating formula		
	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Gum arabic (w/v)	0.3%	-	-
Sodium alginate (w/v)	-	0.2%	-
Xanthan gum (w/v)	-	-	0.1%
Additive type 1 (g)	1	1	1
Additive type 2 (g)	0.1	0.1	0.1
Additive type 3 (g)	0.2	0.2	0.2
Distilled water	98.4	98.5	98.6

การเคลือบเมล็ดพันธุ์

การทดลองนี้ใช้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและเมล็ดพันธุ์คะน้าอินทรีย์ จากศูนย์ปรับปรุงพันธุ์และผลิตเมล็ดพันธุ์ผักอินทรีย์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จากนั้นนำมาทำความสะอาดโดยการแช่ใน 1.0% sodium hypochlorite (NaClO) เป็นเวลา 1 นาที แล้วล้างด้วยน้ำนิ่งซ้ำเชื้อ 5 ครั้ง ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและคะน้าให้เหลือ 9±1% และ 8±1% ตามลำดับด้วยเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ระบบลมแห้ง รุ่น KCU40-2 ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดทั้ง 2 ชนิดมาเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสูตรสารเคลือบเมล็ดทั้ง 3 สูตรตำรับ ดังแสดงใน Table 1 ด้วยเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบจานหมุนรุ่น KSC-40 จากนั้นนำไปลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ดังเช่นวิธีการที่ได้รายงานไว้หลังการทำสะอาดเมล็ด

การบันทึกผลการทดลอง

สุ่มสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ในแต่ละตำรับทุก ๆ 3 เดือน มาทดสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของสารเคลือบ คือ

1) การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์

1.1) ความเป็นกรด-ด่าง ของสารเคลือบ

นำสารเคลือบที่ได้จากการเตรียมรูปแบบของเหลว ตามในสูตรต่าง ๆ มาวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter รุ่น PH-80 เทสารเคลือบลงในบีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร แล้วนำแท่งแก้วจุ่มลงในสารเคลือบแล้วอ่านค่าที่ได้ บันทึกผลการทดลองโดยแต่ละสูตรทำซ้ำ 4 ครั้ง

1.2) ความหนืดของสารเคลือบ

การหาค่าความหนืดของสารเคลือบโดยใช้ Standard Ford Viscosity Cups No. 04 โดยเทสาร

เคลือบปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ไว้ใน Ford cups พร้อมกับใช้น้ำปิดกั้นภาชนะเพื่อป้องกันสารเคลือบไหลออกจากนั้นปล่อยให้ปิดกั้นภาชนะพร้อมจับเวลาตั้งแต่สารเคลือบเริ่มไหลลง และหยุดเวลาตอนที่สารเคลือบไหลจนหมด ทำการวัดความหนืดของสารเคลือบที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส แล้วบันทึกข้อมูล แต่ละสูตรทำซ้ำ 4 ครั้ง จากนั้นนำค่าที่บันทึกได้ไปคำนวณเพื่อหาค่าความหนืดของสารเคลือบ (Korkasetwit, 2008)

1.3) การวัดค่าละลายของฟิล์ม

เตรียมแผ่นฟิล์มจากสารเคลือบสูตรต่าง ๆ โดยเทสารเคลือบลงบน Petri dish 30 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เมื่อแผ่นฟิล์มแห้งแล้วทำการลอกแผ่นฟิล์มออก

จาก Petri dish แล้วนำแผ่นฟิล์มมาทดสอบการละลาย โดยนำตะแกรงที่มีขนาด 3 x 5 เซนติเมตร ขนาดรูตะแกรง 2 x 1.5 มิลลิเมตร พับขอบทั้งสี่ด้านให้มีความสูงประมาณ 1 เซนติเมตร ตัดแผ่นฟิล์มที่ทำจากสารเคลือบตัวรับต่าง ๆ ขนาด 4 ตารางเซนติเมตร วางบนตะแกรงและชั่งน้ำหนัก นำตะแกรงที่มีแผ่นฟิล์มจุ่มในน้ำที่บรรจุในปิเกตอร์ ใช้เวลาในการจุ่มแผ่นฟิล์มลงในน้ำ 5 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำตะแกรงที่มีแผ่นฟิล์มไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เมื่อฟิล์มแห้งแล้วนำมาชั่งน้ำหนักตะแกรงพร้อมแผ่นฟิล์มที่เหลือบนตะแกรง ทดสอบสูตรละ 3 ครั้ง แล้วคำนวณหาค่าการละลายน้ำของฟิล์ม (Korkasetwit, 2008)

$$\text{ค่าการละลายของฟิล์ม (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักฟิล์มเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักฟิล์มที่เหลืออยู่}}{\text{น้ำหนักฟิล์มเริ่มต้น}} \times 100$$

2) การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

นำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและคะน้ามาเพาะทดสอบความงอกโดยวิธี Top of Paper (TP) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด โดยวางไว้ในตู้เพาะความงอก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ใช้ความเข้มแสง 180 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ให้แสงตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้ง 2 ชนิด ดังนี้ (ISTA, 2019)

$$\text{การงอกแรก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกแรก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

2.2) การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความงอก ประเมินความงอกของเมล็ดพันธุ์เมล็ดมะเขือเทศ โดยนับครั้งแรก (first count) หลังจากเพาะวันที่ 5 และนับครั้งสุดท้าย (final count) หลังเพาะวันที่ 14

2.1) การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอกแรก ประเมินการงอกแรกเมื่อเมล็ดมีการงอกของรากที่มีความยาว 2 มิลลิเมตร (ISTA, 2019) โดยเมล็ดมะเขือเทศจะประเมินวันที่ 4 หลังเพาะ และเมล็ดคะน้าจะประเมินวันที่ 4 หลังเพาะ ในแต่ละวิธีการทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกแรกดังนี้

ส่วนเมล็ดคะน้าเริ่มนับครั้งแรก (first count) หลังเพาะวันที่ 5 และนับครั้งสุดท้าย (final count) หลังเพาะวันที่ 10 (ISTA, 2019)

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

3) การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพเมล็ดพันธุ์ตามลักษณะต่าง ๆ ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยแปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกโดยใช้วิธี Arcsine Transformation เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์

จากผลการพิจารณาสูตรสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษา โดยสุ่มมาทดสอบลักษณะทางกายภาพของสารเคลือบพบว่า สารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ตำรับ gum arabic 0.3% w/v, sodium alginate 0.2% w/v และ xanthan gum 0.1% w/v เก็บรักษาที่อุณหภูมิควบคุมและอุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.32 ถึง 8.70 โดยช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษาสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ทุกตำรับมีความเป็นด่างค่อนข้างสูง หลังจากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอยู่ที่ระยะต่างอ่อน (Table 2)

เมื่อพิจารณาความหนืดของสารเคลือบพบว่า สารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ทั้ง 3 สูตรตำรับ เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมอุณหภูมิ พบว่ามีความหนืดแตกต่างกันในทางสถิติ ซึ่งหลังการเก็บรักษา

สารเคลือบเมล็ดทั้ง 2 ชนิด ใน 2 สภาพการเก็บรักษา พบว่ามีผลไปในทิศทางเดียวกัน โดยสารเคลือบ sodium alginate 0.2% w/v มีความหนืดค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารเคลือบชนิดอื่น ๆ โดย gum arabic 0.3% w/v ถึงแม้จะถูกเตรียมในความเข้มข้นสูงกว่าชนิดอื่น ๆ แต่กลับมีความหนืดน้อยกว่าสารเคลือบทุกชนิด และหากพิจารณาเพิ่มเติมพบว่า สารเคลือบ sodium alginate 0.2% w/v และ xanthan gum 0.1% w/v จะมีความหนืดลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน ในทางตรงกันข้ามพบว่า gum arabic 0.3% w/v จะมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้น แต่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (Table 3)

จากนั้นพิจารณาการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มสารเคลือบแต่ละตำรับพบว่า แผ่นฟิล์มจากสารเคลือบ gum arabic 0.3% w/v ที่ผ่านการเก็บทั้ง 2 สภาพ นาน 12 เดือน สามารถละลายน้ำได้ 100% ส่วนแผ่นฟิล์มของสารเคลือบ sodium alginate 0.2% w/v และ xanthan gum 0.1% w/v พบว่าในการเก็บรักษาทั้ง 2 สภาพ ยังแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่สามารถละลายน้ำได้ดีซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 79.21-86.78 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากผ่านการเก็บรักษา 3 เดือน แสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มมีประสิทธิภาพการละลายน้ำลดลงเมื่อทดสอบใน 5 นาทีของการละลายน้ำ โดยเฉพาะแผ่นฟิล์มที่ได้จาก sodium alginate 0.2% w/v ที่เผยให้เห็นว่าสามารถละลายน้ำได้น้อยกว่าแผ่นฟิล์มที่ได้จากการเตรียมด้วยพอลิเมอร์ชนิดอื่นอย่างชัดเจน (Table 4)

Table 2 The pH of the coating formula after being stored under different conditions for 12 months

Treatment	Storage period (months)				
	0	3	6	9	12
Controlled condition					
Gum arabic 0.3% w/v	8.53 a ¹	8.63 a	7.8 a	7.53 b	7.40 ab
Sodium alginate 0.2% w/v	8.67 b	8.63 a	7.7 b	7.60 a	7.60 a
Xanthan gum 0.1% w/v	8.40 c	8.43 b	7.6 c	7.32 c	7.33 b
F-test	**	*	**	**	*
CV (%)	0.55	0.95	0.25	0.39	1.41
Ambient condition					
Gum arabic 0.3% w/v	8.53 a	8.63 a	7.80 b	7.73 b	7.63
Sodium alginate 0.2% w/v	8.67 b	8.70 a	7.90 a	7.83 a	7.57
Xanthan gum 0.1% w/v	8.40 c	8.47 b	7.60 c	7.60 c	7.53
F-test	**	**	**	**	ns
CV (%)	0.55	0.54	0.59	0.61	1.07

ns, *, **non significantly, significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively

¹Means within a column followed by the same letter are not significantly at $P \leq 0.05$ by DMRT.

Table 3 The viscosity (cSt) of coating formulations after being stored under different conditions for 12 months

Treatment	Storage period (months)				
	0	3	6	9	12
Controlled condition					
Gum arabic 0.3% w/v	5.10 c ¹	5.55 c	6.26 c	6.54 c	6.30 c
Sodium alginate 0.2% w/v	45.64 a	42.73 a	43.37 a	36.31 a	33.08 a
Xanthan gum 0.1% w/v	19.08 b	15.09 b	13.43 b	11.38 b	10.52 b
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	6.40	6.98	9.37	5.77	2.80

Table 3 (Continued)

Treatment	Storage period (months)				
	0	3	6	9	12
Ambient condition					
Gum arabic 0.3% w/v	5.10 c	6.45 c	5.81 c	6.36 c	6.76 c
Sodium alginate 0.2% w/v	45.64 a	36.31 a	33.08 a	32.70 a	30.58 a
Xanthan gum 0.1% w/v	19.08 b	11.38 b	13.97 b	11.53 b	11.85 b
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	6.40	3.65	6.91	7.16	5.2

**significantly different at $P \leq 0.01$

¹Means within a column followed by the same letter are not significantly at $P \leq 0.05$ by DMRT.

Table 4 The solubility percentage of coating formulations after storage under different conditions for 12 months

Treatment	Storage period (months)				
	0	3	6	9	12
Controlled condition					
Gum arabic 0.3% w/v	100 a ¹	100 a	100 a	100 a	100 a
Sodium alginate 0.2% w/v	80.54 b	80.54 c	14.01 c	11.02 c	6.19 c
Xanthan gum 0.1% w/v	84.78 b	86.78 b	35.14 b	31.52 b	16.08 b
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	2.58	2.23	3.56	4.42	0.53
Ambient condition					
Gum arabic 0.3% w/v	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
Sodium alginate 0.2% w/v	80.54 b	79.21 b	11.35 c	9.52 c	9.10 c
Xanthan gum 0.1% w/v	84.78 b	84.11 b	30.52 b	21.34 b	15.74 b
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	2.58	3.16	2.29	1.93	1.23

**significantly different at $P \leq 0.01$

¹Means within a column followed by the same letter are not significantly at $P \leq 0.05$ by DMRT.

คุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและคะน้า

เมื่อพิจารณาสารเคลือบที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิแล้วนำมาทดสอบเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ แสดงให้เห็นว่าสารเคลือบ sodium alginate 0.2% w/v มีเปอร์เซ็นต์การงอกรากแรกมะเขือเทศใกล้เคียงและไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเมล็ด ส่วนการทดสอบสารเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์คะน้าพบว่า สารเคลือบทุกตำรับที่ถูกเก็บในสภาพควบคุมอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการเก็บนาน 12 เดือน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกรากแรกของเมล็ดมีความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ จากนั้นตรวจสอบคุณภาพสารเคลือบเมล็ดหลังเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุม

อุณหภูมิพบว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเมล็ดยังคงมีเปอร์เซ็นต์การงอกรากแรกสูงกว่าการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบ gum arabic 0.3% w/v และ xanthan gum 0.1% w/v แต่การเคลือบเมล็ดด้วย sodium alginate 0.2% w/v มีเปอร์เซ็นต์การงอกรากแรกใกล้เคียงและไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเมล็ด ส่วนสารเคลือบเมล็ดที่ถูกเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิแล้วนำมาทดสอบร่วมกับเมล็ดคะน้าพบว่า สารเคลือบ sodium alginate 0.2% w/v และ xanthan gum 0.1% w/v ที่ถูกเก็บรักษาตลอดทั้ง 12 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกรากแรกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบอย่างชัดเจน (Table 5)

Table 5 The radicle emergence percentage of tomato and collard green seeds after coatings were stored under different conditions for 12 months and tested under laboratory conditions.

Treatment	Tomato seeds					Collard green seeds				
	Storage period (months)									
	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12
Controlled condition										
T1	99	99 a	95 a	80 a	89 a	84	83	82	82	88
T2	96	91 b	88 ab	80 a	83 ab	81	87	86	86	87
T3	98	96 ab	94 a	82 a	86 a	83	86	85	85	84
T4	95	81 c	83 b	78 b	70 b	89	85	89	89	86
F-test	ns	**	**	*	**	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.39	5.02	10.91	5.68	6.54	8.95	5.22	5.82	5.82	7.45

Table 5 (Continued)

Treatment	Tomato seeds					Collard green seeds				
	Storage period (months)									
	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12
Ambient condition										
T1	99	99 a	99 a	83 a	81 a	84	80 b	82 b	82 b	84 b
T2	96	88 b	85 b	65 b	74 b	81	82 ab	90 ab	90 ab	91 ab
T3	98	97 a	98 a	84 a	82 a	83	84 a	93 a	94 a	94 a
T4	95	86 b	86 b	77 b	78 b	89	85 a	95 a	95 a	88 ab
F-test	ns	**	**	**	**	ns	*	*	*	*
C.V. (%)	5.39	6.87	6.21	9.67	5.59	8.95	11.76	8.86	8.86	7.44

ns, *, **non significantly, significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively

¹T1 = uncoated seeds, T2 = gum arabic 0.3% w/v, T3 = sodium alginate 0.2% w/v, T4 = xanthan gum 0.1% w/v

²Data are transformed by the arcsine before statistical analysis.

³Means within a column followed by the same letter are not significantly at $P \leq 0.05$ by DMRT.

เมื่อพิจารณาสูตรสารเคลือบเมล็ดที่ถูกเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิแล้ว นำมาทดสอบเคลือบร่วมกับเมล็ด เพื่อตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศพบว่า ในระยะการเก็บรักษานาน 6 เดือน เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ถูกเคลือบด้วยสารเคลือบทั้ง 3 ตำรับ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 6 เดือนเป็นต้นไป พบว่าสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ gum arabic 0.3% w/v และ sodium alginate 0.2% w/v มีเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารเคลือบ xanthan gum 0.1% w/v ที่ถูกเก็บรักษานาน 6 เดือนขึ้นไปจะทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดลดลง ส่วนการทดสอบเคลือบร่วมกับเมล็ดค่น้ำเผยให้เห็นว่าสารเคลือบที่ผ่านการเก็บรักษานาน 9 เดือน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดลดลง และไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ แต่หลังจากการเก็บรักษานาน 9 เดือนเป็นต้นไป

พบว่าเมื่อนำเมล็ดมาทดสอบจะทำให้ความงอกของเมล็ดเริ่มลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ (Table 6)

ส่วนการทดสอบสารเคลือบเมล็ดหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิพบว่าในระยะ 6 เดือน สารเคลือบเมล็ดทั้ง 3 ตำรับ ยังคงไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลดลง และเมื่อทดสอบหลังการเก็บรักษานาน 9 และ 12 เดือน พบว่าสารเคลือบ sodium alginate 0.2% w/v ยังคงทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าการใช้สารเคลือบเมล็ดในตำรับอื่น ๆ ส่วนการทดสอบสารเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ค่น้ำยังคงเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิ และเมื่อทดสอบสารเคลือบในเดือนที่ 12 หลังการเก็บรักษายังแสดงให้เห็นว่า เมล็ดไม่เคลือบ สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ gum arabic 0.3% w/v และ sodium alginate 0.2% w/v ยังคงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงมากกว่าและแตกต่างในทางสถิติกับการใช้ xanthan gum 0.1% w/v (Table 6)

Table 6 The germination percentage of tomato and collard greens after coatings were stored under different conditions for 12 months and tested under laboratory conditions.

Treatment	Tomato seeds					Collard green seeds				
	Storage period (months)									
	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12
Controlled condition										
T1	98	98	99	100 a	98 a	88	87	88	87	87 a
T2	99	99	99	98 ab	96 ab	92	90	90	89	85 b
T3	98	99	98	97 ab	98 a	91	90	89	90	85 b
T4	98	96	97	95 b	93 b	91	89	90	91	85 b
F-test	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	7.56	7.72	6.47	7.15	6.31	6.08	5.88	5.02	5.41	6.17
Ambient condition										
T1	98	98	98	99 a	96 b	88	87	89	89	89 a
T2	99	100	97	99 a	97 ab	92	84	88	90	87 a
T3	94	98	98	100 a	98 a	86	87	87	91	87 a
T4	98	99	99	96 b	96 b	91	86	89	93	84 b
F-test	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	**
CV (%)	7.56	5.81	8.04	5.34	3.87	6.80	6.43	4.47	5.53	5.93

ns, *, **non significantly, significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively

¹T1 = uncoated seeds, T2 = gum arabic 0.3% w/v, T3 = sodium alginate 0.2% w/v, T4 = xanthan gum 0.1% w/v

²Data are transformed by the arcsine before statistical analysis.

³Means within a column followed by the same letter are not significantly at $P \leq 0.05$ by DMRT.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองนี้เป็นการสร้างสูตรสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์โดยใช้ไบโอโพลีเมอร์ที่ได้รับการรับรองจากสมาพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (International Federation of Organic Agriculture Movements: IFOAM) ให้สามารถใช้ได้ในระบบการปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ หลังการเตรียมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ทั้ง 3 ตำรับ จากนั้นนำไปเก็บรักษาใน

สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันนาน 12 เดือน คือ สภาพควบคุมอุณหภูมิ (4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $50 \pm 2\%$) และสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ (27 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $70 \pm 5\%$) แล้วสุ่มทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของสารเคลือบ และติดตามการเปลี่ยนแปลงของผลกระทบของสารเคลือบหลังการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ 2 ชนิด คือ มะเขือเทศและคะน้า ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารเคลือบอินทรีย์มีคุณสมบัติเป็นต่างในช่วง 3

เดือนของการเก็บรักษาจากนั้นความเป็นต่างจะลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทั้งนี้ pH ของสารเคลือบจะมีความสำคัญต่อการดูดซับความชื้นและการดูดซึมสารอาหารที่จำเป็นในระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ด (Siri, 2015) นอกจากนี้หากมี pH ที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการงอกของเมล็ดอาจทำงานไม่เต็มที่ ทำให้กระบวนการงอกเกิดช้าหรือไม่สมบูรณ์ได้ (Cherrate *et al.*, 2023) ซึ่งโดยทั่วไป pH ที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดจะเป็นกลางถึงด่างอ่อน

ส่วนการตรวจสอบความหนืดของสารเคลือบสิ่งซึ่งจะมีผลต่อกระบวนการเคลือบเมล็ดพันธุ์ในขั้นตอนการใช้เครื่องเคลือบเมล็ด หากสารเคลือบเมล็ดมีความหนืดสูงจะทำให้เมล็ดถูกเคลือบกระจายไม่สม่ำเสมอ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหลังการเตรียม sodium alginate 0.2% w/v พบว่ามีความหนืดของสารเคลือบสูงมากกว่าตำรับของ gum arabic 0.3% w/v และ xanthan gum 0.1% w/v ทั้งนี้ Korkasetwit (2008) ได้รายงานว่ สารเคลือบที่ถูกเตรียมจาก Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC) มีความหนืดอยู่ระหว่าง 163–281 cSt และไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารเคลือบที่ถูกเตรียมจาก gum arabic 0.3% w/v, sodium alginate 0.2% w/v และ xanthan gum 0.1% w/v ไม่ได้มีความหนืดที่สูง และจากการทดลองเคลือบเมล็ดพบว่าความหนืดที่มีค่าอยู่ระหว่าง 5.10–45.64 cSt สามารถเคลือบเมล็ดได้ง่ายและสารเคลือบกระจายทั่วเมล็ดอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ Korkasetwit (2008) ยังรายงานว่าตลอดการเก็บรักษาสารเคลือบที่ถูกเตรียมจาก HPMC เป็นเวลา 6 เดือน ความหนืดของสารเคลือบจะลดลง ซึ่งมีผลสอดคล้องกับผลการเก็บรักษาของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์

ส่วนผลการทดสอบการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มที่ได้จากการเตรียมสารเคลือบอินทรีย์จากทั้ง 3 ตำรับแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มของตำรับ gum arabic 0.3% w/v สามารถละลายน้ำได้ 100% ตลอดอายุการเก็บ

รักษา ทั้งนี้ gum arabic มีความหนืดต่ำจึงช่วยให้ละลายน้ำได้ดี โดยในโครงสร้างของ gum arabic มีกลุ่มฟังก์ชันที่เป็นขั้ว เช่น กลุ่มไฮดรอกซิล (-OH) และกลุ่มคาร์บอกซิล (-COOH) ซึ่งกลุ่มฟังก์ชันเหล่านี้สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำจึงทำให้ gum arabic สามารถละลายในน้ำได้ดี (Patel and Goyal, 2015) ส่วน sodium alginate 0.2% w/v และ xanthan gum 0.1% w/v แสดงให้เห็นว่าเมื่อเก็บรักษาสารเคลือบเมล็ดทั้ง 2 สภาพในระยะ 3 เดือน จะมีเปอร์เซ็นต์การละลายน้ำของแผ่นฟิล์มได้ใกล้เคียงกันเฉลี่ย 79.21–86.78% และหลังจากการเก็บรักษานานมากกว่า 3 เดือนเป็นต้นไป จะมีเปอร์เซ็นต์การละลายของแผ่นฟิล์มลดลง ทั้งนี้ sodium alginate มีกลุ่มฟังก์ชันหลักในโครงสร้าง คือกลุ่มไฮดรอกซิล (-OH) และกลุ่มคาร์บอกซิล (-COOH) ซึ่งสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิกกับโลหะ เช่น แคลเซียม เป็นต้น จึงทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มที่มีความคงตัวสูง แต่ยังสามารถละลายน้ำได้ แต่เมื่อเก็บรักษาตำรับสารเคลือบของ sodium alginate ไว้ระยะเวลา นานอาจมีค่าการละลายลดลง เนื่องจากสารเคลือบได้รับอิทธิพลจากสารเติมแต่งที่มีส่วนประกอบของแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) จึงทำให้เกิดอนุภาคนิวเคลียสจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน การตกตะกอนของอนุภาคขนาดเล็ก การเปลี่ยนแปลงของ pH และการดูดความชื้นจากอากาศ ซึ่งทั้งหมดนี้ทำให้โครงสร้างและการละลายของ sodium alginate เปลี่ยนแปลงไป (Frent *et al.*, 2022)

ส่วน xanthan gum ประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่เป็นโซ่ของกลูโคส (glucose) ที่เรียกว่าแบ็คโบน (backbone) ซึ่งประกอบด้วยหน่วย D-glucose ที่เชื่อมต่อกันแบบ β -1,4 ด้วยโครงสร้างนี้ที่มีการแยกแขนงมากจึงทำให้สามารถดักจับและกักเก็บน้ำได้มาก ดังนั้นฟิล์มที่เกิดจาก xanthan gum จึงสามารถละลายน้ำได้ดีในช่วงแรกของการเตรียมและการเก็บรักษาในระยะ 3 เดือน แต่เมื่อเก็บรักษานานเกิน 3 เดือน ค่าการละลายแผ่นฟิล์มของ xanthan gum จะลดลง อาจเนื่องมาจากการเกิดอนุภาคนิวเคลียสจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน การ

เปลี่ยนแปลงของ pH การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในสารเคลือบ และการดูดซับความชื้น ซึ่งทั้งหมดนี้อาจเป็นสาเหตุทำให้โครงสร้างและการละลายแผ่นฟิล์มของ xanthan gum เปลี่ยนแปลงไป (Petri, 2015)

ส่วนการเปลี่ยนของคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและเมล็ดพันธุ์คะน้าหลังสุมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ในแต่ละเดือนหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันแล้วนำมาเคลือบร่วมกับเมล็ด ผลการทดลองพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมอุณหภูมิ 12 เดือน ตำรับสารเคลือบ sodium alginate 0.2% w/v ไม่ส่งผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การงอกแรก และเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ ทั้งนี้หากพิจารณาตามคุณสมบัติทางกายภาพของสารเคลือบตำรับ sodium alginate พบว่าส่วนใหญ่สารเคลือบจะมีความเป็นต่างแก็และจะเป็นต่างอ่อนเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งในกระบวนการเคลือบเมล็ดจะใช้สารเคลือบเพียงเล็กน้อยจึงไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์

นอกจากนี้ตำรับสารเคลือบ sodium alginate 0.2% w/v ยังสามารถละลายน้ำได้ดีทำให้เมล็ดได้รับปัจจัยที่เหมาะสมต่อกระบวนการงอก ทั้งความชื้น ออกซิเจน และอื่น ๆ ได้ครบถ้วน (Siri, 2015) นอกจากนี้ sodium alginate เมื่ออยู่ในสถานะเป็นแผ่นฟิล์มและได้รับปัจจัยจากสารเติมแต่งที่มีองค์ประกอบของแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) จึงช่วยเชื่อมต่อโมเลกุลของกรดกูรูโรนิกในหลายโมเลกุลเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดโครงสร้างฟิล์มแข็งแรงและมีความคงตัวสูง ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงช่วยชะลอการดูดซับความชื้นให้เข้าไปยังเมล็ดอย่างช้า ๆ ซึ่งเป็นส่วนช่วยให้เมล็ดเกิดกระบวนการทางชีวเคมีสมบูรณ์ขึ้น จึงทำให้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีคุณภาพด้านเปอร์เซ็นต์การงอกแรกและเปอร์เซ็นต์ความงอกเป็นไปตามปกติ (Reed *et al.*, 2022)

ส่วนการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์คะน้าพบว่าการเก็บรักษาสารเคลือบในสภาพควบคุมอุณหภูมิตลอดการเก็บรักษานาน 12 เดือนไม่มีผลกระทบต่อ

เปอร์เซ็นต์การงอกแรกและเปอร์เซ็นต์ความงอก แต่จะพบการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของเปอร์เซ็นต์ความงอกเมื่อผ่านการเก็บรักษาสารเคลือบที่ 12 เดือน แต่เมื่อพิจารณาการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ เผยให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ยังคงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างกัน แต่จะเห็นได้ชัดด้านคุณภาพของเปอร์เซ็นต์การงอกแรก ซึ่งตลอดการเก็บรักษาสารเคลือบทั้ง 3 ตำรับนาน 12 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกแรกเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ ทั้งนี้เมล็ดพันธุ์คะน้ามีโครงสร้างเปลือกหุ้มเมล็ดค่อนข้างบางกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกหุ้มเมล็ดของมะเขือเทศ จึงทำให้เมล็ดคะน้าเมื่อถูกห่อหุ้มด้วยสารเคลือบในแต่ละตำรับจะเป็นตัวช่วยควบคุมกลไกการดูดซับความชื้นให้เข้าไปยังเมล็ดได้ช้าขึ้น ซึ่งน้ำหรือความชื้นที่ถูกดูดซึมเข้าไปอย่างช้า ๆ จะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น อะไมเลส (amylase) ทำงานได้สมบูรณ์ขึ้นโดยเฉพาะช่วยกระตุ้นการย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาลเพื่อใช้เป็นพลังงานสำหรับการงอกแรกได้เร็วมากขึ้นกว่าเดิม (Bewley *et al.*, 2013)

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของตำรับสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ต่อลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและคะน้าสามารถสรุปได้ดังนี้

1. pH ของสารเคลือบทั้ง 3 ตำรับหลังผ่านไป แล้ว 3 เดือน ความเป็นต่างจะเริ่มลดลง
2. สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ทั้ง 3 ตำรับหลังการเก็บรักษาทั้ง 2 สภาพ มีความหนืดอยู่ในช่วงที่เหมาะสมและเคลือบเมล็ดพันธุ์ได้สม่ำเสมอ
3. แผ่นฟิล์มของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ตำรับ gum arabic 0.3% w/v สามารถละลายน้ำได้ 100% ตลอดอายุการเก็บรักษาทั้ง 2 สภาพ สำหรับแผ่นฟิล์มของสารเคลือบตำรับ sodium alginate 0.2% w/v และ

xanthan gum 0.1% w/v สามารถละลายน้ำได้ดีในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษาทั้ง 2 สภาพ

4. ตำรับสารเคลือบ sodium alginate 0.2% w/v หลังเก็บรักษานาน 12 เดือน ทั้ง 2 สภาพ มีเปอร์เซ็นต์การงอกรากแรกและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและเมล็ดพันธุ์คะน้าที่ดีที่สุด

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าสารเคลือบ sodium alginate 0.2% w/v เก็บรักษานาน 12 เดือน เป็นตำรับสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ที่แนะนำสำหรับนำไปใช้เป็นสารเคลือบ เพื่อยกระดับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและเมล็ดพันธุ์คะน้าได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัย เพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ประจำปีงบประมาณ 2565 (รหัสโครงการ N41A650733) และขอขอบคุณสาขาวิชาพืชไร่ และศูนย์วิจัยเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์สมัยใหม่ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Agricultural Research Development Agency.

2020. **Standards for Organic Crop Production in Thailand.** Bangkok:

Agricultural Cooperative Community of Thailand Ltd. Thailand. 40 p. [in Thai]

Bewley, J.D. K.J. Bradford, H.W.M. Hilhorst

and H. Nonogaki. 2013. **Seeds:**

Physiology of Development, Germination and Dormancy.

3rd edition. New York: Springer. 392 p.

Cherrate, M, N. Radouane, S. Ezrari,

G. Echchgadda, A. Maissour, K. Makroum,

G. Plavan, O.H. Abd-Elkader and

M. Bouriouq. 2023. Effects of

temperature pH and salinity on seed germination of *Acinos alpinus* subsp.

Meridionalis and FTIR analysis of molecular composition changes.

Sustainability 15(6): 4793.

Deaker, R., R.J. Roughley and I.R. Kennedy.

2004. Legume seed inoculation

technology—a review. **Soil Biology and**

Biochemistry 36(8): 1275–1288.

Frent, O.D., L.G. Vicas, N. Duteanu,

C.M. Morgovan, T. Jurca, A. Pallag,

M.E. Muresan, S.M. Filip, R.L. Lucaciu,

and E. Marian. 2022. Sodium alginate–natural microencapsulation material of polymeric microparticles. **International**

Journal of Molecular Sciences 23(20): 12108.

ISTA. 2019. **International Rules for Seed Testing: Weight Determination.**

Bassersdorf: Int. Seed Testing Assoc.

298 p.

Kangsopa, J. 2019. Seed coating. **Maejo**

Journal of Agricultural Production 1(2): 63–76. [in Thai]

Korkasetwit, S. 2008. **Effect of Coating**

Substance on Quality and Longevity of Sweet Corn Seed. Master Thesis.

in Agronomy. Khon kaen University.

81 p. [in Thai]

Patel, S. and Goyal, A. 2015. Applications of natural polymer gum arabic: a review.

International Journal of Food Properties 18(5): 986–998.

Petri, D.F. 2015. Xanthan gum: a versatile biopolymer for biomedical and technological applications. **Journal of Applied Polymer Science** 132(23): 1-13

<https://doi.org/10.1002/app.42035>

Reed, R.C., K.J. Bradford and I. Khanday. 2022.

Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate.

Heredity 128(6): 450–459.

Siri, B. 2015. **Seed Conditioning and Seed**

Enhancements. Khon Kaen:

Klungnanawitthaya Printing. 239 p.

[in Thai]

การประเมินฟักทองพันธุ์ท้องถิ่นล้านนา 18 พันธุ์ Evaluation of Eighteen Thong Lanna Pumpkin Varieties

จานุลักษณ์ ขนบดี^{1*} ภัทรภรณ์ ศรีสมรรถการ² และพรพนา จินาวงค์²

Chanulak Khanobdee^{1*} Pattharaporn Srisamattakarn² and Pornpana Jinawong²

¹สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 50220

²สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

¹Research and Development Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, Thailand 50220

²Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Thailand 52000

*Corresponding author: januluk@yahoo.com

Received: July 23, 2024

Revised: February 26, 2025

Accepted: March 12, 2025

Abstract

Eighteen varieties of Thong Lanna pumpkin have been registered as new plant varieties under the Plant Variety Protection Act of 1999 through a collaboration between Rajamangala University of Technology Lanna and the National Science and Technology Development Agency. This study aimed to evaluate the performance of these 18 Thong Lanna varieties alongside 4 standard varieties. The experiment was designed as a randomized complete block (RCB) with three replicates over three seasons (November 2019 to March 2021) at an experimental plot in Lampang Province. A combined analysis in RCB across the three seasons revealed no statistically significant differences in harvest period, total solid content, soluble solid content of raw and cooked flesh, or firmness of raw and cooked samples. The Thong Lanna varieties exhibited a harvest period that averaged 7.9 and 3.9 days longer than the standard varieties. Total solids content in Thong Lanna varieties averaged 17.7 and 18.4%, which was lower than the standard varieties, though Thong Lanna varieties 11, 17, 18, as well as standard varieties 1 and 2, contained solid above 19.0%. The soluble solids content of raw and cooked flesh was also slightly lower in Thong Lanna varieties (averaging 9.9 and 10.9%, respectively) compared to standard varieties (10.2 and 11.1%). Notably, Thong Lanna varieties 10 and 17 achieved soluble solids content exceeding 11.0%. During the rainy season (June to November 2020), yields increased, with higher number of fruits per plant and greater fruit weight observed. By applying independent culling selection, Thong Lanna varieties 17, 10, 18, 1, 6, 8 and 14 were identified as having superior economic traits compared to standard variety B.

Keywords: pumpkin, *Cucurbita moschata* Duch. ex Poir, registered plant varieties, yield, quality

บทคัดย่อ

พันธุ์ฟักทองทองล้านนา 18 พันธุ์ เป็นพันธุ์ที่ได้รับการจดทะเบียนพันธุ์พืชใหม่ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2542 โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ร่วมกับสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพันธุ์ทองล้านนา 18 พันธุ์ ร่วมกับพันธุ์มาตรฐาน 4 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ 3 ฤดูปลูก ในแปลงทดลองเดิม และวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis in RCB) ของ 3 ฤดูปลูก ระหว่างพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2564 ณ จังหวัดลำปาง พบว่าช่วงเวลาเก็บเกี่ยว ปริมาณของแข็ง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและสุก ความแน่นของเนื้อดิบและสุกมีความเป็นเอกพันธ์ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม พบว่าพันธุ์ทองล้านนามีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาเก็บเกี่ยวมากกว่าพันธุ์มาตรฐาน เท่ากับ 7.9 และ 3.9 วัน และปริมาณของแข็ง พบว่า พันธุ์ทองล้านนามีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าพันธุ์มาตรฐาน เท่ากับ ร้อยละ 17.7 และ 18.4 และพันธุ์ทองล้านนา 11, 17, 18 พันธุ์มาตรฐาน 1 และ 2 มีปริมาณของแข็งมากกว่า ร้อยละ 19.0 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและสุก พบว่าพันธุ์ทองล้านนามีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าพันธุ์มาตรฐาน เท่ากับ ร้อยละ 9.9 และ 10.9 กับ 10.2 และ 11.1 พันธุ์ทองล้านนา 10 และ 17 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและสุกมากกว่าร้อยละ 11.0 การปลูกในฤดูฝนระหว่างมิถุนายน ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 พบว่าผลผลิตจำนวนผลต่อต้น และน้ำหนักผลมากกว่าฤดูอื่น ๆ การคัดเลือกอย่างอิสระ (independent culling selection) พบว่าพันธุ์ทองล้านนา 17, 10, 18, 1, 6, 8 และ 14 มีลักษณะเศรษฐกิจที่ดีกว่าพันธุ์มาตรฐาน 2

คำสำคัญ: ฟักทอง พันธุ์จดทะเบียน ผลผลิต คุณภาพ

คำนำ

ฟักทองเป็นพืชผสมข้ามตามธรรมชาติและพบการเสื่อมถอยทางพันธุกรรมน้อย ลักษณะความดีเด่นเหนือพ่อแม่ระหว่าง ร้อยละ 40–44 (Wehner, 1999) การปรับปรุงพันธุ์ฟักทองนิยมการคัดเลือกพันธุ์โดยสกัดสายพันธุ์แท้ (inbred line selection) หรือการคัดเลือกแบบบังจระ (recurrent selection) การคัดเลือกต้นที่มีลักษณะที่ต้องการและผสมตัวเองรุ่นต่อรุ่นจนได้สายพันธุ์แท้ จากนั้นนำไปสร้างเป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (single cross) พันธุ์การค้าไม่นิยมผลิตเป็นพันธุ์ลูกผสมสามทางหรือลูกผสมคู่ ส่วนการปรับปรุงพันธุ์แบบบันทึกประวัติ (pedigree method) และคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) สามารถเพิ่มความสม่ำเสมอให้ประชากรของพันธุ์ผสมปล่อย และสามารถใช้วิธีผสมกลับ (back cross) กับพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่มีลักษณะดี โดยทั่วไปแล้วลักษณะที่เป็นวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ฟักทอง ได้แก่ ปริมาณผลผลิตสูง การแสดงดอกเพศเมียสูง (gynoecious type) การทดสอบพันธุ์ในระยะแรก ๆ มักจะใช้วิธีคัดด้วยสายตาในลักษณะที่มองเห็นได้ เช่น ลักษณะผลและสีผลสม่ำเสมอ ด้านทานต่อโรคและแมลงคุณภาพการบริโภคสูง รสชาติเนื้อเหนียวและหวาน ปริมาณของแข็งสูงและเนื้อสีเข้ม ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูง และเพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมซึ่งได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ของโลก เนื่องจากให้ผลผลิตและคุณภาพการบริโภคสม่ำเสมอ (Khanobdee, 2020; Mark, 1986; Paris, 2016) การปรับปรุงพันธุ์ฟักทองเพื่อเพิ่มสารพฤกษเคมี ซึ่งเป็นลักษณะเชิงปริมาณมีถิ่นหลายคู่ควบคุมทำให้การปรับปรุงพันธุ์ยุ่งยากมากขึ้น (Paris, 1994) ลักษณะเชิงปริมาณเช่น ผลผลิต ขนาดผล ปริมาณของแข็ง การประเมินพันธุ์ต้องทำหลายสภาพแวดล้อม สถานที่ ฤดู และทำซ้ำเพื่อพิจารณาการปรับตัวของพันธุ์ (Loy, 2012)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ร่วมกับสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ในการจัดตั้งหน่วยบริหารเชื้อพันธุกรรมพืชวงศ์แตง ระหว่าง 2550 ถึงปัจจุบัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการบริหารจัดการเชื้อพันธุกรรมพืชวงศ์แตง ได้แก่ แตงกวา ฟักทอง และมะระ และการสร้างประชากรพื้นฐานของ แตงกวาและฟักทองเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์

การสร้างสายพันธุ์โดยการสกัดสายพันธุ์เป็นวิธี เกี่ยวข้องกับการผสมพันธุ์ระหว่างต้นพืชที่เกี่ยวข้องเป็น เครือญาติกัน หรือบรรพบุรุษร่วมกันโดยใช้วิธีการผสม เลือดชิด และวิธีการที่นิยมที่สุด คือ วิธีการผสมตัวเอง (selfing) มีประสิทธิภาพในการจัดยีนแฝงซึ่งควบคุม ลักษณะที่ไม่ต้องการออกไป สามารถเพิ่มความถี่ของยีน และเพิ่มระดับความคงตัวของยีนที่ดีในการ คัดเลือกแต่ละชั่ว (Sleper and Poehlman, 2006) หรือ การคัดเลือกพันธุ์ภายหลังการผสมพันธุ์ เช่น การคัดเลือก แบบจดบันทึกประวัติ ซึ่งการคัดเลือกลักษณะทางคุณภาพ สามารถคัดเลือกได้ในชั่วต้น ๆ แต่ถ้าเป็นลักษณะเชิง ปริมาณต้องรอคัดเลือกในชั่วหลัง ๆ จึงจะได้ผลเพื่อให้พืช มีความคงตัวของพันธุกรรมสูงสุดก่อน ซึ่งจะอยู่ในชั่วที่ 6 ถึง 7 เป็นต้นไป (Khanobdee, 2020)

Khanobdee *et al.* (2001) ประเมินผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และคุณภาพของฟักทอง จำนวน 268 สายพันธุ์ คัดเลือกฟักทอง 26 สายพันธุ์ ที่ลักษณะผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิตและหรือ คุณภาพสูง ต่อมา Khanobdee *et al.* (2003) คัดเลือก สายพันธุ์ฟักทอง 2 วิธี คือ การคัดเลือกแบบสกัดสายพันธุ์ แท้ 3 ชั่ว และคัดเลือกแบบวงจร (S_1 – selection) 1 รอบ ระหว่าง มีนาคม พ.ศ. 2544 ถึง เมษายน พ.ศ. 2545 ณ จังหวัดลำปางและสุรินทร์ พบว่าสายพันธุ์ฟักทอง ที่คัดเลือกแบบสกัดสายพันธุ์แท้ 3 ชั่ว มีลักษณะคุณภาพ ทุกลักษณะสูงกว่าสายพันธุ์ที่คัดเลือกแบบวงจร 1 รอบ ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็ง เท่ากับ ร้อยละ 23.2 และ 16.7 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในเนื้อดิบและสุก

เท่ากับ ร้อยละ 14.8 และ 10.9 และเท่ากับ ร้อยละ 14.6 และ 10.3 ตามลำดับ

การประเมินผลผลิต คุณภาพทางกายภาพ-เคมี ของสายพันธุ์ฟักทอง ชั่วที่ 5 จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ PK14, PK15, PK16, PK17 และ PK20 ชั่วที่ 8 จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ PK4, PK5 และ PK11 ร่วมกับพันธุ์ มาตรฐาน 5 พันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ PK16 และ PK17 ให้ ผลผลิตมากกว่าหรือเท่ากับ 2.0 ต้นต่อไร่ สายพันธุ์ PK15 และ PK19 มีปริมาณของแข็งของเนื้อดิบสูงสุดและ รongลงมา เท่ากับ ร้อยละ 22.4 และ 22.3 สายพันธุ์ PK4, PK15 และ PK17 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ของเนื้อดิบมากกว่าหรือเท่ากับ ร้อยละ 12.2 สายพันธุ์ PK17, PK15, PK16 และ PK5 มีความแน่นของเนื้อดิบ มากกว่าหรือเท่ากับ 1.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Khanobdee *et al.*, 2018)

สายพันธุ์ฟักทอง “ทองล้านนา” จำนวน 18 สายพันธุ์ ได้รับการจดทะเบียนคุ้มครองพันธุ์พืชใหม่ ตาม พระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2542 ดังนี้ พันธุ์ทองล้านนา 1 ถึง 7 ได้จดทะเบียนคุ้มครองพันธุ์พืช ใหม่ ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2542 เมื่อวันที่ 8 มกราคม 2562 พันธุ์ทองล้านนา 8, 11, 15, 16 ได้รับการคุ้มครองพันธุ์ เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2563 และพันธุ์ทองล้านนา 9, 10, 12, 13, 14, 17 และ 18 เมื่อวันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2563 (Plant Varieties Protection Office, 2024)

การคัดเลือกอย่างอิสระ (Independent Culling Level) โดยหลักจะคัดเลือกตั้งแต่ 2 ลักษณะขึ้นไป และ สำคัญทางเศรษฐกิจ หากพันธุ์ใดที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน จะถูกคัดทิ้งไป วิธีการทำได้ง่ายแต่จะซับซ้อนเมื่อมีการ พิจารณาลักษณะต่าง ๆ มากขึ้น และหากมีความสัมพันธ์ เชิงลบระหว่างลักษณะต่าง ๆ จึงควรพิจารณาลักษณะ ที่สำคัญไม่กี่ประการ (Hazel and Lush, 1942)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการประเมินพันธุ์ฟักทอง ทองล้านนา 18 พันธุ์ ที่ได้รับการจดทะเบียนตาม

พระราชบัญญัติพันธุ์พืชใหม่ พ.ศ. 2542 ในสภาพการปลูก 3 ฤดู เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ปริมาณผลผลิตและคุณภาพสูง สำหรับพัฒนาเป็นพันธุ์ลูกผสมเพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินและขยายเชื้อพันธุ์กรรมพืชของ “ทองล้านนา” จำนวน 18 พันธุ์ เป็นพันธุ์ที่ได้รับการจดทะเบียนพันธุ์พืชใหม่ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2542 โดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ร่วมกับสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (Plant Varieties Protection Office, 2024) ร่วมกับพันธุ์มาตรฐาน 4 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ สุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ และ 3 ฤดูปลูก ระหว่างพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2563 ระหว่างมิถุนายน ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2563 และระหว่าง พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2564 ในแปลงทดลองเดิม และวิเคราะห์ ความแปรปรวนรวม (combined analysis in RCB) จำนวน 3 ฤดูปลูก การปลูกจำนวน 20 ต้นต่อแปลงย่อย ขนาดแปลงย่อย 45 ตารางเมตร เพาะกล้าแล้วย้ายปลูกเมื่ออายุ 8 ถึง 15 วัน การปลูกแถวคู่ระยะปลูกระหว่างต้นและแถว 1.0x4.5 เมตร ปุ๋ยหมักรองพื้นใส่อัตรา 1 ต้นต่อไร่ และใส่ปุ๋ยหมักแต่งหน้า 2 ครั้ง หลังย้ายปลูก 15 และ 30 วัน อัตรา 0.5 ต้นต่อไร่ การป้องกันและกำจัดศัตรูพืชพ่นสารชีวภัณฑ์ ได้แก่ บิวเวอร์เรียและเมธาไรเซียม เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออายุ 80 ถึง 90 วัน หลังย้ายปลูก พื้นที่ศึกษา 2 ไร่ต่อฤดู ณ จังหวัดลำปาง การบันทึกข้อมูลผลผลิตต่อไร่ องค์ประกอบของผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผล ขนาดผล และไส้ ความหนาและบางของเนื้อ อายุเก็บเกี่ยวหลังย้ายปลูก และช่วงเวลาเก็บเกี่ยว การประเมินลักษณะคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยวิธีการวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของเนื้อพืชของดิบและสุก โดยใช้

เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด ยี่ห้อ Atago, N-32 ประเทศญี่ปุ่น คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อสัมผัสของพืชของดิบและสุก โดยใช้เครื่อง Force Gauge, Model FS 1001 ค่าสีของเนื้อพืชของดิบและสุก โดยใช้เครื่องวัดสี (3NH-NR200, Republic of China)

การวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ทดสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวนของ 3 ฤดูปลูก โดยใช้วิธี Bartlett's test และวิเคราะห์ผลรวม (pooled analysis) ของ 3 ฤดูปลูก (Little and Hills, 1978) การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ Stepwise โดยคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตต่อไร่ (Gomez and Gomez, 1984) และการคัดเลือกอย่างอิสระ (Hazel and Lush, 1942) ในลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจของพืชของดิบและสุก ได้แก่ ปริมาณผลต่อต้น น้ำหนักผล อายุเก็บเกี่ยว ปริมาณของแข็ง และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและสุก

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์เอกภาพของความแปรปรวนพบว่า ลักษณะที่มีความเป็นเอกภาพ ได้แก่ อายุเก็บเกี่ยว ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและสุก ความแน่นของเนื้อดิบและสุก ค่าสีเนื้อดิบ L^* a^* และ b^* ค่าสีเนื้อดิบ L^* และ a^* สามารถนำข้อมูลจาก 3 ฤดู มาวิเคราะห์รวมกันได้ ส่วนลักษณะอื่น ๆ ไม่มีความเป็นเอกภาพจึงวิเคราะห์สมรรถนะการผสมแยก รายฤดู

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ Stepwise โดยคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตต่อไร่พบว่า จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผล อายุเก็บเกี่ยว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบ มีอิทธิพลต่อผลผลิตต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญ ค่าเฉลี่ยผลผลิตและองค์ประกอบของ

ผลผลิต 3 ฤดู พบว่าพันธุ์ทองล้านนาให้ลักษณะมากกว่าพันธุ์มาตรฐาน ได้แก่ ผลผลิตต่อไร่ 2.5 และ 2.1 ตัน จำนวนผลต่อต้น 1.7 และ 1.5 ผล ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว 7.9 และ 3.9 วัน พันธุ์มาตรฐานมีน้ำหนักผลมากกว่าพันธุ์ทองล้านนา เท่ากับ 2.4 และ 2.0 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ 3 ฤดู พบว่าพันธุ์ทองล้านนา 1, 12 และ 14 ให้ผลผลิตต่อไร่มากกว่า 3.1 ตัน จำนวนผลต่อต้น พบว่าพันธุ์ทองล้านนา 1, 2 และ 12 มากกว่า 2.1 ผล พันธุ์ทองล้านนา 4, 14 และ 16 มีน้ำหนักผลมากกว่า 2.5 กิโลกรัม และพันธุ์ทองล้านนา 11, 17 และพันธุ์มาตรฐาน 2 มีปริมาณของแข็งมากกว่า ร้อยละ 20.0 พันธุ์ทองล้านนา 10 และ 17 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและสุกมากกว่า ร้อยละ 11.0 ส่วนพันธุ์มาตรฐานมีมากกว่าร้อยละ 10.0 (Table 1)

การปลูกในฤดูฝน ระหว่างมิถุนายน ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2563 ให้ผลผลิตมากกว่าฤดูอื่น ๆ พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และปริมาณฝนมากกว่าฤดูที่ 1 และ 3 เท่ากับ 34.2 และ 24.5 องศาเซลเซียส กับ 26.2 มิลลิเมตร ฤดูที่ 1 และ 3 ระหว่างพฤศจิกายน พ.ศ. 2562

ถึง มีนาคม พ.ศ. 2563 กับ พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึง เมษายน พ.ศ. 2564 มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยน้อยกว่าฤดูที่ 2 และ ปริมาณฝนน้อยกว่า (Thai Meteorological Department, 2024) (Table 2) ฟักทองเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อนและแห้ง อุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่าง 22–30 องศาเซลเซียส ไม่ทนความหนาวเย็นจัด และชะงักการเจริญเติบโตและผสมเกสรในสภาพอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 15 และ 10 องศาเซลเซียส (Khanobdee, 2020)

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ Stepwise โดยคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญ พบว่าลักษณะจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลอายุเก็บเกี่ยว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบ มีอิทธิพลต่อผลผลิตต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณของแข็งมีผลทำให้เนื้อของฟักทองเหนียวมันซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาด จึงนำองค์ประกอบของผลผลิตมาคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพ โดยการกำหนดเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าฟักทองพันธุ์ทองล้านนา 17, 10, 18, 1, 6, 8 และ 14 มีลักษณะเศรษฐกิจที่ดีกว่าพันธุ์มาตรฐาน 2 (Table 3)

Table 1 Yield and effected yield components of 18 original pumpkin varieties were evaluated 3 crops during November 2019 to April 2021

Number	Variety	Yield/rai				Fruit/plant				Fruit weight				Harvesting peroid (day)	Solid content (%)	Total soluble solid		
		1 (t)	2 (t)	3 (t)	Avg.	1 (fruit)	2 (fruit)	3 (fruit)	Avg.	1 (kg)	2 (kg)	3 (kg)	Avg.			Fresh (° brix)	Cooked (° brix)	
1	Thong Lanna 1	1.0	7.8 a ^{2/}	1.8	3.5	1.1 bc	4.5 a	2.3 ab	2.6	1.0 ef	2.4 fg	1.4 g-i	1.6 ab	9.2 a-d	17.7 d-g	9.9 c-g	10.7 a-e	
2	Thong Lanna 2	1.5	4.2 b-g	1.6	2.4	1.2 bc	3.1 bc	2.0 bc	2.1	1.2 d-f	2.1 gh	1.3 hi	1.5 ab	4.7 d	17.7 d-g	10.0 b-	11.6 a	
3	Thong Lanna 3	1.1	3.6 c- η	1.8	2.2	1.0 c	2.3 c-f	1.8 bc	1.7	0.9 f	2.4 fg	1.7 c-i	1.7 a-c	5.1 cd	17.8 d- η	10.0 b-f	11.0 a-d	
4	Thong Lanna 4	1.6	3.6 c- η	1.3	2.2	1.0 c	1.6 d-f	1.2 c	1.3	1.5 d-f	4.0 a-c	2.0 c- η	2.5 ab	5.8 cd	17.7 d- η	8.9 fg	9.3 fg	
5	Thong Lanna 5	1.5	4.9 b-e	1.4	2.6	1.0 c	2.3 c-f	1.5 bc	1.6	1.6 c-e	2.9 d- η	1.6 d-i	2.0 a-d	5.1 b-d	16.9 fg	9.4 d- η	9.9 d- η	
6	Thong Lanna 6	1.5	4.5 b-f	2.3	2.8	1.0 c	2.4 c-f	1.7 bc	1.7	1.6 de	2.7 e- η	1.7 c-h	2.0 a-c	7.0 a-d	18.4 b-f	9.5 d- η	9.8 d- η	
7	Thong Lanna 7	1.5	5.3 b-d	1.6	2.8	1.0 c	2.4 c-f	1.5 bc	1.6	1.5 d-f	3.3 c-f	2.2 b-d	2.3 a-c	5.1 cd	15.1 hi	8.6 g	9.0 g	
8	Thong Lanna 8	1.7	3.8 b- η	1.5	2.3	1.2 bc	2.3 c-f	1.7 bc	1.7	1.8 b-d	2.5 fg	1.7 c-i	2.0 a-d	9.1 a-d	18.4 b-f	9.6 d- η	10.1 c- η	
9	Thong Lanna 9	1.7	4.1 b- η	1.5	2.4	1.0 bc	1.5 d-f	1.3 c	1.3	1.8 b-d	3.5 b-e	1.8 c-h	2.4 a-d	10.6 ab	17.4 def η	10.1 b-f	10.5 a-f	
10	Thong Lanna 10	2.0	3.8 b- η	1.1	2.3	1.5 b	2.0 c-f	1.6 bc	1.7	1.7 b-d	2.8 e- η	1.2 hi	1.9 a-d	11.1 a	18.6 a-f	11.1 a-c	11.3 a-c	
11	Thong Lanna 11	1.8	2.5 e- η	1.3	1.8	1.1 bc	1.6 d-f	2.0 bc	1.6	1.7 b-e	2.3 fg	1.1 i	1.7 a-d	7.7 a-d	20.4 a	10.6 a-e	10.2 b-g	
12	Thong Lanna 12	1.5	6.5 ab	1.3	3.1	1.1 bc	4.0 ab	1.3 c	2.1	1.5 d-f	2.4 fg	1.5 f-i	1.8 a-d	6.2 a-d	17.5 d- η	9.8 d- η	9.8 d- η	
13	Thong Lanna 13	2.5	4.0 b- η	2.1	2.9	1.1 bc	2.4 c-f	1.6 bc	1.7	2.3 b	2.6 e- η	2.1 b-e	2.3 ab	9.0 a-d	14.0 i	9.8 d- η	9.8 d- η	
14	Thong Lanna 14	2.1	5.3 bc	2.1	3.2	1.0 c	2.4 c-f	1.4 c	1.6	2.3 b	3.3 c-f	2.1 c-f	2.6 a-c	11.8 a	17.1 fg	9.2 e- η	9.6 e- η	
15	Thong Lanna 15	2.2	1.9 fg	1.6	1.9	1.3 bc	1.1 ef	1.3 c	1.2	1.8 b-d	2.0 gh	1.6 c-i	1.8 a-c	10.0 a-c	18.1 d-f	10.7 a-d	10.4 a-f	
16	Thong Lanna 16	2.0	3.0 c- η	1.8	2.3	1.0 bc	1.2 ef	1.3 c	1.2	2.2 bc	3.8 a-d	2.2 bc	2.7 a-c	7.1 a-d	17.1 e-g	9.3 e- η	9.2 fg	
17	Thong Lanna 17	1.5	4.2 b- η	1.3	2.3	1.1 bc	2.5 c-e	1.6 bc	1.7	1.4 d-f	2.6 e- η	1.6 c-i	1.9 a-d	9.9 a-c	20.3 ab	11.1 a-c	11.1 a-d	
18	Thong Lanna 18	2.0	4.8 b-e	1.6	2.8	1.4 bc	3.0 b-d	1.8 bc	2.1	1.5 d-f	2.5 fg	1.5 e-i	1.8 b-d	8.3 a-d	19.2 a-d	10.7 a-d	10.3 b-f	
Average : Thong Lanna		1.7	4.3	1.6	2.5	1.1	2.4	1.6	1.7	1.6	2.8	1.7	2.0	7.9	17.7	9.9	10.2	
19	Check A	2.1	2.5 d- η	1.4	2.0	1.2 bc	1.5 d-f	1.6 bc	1.4	1.7 b-d	2.4 fg	1.5 d-i	1.9 cd	5.4 b-d	19.1 a-e	11.5 a	11.3 a-c	
20	Check B	1.9	3.4 c- η	1.4	2.3	1.2 bc	1.3 ef	1.2 c	1.3	1.8 b-d	4.7 a	2.7 ab	3.0 a-c	4.0 cd	20.1 a-c	11.3 ab	11.5 ab	
21	Check C	2.2	1.5 g	1.9	1.9	2.2 a	2.0 c-f	2.9 a	2.3	1.2 d-f	1.4 h	1.1 i	1.3 d	5.3 b-d	18.3 c-f	11.5 a	11.4 ab	
22	Check D	1.5	3.0 c- η	2.2	2.3	0.3 d	1.0 f	1.1 c	0.8	3.0 a	4.5 ab	2.8 a	3.4 a	0.9 e	16.0 gh	9.5 d- η	10.3 b- η	
Average : Check		1.9	2.6	1.8	2.1	1.2	1.4	1.7	1.5	1.9	3.2	2.0	2.4	3.9	18.4	10.9	11.1	
F-test ^{1/}		ns	**	ns	ns	**	**	**	ns	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	
F-test ^{1/}															**	**	**	
Season															**	**	**	**
Variety															**	**	**	**
S x V															**	**	**	**
CV (%)		27.5	35.0	35.6		22.9	33.9	28.6		20.3	18.2	18.3		30.6	9.9	11.6	11.3	

^{1/}ns,*,**non significant and significant at the level 0.05 and 0.01, respectively

^{2/}Means followed by the same letters were not significantly at 0.05 level by DMRT.

Crop 1 = November 2019 to March 2020, Crop 2 = June to November 2020 and crop 3 = November 2020 to April 2021

Table 2 Annual temperature and precipitation for Lampung province during November 2019 to April 2021

Crop	Temperature		Rainfall (mm)
	Maximum (°C)	Minimum (°C)	
Crop 1			
November 2019	33.6	20.0	0.5
December 2019	31.7	14.8	0.3
January 2020	33.9	16.3	0.0
February 2020	35.6	17.7	0.0
March 2020	39.6	21.4	0.1
Average	34.9	18.0	
Total			0.9
Crop 2			
June 2020	36.2	25.2	4.5
July 2020	36.0	25.4	1.9
August 2020	33.2	24.4	7.5
September 2020	33.9	24.6	7.2
October 2020	31.6	23.1	5.1
Average	34.2	24.5	
Total			26.2
Crop 3			
November 2020	33.3	20.2	0.0
December 2020	31.6	15.4	0.0
January 2021	31.2	14.7	0.0
February 2021	34.5	17.5	0.7
March 2021	38.7	22.1	0.1
April 2021	35.9	23.6	5.5
Average	34.4	18.6	
Total			6.3

Table 3 The independent culling level selection of yield and yield components of 18 original pumpkin varieties and checks were evaluated 3 crops during November 2019 to April 2021.

Number	Variety	Yield/rai		Fruit/plant		Fruit weight		Harvesting period		Solid content		Total soluble solid		Total
		(t)	Order	(fruit)	Order	(kg)	Order	(day)	Order	(%)	Order	(° brix)	Order	
1	Thong Lanna 17	2.3	11	1.7	6	1.9	12	9.9	5	20.3	2	11.1	4	40
2	Thong Lanna 10	2.3	11	1.7	6	1.9	12	11.1	2	18.6	6	11.1	4	41
3	Thong Lanna 18	2.8	5	2.1	3	1.8	15	8.3	9	19.2	4	10.7	6	42
4	Thong Lanna 1	3.5	1	2.6	1	1.6	20	9.2	6	17.7	12	9.9	11	51
5	Thong Lanna 6	2.8	5	1.7	6	2.0	9	7.0	12	18.4	7	9.5	15	54
6	Thong Lanna 8	2.3	11	1.7	6	2.0	9	9.1	7	18.4	7	9.6	14	54
7	Thong Lanna 14	3.2	2	1.6	12	2.6	4	11.8	1	17.1	17	9.2	18	54
8	Check B	2.3	11	1.3	17	3.0	2	4.0	21	20.1	3	11.3	3	57
9	Thong Lanna 9	2.4	9	1.3	17	2.4	6	10.6	3	17.4	16	10.1	8	59
10	Thong Lanna 13	2.9	4	1.7	6	2.3	7	9.0	8	14.0	22	9.8	12	59
11	Thong Lanna 12	3.1	3	2.1	3	1.8	15	6.2	13	17.5	15	9.8	12	61
12	Check A	2.0	19	1.4	16	1.9	12	5.4	15	19.1	5	11.5	1	68
13	Thong Lanna 11	1.8	22	1.6	12	1.7	18	7.7	10	20.4	1	10.6	7	70
14	Check C	1.9	20	2.3	2	1.3	22	5.3	16	18.3	9	11.5	1	70
15	Thong Lanna 2	2.4	9	2.1	3	1.5	21	4.7	20	17.7	12	10.0	9	74
16	Thong Lanna 15	1.9	20	1.2	20	1.8	15	10.0	4	18.1	10	10.7	6	75
17	Thong Lanna 3	2.2	17	1.7	6	1.7	18	5.1	17	17.8	11	10.0	9	78
18	Thong Lanna 16	2.3	11	1.2	20	2.7	3	7.1	11	17.1	17	9.3	18	80
19	Thong Lanna 5	2.6	8	1.6	12	2.0	9	5.1	17	16.9	19	9.4	17	82
20	Thong Lanna 7	2.8	5	1.6	12	2.3	7	5.1	17	15.1	21	8.6	21	83
21	Thong Lanna 4	2.2	17	1.3	17	2.5	5	5.8	14	17.7	12	8.9	20	85
22	Check D	2.3	11	0.8	22	3.4	1	0.9	22	16.0	20	9.5	15	91

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาพบว่า ลักษณะเชิงปริมาณ ได้แก่ ผลผลิตต่อไร่ จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผล ซึ่งสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงลักษณะปรากฏ จึงต้องแยกวิเคราะห์รายฤดู ในขณะที่ลักษณะช่วงเวลาเก็บเกี่ยว คุณภาพการบริโภค ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและสุก ความแน่นของเนื้อดิบและสุก ค่าสีเนื้อดิบ L^* a^* และ b^* ค่าสี

เนื้อดิบ L^* และ a^* พบความเป็นเอกภาพ แสดงถึงการไม่พบอิทธิพลของฤดู (สภาพแวดล้อม) Paris (1994) และ Sirohi and Yayasani (2001) รายงานว่า สารพฤกษเคมีของฟักทองมีการถ่ายทอดพันธุกรรมลักษณะปริมาณ ซึ่งมี ยีนควบคุมมากคู่ และสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงของลักษณะดังกล่าว ตลอดจนการถ่ายทอดพันธุกรรมเป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์ และมีความดีเด่นเหนือพ่อแม่ จึงมีความนิยมในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมได้ผลผลิตและคุณภาพสูงกว่าพันธุ์ผสมปล่อย

สรุปผลการวิจัย

ผักทองพันธุ์ทองล้านนาที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูง ได้แก่ พันธุ์ทองล้านนา 1, 12 และ 14 ให้ผลผลิตต่อไร่มากกว่า 3.1 ตัน พันธุ์ทองล้านนา 11, 17 และพันธุ์มาตรฐาน 2 มีปริมาณของแข็งมากกว่า ร้อยละ 20.0 พันธุ์ทองล้านนา 10 และ 17 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและสุก มากกว่าร้อยละ 11.0 พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงมีลักษณะคุณภาพน้อย และการคัดเลือกอย่างอิสระโดยพิจารณาหลายลักษณะ จะสามารถได้พันธุ์ที่ให้ผลตอบแทนสูงได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ในการสนับสนุนงบประมาณ โครงการหน่วยบริหารจัดการเชื้อพันธุ์กรรมผักวงศ์แตงระยะที่ 6

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2000. **The Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists**. 17th Edition. Washington D.C.: AOAC International. 2200 p.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. **Statistical Procedures for Agricultural Research**. New York: John Wiley & Sons. 690 p.
- Hazel, L.N. and J.L. Lush. 1942. The efficiency of three methods of selection. **Journal of Heredity** 33(11): 393–399.
- Khanobdee, C., S. Tangteerawattana and J. Pongjanta. 2001. Evaluation of yield, yield components and quality of 268 pumpkin varieties. **Agricultural Science Journal** (Supplement 1-4): 171–174. [in Thai]
- Khanobdee, C., S. Tangteerawattana, S. Mulalin and J. Pongjanta. 2003. High Quality of Pumpkin Lines (*Cucurbita moschata* Duch. ex Poir.). pp. 64–69. *In Proceedings of 41th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Agricultural Extension and Communication*. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Khanobdee, C., P. Srisamatthakarn and C. Pongsukhumalkul. 2018. Evaluation of yield and physico-chemical quality of pumpkin lines. **Agricultural Science Journal** 49(1)(Suppl.): 18–22. [in Thai]
- Khanobdee, C. 2020. **Cucurbits Breeding and Seed Production**. Bangkok: O.S. Printing House Publishing House. 186 p. [in Thai]
- Little, T.M. and F.J Hills. 1978. **Agricultural Experimentation Design and Analysis**. Canada: John Wiley & Sons, Inc. 368 p.
- Loy, J.B. 2012. Breeding squash and pumpkins. pp. 93–139. *In* Wang, Y-H. T.K. Behera, and C. Koleet (eds.). **Genetics, Genomics and Breeding of Cucurbits**. Boca Raton: CRC Press.

- Mark, J.B. 1986. **Breeding Vegetable Crops**. Westport: The AVI Publishing Co, Inc. 584 p.
- Paris, H.S. 1994. Genetic Analysis and Breeding of Pumpkins and Squash for High Carotene Content. pp. 93–115. *In* Linskens, H.F. and J.F. Jackson (eds.). **Vegetables and Vegetable Products**. Berlin: Springer.
- Paris, H.S. 2016. Genetic Resources of Pumpkins and Squash, *Cucurbita* spp. pp. 111-154. *In* Harry, S.P. (ed.). **Genetics and Genomics of Cucurbitaceae**. New York: Springer Intl Pub AG.
- Plant Varieties Protection Office. 2024. **List of plant varieties that have received a registered plant variety certificate (R.P. 2)**. [Online]. Available https://www.doa.go.th/pvp/?page_id=509 (December 29, 2024).
- Sirohi, P.S. and S.R. Yayasani. 2001. Gene action of mineral elements and vitamins in pumpkin (*Cucurbita moschata*). **Vegetable Scienc.** 28: 127–129.
- Sleper, D.A. and J.M. Poehlman. 2006. **Breeding Field Crops**. Fifth edition. Oxford: Blackwell Publishing. 424 p.
- Thai Meteorological Department. 2024. **Temperature and rainfall data for the Northern region**. [Online]. Available http://www.cmmet.tmd.go.th/forecast/pt/Max_Min_Rainfall.php (December 29, 2024).
- Wehner, T.C. 1999. Heterosis in Vegetable crops. pp. 387–397. *In* Coors, J.G. and S. Pandey (eds.). **American Society of Agronomy**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.

แนวทางการประเมินประสิทธิภาพการใช้ถ่านชีวภาพเพื่อลดความเป็นกรดของดิน Guidelines for Evaluating the Efficiency of Biochar in Reducing Soil Acidity

พจนีย์ แสงมณี

Podjane Sangmanee

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุดรดิตถ์ 53000

Division of Agriculture, Faculty of Agriculture, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, Thailand 53000

*Corresponding author: psangmanee191@gmail.com

Received: January 14, 2025

Revised: April 24, 2025

Accepted: April 30, 2025

Abstract

Evaluation of suitable application rate of biochar produced from various agricultural and agro-industrial materials is required to serve as a guideline for farmers. Therefore, this study aimed to determine the optimal application rate of biochar and assess its potential impact on early plant growth. The study consisted of three main steps: (1) optimizing the biochar application rate before conducting a pot experiment, (2) studying the chemical and physical properties of the selected biochar and (3) evaluating plant growth responses. The initial experiment involved incubating acidic soils with known lime requirement (LR) alongside biochar derived from spent mushroom substrate (SMS) and coconut shell (CS), which was mixed with slaked lime (L). Five treatments were tested: SMS 0.5LR, SMS 0.75LR, CS:L (3:1) LR, and CS:L (1:1) LR. A completely randomized design (CRD) with 3 replications was employed. Results showed that SMS 0.5LR and CS:L (1:3) LR effectively increased soil pH without exceeding 7.5, making them suitable for further investigation. A subsequent experiment was conducted in a randomized complete block design with six replications. Treatments included slaked lime at LR, SMS at 0.5LR, CS:L (1:3) at LR, and recommended chemical fertilizers, compared to untreated acidic soil. Plant growth parameters, including leaf greenness, and nutrient deficiency symptoms, in baby corn (*Zea mays* L.) were determined. Results indicated that both biochar treatments enhanced plant growth comparable to the lime treatment.

Keywords: soil acidity, biochar, precise rate, growth performance

บทคัดย่อ

ถ่านชีวภาพที่ทำจากวัสดุทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรหลายชนิดควรมีวิธีการประมาณอัตราที่ใช้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับเกษตรกร ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการใส่ถ่านชีวภาพที่เหมาะสมและประเมินศักยภาพของการใช้ถ่านชีวภาพจากการเจริญเติบโตของพืชในระยะเริ่มต้น โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ (1) การหาอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพก่อนคัดเลือกมาทดลองกับการปลูกพืชในกระถาง (2) คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของถ่านชีวภาพ และ (3) ประเมินการตอบสนองของพืช การศึกษาแรกเป็นการบ่มดินกรดที่ทราบอัตราความต้องการปูน (LR) ร่วมกับถ่านชีวภาพที่เตรียมจากก้อนเชื้อเห็ดเก่า (Spent Mushroom Substrate: SMS) และกะลามะพร้าว (Coconut Shell: CS) ที่ผสมกับปูนขาว (Slaked Lime: L) ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ได้แก่ ควบคุม SMS 0.5LR, SMS 0.75LR, CS:L (3:1) LR และ CS:L (1:1) LR วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า กรรมวิธี SMS 0.5LR และ CS:L (1:3) LR เป็นกรรมวิธีที่ทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นไม่เกิน 7.5 จึงคัดเลือกกรรมวิธีดังกล่าว ขั้นตอนต่อมาวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 4 กรรมวิธี จำนวน 6 ซ้ำ ดังนี้ ควบคุม ปูนขาวอัตรา LR, SMS 0.5LR, และ CS:L (1:3) LR และใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ โดยพิจารณาการตอบสนองของข้าวโพดฝักอ่อน (*Zea mays* L.) ด้านการเจริญเติบโต ความเขียวของใบ อาการขาดธาตุอาหารพืช การศึกษาพบว่า การใช้ถ่านชีวภาพทั้งสองชนิดทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อนไม่แตกต่างจากการใช้ปูนขาว

คำสำคัญ: ดินกรด ถ่านชีวภาพ อัตราแม่นยำ การเจริญเติบโต

คำนำ

ถ่านชีวภาพ (Biochar) มีศักยภาพในการปรับปรุงดินกรดด้วยคุณสมบัติหลายประการ เช่น ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัส วัสดุจากการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (digestate) เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง มีความเป็นด่างที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ CaCO_3 , MgCO_3 , Mg(OH)_2 และ MgO เป็นต้น เกิดการใช้ H^+ จากการที่ OH^- แยกตัวออกจากหมู่ฟังก์ชันฟีนอลิก และการใส่ถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร และเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารพืชได้ (Singh *et al.*, 2017; Tusar *et al.*, 2023) ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของถ่านชีวภาพในการเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ของดินมีหลายประการ เช่น ชนิดของดิน ความจุฟเฟอร์ของดิน รวมถึงถึงชนิดของวัสดุที่ใช้และอุณหภูมิที่เผาวัสดุดิบจนเกิดเป็นถ่านชีวภาพ (Bolan *et al.*, 2023) ดังนั้น ในการปรับปรุงดินกรดด้วยถ่านชีวภาพจึงมีความจำเพาะของปัจจัยด้านดินและชนิดของถ่านชีวภาพที่ใช้

ดินที่เป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 4.5–5.5) คิดเป็น 46.83% กระจายอยู่ในทุกภาคของประเทศไทย (Land Development Department, 2015) พื้นที่ทำการเกษตรในภาคเหนือส่วนใหญ่เป็นที่ลาดชันเชิงซ้อน ความชันเกิน 35% ทำให้ดินเป็นกรดจากการชะล้าง ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ละเลยการปรับปรุงดินกรดด้วยวัสดุปูน เนื่องจากมีน้ำหนักรวมมากทำให้การขนส่งมีความลำบาก และยากต่อการปฏิบัติงาน ขณะเดียวกันวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีความหลากหลายและหาได้ทั่วไป การกำจัดด้วยการเผาในที่โล่งสร้างปัญหาด้านฝุ่นควันและทวีความรุนแรงอย่างต่อเนื่องทุกปี (Suriyawong *et al.*, 2023) การทำถ่านชีวภาพเพื่อปรับปรุงดินได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง การเปลี่ยนแปลงค่า pH จากการใส่ถ่านชีวภาพ

ให้ผลที่แตกต่างกัน เนื่องจากค่า pH ของดินอยู่ในรูป log scale โดยดินเป็นกรดจัดมาก (pH<4.0) ค่า pH จะเพิ่มขึ้นมากกว่าดินที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 4–6 การใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 0.16–1.6 ตัน/ไร่ ในดินกรด ส่วนใหญ่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 15.1% ความเป็นต่างของถ่านชีวภาพเกิดขึ้นได้จาก 4 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณเกลือที่ละลายได้ทันที ปริมาณคาร์บอนออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของโลหะที่ละลายได้บางส่วน และปริมาณซิลิเกตในวัตถุดิบ ส่วนปริมาณถ่านเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการปรับปรุงดินกรดของถ่านชีวภาพได้มากกว่า เนื่องจากแสดงถึงปริมาณของแร่ธาตุและสารอนินทรีย์ที่หลงเหลือภายหลังจากการเผา ยกเว้นถ่านชีวภาพที่ได้จากแกลบ (rice husk) เนื่องจากเป็นถ่านที่ได้จากซิลิกา (Singh *et al.*, 2017)

มีการเสนอวิธีการคำนวณอัตราถ่านชีวภาพเพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงดินกรด แต่ต้องอาศัยข้อมูลความจุบัฟเฟอร์ของดินและค่าสมมูลของแคลเซียมคาร์บอเนตของถ่านชีวภาพ (%CaCO₃-eq) (Liu *et al.*, 2005; Kissel *et al.*, 2007; 2012; Thompson *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2017) แล้วพิสูจน์ด้วยการบ่มดินด้วยถ่านชีวภาพตามอัตราที่คำนวณได้ ซึ่งพบว่าถ่านชีวภาพทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นเป็น 6.0–6.5 อย่างไรก็ตาม การใช้ถ่านชีวภาพมีผลข้างเคียงจากชนิดของวัตถุดิบและอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาถ่านชีวภาพเช่นกัน โดยปัจจัยหลักเกิดจากปริมาณของโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PAHs) การปนเปื้อนโลหะหนัก ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (EC) รวมไปถึงอัตราการใช้และชนิดของดินมีผลต่อความเป็นพิษของถ่านชีวภาพ (Godlewska *et al.*, 2021) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการใส่ถ่านชีวภาพที่เหมาะสมและประเมินศักยภาพของการใช้ถ่านชีวภาพจากการเจริญเติบโตของพืชในระยะเริ่มต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการกำหนดอัตราการใช้ถ่านชีวภาพเพื่อปรับปรุงดินกรดเริ่มจากการหาอัตราที่เหมาะสม (optimization) ของถ่านชีวภาพโดยใช้ปูนขาว (slaked lime) เป็นวัสดุปรับปรุงดินเทียบเคียง จากนั้นจึงคัดเลือกสารปรับปรุงดินจากกรรมวิธีที่ทำให้ค่า pH ไม่เกิน 7.5 นำมาขึ้นรูปเป็นเม็ดแล้วนำมาศึกษาประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากการตอบสนองของพืช

ถ่านชีวภาพที่ใช้ในการทดลองเตรียมจากวัตถุดิบที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรในพื้นที่จังหวัดอุดรดิตถ์ ได้แก่ ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเก่าจากไม้ยางพาราที่ไม่สามารถนำกลับไปอัดเป็นก้อนเห็ดได้อีก (Spent Mushroom Substrate: SMS) และกะลามะพร้าวจากร้านคั้นน้ำกะทิสด (Coconut Shell: CS) จากนั้นฝังวัสดุแต่ละชนิดเพื่อลดความชื้นก่อนเผาแบบใช้ออกซิเจนต่ำ (pyrolysis) ซึ่งเป็นการเผาที่ใช้การอบให้ความร้อนสะสมและติดไฟเองโดยที่วัตถุดิบไม่ได้ถูกเผาโดยตรง โดยอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 700–800°C. ในการศึกษาขั้นตอนที่ 1 ใช้ถ่านชีวภาพที่บดละเอียด ส่วนขั้นตอนที่ 2 และ 3 ใช้ถ่านชีวภาพที่ผ่านการอัดเม็ด โดยมีน้ำแอมโมเนีย 10% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร เป็นตัวประสาน และใช้เครื่องบดอาหารสัตว์เป็นเครื่องจักรในการขึ้นรูปเป็นลักษณะทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 ซม. ความยาวในช่วง 0.5–1.0 ซม. จากนั้นนำไปตากจนแห้งรายละเอียดของการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพ

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นตัวแทนดินกรดที่พบในพื้นที่ลาดชัน เนื้อดินร่วนปนทราย ที่ใช้ปลูกพืชสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดอุดรดิตถ์ ได้แก่ ทุเรียนหลงลับแล อุดรดิตถ์ที่ปลูกในระบบวนเกษตรของอำเภอลับแล และ

สับปะรดห้วยมุ่น ในพื้นที่อำเภอน้ำป่าต นำดินทั้งสองชนิด มาหาค่า pH (ดิน:น้ำ 1:5, pH meter) และค่าความต้องการปูน (Lime Requirement: LR) โดยใช้ชุดทดสอบ ดินที่พัฒนาโดยคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยดินแต่ละชนิดมีค่า pH เริ่มต้น คือ 5.74 และ 5.92 และมีค่า LR 2,407 และ 375 กก./ไร่ ตามลำดับ

การศึกษานี้มีสมมุติฐานว่าถ่านชีวภาพสามารถนำมาใช้ในอัตราโดยน้ำหนักเช่นเดียวกับการใช้วัสดุปุ๋ย ในอัตราที่วิเคราะห์ได้จากค่า LR โดยการศึกษาเบื้องต้น มีการกำหนดอัตราถ่านชีวภาพ เป็นอัตรา LR, 5LR และ 10LR และมีการผสมถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยขาว ในอัตราส่วน 1:3, 1:1 และ 3:1 ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่า เมื่อเติมน้ำกลั่น 50 มล. ซึ่งเป็นความชื้นที่เพียงพอต่อการทำปฏิกิริยา กรรมวิธีส่วนใหญ่สามารถละลายและทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นเป็น 8.0–8.6 ได้ตั้งแต่ระยะ 3 วัน แรกหลังจากใส่ จึงทำการทดลองอีกครั้งโดยเตรียมหน่วยทดลองด้วยการชั่งดิน 100 กรัม ใส่ภาชนะพลาสติก เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 ซม. สูง 9.5 ซม. แล้วชั่งวัสดุปรับปรุงดินตามกรรมวิธีการทดลอง เช่น ดินที่ใช้ปลูกทุเรียน กรรมวิธีที่ใช้อัตรา LR คำนวณจากข้อมูล ความหนาแน่นรวม 0.94 กรัม/ลบ.ซม. มีค่า LR 2,407 กก./ไร่ ที่ความลึก 15 ซม. จะใช้วัสดุปรับปรุงดินน้ำหนัก 1.07 กรัม สำหรับหน่วยทดลอง 100 กรัม

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) จำนวน 3 ซ้ำ ทั้งหมด 5 กรรมวิธี สำหรับดินแต่ละชนิด ได้แก่ กรรมวิธีควบคุม SMS อัตรา 0.5LR และ 0.75LR และการผสม CS กับปุ๋ยขาว (CS:L) อัตรา LR ในสัดส่วนโดยน้ำหนัก 3:1 และ 1:1 จากนั้นจึงติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ดิน:น้ำ 1:5, pH meter) ภายหลังจากการใส่สารปรับปรุงดินที่ระยะเวลา 3 และ 7 วัน

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติของสารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพ

นำสารปรับปรุงดิน ได้แก่ ปุ๋ยขาว ถ่านชีวภาพ จาก SMS และ CS:L (3:1) ที่ผ่านการอัดเม็ด ไปวิเคราะห์หาค่า pH (ดิน:น้ำ 1:5, pH meter) และ EC (ดิน:น้ำ 1:5, conductivity meter) ปริมาณเถ้า เเผาที่อุณหภูมิ 650°C. (ASTM, 2009) ความชื้น อบที่อุณหภูมิ 150°C. (ASTM, 2017) และความหนาแน่นรวม (bulk density)

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารปรับปรุงดินจากการตอบสนองของพืช

ทำการทดลองโดยการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน เนื่องจากเป็นพืชอายุสั้น ดูแลใช้ธาตุอาหารมาก และมักแสดงอาการขาดธาตุอาหารทางใบ ในการทดลองนี้เลือกเฉพาะดินที่ใช้ปลูกทุเรียนหลงลับแลอุตรดิตถ์มาทดสอบ โดยนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารด้วยชุดทดสอบดินพบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับต่ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 6 ซ้ำ 4 กรรมวิธี เตรียมหน่วยทดลองเป็นกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 38 ซม. สูง 28 ซม. โดยชั่งดิน 16 กก. ใส่วัสดุปรับปรุงดินแต่ละกรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยขาวและปุ๋ย (ควบคุม) 2) ปุ๋ยขาว อัตรา LR 3) SMS อัตรา 0.5 LR และ 4) CS:L (3:1) อัตรา LR โดยกรรมวิธีที่ใส่สารปรับปรุงดินจะใส่ก่อน 7 วัน จากนั้นจึงปลูกข้าวโพดฝักอ่อน โดยใช้เมล็ดข้าวโพดฝักอ่อนจำนวน 3 เมล็ด และคัดเลือกต้นที่เจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอไว้ 1 ต้น แล้วจึงใส่ปุ๋ยรองพื้นเกรด 15-15-15 อัตราปุ๋ย 67 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตราปุ๋ย 44 กก./ไร่ ในช่วง 30 วันหลังการงอก ซึ่งเป็นอัตราปุ๋ยที่แนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (Department of

Agriculture, 2005) จากนั้นติดตามการเจริญเติบโต ด้วยการวัดความกว้างของลำต้นโดยใช้เวอร์เนียร์ วัดความสูง และสังเกตอาการขาดธาตุอาหารที่ใบในระยะ 21, 28, 35 วันหลังจากปลูก และวัดค่าความเขียวที่ระยะ 45 วัน หลังจากปลูก โดยใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ยี่ห้อ Konica รุ่น SPAD-502 Plus วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ Statistix 8.0

ผลการวิจัย

ผลการศึกษามีรายละเอียดตามขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพ

การใช้สารปรับปรุงดินทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระยะ 3 และ 7 วันหลังจากใส่ (Table 1) ค่า pH ของดินทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ SMS จาก 0.5LR เป็น 0.75LR และอัตราส่วนโดยน้ำหนักของปูนขาวที่เพิ่มขึ้นใน CS:L จาก 3:1 เป็น 1:1 จึงมีผลทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่ากรรมวิธีที่ทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นและอยู่ในช่วง 6-7 หรือเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ในดินที่ปลูกทุเรียน คือ กรรมวิธี SMS 0.5LR ส่วนดินที่ปลูกสับปะรด มีทั้ง SMS และ CS:L ทั้งสองอัตรา การศึกษานี้สรุปว่า SMS และ CS:L มีศักยภาพในการปรับปรุงดินกรด ดังนั้น จึงเลือก SMS 0.5LR และ CS:L (3:1) LR เป็นวัสดุปรับปรุงดินสำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

Table 1 Changing of soil pH after applying soil conditioners derived from biochar

Treatment	Long Lab Lae durian grown soil		Huay Mon pineapple grown soil	
	3 DAA	7 DAA	3 DAA	7 DAA
Control	5.74e	5.74e	5.92e	5.92d
SMS 0.5LR	6.92d	6.99d	6.44d	6.31c
SMS 0.75LR	7.16c	7.25b	6.52c	6.61b
CS:L (3:1) LR	7.36b	7.17c	6.68b	6.48bc
CS:L (1:1) LR	7.62a	7.58a	6.84a	6.91a
F-test	***	***	***	***
CV (%)	1.05	0.49	0.61	2.52

Means within the same column followed by different letters showed significantly different between treatments by LSD test.

*** = significantly different at $P < 0.001$; DAA = Day After Application

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติของสารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพ

คุณสมบัติของสารปรับปรุงดินด้านเคมีและกายภาพเมื่อเปรียบเทียบกับปูนขาว พบว่าค่า pH ของ SMS มีค่าต่ำกว่าปูนขาวและ CS:L ในขณะที่ SMS มีปริมาณเถ้า 68.35% ซึ่งมากกว่าปริมาณเถ้าของ CS:L (3:1) คือ 28.18% หรือประมาณ 2.4 เท่า (Table 2) ค่า

EC พบว่า CS:L มีค่าต่ำกว่า คือ 1.21 มิลลิซีเมนต์/ซม. สำหรับค่าความชื้น พบว่าสารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพมีค่าความชื้นสูงกว่าปูนขาว ความหนาแน่นรวมของวัสดุปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันและแตกต่างจากปูนขาวอย่างชัดเจน (Table 2) โดยมีความหนาแน่นรวม 0.54-0.60 กรัม/ซม³ กล่าวคือ สารปรับปรุงดินมีน้ำหนักที่เบากว่าปูนขาว ประมาณ 40-50%

Table 2 Chemical and physical properties of soil conditioners (n=3)

properties	Slaked lime	SMS	CS:L (3:1)
pH (1:5)	12.26	8.68	10.22
Ash (%)	100.00	68.35	28.18
EC (mS/cm)	4.59	5.55	1.21
Moisture (%)	0.10	33.96	21.86
Density (g/cm ³)	1.06	0.54	0.60

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารปรับปรุงดินจากการตอบสนองของพืช

การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตข้าวโพดฝักอ่อนที่มีต่อการใส่สารปรับปรุงดิน พบว่ากรรมวิธีมีผลต่อการเจริญเติบโตทั้งด้านความกว้างของลำต้นและความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระยะ 21, 28 และ 35 วันหลังปลูก ($P < 0.01$) (Table 3) กรรมวิธีที่มีการปรับปรุงดินและใส่ปุ๋ยทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนเจริญเติบโตได้ดีแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมที่มีลักษณะต้นแคระแกรนส่วนใหญ่การใช้สารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพทั้ง SMS 0.5LR และ CS:L (3:1) LR ส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใช้ปูนขาวที่ระยะ 21 และ 28 วัน แต่เมื่อถึง

ระยะ 35 วันหลังปลูก ให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้ปูนขาวทั้งด้านความกว้างของลำต้นและความสูง (Table 3)

เมื่อพิจารณาความเขียวของใบข้าวโพดฝักอ่อนที่ระยะ 45 วัน พบว่ากรรมวิธีมีผลทำให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดอ่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยการใส่ SMS ทำให้ใบข้าวโพดมีค่าความเขียวมากที่สุด คือ 46.20 SPAD-unit และไม่แตกต่างจากการใส่ CS:L ในขณะที่เดียวกันการใส่ CS:L ทำให้ค่าความเขียวมากกว่าแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปูนขาวและการควบคุม โดยมีค่าความเขียวในช่วง 41.30–42.84 SPAD-unit (Table 3)

Table 3 Stem diameter, height and leaf greenness of baby corn during 45 DAS

Treatment	Stem diameter (cm)			Height (cm)			Greenness (SPAD-unit)
	21 DAS	28 DAS	35 DAS	21 DAS	28 DAS	35 DAS	45 DAS
Control	1.01 c	1.47 c	1.99 b	8.25 c	12.50 c	19.16 b	41.30 b
Lime LR	1.38 b	2.76 b	3.21 a	11.08 b	19.33 b	27.00 a	42.21 b
SMS 0.5 LR	1.74 a	3.28 a	3.53 a	12.91 a	21.66 a	29.50 a	46.20 a
CS:L (3:1) LR	1.83 a	3.08 ab	3.46 a	14.08 a	21.50 a	29.83 a	42.84 ab
F-test	**	**	**	**	**	**	*
CV (%)	16.28	13.90	12.39	12.39	8.99	12.14	6.60

Means within the same column followed by different letters showed significantly different between treatments by LSD test.

** and * = significantly different at $P < 0.01$ and 0.05 , respectively

DAS = Day After Sowing

เมื่อพิจารณาอาการขาดธาตุอาหารพืช พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมในระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน โดยอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสเริ่มสังเกตได้เมื่ออายุ 14–21 วัน

โดยใบและลำต้นเป็นสีม่วงแดง (Figure 2a) ในขณะที่อาการขาดธาตุแมกนีเซียมเริ่มแสดงอาการในช่วง 21–35 วันหลังจากปลูก โดยใบเหลืองระหว่างเส้นใบ ส่วนใบล่างมีขอบใบสีม่วงแดงและมีเนื้อตาย (Figure 2b)



Figure 2 Phosphorus deficiency symptoms during 14–21 DAS (a) and magnesium deficiency symptoms during 21–35 DAS (b)

จากผลของอาการขาดธาตุอาหารที่สังเกตได้จากแต่ละกรรมวิธี พบว่ามีความแตกต่างกัน กล่าวคืออาการขาดธาตุฟอสฟอรัสสามารถสังเกตได้ในกรรมวิธีควบคุมในระยะ 21 วันหลังปลูก จำนวน 5 ต้น แต่ภายหลังจากนั้นไม่พบอาการ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยขาว SMS 0.5 LR และ CS:L (3:1) LR แสดงอาการจำนวน

1-2 ต้นในระยะเวลาที่แตกต่างกัน (Figure 3a) สำหรับอาการขาดแมกนีเซียมเกิดขึ้นทุกกรรมวิธีทุกระยะการเจริญเติบโต และสังเกตได้โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ใช้สารปรับปรุงดิน ส่วนกรรมวิธีควบคุมพบว่าเริ่มสังเกตอาการได้ภายหลังจากต้นข้าวโพดฝักอ่อนเจริญเติบโตที่ระยะ 35 วัน (Figure 3b)

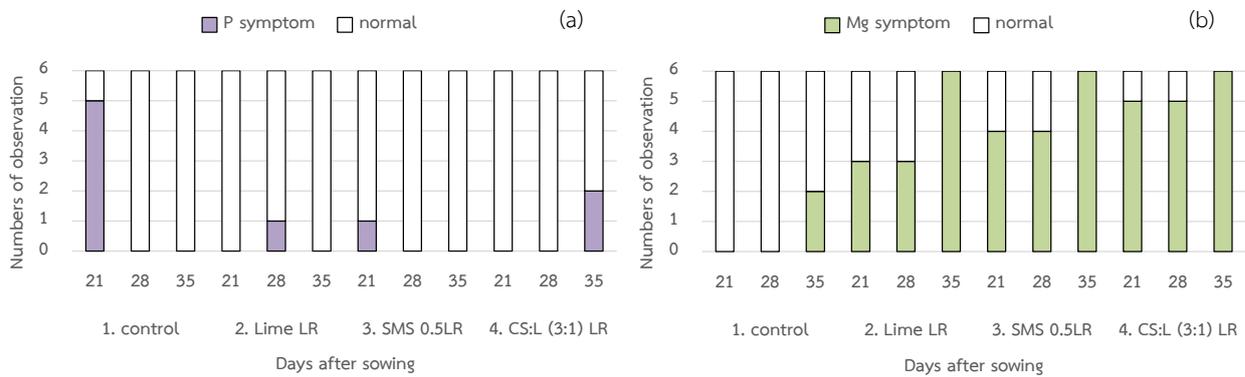


Figure 3 Symptoms of phosphorous (a) and magnesium (b) deficiency observed at 21, 28 and 35 DAS

วิจารณ์ผลการวิจัย

การผสมวัสดุปุ๋ยร่วมกับถ่านชีวภาพเป็นการเพิ่มความสามารถในการปรับปรุงดินกรด (acid neutralization capacity) ให้ผลลัพธ์ต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน รวมไปถึงพืชที่ปลูกแตกต่างกันไปตามสัดส่วนที่ใช้ (Abeba *et al.*, 2024; Adekiya *et al.*, 2024) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าศักยภาพของถ่านชีวภาพแตกต่างกันตามวัตถุดิบที่ใช้ จะเห็นได้ว่าอัตราการใช้ SMS ต่ำกว่าการใช้ CS:L (3:1) อย่างชัดเจน และภายหลังจากใส่ถ่านชีวภาพทำให้ค่า pH ของดินกรดทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น แต่ความอ่อนไหวต่อเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความจุบัฟเฟอร์ของดิน

การตอบสนองของข้าวโพดฝักอ่อนในระยะ 45 วันแรกที่มีต่อการใส่ถ่านชีวภาพ พบว่าการใช้ SMS ส่งเสริมการเจริญเติบโตและทำให้ใบมีค่าความเขียวมากที่สุด แต่ยังคงแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียม

อย่างต่อเนื่องทั้งสองกรรมวิธี คือ SMS หรือ CS:L สำหรับ SMS ได้จากก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่ทำจากขี้เลื่อยขางพาราเป็นส่วนประกอบมากถึง 90% ซึ่งเมื่อพิจารณาคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่ได้จากขี้เลื่อยขางพารา พบว่าเมื่อเผาด้วยความร้อนสูงจะทำให้หมู่ฟังก์ชันควิโนน (Quinone) และคาร์บอนิล (Carbonyl) ซึ่งมีประจุลบสูงขึ้นทำให้ดูดซับธาตุอาหารประจุบวกไว้ได้มาก (Shaaban *et al.*, 2013) ในกรณีนี้คาดว่าเป็นธาตุแอมโมเนียมไอออนที่ละลายออกมาจากปุ๋ยเคมี จึงทำให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดฝักอ่อนที่ใส่ SMS มีค่าสูงกว่าทุกกรรมวิธี อาการขาดธาตุแมกนีเซียมที่เกิดขึ้นมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Dharmakeerthi *et al.* (2012) ที่พบว่าถ่านชีวภาพจากขี้เลื่อยขางพารามีค่า pH 9.59 เถ้า 53 กรัม/กก. มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 6,895, 9,799 และ 908 มก./กก. เมื่อใส่ถ่านชีวภาพในอัตรา 2% แล้วนำไปปลูกต้นกล้าขางพารา พบว่า การใช้ถ่านชีวภาพเพียงอย่างเดียวมีปริมาณธาตุ

อาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าบางพาราที่ยังต้องการไนโตรเจนและแมกนีเซียมจากปุ๋ยเคมีเพื่อทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้น นอกจากนี้การศึกษาของ Castilla-Caballero *et al.* (2020) พบว่าถ่านชีวภาพจากกะลามะพร้าวมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมเป็นหลัก ในขณะที่แคลเซียมและแมกนีเซียมมีค่าต่ำกว่ามาก คือ 9,264, 546 และ 389 มก./กก. ตามลำดับ การผสมปุ๋ยขาว เช่นกรรมวิธี CS:L มีส่วนช่วยเพิ่มแคลเซียมได้เช่นกัน จึงอนุมานได้ว่าธาตุอาหารใน SMS และ CS มีปริมาณแมกนีเซียมไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตจนข้าวโพดฝักอ่อนแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียมที่สังเกตได้จากทั้งสองกรรมวิธี ซึ่งประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินกรดของถ่านชีวภาพทั้งสองชนิดสะท้อนได้จากอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสที่พบน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมในช่วง 21 วัน หลังจากปลูกข้าวโพดฝักอ่อน ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมไม่พบอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสและแมกนีเซียม ในระยะ 28 และ 35 วัน คาดว่าเกิดจากการที่ข้าวโพดฝักอ่อนมีอาการแคระแกรนจึงทำให้มีความต้องการธาตุอาหารพืชทั้งสองชนิดในปริมาณน้อย แสดงว่าการเจริญเติบโตของพืชยังต้องการแหล่งของธาตุอาหารที่มาจากปุ๋ยที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช

อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้ไม่ได้วิเคราะห์การดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดฝักอ่อนและปริมาณธาตุอาหารในดิน การสังเกตอาการผิดปกติของพืชจึงเป็นเพียงแนวทางเบื้องต้นในการทดสอบประสิทธิภาพการปรับปรุงดินกรดของถ่านชีวภาพ โดยทั่วไปถ่านชีวภาพมีความเป็นด่าง แต่ความสามารถในการปรับปรุงดินกรดมีความสัมพันธ์กับปริมาณเถ้า (Singh *et al.*, 2017) การศึกษานี้ใช้น้ำหนักของวัสดุปุ๋ยในอัตรา LR เพื่อประมาณการอัตราการใช้ถ่านชีวภาพเบื้องต้น และใช้

วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ที่เพิ่มขึ้นจากอัตราวัสดุปุ๋ยที่ใช้ ซึ่งเป็นวิธีที่แนะนำในสำหรับการนำวัสดุปรับปรุงดินทางเลือกมาใช้ทดแทนวัสดุปุ๋ย (Sims, 1996) วิธีการหาอัตราที่เหมาะสมด้วยการผสมถ่านชีวภาพลงในดินกรดแล้วติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า pH รวมไปถึงการศึกษาการตอบสนองของพืช จึงเป็นวิธีการที่ชี้วัดประสิทธิภาพของถ่านชีวภาพได้ในเชิงปฏิบัติ (Giovannetti *et al.*, 2023) เนื่องจากถ่านชีวภาพเป็นวัสดุที่มีความพรุน น้ำหนักเบา การพัฒนาสารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพให้เป็นชนิดเม็ดทำให้อยู่ในรูปที่ใช้ทำงานง่าย ไม่เป็นฝุ่นฟุ้งกระจายในระหว่างการใช้งาน ลดผลข้างเคียงจากดินแน่นที่บดกรณที่ถ่านชีวภาพมีความละเอียดมากเกินไป

สรุปผลการวิจัย

อัตราที่เหมาะสมของ SMS และ CS:L (3:1) คือ 0.5LR และ LR ตามลำดับ โดยทำให้ดินมีค่า pH เพิ่มขึ้นในระดับที่มีค่าไม่เกิน 7.5 สารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพทั้งสองชนิดทำให้การเจริญเติบโตและความเขียวของใบข้าวโพดฝักอ่อนไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยขาว การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าถ่านชีวภาพสามารถใช้ปรับปรุงความเป็นกรดของดินได้ แต่ยังต้องการแหล่งธาตุอาหารจากปุ๋ย วัสดุปรับปรุงดินจาก SMS นอกจากจะมีน้ำเบาแล้วยังมีอัตราการใช้ที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับ CS:L (3:1) จึงเหมาะแก่การพัฒนาให้เป็นชนิดเม็ดเพื่อให้ใช้งานง่าย ไม่เป็นฝุ่นฟุ้งกระจาย ทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้ในพื้นที่เพาะปลูกที่มีความลาดชันสูง ในอนาคตควรมีการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของสารปรับปรุงดินดังกล่าวรวมถึงการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน และการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชที่ปลูกเพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนงานวิจัยและสถานที่ทำงานวิจัยจากหลักสูตรสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ และนักศึกษาผู้ช่วยวิจัย ได้แก่ นายภูพงษ์เดช เชื้อวงศ์ นางสาวอรรณพร พวงมณีนาค และนางสาวอมรรัตน์ สกุลมา

เอกสารอ้างอิง

- Abeba, K.S., G.T. Abera and K. Chimdessa. 2024. Examining the effect of combined biochar and lime rates on selected soil physicochemical properties of acid soils in Gimbi district, Western Ethiopia. **Applied and Environment Soil Science** 4440448. <https://doi.org/10.1155/2024/4440448>
- Adekiya, A.O., B.B. Ayorinde and T. Ogunbode. 2024. Combined lime and biochar application enhances cowpea growth and yield in tropical Alfisol. **Scientific Reports**. 14(1): 1389. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52102-7>
- ASTM International. 2009. **ASTM D2867-09: Standard Test Method for Total Ash Content of Activated Carbon**. Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken: ASTM International. 4 p.
- ASTM International. 2017. **ASTM D2867-17: Standard Test Methods for Moisture in Activated Carbon**. Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken: ASTM International. 3 p.
- Bolan, N., A.K. Sarmah, S. Bordoloi, S. Bolan, L. Padhye, L. Van Zwieten, P. Sooriyakumar, B.A. Khan, M. Ahmad, Z. Solaiman, J. Rinklebe, H. Wang, B.P. Singh and K.H.M. Siddique. 2023. Soil acidification and the liming potential of biochar. **Environmental Pollution** 317: 120632. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120632>
- Castilla-Caballero D., J. Barraza-Burgos, S. Gunasekaran, A. Roa-Espinosa, J. Colina- Márquez, F. Machuca-Martínez, A. Hernández-Ramírez and S. Vázquez-Rodríguez. 2020. Experimental data on the production and characterization of biochars derived from coconut-shell wastes obtained from the Colombian Pacific Coast at low temperature pyrolysis. **Data in Brief** 28: 104855. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104855>
- Department of Agriculture. 2005. **Fertilizer recommendation for economic crops: Academic document no. 8/2005**. [Online]. Available <https://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/2011-004-0028/> (December 31, 2024). [in Thai]
- Dharmakeerthi, R.S., J.A.S. Chandrasiri and V.U. Edirimanne. 2012. Effect of rubber wood biochar on nutrition and growth of nursery plants of *Hevea brasiliensis* established in an Ultisol. **SpringerPlus** 1: 84. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-84>

- Giovanetti, M., A., Salviolo di Fossalunga, I.A. Stringlis, S. Proietti and V. Fiorillo. 2023. Unearthing soil-plant-microbiota crosstalk: looking back to move forward. **Frontiers in Plant Science** 13: 1082752. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1082752>
- Godlewska, P., S.O. Yong and P. Oleszczuk. 2021. The dark of black gold: ecotoxicological aspects of biochar and biochar-amended soils. **Journal of Hazardous Materials** 403: 123833. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123833>
- Kissel, D.E., R.A. Isaac, R. Hitchcock, L.S. Sonon and P.F. Vendrell. 2007. Implementation of soil lime requirement by single-addition titration method. **Communication in Soil Science and Plant Analysis** 38: 1341–1352. <https://doi.org/10.1080/00103620701328735>
- Kissel, D.E., L. Sonon and M. Cabrela. 2012. Rapid measurement of soil pH buffering capacity. **Soil Science Society of America Journal** 76: 694-699. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0091>
- Land Development Department. 2015. **State of soil and land resources of Thailand**. [Online]. Available <https://e-library.ldd.go.th/library/flip/bib9456f/bib9456f.html> (December 31, 2024). [in Thai]
- Liu, M., D.E. Kissel, M.L. Cabrera and P.F. Vendrell. 2005. Soil lime requirement by direct titration with single addition of calcium hydroxide. **Soil Science Society of America Journal** 69: 522–530. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0522>
- Shaaban, A., S.M. Se, N.M.M. Mitan and M.F. Dimin. 2013. Characterization of biochar derived from rubber wood sawdust through slow pyrolysis on surface porosities and functional groups. **Procedia Engineering** 68: 365–371. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.12.193>
- Sims, J.T. 1996. Lime Requirement. pp. 491–515. *In* Sparks, D.L. (ed.). **Methods of Soil Analysis, Part 3 Chemical Methods**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America. Inc.
- Singh, B., M.M. Dolk, Q. Shen and M. Campbell. 2017. Biochar pH, Electrical Conductivity and Liming Potential. pp. 23–38. *In* Singh, B. (ed.). **Biochar: A Guide to Analytical Methods**. Clayton South, Victoria: CSIRO Publishing.
- Suriyawong, P., S. Chuetor, H. Samae, S. Piriyakarnsakul, M. Amin, M. Furuuchi, M. Hata, M. Inerb and W. Phairuang. 2023. Airborne particulate matter from biomass burning in Thailand: recent issues, challenges, and options. **Heliyon** 9(3): e14261. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14261>

Thompson, J., D. Kissel, M. Cabrera and L. Sonon. 2010. Equilibration reaction from single addition of base to determine soil lime requirement. **Soil Science Society of America Journal** 74: 663–669.
<https://doi.org/10.2136/sssaj2009.0168>

Tusar, H.M., M.K. Udding, S. Mia, A.A. Suhu, S.B.A. Alam, S. Kaaim, N.A. Sairi, Z. Alam and F. Anwar. 2023. Biochar-acid soil interactions-a review. **Sustainability** 15: 13366.
<https://doi.org/10.3390/su151813366>.

การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กในการติดตาม
การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด พื้นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่
The Application of Multispectral Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)
for Evaluating the Yield of Vegetable Soybean
at the Chiang Mai Agricultural Research Center

ปานูมาศ เวชกร¹ โสพิศ ใจपालะ² จงรักษ์ พันธุ์ไชยศรี² ปรีชา กาเพ็ชร² จีราภรณ์ อินทสาร¹
วาสนา วิรุณรัตน์¹ และจักรพงษ์ ไชยวงศ์^{1*}

Panumas Wetchakorn¹, Sopit Jaipala², Jongrak Phunchaisri², Preecha Kaphet²
Jiraporn Inthasan¹, Vassana Virunrat¹ and Chackapong Chaiwong^{1*}

¹สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ เชียงใหม่ 50290

¹Soil Science, Faculty Of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Chiang Mai Field Crops Research Center, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: chackapong@mju.ac.th

Received: September 22, 2023

Revised: September 18, 2024

Accepted: October 04, 2024

Abstract

The use of multispectral imagery from a small Unmanned Aerial Vehicle (UAVs) to monitor the growth and yield of vegetable soybean had as its objective to monitor the various stages of growth associated with yield by collecting aerial growth data at 4 stages from 7, 16, 31 and 61 days after sowing (DAS), and transforming the images into the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the visible light wavebands (red green and blue, RGB) The image data was used to establish a correlation between the growth stage and the yield of vegetable soybean. The results of the study showed that the area covered by vegetable soybean increased depending on the growth stage after seed germination from a minimum 7 days and a maximum of 61 days. The green content of the leaves was lowest after 7 days and highest after 31 days. The greenness of the leaves in the RGB image tended in the same direction as the NDVI image, with values closest to -1 at 7 days and closest to 1 at 31 days. The NDVI value at 31 DAS had the best relationship with planted area ($R^2=0.86$) with the highest value of 0.97 and the lowest of 0.77. Total production at the 31 DAS stage was in the range of 1,200 g – 1,330 g/2 m² (960–1,064 kg/rai) and the NDVI value was in the range of 0.65–0.79, which tended to increase the yield of fresh soybean pods depending on the NDVI value ($R^2=0.80$).

Keywords: multispectral imagery, small Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), vegetable soybean

บทคัดย่อ

การใช้ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจากอากาศยาน ไร้คนขับขนาดเล็ก ในการติดตามการเจริญเติบโตและผลผลิตถั่วเหลืองฝักสด มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเจริญเติบโตในระยะต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด โดยเก็บข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศการเจริญเติบโตทั้งหมด 4 ระยะ จากวันที่เมล็ดงอก คือ อายุ 7, 16, 31 และ 61 วัน แปรผลภาพออกมาเป็นค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) และแถบคลื่นแสงที่ตามองเห็น Visible light (Red Green and Blue, RGB) นำข้อมูลเชิงตัวเลขจากภาพหาความสัมพันธ์ตามระยะการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด ผลการศึกษาพบว่าปริมาณที่ปกคลุมพื้นที่ของถั่วเหลืองฝักสดเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตหลังจากเมล็ดงอกน้อยที่สุด 7 วัน และมากที่สุด 61 วัน ในส่วนของระดับความเขียวของใบมีความเข้มข้นน้อยสุดที่ 7 วัน และเข้มข้นมากที่สุดที่ 31 วัน ซึ่งระดับความเขียวของใบในภาพ RGB มีแนวโน้มไปทิศทางเดียวกับภาพ NDVI ที่มีค่าเข้าใกล้ -1 มากที่สุดที่ 7 วัน และเข้าใกล้ 1 มากที่สุดที่ระยะ 31 วัน ค่า NDVI ในระยะ 31 DAS มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ปลูกสูงสุด ($R^2 = 0.86$) โดยมีค่าสูงสุด 0.97 และค่าต่ำสุด -0.77 ผลผลิตรวมที่ระยะ 31 DAS อยู่ในช่วง 1,200–1,330 กรัม/ 2 ตารางเมตร (960–1,064 กิโลกรัม/ไร่) และค่า NDVI อยู่ในช่วง 0.65–0.79 ซึ่งผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามค่า NDVI ($R^2=0.80$)

คำสำคัญ: ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น อากาศยาน ไร้คนขับขนาดเล็ก ถั่วเหลืองฝักสด

คำนำ

ถั่วเหลืองฝักสด (vegetable soybean) เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจทางภาคเหนือของประเทศไทย ใช้บริโภคและเป็นพืชที่มีศักยภาพในการส่งออก เกษตรกรสามารถปลูกขายให้แก่โรงงานเพื่อส่งออกในรูปแบบการแช่แข็ง ซึ่งถั่วเหลืองฝักสดที่นิยมปลูกและส่งเสริมโดยกรมวิชาการเกษตรนั้นเป็นพันธุ์เชียงใหม่ 84-2 เป็นการผสมพันธุ์ระหว่างถั่วเหลืองฝักสดกลิ่นหอมพันธุ์ Cha-Mame กับพันธุ์ 2808 ในปี พ.ศ. 2544 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร โดยทั่วไปจะเก็บเกี่ยวเมื่อฝักเจริญเติบโตอยู่ในระยะ R6 ก่อนเข้าสู่ระยะ R7 ของระยะการเจริญเติบโต และให้ปริมาณผลผลิตฝักสดมาตรฐานเฉลี่ย 871 กิโลกรัมต่อไร่ ผ่านการพิจารณาจากกรมวิชาการเกษตรเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและได้รับมาตรฐานการส่งออกเป็นสายพันธุ์แรกของประเทศไทย ในวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2555 มีลักษณะพิเศษ คือ มีกลิ่นหอมใบเตย ในขณะที่ต้มในน้ำเดือด 5 นาที (Khunplueg *et al.*, 2011) ในปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลที่สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างแม่นยำ มีเทคนิคในการตัดสินใจบนข้อมูลที่ถูกต้อง จะช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิต เพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ ควบคุมคุณภาพผลผลิตและสร้างมาตรฐานการผลิต มีผลผลิตที่แน่นอนและคาดการณ์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืชมีการเจริญเติบโตและมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีผลต่อผลผลิตอย่างเช่น ถั่วเหลืองฝักสด

การสำรวจระยะไกล (remote sensing) เป็นเทคนิคที่มีแนวโน้มที่ช่วยให้นายทางสรีรวิทยาของพืชได้แม่นยำและต้นทุนต่ำ การใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference

Vegetation Index: NDVI) ในการสำรวจระยะไกลเป็นอัลกอริทึมที่เชื่อถือได้สำหรับการประเมินการปกคลุมของพืช ความแข็งแรงและพลวัตของการเจริญเติบโต (Xue and Su, 2017) ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ เป็นดัชนีแสดงความเขียวของพืชหรือกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของพืช โดยพืชผิวใบที่ต่างกันจะสะท้อนแสงต่างกัน พืชพรรณที่สมบูรณ์จะดูดกลืนแสงสีแดงเป็นส่วนใหญ่ และจะสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ที่พืชที่ไม่สมบูรณ์จะสะท้อนแสงสีแดงมากกว่า ขณะเดียวกันก็จะสะท้อนแสงอินฟราเรดใกล้ที่น้อยกว่า ดังนั้น ดัชนีพืชพรรณจึงกำหนดเป็นอัตราส่วนระหว่างผลต่างของค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดงแล้วหารด้วยผลบวกค่าการสะท้อนแสงของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง (GISDA, 2018) ซึ่งนำไปใช้ศึกษาเกี่ยวกับพืชทั้งในส่วนของ การเจริญเติบโต ความสมบูรณ์ การจำแนกพืชพรรณ (Thaicharoen and Majandang, 2022) โดยการนำค่าความแตกต่างการสะท้อนของพื้นผิวระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด (Nir) กับช่วงคลื่นตามมองเห็นสีแดง (Red) ทำสัดส่วนกับค่าผลบวกทั้งสองช่วงคลื่นเพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบทำให้ NDVI มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง -1 จะช่วยในการแปลผลได้ง่ายขึ้น ส่วนกรณีที่พื้นผิวเป็นน้ำจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดต่ำกว่าช่วงคลื่นตามมองเห็นสีแดง ทำให้ NDVI มีค่าติดลบ โดยค่าที่ได้จะแสดงข้อมูลการสะท้อนของแสงตามช่วงเวลาหรืออายุของพืช

เป็นที่ทราบกันดีว่าระบบที่กล่าวมาข้างต้นนี้ในอดีตถึงปัจจุบันใช้การสำรวจระยะไกลผ่านดาวเทียมที่โคจรอยู่นอกโลกส่งข้อมูลกลับมาในรูปแบบของภาพถ่ายที่มีข้อมูลเชิงเลข ซึ่งมีข้อจำกัดทางด้านความละเอียดของข้อมูลและช่วงฤดูกาลที่มีสิ่งรบกวนในชั้นบรรยากาศที่ส่งผลให้ข้อมูลเชิงเลขในภาพถ่ายที่คลาดเคลื่อน ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ทั้งในและต่างประเทศ อีกทั้งถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย

เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งปัจจุบันมีเซ็นเซอร์หลายช่วงคลื่นที่ติดตั้งมาด้วยสามารถใช้งานได้สำหรับการตรวจสอบพืชพรรณเช่นเดียวกับภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งให้รายละเอียดของภาพและความแม่นยำสูงในการระบุตำแหน่ง จึงถูกนำมาใช้ในงานทางด้านเกษตร เช่น ติดตามการเจริญเติบโต การตรวจวัดความสูงพืช การตรวจจับโรคพืช การประเมินธาตุอาหารพืช และการทำนายผลผลิต เป็นต้น (Kouadio, *et al.*, 2023; Sepkota and Paudyal, 2023; Santana, *et al.*, 2021; Alabi *et al.*, 2022) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณจากการคำนวณค่าสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่บันทึกโดยข้อมูลภาพจากกล้องหลายช่วงคลื่น ที่ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กที่มีระบบบ่งชี้พิกัดทางภูมิศาสตร์ (Global Positioning System: GPS) ในการติดตามการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกตามระยะการเจริญเติบโต และคำนวณค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ NDVI แต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโต จากข้อมูลภาพ โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Linear Regression and Correlation) กับผลผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในบริเวณศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สังกัดสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เลขที่ 80 หมู่ 12 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ที่พิกัดละติจูด 18°54 เหนือ และลองจิจูด 99°00 ตะวันออก มีพื้นที่ปลูกที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 3,214 ตารางเมตร (Figure 1) ทำการปลูกถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์เชียงใหม่ 84-2 ตามวิธีการของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ระยะเวลาตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 – มีนาคม พ.ศ. 2566



Figure 1 Study area

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศอากาศยานไร้คนขับ DJI Phantom 4 Multispectral ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ที่เก็บข้อมูลแถบคลื่นแสงจำนวน 6 ค่า ดังต่อไปนี้ 1) Visible light แถบคลื่นแสงในช่วงในช่วง 380–750 นาโนเมตร (Red Green and Blue: RGB) 2) Red แถบคลื่นแสงในช่วง 600–700 นาโนเมตร 3) Blue แถบคลื่นแสงในช่วง 380–500 นาโนเมตร 4) Green แถบคลื่นแสงในช่วง 500–600 นาโนเมตร 5) Near-infrared (NIR) แถบคลื่นแสงในช่วง 700–900 นาโนเมตร 6) Red-Edge แถบคลื่นแสงในช่วง 700–730 นาโนเมตร (Suksirak, 2019) วางแผนการบินเพื่อถ่ายแนวดิ่งที่ความสูง 30 เมตร ทั้งหมด 4 ระยะ ได้แก่ ถั่วเหลืองฝักสดอายุ 7 วัน (V1 ระยะข้อที่ 1), 16 วัน (V5 ระยะข้อที่ 5), 31 วัน (R1 ระยะเริ่มออกดอก) และ 61 วัน (R6 ระยะติดฝักก่อนสุกแก่) หลังจากการงอกของเมล็ด (Days After Sowing, DAS)

และการประมวลผลภาพทางอากาศโดยซอฟต์แวร์ PIX4DMapper – Educational license (ขั้นตอนที่ 1–2 ใน Figure 2) ปรับแก้ความคลาดคลิ่นเชิงเรขาคณิตด้วยการกำหนด ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของจุดควบคุมโดยโปรแกรม QGIS และเก็บข้อมูลผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ถั่วเหลืองฝักสดอายุ 7, 16, 31 และ 61 วันหลังจากการงอกของเมล็ด โดยภาพถ่ายแปลงปลูกถั่วเหลืองฝักสดด้วยภาพ RGB, Red และ Near-infrared โดยสมการที่ 1 (GISDA, 2018) ด้วยโปรแกรม QGIS (ขั้นตอนที่ 3 ใน Figure 2)

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (1)$$

เมื่อ NDVI คือ ค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ
 NIR คือ ค่าการสะท้อนพื้นผิวของคลื่น
 อินฟราเรดใกล้
 Red คือ ค่าการสะท้อนพื้นผิวของคลื่นแสงสีแดง
 ค่า NDVI จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 โดยค่าต่ำจะ
 แสดงพืชพรรณปกคลุมน้อยและหากมีค่ามากจะแสดงพืช
 พรรณปกคลุมมาก

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการ
 เจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสดกับจำนวนขนาดของพื้นที่
 จากข้อมูลภาพระหว่างค่า NDVI ทั้ง 4 ช่วงเวลาหลังเมล็ด
 งอก โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์
 อย่างง่าย (Simple linear regression and correlation)
 (ขั้นตอนที่ 4 ใน Figure 2.)

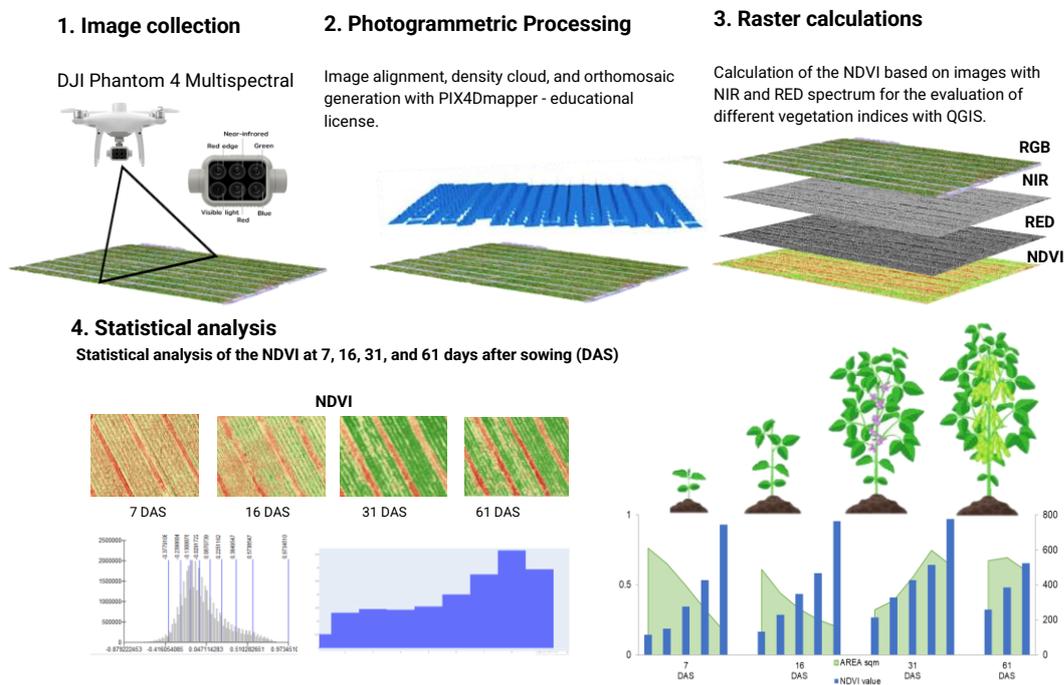


Figure 2 Schematic representation of image acquisition, image processing and data analysis

ผลการวิจัย

ภาพถ่ายถั่วเหลืองฝักสดจากอากาศยานไร้คนขับ DJI Phantom 4 Multispectral ทั้ง 6 รูปแบบ เมื่อนำมาประมวลผลเพื่อสร้างภาพถ่ายทางอากาศสีผสมจริง RGB และ NDVI โดยโปรแกรม QGIS เพื่อนำไปแปรข้อมูลภาพด้วยสายตา เมื่อพิจารณาจากภาพในมุมมองแนวตั้งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างทางสรีรวิทยา (Figure 3) โดยที่

ภาพ RGB แสดงให้เห็นถึงต้นถั่วเหลืองฝักสดที่มีใบสีเขียว (A) และภาพของต้นถั่วเหลืองฝักสดที่ใบมีความเข้มของสีเขียวลดลงและขนาดของต้นที่เล็กกว่า รวมถึงภาพของพื้นดินในแปลงปลูก (C) ส่วนภาพ NDVI ที่ผ่านกระบวนการตามสมการที่ 1 จากการวิเคราะห์ข้อมูลในวิธีการศึกษา ผลของการผสมสีเท็จแสดงในส่วนที่เป็นใบออกมาเป็นสีเขียว ส่วนที่ไม่มีใบปกคลุมหรือพื้นดินที่แสดงออกมาเป็นสีแดงและเหลืองในส่วนของชากพืช (B) และ (D)



Figure 3 Vegetable soybean RGB (A and C) and NDVI (B and D)

การติดตามการเจริญเติบโต โดยการประเมินรูปแบบและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศของแปลงปลูกถั่วเหลืองฝักสด RGB และ NDVI ที่ภาพความละเอียด 1.30 เซนติเมตรต่อจุดภาพ (Pixel) และมีจำนวนของข้อมูลจุดภาพทั้งหมด 17,625,648 จุดภาพ (Figure 1) ในช่วงเวลา 7, 16, 31 และ 61 DAS ภาพ RGB แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของปริมาณที่ปกคลุมและระดับความเข้มของสีเขียวที่แสดงออกมา โดยที่ปริมาณของสีเขียวนั้นเกิดจากใบของต้นถั่วเหลืองฝักสดที่ปกคลุมพื้นที่ปลูก ซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตน้อยที่สุดที่ 7 วัน และมากที่สุดที่ 61 วัน ส่วนของระดับของความเขียวจะมีความเข้มน้อยที่สุดที่ 7 วัน และเข้มมากที่สุดที่ 31 วันหลังจากเมล็ดงอก ระดับความเขียวของภาพ RGB จะมีแนวโน้มไปในทิศทาง

เดียวกันกับภาพ NDVI ที่ค่าจะเข้าใกล้ -1 มากที่สุดที่ 7 วัน และเข้าใกล้ 1 มากที่สุดที่ 31 วัน และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI กับพื้นที่ปลูก โดยที่ค่ามาตรฐานของค่า NDVI จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 โดยค่าต่ำจะแสดงความสมบูรณ์ของพืชน้อยและหากมีค่ามากจะแสดงความสมบูรณ์ของพืชมาก (GISDA, 2018) จากการหาความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่าค่า NDVI ของถั่วเหลืองฝักสดที่เข้าใกล้ 1 ในระยะ 31 DAS มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ปลูกสูงสุด ($R^2=0.86$) โดยมีค่าสูงสุด 0.97 ค่าต่ำสุด -0.77 ค่าเฉลี่ย 0.24 รองลงมาคือ ระยะ 61 DAS ($R^2=0.43$) ค่าสูงสุด 1.00 ค่าต่ำสุด -0.55 ค่าเฉลี่ย 0.24 ระยะ 16 DAS ($R^2=0.08$) ค่าสูงสุด 0.95 ค่าต่ำสุด -0.37 ค่าเฉลี่ย 0.19 และระยะ 7 วัน ($R^2=0.01$) ค่าสูงสุด 0.93 ค่าต่ำสุด -0.51 ค่าเฉลี่ย 0.11 ตามลำดับ (Figure 4)

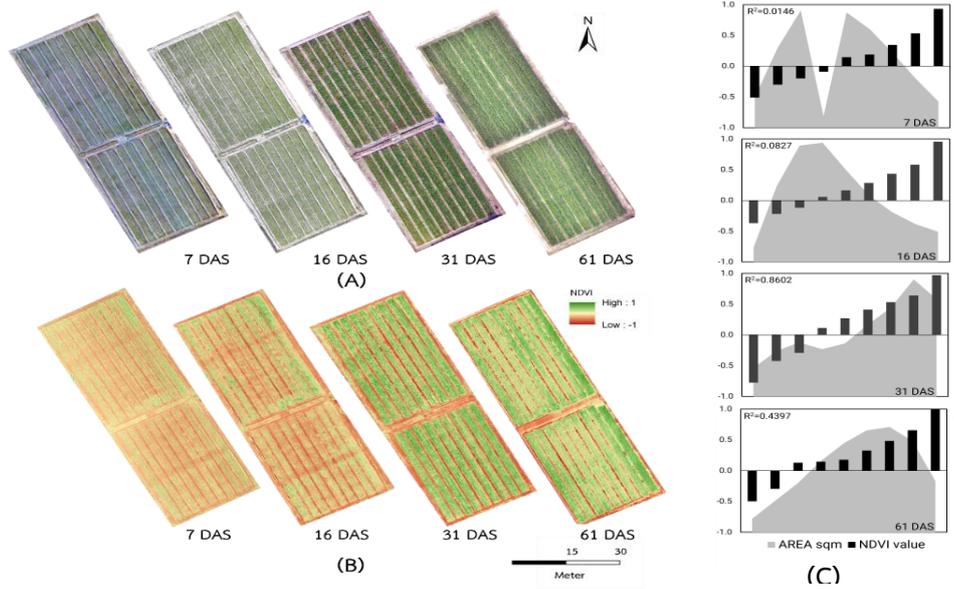


Figure 4 RGB (A), NDVI (B) of vegetable soybeans, correlation of NDVI value and area (C)

การติดตามผลผลิตโดยกำหนดตำแหน่งที่ใช้เป็นตัวแทนในการเก็บข้อมูลผลผลิตในแปลงปลูก ขนาด 2x2 เมตร จำนวน 20 จุด นำข้อมูลผลผลิตเปรียบเทียบกับค่า NDVI จากภาพถ่ายที่ระยะ 31 DAS (Figure 5A) จากการหาความสัมพันธ์ทางสถิติ พบว่าค่า NDVI ของถั่วเหลือง

ฝักสดที่ระยะ 31 DAS มีค่าอยู่ในช่วง 0.65–0.79 และ โดยมีผลผลิตรวมอยู่ในช่วง 1,200–1,330 กรัม/ 2 ตารางเมตร (960–1,064 กิโลกรัม/ไร่) พบว่าผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามค่า NDVI โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.80 (Figure 5B)

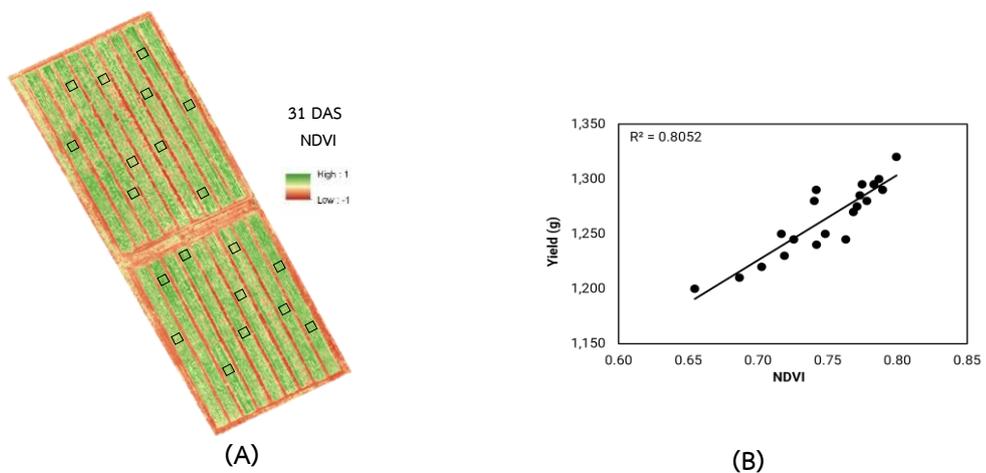


Figure 5 Vegetable soybean yield sampling position (A) and correlation of NDVI value and yield (B)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ภาพถ่ายถั่วเหลืองฝักสดจากอากาศยานไร้คนขับ DJI Pantom 4 Multispectral ทั้ง 6 รูปแบบ เมื่อนำมาประมวลผลเพื่อสร้างภาพถ่ายทางอากาศสีผสมจริง RGB และ NDVI เพื่อนำไปแปรข้อมูลภาพด้วยสายตาเมื่อพิจารณาจากภาพในมุมมองแนวตั้งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างทางสรีรวิทยา โดยที่ภาพ RGB แสดงให้เห็นถึงต้นถั่วเหลืองฝักสดที่มีใบสีเขียว และภาพของต้นถั่วเหลืองฝักสดที่ใบมีความเข้มของสีเขียวลดลง และขนาดของต้นที่เล็กกว่า รวมถึงภาพของพื้นดินในแปลงปลูก ส่วนภาพ NDVI ผลของการผสมสีเท็จแสดงในส่วนที่เป็นใบออกมาเป็นสีเขียว ส่วนที่ไม่มีใบปกคลุมหรือพื้นดินที่แสดงออกมาเป็นสีแดงและเหลืองในส่วนของซากพืช ซึ่งสามารถจำแนกวัตถุในภาพทั้ง 2 รูปแบบได้ด้วยสายตา โดยค่า NDVI ที่แสดงในแต่ละจุดภาพนั้นสามารถแปรผันเป็นตัวเลขได้ตั้งแต่ -1 ถึง +1 โดยค่าบวกแสดงถึงความแข็งแรงทางพืชของพืช ในขณะที่ค่าลบบ่งชี้ว่าเป็นพื้นดินหรือไม่มีพืชพรรณ (Liu *et al.*, 2006)

จากการหาความสัมพันธ์พบว่าค่า NDVI ของถั่วเหลืองฝักสดที่ระยะ 31 DAS (R1) มีความสัมพันธ์กับผลผลิตมากที่สุด ซึ่งข้อมูลเป็นไปในทิศทางเดียวกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากการศึกษา ของ Sermasak and Boonjung (2007) ใช้ค่า NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ในการติดตามถั่วเหลืองระยะต่าง ๆ ได้แก่ 25, 30, 40, 50, 60 และ 75 DAS และนำค่า NDVI มาหาความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้ง พบว่าบริเวณส่วนกลางใบและอายุถั่วเหลืองที่มีผลต่อค่าการสะท้อนมากที่สุด คืออายุ 30 วัน (R1) จากนั้นจะลดลงเมื่ออายุ 50-60 DAS โดยที่ค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่ออายุ 60-75 DAS และข้อมูลจากการศึกษาค่า NDVI จากอากาศยานไร้คนขับของ Silva *et al.* (2020) ซึ่งยืนยันข้อมูลค่า NDVI มีผลโดยตรงต่อผลผลิตของถั่วเหลือง สอดคล้องกับ Trindade *et al.* (2019) แบบจำลองการทำนายผลผลิตเมล็ด

ถั่วเหลืองที่ดีที่สุด โดยใช้ค่า NDVI กับการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสดที่ระยะ R1-2 และการศึกษาของ Shammi *et al.* (2024) ค่า NDVI ในระยะการพัฒนาฝักเริ่มแรก (R1) มีความสามารถในการทำนายผลผลิตถั่วเหลืองได้ดีที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจากค่า NDVI จากอากาศยานไร้คนขับ DJI Pantom 4 Multispectral ในการติดตามการเจริญเติบโตและประเมินผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด โดยค่า NDVI ของถั่วเหลืองฝักสดที่ระยะ 31 DAS (R1) มีความสัมพันธ์กับผลผลิต ($R^2=0.86$) มากที่สุด จึงสามารถใช้ในการประเมินผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดจากเหตุการณ์และเงื่อนไขได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และงบประมาณในการศึกษาวิจัย และข้อมูลเพิ่มเติมในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Alabi, T.R., A.T. Abebe, G. Chigeza and K.R. Fowobaje. 2022. Estimation of soybean grain yield from multispectral high-resolution UAV data with machine learning models in West Africa. **Remote Sensing Applications: Society and Environment** 27(2022): 100782.
- GISTDA. 2018. **Remote Sensing Glossary**. Bangkok: Matchon Premium Print. 296 p. [in Thai]

- Khunplueg, P., L. Sangla, A. Chanmaung and R. Sopa. 2011. Effect of spacing on quality and yield of aroma vegetable soybean. **Khon Kaen Agr. Journal** 39(Suppl.3): 153–157. [in Thai]
- Kouadio, L., El. Jarroudi, M. Belabess, Z. Laasli, S.-E. Roni, M.Z.K. Amine, I.D.I. Mokhtari, N. Mokrini, F.J. Junk and R. Lahlali. 2023. A review on UAV-based applications for plant disease detection and monitoring. **Remote Sens** 15: 4273.
- Liu, Y., S.M. Swinton and R.N. Miller. 2006. In site-specific yield response consistent over time? Does it pay? **JSTOR** 88(2): 471–483.
- Santana, D.C., M.F. Cotrim, M.S. Flores, F.H. Rojo Baio, L.S. Shiratsuchi, C.A.D. Silva Junior, L.P.R. Teodoro and P.E. Teodoro. 2021. Remote Sensing Applications. **Society and Environment** 23: 100534.
- Sepkota, S. and D.R. Paudyal. 2023. Growth monitoring and yield estimation of maize plant using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in a Hilly Region. **Sensors** 23(12): 5432.
- Sermsak, R. and H. Boonjung. 2007. **Application of Digital Image for Leaf Area Index Estimation of Soybean.** Nakhon Ratchasima: Suranaree Technology University. 17 p. [in Thai].
- Shammi, S.A., Y. Huang, G. Feng, H. Tewolde, X. Zhang, J. Jenkins and M. Shankle, 2024. Application of UAV multispectral imaging to monitor soybean growth with yield prediction through machine learning. **Agronomy** 14: 672.
- Silva, E.E., F.H. Rojo Baio, L.P. Ribeiro Teodoro C.A. da Silva Junior, R.S. Borges and P.E. Teodoro. 2020. UAV-multispectral and vegetation indices in soybean grain yield prediction based on in situ observation. **Remote Sensing Applications: Society and Environment** 18: 100318.
- Suksirirak, P. 2019. Real-time processing from multispectral camera for agriculture. **CRMA Journal** 17(2019): 75-85. [in Thai]
- Thaicharoen, K. and J. Majandang. 2022. The development of equation of sugarcane yield prediction using vegetation index from Sentinel-2 Satellite imagery: a case study in Chaiwan district, Udon Thani province. **Journal of Science Technology MSU** 41(6): 317–324. [in Thai]
- Trindade, F.S., M.C. Alves, R. Noetzold, I.C. Andrade and A.A.A. Pozza. 2019. Relação espectro-temporal de índices de vegetação com atributos do solo e produtividade da soja Revista de Ciências Agrárias. **Amazonian Journal** 62(1): 1-11.
- Xue, J. and B. Su. 2017. Significant remote sensing vegetation indices: a review of developments and applications. **Journal of Sensor** 2017: 1–17.

การประยุกต์ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความยาวคลื่นใกล้เคียงช่วงอินฟราเรด
เพื่อตรวจสอบการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศ (*Cylas formicarius*)
ในมันเทศสีม่วง (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)

Application of Near Infrared Spectroscopy to Detect Infestation of Sweet Potato
Weevil (*Cylas formicarius*) in Purple Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)

กวิณธิดา สุขใส¹ ปาริชาติ เทียนจุมพล^{2,3} พลภุชฌ์ มณีวระ^{2,3} พวงเพชร เหมรัตน์ตระกูล^{1,3}
และพิมพีใจ สีหะนาม^{1,2,3*}

Kawinthida Suksai¹, Parichat Theanjumpol^{2,3}, Phonkrit Maniwara^{2,3}
Phuangphet Hemrattrakul^{1,3} and Pimjai Seehanam^{1,2,3*}

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่, 50200

²ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

³ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

¹Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiangmai University, Chiang Mai, Thailand 50200

²Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiangmai University, Chiang Mai, Thailand 50200

³Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division,
Office of the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok, Thailand 10400

*Corresponding author: pimjai193@gmail.com

Received: February 13, 2025

Revised: April 24, 2025

Accepted: April 30, 2025

Abstract

This research aimed to detect the infestation of sweet potato weevils (*Cylas formicarius*) of purple sweet potatoes after harvesting using near infrared (NIR) spectroscopy. The purple sweet potatoes were obtained from Pangda Royal Agricultural Station with a total of 171 purple sweet potato tubers composed of 86 normal and 85 weevil infested tubers. An NIR spectrometer was used to measure the spectrum at six points on each tuber. Before dividing the spectra of the samples into calibration and validation sets, six points spectra were averaged. All spectral data were analyzed using Principal Component Analysis (PCA) to investigate the data's variability. Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) was then employed to analyze and classify the spectral data of normal and infested tubers. The results showed that the PCA technique was unable to effectively demonstrate the variability in the spectral data obtained from the two sample groups. However, the NIR spectra preprocessed by the second derivative method and the PLS-DA technique were able to detect the sweet potato weevil infestation with an accuracy of 92.94%. The important wavelengths for verification were 1,395 and 1,878–

1,945 nm. As a result, NIRS and the PLS-DA model have the potential to be used to investigate the infestation of the sweet potato weevil in purple sweet potatoes.

Keywords: non-destructive detection, chemometrics, purple sweet potatoes, sweet potato weevil

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศ (*Cylas formicarius*) ในมันเทศสีม่วงภายหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความยาวคลื่นใกล้เคียงช่วงอินฟราเรด (Near Infrared (NIR) spectroscopy) นำมันเทศสีม่วงจากสถานีเกษตรหลวงปางดะ 171 หัว ประกอบด้วยมันเทศสีม่วงหัวปกติ 86 หัว และหัวที่ถูกด้วงงวงมันเทศเข้าทำลาย 85 หัว ทำการวัดสเปกตรัมจำนวน 6 จุดต่อหัว ด้วย NIR spectrometer คำนวณค่าเฉลี่ย แล้วแบ่งสเปกตรัมของตัวอย่างทั้งหมดออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดสร้างและชุดทดสอบสมการ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิค Principle Component Analysis (PCA) เพื่อศึกษาความแปรปรวนของข้อมูล จากนั้นวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลสเปกตรัมของมันเทศสีม่วงหัวปกติและหัวที่ถูกด้วงงวงมันเทศเข้าทำลาย ด้วยวิธี Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) ผลการทดลองแสดงว่าเทคนิค PCA ไม่สามารถแสดงลักษณะความแตกต่างของข้อมูลสเปกตรัมจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสองได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามสเปกตรัมที่ปรับแต่งข้อมูลโดยวิธี Second Derivative และเทคนิค PLS-DA สามารถแยกหัวมันเทศสีม่วงที่ถูกด้วงงวงทำลายออกจากมันเทศหัวปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น วิธีนี้จึงเหมาะสมสำหรับตรวจสอบการเข้าทำลายของด้วงงวงในหัวมันเทศสีม่วง โดยมีความแม่นยำอยู่ที่ 92.94 เปอร์เซ็นต์ และความยาวคลื่นที่สำคัญในการตรวจสอบคือ 1,395 และ 1,878–1,945 นาโนเมตร ดังนั้นการใช้ NIR ร่วมกับการสร้างแบบจำลองวิเคราะห์จำแนกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธี PLS-DA จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำมาตรวจสอบการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศในมันเทศสีม่วง

คำสำคัญ: การตรวจสอบโดยไม่ทำลายตัวอย่าง

เคโมเมทริกซ์ มันเทศสีม่วง ด้วงงวงมันเทศ

คำนำ

มันเทศ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea batatas* (L.) Lam. ประเทศไทยสามารถปลูกมันเทศได้ตลอดทั้งปี โดยเกษตรกรในแต่ละพื้นที่จะปลูกมันเทศในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน พื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พิจิตร พิษณุโลก พิจิตร เลย เพชรบูรณ์ และกาญจนบุรี นิยมปลูกมันเทศในช่วงฤดูฝน โดยเริ่มปลูกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน และเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนกันยายนถึงตุลาคม การผลิตมันเทศมักประสบปัญหาการเข้าทำลายของแมลง โดยแมลงที่เป็นสาเหตุสำคัญที่สุดซึ่งส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อการผลิตมันเทศทั่วประเทศคือ ด้วงงวงมันเทศ (Dharmaritivedya and Mondet, 2020)

ด้วงงวงมันเทศ (*Cylas formicarius*) จัดอยู่ในวงศ์ Curculionidae อันดับ Coleoptera สามารถเข้าทำลายทุกระยะการเจริญเติบโตของมันเทศ โดยจะวางไข่บริเวณโคนต้น ซึ่งไข่จะเจริญเป็นตัวหนอนสีขาว หัวสีน้ำตาล และสามารถเจาะเข้าไปในเถาและหัว จากนั้นจะเจริญเติบโตเป็นดักแด้และตัวเต็มวัยภายในหัวมันเทศ ส่งผลให้หัวมันเทศมีคุณภาพต่ำ อีกทั้งหัวมันเทศยังตอบสนองต่อการเข้าทำลายของแมลง โดยผลิตสารประกอบ terpenoid ซึ่งเป็นสารที่มีรสขมและมีกลิ่นเหม็น ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค หากการเข้าทำลายของแมลงเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้หัวมีน้ำหนักน้อย เนื้อเปลี่ยนเป็นสีดำ ยุ่ม มีกลิ่นเหม็น อีกทั้งยังเป็นช่องทางให้เชื้อจุลินทรีย์ในดินเข้าทำลาย ส่งผลให้หัวมันเทศเน่าเสีย

ในที่สุด และเป็นสาเหตุการสูญเสียของผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว (Reaching Agents of Change Training of Trainers (ToT) Manual, 2018)

สำหรับการปลูกมันเทศในประเทศไทยพบปัญหาการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศสามารถเข้าทำลายทุกระยะการเจริญเติบโต ซึ่งพบการระบาดทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ (Horticulture Research Institute, 2016) โดย Thongrak *et al.* (2016) รายงานว่า จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นพื้นที่เศรษฐกิจในการปลูกมันเทศ มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อฤดูกาลประมาณ 2,714,974 กิโลกรัม เกิดความเสียหายจากการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศปริมาณมาก คือ 450,068 กิโลกรัม หรือ 16.58 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตต่อฤดูกาล

การใช้เทคนิคคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความยาวคลื่นใกล้ เคียง ช่วงอินฟราเรด (Near Infrared (NIR) spectroscopy) เป็นเทคนิคการประเมินคุณภาพที่ไม่มีผลกระทบต่อตัวอย่าง โดยใช้คลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 800–2,500 นาโนเมตร ซึ่งสัมพันธ์กับการสั่นของพันธะในโมเลกุลของสารอินทรีย์ในผลผลิต เมื่อมีการสั่นของพันธะจะเกิดคลื่นความถี่ที่ตรงกับความถี่ของคลื่นแสง NIR แสงนั้นจะถูกดูดกลืน แล้วจึงนำค่าการดูดกลืนแสงดังกล่าวไปหาความสัมพันธ์กับคุณภาพหรือค่าวิเคราะห์ทางเคมีโดยวิธีเคมีเมทริกซ์ (chemometrics) เพื่อให้ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายคุณสมบัติของตัวอย่างทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ (Boonyakiat, 2020) ปัจจุบันมีรายงานการใช้เทคนิค NIRS ในการตรวจสอบการเข้าทำลายของศัตรูพืชในตัวอย่างผลผลิตทางการเกษตรหลายด้าน เช่น การตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงในผลเกาลัด (Moschetti *et al.*, 2014) นอกจากนี้ยังมีการใช้ตรวจสอบและประเมินความเสียหายจากการเข้าทำลายของแมลงภายในผลพุทรา (Wang *et al.*, 2011) รวมไปถึงการใช้ตรวจสอบไข่และหนอนของแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วง (Saranwong *et al.*, 2010) และสามารถตรวจสอบอาการเนื่อเยื่อตาย (necrosis) ภายในหัวมันเทศที่บริเวณผิวถึงระดับความลึก

5±0.5 มิลลิเมตร พบว่ามีประสิทธิภาพในการตรวจสอบอาการเนื่อเยื่อตายได้อย่างแม่นยำ (Kudenov *et al.*, 2021) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเทคนิค NIR สามารถตรวจสอบความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตรที่ไม่สามารถมองเห็นจากภายนอกได้หลากหลายชนิด โดยเป็นวิธีการประเมินคุณภาพโดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง ประหยัดเวลาและลดการใช้สารเคมีในการตรวจสอบผลผลิต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำเทคนิค NIR มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศในมันเทศสีม่วงภายหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อเป็นแนวทางในการนำเทคนิค NIR ไปใช้ตรวจสอบความเสียหายจากการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศ เพื่อลดระยะเวลาในการประเมินการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศเบื้องต้นก่อนการเก็บรักษาและจำหน่าย อีกทั้งยังสามารถยกระดับมาตรฐานการผลิตและควบคุมคุณภาพของมันเทศสีม่วงในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างมันเทศสีม่วง

ทำการเก็บเกี่ยวมันเทศสีม่วงที่ระยะความแก่ทางการค้าจากแปลงของเกษตรกรภายใต้การดูแลของสถานีเกษตรหลวงปางดะ มูลนิธิโครงการหลวง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 171 หัว ทำการคัดแยกมันเทศสีม่วงหัวปกติและที่ถูกด้วงงวงมันเทศเข้าทำลายจำนวน 86 และ 85 หัว ตามลำดับ จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติก โดยขนส่งภายใต้สภาพอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มายังห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เช็ดทำความสะอาดหัวมันเทศด้วยผ้าชุบน้ำบิดหมาด แล้วติดสติ๊กเกอร์ระบุบริเวณที่จะทำการวัดสเปกตรัม หัวละ 6 จุด โดยแบ่งออกเป็นด้านหน้าและด้านหลัง แต่ละหัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายหัว (Figure 1A และ 1B) จากนั้นนำไปวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer (รุ่น Multi-purpose

Analyzer (MPA) บริษัท Bruker POTIK GmbH ประเทศเยอรมนี ช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 800–2,500 นาโน

เมตร ด้วยหัววัดใยแก้วนำแสง (fiber optic probe) ระบบการวัดแบบ Interactance



Figure 1 Spectral acquisition: 6 points per tuber, (A) front and (B) back views of sample

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำสเปกตรัมดั้งเดิม (สเปกตรัมที่ยังไม่ผ่านการปรับแต่ง) มาหาค่าเฉลี่ยสเปกตรัม ปรับแต่งด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ Standard Normal Variate (SNV) Multiplicative Scatter Correction (MSC) อนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง (First Derivative) และอนุพันธ์อันดับที่สอง (Second Derivative) โดยแบ่งตัวอย่างมันเทศออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มสร้างสมการเทียบมาตรฐาน (calibration set) จำนวน 86 หัว (ประกอบด้วยมันเทศหัวปกติ จำนวน 43 หัว และที่ถูกด้วงงวงมันเทศเข้าทำลาย จำนวน 43 หัว) และ 2) กลุ่มทดสอบสมการ (validation set หรือ prediction set) จำนวน 85 หัว ประกอบด้วย มันเทศหัวปกติ จำนวน 43 หัว และที่ถูกด้วงงวงมันเทศเข้าทำลาย จำนวน 42 หัว วิเคราะห์สเปกตรัมด้วยโปรแกรม The Unscramble (version 9.7 บริษัท CAMO Software AS ประเทศนอร์เวย์) ด้วยเทคนิค Principle Component Analysis (PCA) และ

Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค PLS-DA กำหนดให้กลุ่ม “-1” คือ มันเทศสีม่วงที่ถูกด้วงงวงมันเทศเข้าทำลาย และกลุ่ม “1” คือ มันเทศสีม่วงหัวปกติ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

ค่า Principal Component score แสดงให้เห็นว่าการใช้เพียง PC1 และ PC2 สามารถแสดงความแปรปรวนของข้อมูลสเปกตรัมดั้งเดิม รวมไปถึงสเปกตรัมที่ผ่านการปรับแต่งด้วยวิธี SNV, MSC, first derivative และ Second Derivative ได้เท่ากับ 98, 97, 97, 96 และ 48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 2A, 2B, 2C, 2D และ 2E ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างของข้อมูลสเปกตรัมที่ได้จากมันเทศหัวปกติและที่ถูกด้วงงวงมันเทศเข้าทำลาย ทั้งนี้มีสเปกตรัมบางส่วนที่แยกตัว

ออกมาจากกลุ่ม อาจเนื่องมาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อความแม่นยำในการใช้เครื่อง NIRS เช่น ลักษณะรูปร่างของผลิตภัณฑ์ ความมันเงา พื้นที่ผิวสัมผัส ความขรุขระ และขนาด (Muenmanee, 2020) อีกทั้งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้รับมาจากพื้นที่การผลิตที่หลากหลาย นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการซ้อนทับกัน (overlapping) ของข้อมูลสเปกตรัมทั้งในสเปกตรัมดั้งเดิมและสเปกตรัมที่ผ่านการปรับแต่งด้วยวิธีต่าง ๆ ได้ การวิเคราะห์สเปกตรัมด้วยเทคนิค PCA ไม่สามารถจำแนกความแตกต่างของข้อมูลสเปกตรัมของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองได้อย่างชัดเจน จำเป็นต้องนำข้อมูลสเปกตรัมไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PLS-DA ซึ่งเป็นเทคนิคการแบ่งกลุ่มที่ประยุกต์จากการทำนาย PLS

การสร้างสมการเทียบมาตรฐาน

ผลของสมการเทียบมาตรฐานการวิเคราะห์จำแนกด้วยวิธี PLS-DA พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ของชุดสร้างสมการ (calibration set) อยู่ในช่วง 0.315–0.868 โดยสเปกตรัมที่ปรับแต่งด้วยวิธี Second Derivative มีค่า R^2 สูงที่สุดคือ 0.868 นอกจากนี้ยังมีค่า Root Mean Square Error of Calibration (RMSEC) ต่ำที่สุดคือ 0.363 เมื่อนำสมการที่ได้ไปตรวจสอบกับข้อมูลของชุดทดสอบสมการ (prediction set) พบว่าสเปกตรัมที่ปรับแต่งด้วยวิธี Second Derivative มีค่า Q^2 มากที่สุดคือ 0.707 และมีค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของตัวอย่างในชุดทดสอบสมการ (Standard Error of Prediction, SEP) และค่า Root Mean Square Error of Prediction (RMSEP) ต่ำที่สุดคือ 0.54 และ 0.54 ตามลำดับ (Table 1) โดยสมการที่ดีควรมีค่า R^2 เข้าใกล้ 1 หรือเท่ากับ 1 และค่า SEP ที่คำนวณได้มีค่าน้อย หมายความว่า สมการที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำสูง (Williams, 2007)

สำหรับผลการวิเคราะห์จำแนกมันเทศหัวปกติ และที่ถูกดั่งวงมันเทศเข้าทำลายของสมการ PLS-DA พบว่า สามารถตรวจสอบการเข้าทำลายของดั่งวงมันเทศ

ในมันเทศสีม่วงได้ ซึ่งสเปกตรัมที่ผ่านการปรับแต่งด้วยวิธี Second Derivative มีค่าความแม่นยำ (accuracy) ในการตรวจสอบมากที่สุด โดยชุดสร้างสมการมีค่าความแม่นยำเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของชุดทดสอบสมการมีค่าความแม่นยำเท่ากับ 92.94 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ค่า Residual Predictive Deviation (RPD) ของสเปกตรัมที่ผ่านการปรับแต่งด้วยวิธี Second Derivative มีค่ามากที่สุดคือ 1.84 (Table 2) โดยค่า RPD สามารถพิจารณาได้จากอัตราส่วนระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) กับ SEP ของข้อมูลชุดทดสอบสมการ หากค่าที่คำนวณได้มีค่าสูง หมายถึง ค่าผิดพลาดมาตรฐานที่ทำนายได้จาก NIR มีค่าน้อยกว่าค่าผิดพลาดมาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์จริง (Williams, 2007)

สัมประสิทธิ์การถดถอย

ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการเทียบมาตรฐาน หรือ regression coefficients ของสเปกตรัมที่ผ่านการปรับแต่งด้วยวิธี Second Derivative ในช่วงคลื่นสั้น ตั้งแต่ 800–1,100 นาโนเมตร (Figure 3A) โดยความยาวคลื่นที่สำคัญคือ 810–820 และ 868 นาโนเมตร สัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลของมันเทศ (Choi *et al.*, 2017) ความยาวคลื่นที่ 874 นาโนเมตรคือ third overtone ของพันธะ C-H ในโมเลกุลของเบนซีน (Osborne *et al.*, 1993) ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับโมเลกุลของสารประกอบแอโรมาติก เช่น ฟิวแรน (furan) ซึ่งเป็นสารประกอบที่สำคัญในการสร้างสารระเหยที่อาจจะเกี่ยวข้องกับสารให้กลิ่นที่สำคัญ (odor activity value) (Yao *et al.*, 2024) อีกทั้งยังอาจสัมพันธ์กับโมเลกุลของแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารสีที่สำคัญในมันเทศสีม่วง (Amoanimaa-Dede *et al.*, 2020)

เมื่อพิจารณาในช่วงคลื่นยาว 1,100–2,500 นาโนเมตร (Figure 3B) พบว่าความยาวคลื่นที่สำคัญและสอดคล้องกับองค์ประกอบทางเคมีของมันเทศสีม่วง ได้แก่ ความยาวคลื่น 1,396 นาโนเมตรคือ first overtone ของ O-H ในโมเลกุลของฟีนอล (Ribeiro *et al.*, 2011) ความ

ยาวคลื่น 1,870 นาโนเมตร อาจมีความสัมพันธ์กับโปรตีน (Magwaza *et al.*, 2016) ความยาวคลื่น 1880 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับน้ำ (Lan, 2021) ความยาวคลื่น 1,955 นาโนเมตร สัมพันธ์กับโครงสร้างของเอสเทอร์ (Wu *et al.*, 2023) และความยาวคลื่น 2,000 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับแป้ง (Phanomsophon *et al.*, 2022) ในกรณีของความยาวคลื่นที่อาจจะสอดคล้องกับดิวงวงไขมันเทศ ได้แก่ ความยาวคลื่น 1,395 นาโนเมตร คือ combination ของพันธะ C-H ในโมเลกุลของไคตินและไขมัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของแมลง (Johnson, 2020) อีกทั้งยังสัมพันธ์กับปริมาณเอนไซม์ Kitinase โดย Hou *et al.* (1998) รายงานว่าในใบและลำต้นของมันเทศที่ถูกแมลงเข้าทำลาย จะมีปริมาณเอนไซม์ Kitinase มากกว่าในมันเทศปกติ และความยาวคลื่น 1,878 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับสารในกลุ่มไตรกลีเซอไรด์ (Huang *et al.*, 2023) สอดคล้องกับช่วงวัยที่แมลงอยู่ในระยะตัวอ่อน ซึ่งจะเกิดการสะสมไขมันในปริมาณมาก อีกทั้งไตรกลีเซอไรด์ยังเป็นองค์ประกอบของสารประกอบประเภทไขมันมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (Pantoa, 2020) โดยความยาวคลื่น 1,878–1,945 นาโน

เมตร คือ third overtone ของ C-H ในโมเลกุลของ terpene ซึ่งมีความสอดคล้องกับรายงานของ Ercioglu *et al.* (2018) ทั้งนี้ยังสัมพันธ์กับสารไฟโตอะเล็กซิน (phytoalexin) ในกลุ่ม furanoterpenoids ได้แก่ ipomeamarone (Oguni and Uritani, 1974), dehydro ipomeamarone (Clark *et al.*, 1981), 4-ipomeanol (Beier, 1990) และ 1,4-ipomeadiol (Shen, 1997) ซึ่งเป็นสารที่มันเทศสร้างขึ้นเมื่อมีการเข้าทำลายของโรคหรือแมลง และสารดังกล่าวทำให้เกิดกลิ่นเหม็นในมันเทศ (Wamalwa *et al.*, 2015) นอกจากนี้ที่ความยาวคลื่น 2,327, 2,374 และ 2,450 นาโนเมตร คือพันธะของ C-H (Ribeiro *et al.*, 2011) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างเซลล์ของมันเทศและแมลง จากผลสัมประสิทธิ์การถดถอยแสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PLS-DA พบความยาวคลื่นที่สำคัญในการตรวจสอบและจำแนกมันเทศที่ถูกดิวงวงมันเทศเข้าทำลายออกจากมันเทศหัวปกติได้ ทั้งโมเลกุลของสารประกอบแอโรมาติก สารให้กลิ่น รวมไปถึงเอนไซม์ที่สามารถพบได้จากการเข้าทำลายของดิวงวงมันเทศ

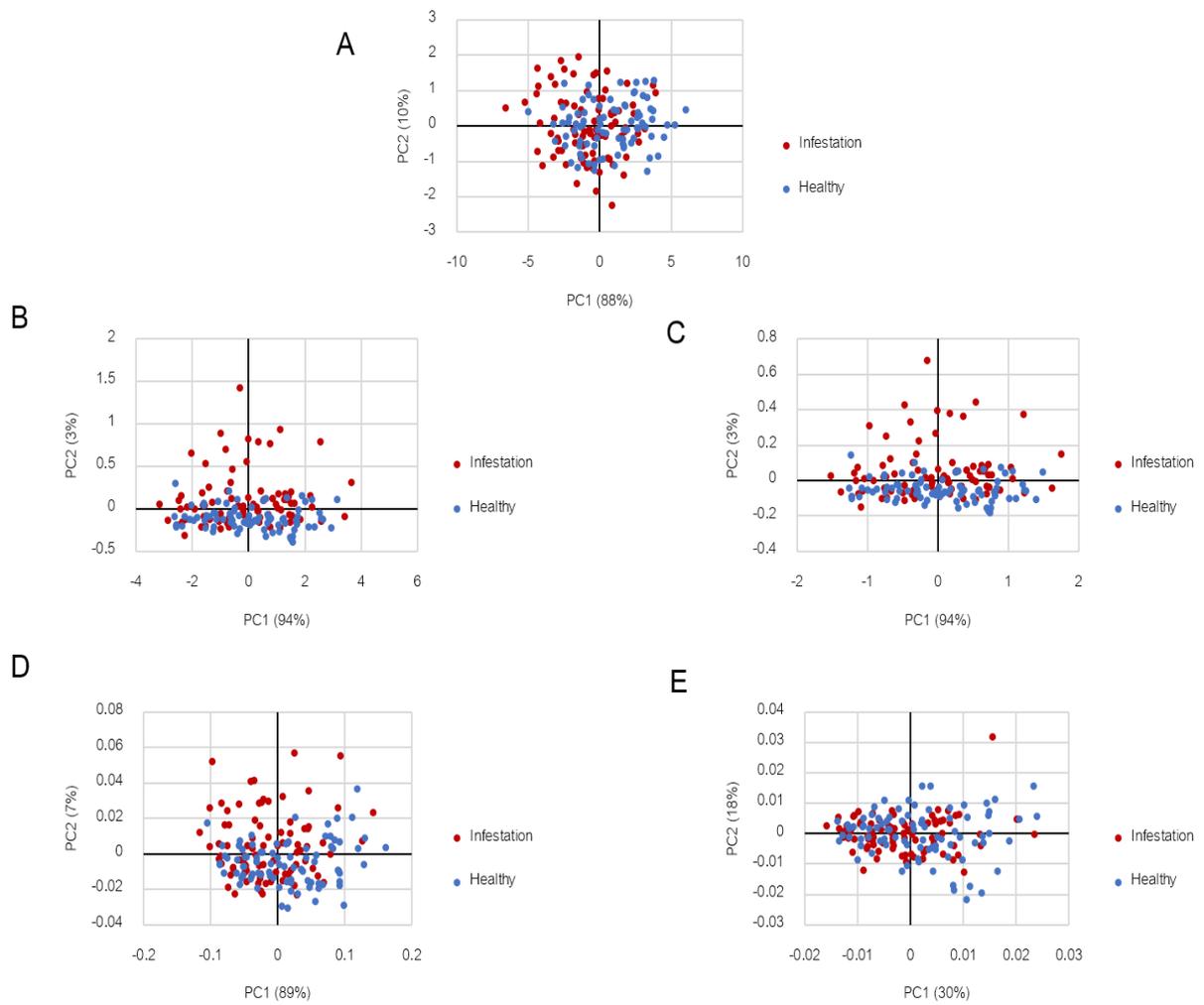


Figure 2 Principal component (PC) scores plot of near infrared spectra of sweet potatoes obtained from different spectral preprocessing techniques, i.e., (A) original spectra, (B) standard normal variate (SNV), (C) multiplicative scatter correction (MSC), (D) first derivative, and (E) second derivative

Table 1 Partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) results for calibration and prediction sets

Data preprocessing	Calibration set (n=86)			Prediction set (n=85)			
	R ²	SEC	RMSEC	Q ²	SEP	RMSEP	bias
Original	0.453	0.744	0.740	0.270	0.854	0.854	-0.096
SNV	0.508	0.705	0.701	0.187	0.905	0.902	-0.054
MSC	0.315	0.833	0.828	0.261	0.853	0.860	-0.140
First derivative	0.412	0.771	0.767	0.174	0.914	0.909	-0.017
Second derivative	0.868	0.365	0.363	0.707	0.543	0.541	-0.032

SNV: standard normal variate; MSC: multiplicative scatter correction; n: number of samples; R²: coefficient of determination; Q²: coefficients of determination for validation; SEC: standard error of calibration; SEP: standard error of prediction; RMSEC: root mean square error of calibration; RMSEP: root mean square error of calibration

Table 2 Discrimination results of normal and infested sweet potatoes by PLS-DA

Data Preprocessing		Calibration set (n=86)		Prediction set (n=85)	
		Normal	Infestation	Normal	Infestation
Original	Normal	35	8	32	11
	Infested	3	40	10	32
	Accuracy	87.21		75.29	
	RPD			1.171	
SNV	Normal	34	9	33	10
	Infested	6	37	12	30
	Accuracy	82.56		74.12	
	RPD			1.104	
MSC	Normal	34	9	29	14
	Infested	11	32	10	32
	Accuracy	76.74		71.76	
	RPD			1.172	

Table 2 (Continued)

Data	Calibration set (n=86)		Prediction set (n=85)		
	Preprocessing	Normal	Infestation	Normal	Infestation
First derivative	Normal	33	10	30	13
	Infested	9	34	10	32
	Accuracy	77.91		72.94	
	RPD			1.094	
Second derivative	Normal	43	0	41	2
	Infested	0	43	4	38
	Accuracy	100		92.94	
	RPD			1.840	

SNV: standard normal variate; MSC: multiplicative scatter correction; n: number of samples; RPD: residual predictive deviation

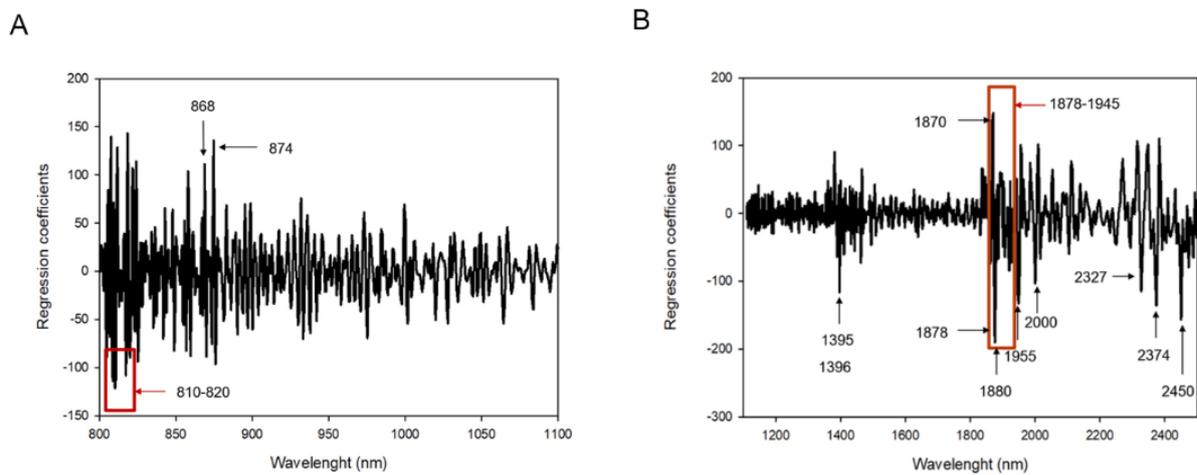


Figure 3 Regression coefficient plot of (A) short wavelength and (B) long wavelength from second derivative spectra for PLS-DA model

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการใช้เทคนิคคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความยาวคลื่นใกล้เคียงช่วงอินฟราเรด หรือ NIRS เพื่อตรวจสอบการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศในมันเทศสีม่วง สามารถสรุปได้ว่า การใช้เทคนิค NIR ร่วมกับ PCA ไม่สามารถแสดงลักษณะความแตกต่างของข้อมูลสเปกตรัมได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามสเปกตรัมที่ผ่านการปรับแต่งข้อมูลโดยวิธี Second Derivative ร่วมกับการใช้เทคนิค PLS-DA สามารถตรวจสอบการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศในมันเทศสีม่วงได้ที่ระดับความแม่นยำ 92.94 เปอร์เซ็นต์ โดยความยาวคลื่นที่สำคัญในการตรวจสอบ คือ ความยาวคลื่น 1,395 นาโนเมตร สัมพันธ์กับโมเลกุลของโคตินและไขมัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างของแมลง และความยาวคลื่น 1,878–1,945 นาโนเมตร สัมพันธ์กับสารที่มันเทศสร้างขึ้นเมื่อมีการเข้าทำลายของโรคหรือแมลง

การใช้เทคนิค NIR สามารถนำมาใช้ตรวจสอบความเสียหายจากการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศได้อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาในการประเมินการเข้าทำลายของด้วงงวงมันเทศเบื้องต้นก่อนการเก็บรักษาและจำหน่าย แต่ถ้าต้องการใช้ในการควบคุมคุณภาพของมันเทศสีม่วงในเชิงพาณิชย์ ยังมีความจำเป็นในการปรับปรุงแบบจำลองให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยการเพิ่มปริมาณตัวอย่างให้มากขึ้น รวมถึงการเพิ่มพื้นที่การผลิตมันเทศให้ได้ผลผลิตที่มีความหลากหลายมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และสาขาวิชา

พืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Amoanimaa-Dede, H., C. Su, A. Yeboah, C. Chen, S. Yang, H. Zhu and M. Chen. 2020. Flesh color diversity of sweet potato: an overview of the composition, functions, biosynthesis, and gene regulation of the major pigments. *Phyton-International Journal of Experimental Botany* 89(4): 805–833.
- Beier, C. 1990. Natural pesticides and bioactive components in foods. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 113: 47–137.
- Boonyakiat, D. 2020. Evaluation of Product Quality by Non-destructive with NIR Spectroscopy. pp. 1–12. *In* Boonyakiat, D. and P. Theanjumpol (eds.). *Using NIR Spectroscopy to Evaluate the Quality of Agricultural Produce*. Bangkok: Postharvest Technology Innovation Center. [in Thai]
- Choi, J., P. Chen, B. Lee, S. Yim, M. Kim, Y. Bae, D. Lim and H. Seo. 2017. Portable, non-destructive tester integrating VIS/NIR reflectance spectroscopy for the detection of sugar content in Asian pears. *Scientia Horticulturae* 220: 147–153.

- Clark, C.A., A. Lawrence and F.A. Martin. 1981. Accumulation of furanoterpenoids in sweet potato tissue following inoculation with different pathogens. **Phytopathology** 71: 708–711.
- Dharmanitivedya, S. and E. Mondet. 2020. Sweet potato production technology. **Naresuan Agriculture Journal** 17(2): 1–12. [in Thai]
- Ercioglu, E., H.M. Velioglu and I.H. Boyaci. 2018. Determination of terpenoid contents of aromatic plants using NIRS. **Talanta** 178: 716–721.
- Horticulture Research Institute. 2016. **Sweet Potato Production Technology**. Bangkok: Department of Agriculture. 69 p. [in Thai]
- Hou, W., Y. Chen and Y. Lin. 1998. Chitinase activity of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam var. Tainong 57). **Botanical Bulletin of Academia Sinica** 39: 93–97.
- Huang, J., P. Wang, Y. Wu, L. Zeng, X. Ji, X. Zhang, M. Wu, H. Tong and Y. Yang. 2023. Rapid determination of triglyceride and glucose levels in *Drosophila melanogaster* induced by high-sugar or high-fat diets based on near-infrared spectroscopy. **Heliyon** 9(6): 1–11
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17389>
- Johnson, J.B. 2020. An overview of near-infrared spectroscopy (NIRS) for the detection of insect pests in stored grains. **Journal of Stored Products Research** 86: 101558.
<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101558>
- Kudenov, M.W., C.G. Scarboro, A. Altaqui, M. Boyette, G.C. Yencho and C.M. Williams. 2021. Internal defect scanning of sweet potatoes using interactance spectroscopy **Plos One** 16(2): 1–18.
- Lan, W. 2021. **Applications Using Infrared Spectroscopy to Detect and Bridge the Variability and Heterogeneity Before and After Fruit Processing: A Case Study on Apple Purees**. Doctoral Dissertation. Avignon Université. 398 p.
- Magwaza, L.S., S.I.M. Naidoo, S.M. Laurie, M.D. Laing and H. Shimelis. 2016. Development of NIRS models for rapid quantification of protein content in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) LAM.). **LWT-Food Science and Technology** 72: 63–70.
- Moscetti, R., R.P. Haff, S. Saranwong, D. Monarca, M. Cecchini and R. Massantini. 2014. Nondestructive detection of insect infested chestnuts based on NIR spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology** 87: 88–94.

- Muenmanee, N. 2020. Factors Affecting the Efficiency and Accuracy of NIR Spectroscopy. pp. 25–47. In Boonyakiat, D. and P. Theanjumol (eds.). **Using NIR Spectroscopy to Evaluate the Quality of Agricultural Produce**. Bangkok: Postharvest Technology Innovation Center. [in Thai]
- Oguni, I. and I. Uritani. 1974. Dehydroipomeamarone as an intermediate in biosynthesis of ipomeamarone, a phytoalexin from sweet potato root infected with *Ceratocystis fimbriata*. **Plant Physiology** 53(4): 649–652.
- Osborne, B.G., T. Fearn and P.H. Hindle. 1993. **Practice NIR Spectrometer with Applications in Food and Beverage Analysis**. 2nd ed. Harlow: Longman Scientific and Technical. 227 p.
- Pantao, T. 2020. Edible insects: nutrition value and their processing for utilization. **Food Journal** 50(1): 5–12. [in Thai]
- Phanomsophon, T., N. Jaisue, N. Tawinteung, L. Khurnpoon and P. Sirisomboon. 2022. Classification of N, P, and K concentrations in durian (*Durio Zibethinus* Murray CV. Mon Thong) leaves using near-infrared spectroscopy. **Engineering and Applied Science Research** 49(1): 127–132.
- Reaching Agents of Change Training of Trainers (ToT) Manual. 2018. **Everything You Ever Wanted to Know about Sweetpotato, Topic 7 – Sweetpotato Pest and Disease Management**. Lima, Perú: International Potato Center. 50 p.
- Ribeiro, J.S., M.M.C. Ferreira and T.J.G. Salva. 2011. Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy. **Talanta** 83(5): 1352-1358.
- Saranwong, S., W. Thanapase, N. Suttijitpukdee., R. Rittiron, S. Kasemsumran and S. Kawano. 2010. Applying near infrared spectroscopy to the detection of fruit fly eggs and larvae in intact fruit. **Journal of Near Infrared Spectroscopy** 18(4): 271–280.
- Shen, Y. 1997. Determination of furanoterpenoid toxins from sweet potato by thin-layer chromatography. **Chinese Journal of Chromatography** 15(4): 328–330.

- Thongrak, P., T. Namhong, N. Chalermnon, S. Busanit, W. Liaotrakoon, V. Liaotrakoon, S. Rawdsiri, W. Wongsangtham, W. Khunthachai, N. praditsrigul, S. Pacharoen and J. Butsai. 2016. **Development of Food Products from Sweet Potatoes Grown in Thap Nam Community, Bang Pahan District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province.** 72 p. *In* Research Report. Ayutthaya: Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. [in Thai]
- Wamalwa, L.N., X. Cheseto, E. Ouna, F. Kaplan, N.K. Maniania, J. Machuka, B. Torto and M. Ghislain. 2015. Toxic ipomeamarone accumulation in healthy parts of sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) storage roots upon infection by *Rhizopus stolonifer*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 63(1): 335–342.
- Wang, J., K. Nakano and S. Ohashi. 2011. Nondestructive detection of internal insect infestation in jujubes using visible and near-infrared spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology** 59(3): 272–279.
- Williams, P. 2007. Application to Agricultural and Marine Products. pp. 165–218. *In*. Ozaki, Y., W.F. McClure and A.A. Christy (eds.). **Near-Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology**. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc. Publication.
- Wu, H., C.G. Viejo, S. Fuentes, F.R. Dunshea and H.A.R. Suleria. 2023. The impact of wet fermentation on coffee quality traits and volatile compounds using digital technologies. **Fermentation** 9(1): 68. <https://doi.org/10.3390/fermentation9010068>
- Yao, Y., R. Zhang, R. Jia, Z. Yao, Y. Qiao and Z. Wang. 2024. Exploration of raw pigmented-fleshed sweet potatoes volatile organic compounds and the precursors. **Molecules** 29(3): 606. <https://doi.org/10.3390/molecules29030606>

ผลของความหนาแน่นที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการรอด
ของลูกปูภูเขา (*Potamon sp. V*) (Naiyanetr, 1998)
Effects of Different Stocking Densities on Growth Performance and Survival Rate
of Young Mountain Crab (*Potamon sp. V*) (Naiyanetr, 1998)

กิตติศักดิ์ ผุยชา^{1*} เสกสรร ชินวัง¹ ปริญญา มุลสิน² ประกิต สมัครคำ²
กฤษฎา บุรณารมย์³ และกิตติ วิรุณพันธุ์³
Kittisak Puycha^{1*}, Sakesan Chinwang¹, Parinya Moonsin², Prakrit Samarkra²
Khitsada Buranarom³ and Kitti Wirunpan³

¹สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34000

²สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34000

³สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34000

¹Program in Agriculture, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani, Thailand 34000

²Program in Biology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani, Thailand 34000

³Program in Animal Science, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani, Thailand 34000

*Corresponding author: bomfishery@gmail.com

Received: August 16, 2024

Revised: April 21, 2025

Accepted: April 30, 2025

Abstract

The objectives of this experiment were to study the different stocking densities on growth performance and survival rates of young mountain crab (*Potamon sp. V*). The experiment was laid out based on a Completely Randomized Design (CRD). The seven-days-old 84 young mountain crab with average beginning weight of 0.15 ± 0.01 grams with average carapace width of 0.55 ± 0.01 centimeters and carapace length of 0.51 ± 0.01 centimeters were raised in plastic boxes for 4 weeks. The densities of the young crabs were different in 4 treatments i.e. 4, 6, 8 and 10 heads per 0.18 m^2 or 22, 33, 44 and 55 head per m^2 . They were fed complete feed with 32% crude protein. Weight, carapace length, and carapace width were measured every 7 days. The study found that young mountain crab in each density showed significant different ($p < 0.05$) in growth performances including average increase in carapace width, carapace length, average weight, and specific growth. There was no different in survival rate ($p > 0.05$). The young mountain crab raised at 4 head/ 0.18 m^2 or 22 head/ m^2 showed the best growth performance and survival rate. Information from this study can be used as a basic data for further study or development on mountain crab raising.

Keywords: mountain crab (*Potamon sp. V*), stocking density, growth, survival rate

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อศึกษาความหนาแน่นที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปูภูเขา (*Potamon* sp. V) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทำการอนุบาลลูกปูภูเขาอายุ 7 วัน จำนวน 84 ตัว ที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.15 ± 0.01 กรัม/ตัว ความกว้างกระดองเฉลี่ยเริ่มต้น 0.55 ± 0.01 ซม. และความยาวกระดองเฉลี่ยเริ่มต้น 0.51 ± 0.01 ซม./ตัว อนุบาลในกล่องพลาสติกที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 4, 6, 8 และ 10 ตัว/0.18 ตร.ม. หรือ 22, 33, 44 และ 55 ตัว/ตร.ม. ตามลำดับ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยให้กินอาหารเม็ดสำเร็จรูป ที่มีระดับโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหาร เก็บข้อมูลโดยการชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และความกว้างกระดองของลูกปูภูเขาทุก ๆ 7 วัน ผลการศึกษาพบว่า ลูกปูภูเขาที่อนุบาลในแต่ละความหนาแน่นมีการเจริญเติบโตทั้งด้านความกว้างกระดองเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ความยาวกระดองเฉลี่ยเพิ่มขึ้น น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนอัตราการรอด พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยลูกปูภูเขาที่อนุบาลด้วยระดับความหนาแน่น 4 ตัว/0.18 ตร.ม. หรือ 22 ตัว/ตร.ม. มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตราการรอดดีที่สุด ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญ สำหรับการนำไปศึกษาต่อยอด และพัฒนาการเลี้ยงปูภูเขาต่อไป

คำสำคัญ: ปูภูเขา (*Potamon* sp. V) ความหนาแน่น การเจริญเติบโต อัตราการรอด

คำนำ

ปูภูเขา (*Potamon* sp. V) จัดเป็นปูน้ำจืดอยู่ใน Family Potamidae ที่มีขนาดใหญ่ชนิดหนึ่งที่พบการแพร่กระจายตามแนวเทือกเขา บริเวณลำธาร และแหล่งไหลตามแนวน้ำตก หรือซุดรูอยู่สองฝั่งของลำธารความลึกประมาณ 0.5–1 เมตร ซึ่งพบมากบริเวณแนวเขาในพื้นที่อำเภอปทุมทริก อำเภอนาจะหลวย และอำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี (Supajantira, 2002) ปูภูเขาชนิดนี้เป็นที่นิยมบริโภคภายในท้องถิ่น เป็นอาหารที่มีเฉพาะฤดูกาล ในช่วงปลายฤดูฝนถึงต้นฤดูหนาว เมื่อสมบูรณ์เพศจะมีขนาดใหญ่กว่าปูนา 2–3 เท่า โดยมีความยาวของกระดองประมาณ 3.5–5.5 ซม. ความกว้างของกระดองประมาณ 4.5–6.5 ซม. และน้ำหนักประมาณ 70–150 กรัม สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น นึ่ง แกง ย่าง และอ่อม ในปัจจุบันปูภูเขามีสีวิตในตลาดท้องถิ่นมีราคา กิโลกรัมละ 200–300 บาท อีกทั้งยังมีแนวโน้มได้รับความนิยมบริโภคมากขึ้น รวมถึงความต้องการของตลาดมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งปูภูเขาที่ขายตามตลาดท้องถิ่นนั้นเป็นปูที่ถูกจับมาจากธรรมชาติ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประชากรปูภูเขาในธรรมชาติลดลง มีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ รวมถึงภัยคุกคามอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อประชากรปูภูเขา เช่น มลภาวะทางน้ำที่เกิดจากการพัฒนาของอุตสาหกรรม การเกษตร และการตัดไม้ทำลายป่า ทำให้แหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติน้อยลง ส่งผลให้ประชากรปูลดลงตามไปด้วย (Suthamrit, 2020) ด้วยเหตุนี้จึงมีเกษตรกรนำปูภูเขาที่จับได้มาทดลองเพาะเลี้ยง แต่ยังไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากเกษตรกรยังขาดองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการ การเพาะเลี้ยงตามหลักวิชาการ รวมถึงปัจจุบันยังขาดข้อมูลการเพาะเลี้ยงปูภูเขาในทางวิชาการ

ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหลายชนิดเชิงพาณิชย์เป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่มุ่งเน้นระบบการอนุบาล และระบบการเลี้ยงแบบหนาแน่นเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดสัตว์น้ำแต่ละชนิด แต่การเลี้ยงแบบหนาแน่นสูงนั้น จะส่งผลให้สัตว์น้ำเกิดความเครียดแบบเรื้อรัง ซึ่งมีผลให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของสัตว์น้ำลดลง (Efrizal, 2017) จะเห็นได้ว่าอัตราความหนาแน่นในการเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาด้านการเพาะเลี้ยงปลุกูเขาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยต้องอาศัยหลักวิชาการ เช่น การศึกษาวิจัย เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการต่อยอดในด้านต่าง ๆ ได้ คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญดังกล่าว จึงได้นำพ่อแม่พันธุ์ปลุกูเขาจาก อำเภอหนองหวาย จังหวัดอุบลราชธานี มาเพาะขยายพันธุ์ในสถานที่ที่จัดเตรียมขึ้น ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการผสมพันธุ์และวางไข่ ณ โรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จนได้ลูกปลุกูเขาอายุ 7 วัน น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.15 ± 0.01 กรัม โดยนำขนาดลูกปลุกูเขาที่ได้เปรียบเทียบกับเคียงกับรายงานวิจัยของ Thaiso and Wongmaniprathip (2012) ศึกษาแหล่งโปรตีนที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายในการอนุบาลลูกปลุกูเขาที่มีอายุ 7 วัน น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.0064 ± 0.00 กรัม อนุบาลที่อัตราความหนาแน่น 25 ตัว/กระบะ หรือ 167 ตัว/ตร.ม. รวมถึง Pintasiri *et al.* (2020) ศึกษาการเลี้ยงปลุกูเขาที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.0082 ± 0.0002 กรัม/ตัว อัตราความหนาแน่น 25 ตัว/กะละมัง หรือ 385 ตัว/ตร.ม. ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปราที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และ Phinrub *et al.* (2022) ศึกษาการเลี้ยงปูม้าขนาด 0.44 กรัม ในถังพลาสติกด้วยความหนาแน่น 25 ตัว/ ตร.ม. มีอัตราการรอดตายดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากการศึกษาเหล่านี้กับปลุกูเขา พบว่าลูกปลุกูเขาที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นสูงกว่าลูกปลุกูเขาหลายเท่า ซึ่งอาจส่งผลต่อความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอนุบาล ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความ

หนาแน่นที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตราการรอดในการอนุบาลลูกปลุกูเขา เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานและใช้เป็นแนวทางในการอนุบาลลูกปลุกูเขาที่มีปริมาณเหมาะสมต่อขนาดพื้นที่ รวมถึงการนำข้อมูลไปพัฒนาต่อยอดในการเพาะเลี้ยงปลุกูเขาในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุด การทดลอง (Treatment) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (Replication) เพื่อศึกษาระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลุกูเขา ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ความหนาแน่น 4 ตัว/0.18 ตร.ม หรือ 22 ตัว/ตร.ม.

ชุดการทดลองที่ 2 ความหนาแน่น 6 ตัว/0.18 ตร.ม หรือ 33 ตัว/ตร.ม.

ชุดการทดลองที่ 3 ความหนาแน่น 8 ตัว/0.18 ตร.ม หรือ 44 ตัว/ตร.ม.

ชุดการทดลองที่ 4 ความหนาแน่น 10 ตัว/0.18 ตร.ม หรือ 55 ตัว/ตร.ม.

การเตรียมลูกปลุกูเขา

เตรียมลูกปลุกูเขาจากแม่พันธุ์ 10 ตัว โดยเป็นแม่พันธุ์ที่ได้จากการรวบรวม ณ โรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่มีไข่แก่เกาะติดจับปิ้ง (Abdomen) (Figure 1) นำมาพักไว้ในบ่อพลาสติกทรงกลม ขนาดความจุ 928 ลิตร (เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.50 x ความสูง 0.525 เมตร) ใส่สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายพวงกะโหลก ใส่อิฐบล็อก จำนวน 5 ก้อน ที่ขนาดความยาว 39 ซม. กว้าง 19 ซม. และหนา 7 ซม.

เพื่อเป็นแหล่งหลบซ่อนตัวของลูกปูภูเขา เติมน้ำสูง 5 ซม. ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาตู้เล็ก มีระดับโปรตีน ไม่น้อยกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่น้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ กากไม่น้อยกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ และความชื้น

ไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ที่เวลา 8.00 และ 16.00 น. จนกว่าไข่ฟักเป็นตัว เมื่อลูกปูหลุดออกจากส่วนท้อง (Abdomen) ของแม่ปูภูเขาแล้วจะนำแม่ปูภูเขาออกแล้วฟักลูกปูภูเขาไว้ เพื่อทำการศึกษาต่อไป



Figure 1 The female mountain crab carrying mature eggs

วิธีการทดลอง

นำลูกปูภูเขาอายุ 7 วัน หลังหลุดจากท้องแม่ปูที่เตรียมไว้ (Figure 2) ทำการคัดเลือกลูกปูที่มีขนาดใกล้เคียงกันที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 84 ตัว จากนั้นสุ่มลูกปูภูเขาจำนวน 28 ตัว คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนลูกปูภูเขาที่ต้องการศึกษา เพื่อกำหนดหาน้ำหนัก ความกว้าง และความยาวกระดองเริ่มต้นของลูกปู โดยลูกปูภูเขา มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.15 ± 0.01 กรัม ความกว้างกระดองเริ่มต้นเฉลี่ย 0.55 ± 0.01 ซม. และความยาวกระดองเริ่มต้นเฉลี่ย 0.51 ± 0.01 ซม. หลังจากนั้นทำการนับลูกปูภูเขาใส่ในกล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมขนาด 32×59 ซม. (ชุดการทดลองที่ 1 จำนวน 12 ตัว ซ้ำละ 4 ตัว ชุดการทดลองที่ 2 จำนวน 18 ตัว ซ้ำละ 6 ตัว ชุดการทดลองที่ 3 จำนวน 24 ตัว ซ้ำละ 8 ตัว และชุดการทดลองที่ 4 จำนวน 30 ตัว ซ้ำละ 10 ตัว) ใส่ น้ำบ่อละ 2

ลิตร ใส่พรรณไม้ น้ำ (สำหรับวางกระรอก) บ่อละ 300 กรัม และใส่วัสดุปูน (อิฐบล็อก) บ่อละ 1 ก้อน ที่ตัดให้มีขนาดความยาว 15 ซม. กว้าง 19 ซม. และสูง 7 ซม. ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาตู้เล็ก ระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 ครั้ง ที่เวลา 8.00 และ 16.00 น. เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ให้อาหารลูกปูกินจนอิ่ม สังเกตจากปริมาณอาหารที่ให้กินเหลือให้น้อยที่สุด เปลี่ยนถ่ายน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ ทุก 2 วัน ตรวจสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปู ทุก 1 สัปดาห์ โดยงดให้อาหารลูกปู วันที่มีการชั่งน้ำหนักและวัดขนาด (ความกว้างกระดอง (Carapace Width: CW; ซม.) และความยาวกระดอง (Carapace Length: CL; ซม.) (Figure 3) และบันทึกจำนวนลูกปูที่เหลือรอดทั้งหมดในแต่ละบ่อทดลอง



Figure 2 Seven-days-old young mountain crab

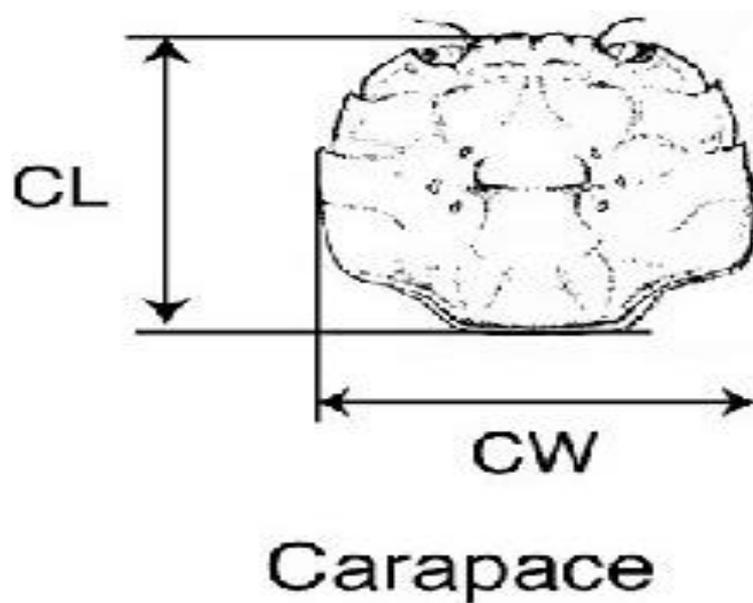


Figure 3 Methods of measuring carapace width (CW) and carapace length (CL)
(Kobayashi and Satake, 2017)

ศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต อัตราการรอด และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ศึกษาระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปูภูเขา โดยบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและอัตราการรอด

โดยชั่งน้ำหนัก และวัดขนาดความกว้าง ความยาวกระดองรวมในแต่ละชุดการทดลอง และจำนวนลูกปูเพื่อหาอัตราการรอด โดยเก็บข้อมูลทุก 1 สัปดาห์ จนถึงสิ้นสุดการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่เก็บได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตราการรอด ดังนี้

น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น	=	น้ำหนักปูเฉลี่ยสุดท้าย – น้ำหนักปูเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)	=	$\frac{(\ln \text{ น้ำหนักปูเฉลี่ยสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปูเฉลี่ยเริ่มต้น}) \times 100}{\text{ระยะเวลาการทดลอง (วัน)}}$
ความกว้างกระดองปูเฉลี่ยเพิ่มขึ้น	=	ความกว้างกระดองปูเฉลี่ยสุดท้าย – ความกว้างกระดองปูเฉลี่ยเริ่มต้น (ซม.)
ความยาวกระดองปูเฉลี่ยเพิ่มขึ้น	=	ความยาวกระดองปูเฉลี่ยสุดท้าย – ความยาวกระดองปูเฉลี่ยเริ่มต้น (ซม.)
อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)	=	$\frac{\text{จำนวนปูสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนปูเริ่มต้น (ตัว)}}$

เมื่อสิ้นสุดการศึกษานำผลข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (Khuantham, 2006)

ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

เริ่มต้นการทดลองลูกปูภูเขาที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.15±0.01 กรัม เมื่ออนุบาลด้วยระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 4, 6, 8 และ 10 ตัว/0.18 ตร.ม. หรือ 22, 33, 44 และ 55 ตัว/ตร.ม. ตามลำดับ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของลูกปูภูเขาที่อนุบาลด้วยระดับความหนาแน่นที่ 4 ตัว/0.18 ตร.ม. หรือ 22 ตัว/ตร.ม. ในชุดการทดลองที่ 1 มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยดีที่สุด เท่ากับ 1.01±0.02 กรัม

และ 7.24 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ซึ่งดีกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (Table 1) ส่วนความกว้างกระดองของลูกปูภูเขาเริ่มต้นเฉลี่ย 0.55±0.01 ซม. และความยาวกระดองเริ่มต้นเฉลี่ย 0.51±0.01 ซม. เมื่ออนุบาลด้วยระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 4, 6, 8 และ 10 ตัว/0.18 ตร.ม. หรือ 22, 33, 44 และ 55 ตัว/ตร.ม. ตามลำดับ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าลูกปูภูเขาที่อนุบาลด้วยระดับความหนาแน่นที่ 4 ตัว/0.18 ตร.ม. หรือ 22 ตัว/ตร.ม. ในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าความกว้างกระดองปูเฉลี่ยเพิ่มขึ้น และค่าความยาวกระดองปูเฉลี่ยเพิ่มขึ้นดีที่สุดเท่ากับ 0.96±0.01 และ 0.93±0.01 ซม. ตามลำดับ ซึ่งดีกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (Table 1) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าอัตราการรอดของลูกปูภูเขาที่เลี้ยงด้วยระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 91.66±4.16 – 100.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

Table 1 Average growth performance of young mountain crabs with different stocking densities for 4 weeks. (Mean±S.E.)

Growth performance	Different stocking densities (crabs/0.18 m ²)				
	4	6	8	10	P-value
Initial body weight (g)	0.15±0.01	0.15±0.01	0.15±0.01	0.15±0.01	0.3300
Final body weight (g)	1.17±0.01 ^a	1.13±0.01 ^a	1.04±0.02 ^b	0.99±0.04 ^b	0.0133*
Initial carapace width (cm)	0.55±0.01	0.55±0.01	0.55±0.01	0.55±0.01	0.1598
Final carapace width (cm)	1.51±0.01 ^a	1.49±0.02 ^a	1.46±0.01 ^b	1.45±0.01 ^b	0.0394*
Initial carapace length (cm)	0.51±0.01	0.51±0.01	0.51±0.01	0.51±0.01	0.9280
Final carapace length (cm)	1.45±0.02 ^a	1.42±0.01 ^a	1.37±0.02 ^b	1.34±0.02 ^b	0.0227*
weight gain (g)	1.01±0.02 ^a	0.98±0.01 ^{ab}	0.88±0.03 ^{bc}	0.84±0.04 ^c	0.0154*
Specific growth rate (%/day)	7.24±0.05 ^a	7.32±0.03 ^a	6.86±0.12 ^b	6.72±0.17 ^b	0.0151*
Carapace width gain (cm)	0.96±0.01 ^a	0.94±0.02 ^{ab}	0.91±0.01 ^{bc}	0.89±0.01 ^c	0.0289*
Carapace length gain (cm)	0.93±0.01 ^a	0.90±0.01 ^{ab}	0.85±0.02 ^{bc}	0.82±0.03 ^c	0.0318*
Survival rate (%)	100±0.00	94.44±5.55	91.66±4.16	93.33±3.33	0.4916

*Mean±S.E. with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลองการอนุบาลลูกปูภูเขาที่ระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 4, 6, 8 และ 10 ตัวต่อ 0.18 ตร.ม. โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาตุ๊กเล็ก ระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ พบว่าลูกปูภูเขาที่อนุบาลด้วยระดับความหนาแน่น 4 ตัว/0.18 ตร.ม. หรือ 22 ตัว/ตร.ม. มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีที่สุดและอัตราการรอดสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปูภูเขาที่อนุบาลระดับความหนาแน่นสูงขึ้นไปจะมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการรอดลดลง เนื่องจากการอนุบาลด้วยระดับความหนาแน่นน้อยนั้น จะมีพื้นที่ให้ลูกปูภูเขาใช้ในการหลบซ่อนมากกว่าลูกปูภูเขาที่เลี้ยงด้วยระดับความหนาแน่นสูงขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องกับ Phinrub *et al.* (2022) รายงานผลศึกษาการเจริญเติบโตของปูม้าที่เลี้ยงในถังพลาสติก

ที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน 4 ระดับ คือ 25, 50, 75 และ 100 ตัว/ตร.ม. ระยะเวลา 60 วัน พบว่า การเจริญเติบโตด้านความกว้างกระดองเฉลี่ย ความยาวกระดองเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักเพิ่มต่อวัน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม และอัตราการรอดตาย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยระดับความหนาแน่น 25 ตัว/ตร.ม. มีอัตราการรอดตายดีที่สุดที่ช่วงเวลาที่ Wanpen *et al.* (2021) รายงานการศึกษาผลของความหนาแน่นต่อการอนุบาลปูทะเล (*Scylla paramamosain*) ระยะ First crab ในกระชัง ที่อัตราความหนาแน่นแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 166 และ 333 ตัว/ตร.ม. พบว่าอัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อัตราการรอดตายมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการอนุบาลลูกปูทะเลที่ระดับความหนาแน่น 166 ตัว/ตร.ม. มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด Ariyati *et al.* (2018)

รายงานการศึกษาผลของอาหารและความหนาแน่นที่แตกต่างต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปูม้า (*Portunus pelagicus*) โดยมีระดับความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 40, 60 และ 80 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยระดับความหนาแน่นที่ 40 ตัว/ตร.ม. มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดที่ดีที่สุด รวมถึงรายงานของ Marshall *et al.* (2005) ที่ทำการอนุบาลลูกปูม้าในพื้นที่หลบซ่อนแตกต่างกัน 3 ระดับ ซึ่งพบว่าปูม้าที่เลี้ยงในบ่อที่มีพื้นที่หลบซ่อนน้อย จะถูกกินในช่วงระยะเวลาเริ่มแรกของการทดลอง ทำให้ปูม้าที่เหลือรอดมีน้ำหนักมากกว่าปูที่ถูกกินอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการกินกันเองส่วนใหญ่ของปูมักจะเกิดขึ้นในช่วงที่ปูลอกคราบ ซึ่งเปลือกยังนิ่มอยู่ เนื่องจากปูที่อยู่ในช่วงระยะนี้จะมีผิวหนังอ่อนแอเคลื่อนไหวได้น้อย อ่อนแรงและปกป้องตัวเองได้น้อยลง (Polis, 1981 as cited in Phinrub *et al.*, 2022) ซึ่งส่งผลต่ออัตราการรอดลดลง โดยทั่วไปสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในธรรมชาติและในระบบการเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำจะมีอาณาเขตพื้นที่ในการหาอาหาร ที่อยู่อาศัย และแหล่งหลบซ่อน เพื่อการดำรงชีพ ในปัจจุบันระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่จะเป็นการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ โดยจะเป็นการเลี้ยงแบบหนาแน่น ส่งผลให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงในระบบดังกล่าวเกิดการแย่งพื้นที่ในการหาอาหาร ที่อยู่อาศัย แหล่งหลบซ่อน และอากาศ จึงอาจส่งผลให้สัตว์น้ำเกิดความเครียด มีผลกระทบต่ออัตราการกินอาหาร อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดลง (Vijayan and Leatherland, 1988 as cited in Phinrub *et al.*, 2022) ดังนั้น การศึกษาการอนุบาลลูกปูภูเขาที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกันนี้ จึงสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการวิจัยด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม อีกทั้งเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจในการเพาะเลี้ยงปูภูเขา สามารถนำไปปรับใช้ในการเลี้ยงภายในครัวเรือน

หรือเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต และช่วยลดการจับปูภูเขาในธรรมชาติ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการอนุรักษ์ปูภูเขา ให้มีความคงอยู่ในธรรมชาติอีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองอนุบาลลูกปูภูเขาที่ระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ลูกปูภูเขาที่อนุบาลด้วยระดับความหนาแน่น 4 ตัว/0.18 ตร.ม. หรือ 22 ตัว/ตร.ม. มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีที่สุด และมีอัตราการรอดสูงที่สุด คือ 100 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาข้างต้นข้อมูลดังกล่าว สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลี้ยงปูภูเขา และเผยแพร่ให้กับเกษตรกรที่สนใจ เพื่อนำไปปรับใช้ในการเลี้ยงปูภูเขาภายในครัวเรือนหรือเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัย จากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ปีงบประมาณ 2566

เอกสารอ้างอิง

- Ariyati, R.W., S. Rejeki and R.H. Bosma. 2018. The effect of different feed and stocking densities on growth and survival rate of blue swimming crabs (*Portunus pelagicus*). *Earth and Environmental Science* 116(1): 1–7.

- Efrizal, E. 2017. Effects of stocking density on survival rate and larval development of blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) under laboratory conditions. **AACL Bioflux**. 10(2): 217–226.
- Khuantham, A. 2006. **Statistical Methods and Data Analysis**. Bangkok: Kasetsart University Press. 569 p. [in Thai]
- Kobayashi, S. and K. Satake. 2017. Difference in body size and sexual dimorphism in theogasawara mitten crab, *Eriocheir ogasawaraensis*, and the Japanese mitten crab, *Eriocheir japonica*. **Pacific Science** 71(2): 171–188.
- Marshall, S., K. Warburton, B. Paterson and D. Mann. 2005. Cannibalism in juvenile blue-swimmer crabs *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1766): effects of body size, moult stage and refuge availability. **Applied Animal Behaviour Science** 90(1): 65–82.
- Phinrub, W., W. Watthakun, S. Hahyang and N. Chanlek. 2022. Growth performance of blue swimming crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) in plastic tanks at different densities. **Science, Technology and Social Sciences Procedia** 2022(4): 1–9. [in Thai]
- Pintasiri, T., J. Promya, C. Chitmanat and S. Tongsir. 2020. Effects of nursing rice-field crab (*Sayamia bangkokensis*) with *Spirulina* (*Arthrospira*) *Platensis* supplemented diets on growth performance and cost. **Journal of Agricultural Research and Extension** 38(3): 75–85 [in Thai]
- Polis, G.A. 1981. The evolution and dynamics of intraspecific predation. **Annual Review of Ecology and Systematic** 12(1): 225–251.
- Supajantra, S. 2002. **Taxonomy of Freshwater Crabs in the North-Eastern Thailand**. Master Thesis. Chulalongkorn University. 192 p. [in Thai]
- Suthamrit, W. 2020. **Genetic Diversity of Mountain Crabs Family Potamidae from Phetchabun Mountain Ranges, Thailand**. Master Thesis. Mahasarakham University. 136 p. [in Thai]
- Thaiso, K. and S. Wongmaniprathip. 2012. Effects of different protein sources on growth and survival rates of rice field crab (*Esantheiphusa dugasti*) nursing. **Khon Kaen Agricultural Journal** 40(Suppl.): 123–128. [in Thai]

Vijayan, M.M. and J.F. Leatherland. 1988. Effect of stocking density on the growth and stress-response in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. **Aquaculture** 75(5): 159–170.

Wanpen, S., P. Kaewjantawee and N. Pattarapanyawong. 2021. The Effect of Different Density on Mud Crab (*Scylla paramamosain*) Nursing in First Crab Stage. pp. 26–33. **In Proceedings of the 13th NPRU National Academic Conference**. Nakhon Pathom: Nakhon Pathom Rajabhat University. [in Thai]

โมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

Model of Using New Media for Extension and Development of Marine Shrimp Culture in Thailand

พลอยปภัส วิริยะธาดาศักดิ์^{1*} ลินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม¹ บำเพ็ญ เขียวหวาน¹ และนิตติ ชูเชิด²
Ploypapas Wiriyathadasak^{1*}, Sineenuch Khrutmuang Sanserm¹, Bumpen Keowan¹
and Nithi Choocherd²

¹สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

²คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹Major of Agriculture Extension and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, Thailand 11120

²Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding Author: nong02@hotmail.com

Received: January 15, 2025

Revised: April 28, 2025

Accepted: April 30, 2025

Abstract

The objectives of this research were to 1) study the context, problem conditions, and needs for promoting the use of new media among marine shrimp farmers in Thailand, 2) study the basic personal, economic and social conditions, the use of media and new media and opinions about factors related to the use of new media among farmers, 3) study knowledge, attitudes, practices and factors related to knowledge, attitudes, and practices in the use of new media, 4) analyze and synthesize the components of the new media use model, and 5) develop and evaluate a model for new media use to promote and develop marine shrimp farming in Thailand. The population included 40,983 marine shrimp farmers in Thailand. The sample size of 276 farmers was determined by using Taro Yamane's formula with an error of 0.06. The sample was sampled according to the proportion of farmers in each region. Data were collected through interviews. For model development and evaluation, the sample consisted of 12 experts and 40 farmers. Qualitative data were analyzed using content analysis, while quantitative data were analyzed by using descriptive statistics and multiple regression analysis.

The finding revealed that 1) farmers utilized communication technologies such as the Internet of Things, Database management system, Social media use and Applications for raising marine shrimp; however, challenges remained in using new media in terms of sender, message, channel, and receivers. 2) the majority of farmers were male, with an average age of 47.17 years, an education level below a bachelor's degree, and an average of 12.02 years of experience in raising marine shrimp. Most of them

were not members of farmer groups/institutions. They received news from farmer friends, training seminars, various activities, and Facebook media pages; 3) regarding new media use for shrimp farming promotion and development, farmers demonstrated high level of knowledge and attitude, with the highest level of practices. Related factors included gender, age, educational level, membership in groups and institutions, and the use of Facebook page, YouTube, and websites; 4) Components related to the use of new media, including appropriate sender, messages, communication channels, and receivers, help to make communication about shrimp culture farming effectiveness and consistent with the needs and interests of target farmers; and (5) the developed new media usage model for extension and development of marine shrimp culture in Thailand comprised the components of sender, message, communication channel, and receiver. Model evaluation showed that input and process components were rated at the highest level, while output/outcome components were rated at a high level.

Keywords: model for extension and development, new media, shrimp culture farmers

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาบริบทสภาพปัญหา และความต้องการการส่งเสริมการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย 2) ศึกษาสภาพพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม การใช้สื่อและสื่อใหม่ และความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกร 3) ศึกษาความรู้ ทักษะ การปฏิบัติ และปัจจัยที่สัมพันธ์กับความรู้ ทักษะ และการปฏิบัติในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกร 4) วิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบของโมเดลการใช้สื่อใหม่ และ 5) พัฒนาโมเดลและประเมินโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย ประชากรที่ศึกษา คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย 40,983 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาร์ ยามาเน่ ที่ค่าความคลาดเคลื่อน 0.06 ได้ 276 คน สุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนเกษตรกรในแต่ละภาค เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ สำหรับการพัฒนาโมเดลและประเมินโมเดล กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ 12 คน และเกษตรกร 40 คน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

ผลการวิจัยพบว่า 1) เกษตรกรมีการใช้เทคโนโลยีสื่อสาร ได้แก่ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบการจัดการฐานข้อมูล การใช้โซเชียลมีเดีย และแอปพลิเคชันในการเลี้ยงกุ้งทะเล แต่ยังมีปัญหาในการใช้สื่อใหม่ทั้งในด้านผู้ส่งสาร เนื้อหา ช่องทาง และผู้รับสาร 2) เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 47.17 ปี จบการศึกษาต่ำกว่าระดับปริญญาตรี มีประสบการณ์ในการเลี้ยงกุ้งทะเลเฉลี่ย 12.02 ปี ส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่ม/สถาบันเกษตรกร ได้รับข่าวสารจากเพื่อน เกษตรกร การอบรมสัมมนา กิจกรรมต่าง ๆ และสื่อเพจเฟซบุ๊ก 3) ในการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลเกษตรกรมีความรู้และทักษะอยู่ในระดับมาก มีการปฏิบัติในระดับมากที่สุด โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา การเป็นสมาชิกกลุ่มและสถาบัน การใช้สื่อใหม่ ได้แก่ เพจเฟซบุ๊ก ยูทูป สื่อเว็บไซต์ 4) องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการใช้สื่อใหม่ ได้แก่ ผู้ส่งสาร สาร ช่องทางการสื่อสาร และผู้รับสาร ที่เหมาะสมช่วยให้การสื่อสารเกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งทะเลมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการ และความ

สนใจของเกษตรกรเป้าหมาย 5) โมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อ การส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย มีองค์ประกอบ ได้แก่ ผู้ส่งสาร ข้อมูลข่าวสาร ช่องทางการ สื่อสาร และผู้รับสาร และการประเมินโมเดล พบว่าปัจจัย นำเข้าและกระบวนการอยู่ในระดับมากที่สุด และด้าน ผลผลิต/ผลลัพธ์อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: โมเดลเพื่อการส่งเสริมและพัฒนา สื่อใหม่ เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเล

คำนำ

กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็น หน่วยงานหลักในการปฏิรูประบบการทำประมงให้เกิด ความยั่งยืน โดยการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารการดำเนินงาน เพื่อให้กิจกรรมและการดำเนินการโครงการต่าง ๆ สามารถ เข้าถึงกลุ่มเป้าหมาย เพื่อลดช่องว่างในการสื่อสาร โดยอาศัยการประชาสัมพันธ์ทางสื่อโทรทัศน์ สื่อวิทยุ สื่อ สิ่งพิมพ์ และสื่อออนไลน์ ได้แก่ ยูทูป เฟซบุ๊ก และเว็บไซต์ ในการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารและสร้างความรู้ความเข้าใจ ให้แก่กลุ่มเป้าหมาย และสร้างความร่วมมือกับภาครัฐและ ภาคเอกชนในการแก้ไขปัญหาการทำประมง (Department of Fisheries, 2014) เพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจและแก้ไขปัญหาการทำประมงร่วมกับภาครัฐ และเอกชน อย่างไรก็ตาม การสื่อสารในอุตสาหกรรม กุ้งไทยยังคงมีปัญหา (Shrimp Farmers Club Surat Thani, 2019) ได้แก่ (1) เกษตรกรสนใจวิธีการสำเร็จรูป มากกว่าข้อมูลวิชาการพื้นฐาน ทำให้เกิดการเลียนแบบ ที่ไม่เหมาะสมกับฟาร์มตนเอง (2) ข้อมูลข่าวสารที่หลากหลาย ทำให้เกษตรกรสับสนและนำไปใช้โดยไม่มีการกลั่นกรอง (3) ผลผลิตกุ้งทะเลลดลงจากภาวะโรคระบาด การสื่อสาร จึงมีบทบาทสำคัญในการแก้ไขปัญหาและเพิ่มศักยภาพ การผลิต แต่การสื่อสารแบบเดิมมีข้อจำกัด เช่น การสื่อสาร ทางเดียว ทำให้การส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งล่าช้า

ปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีอิทธิพล ทำให้ เกิดแนวคิดการใช้สื่อใหม่ (New media) ซึ่งเป็นสื่อสอง ทางที่รวมภาพ เสียง และข้อความผ่านระบบเครือข่าย (Burnett and Marshall, 2003) สื่อใหม่มีบทบาท ในภาคการเกษตรของประเทศไทยมากขึ้น โดยมีแนวคิด ที่จะส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ผลิตกุ้งให้ได้ คุณภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นที่ยอมรับของ ตลาดทั้งภายในและต่างประเทศมากขึ้น ดังนั้นการใช้สื่อ ใหม่จึงเป็นการเข้ามาช่วยสนองการป้องกันแก้ไขปัญหา และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ได้ผลผลิตกุ้งคุณภาพ ตามแผนการตลาด ทั้งคุณลักษณะตัวกุ้ง ขนาดตัวกุ้ง ปริมาณผลผลิต และช่วงเวลาที่ผลผลิตออกตลาด (Kaewthep and Chaikhunpol 2012)

อย่างไรก็ตาม การใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและ พัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเล ยังเป็นเรื่องใหม่สำหรับเกษตรกร ผู้เลี้ยงกุ้งทะเลและผู้ที่เกี่ยวข้อง การส่งเสริมและพัฒนา เกษตรกรจึงใช้ทั้งสื่อรูปแบบเดิมและสื่อใหม่ แต่ยังไม่มีการ พัฒนาให้เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

ดังนั้นหากสามารถพัฒนาโมเดลการใช้สื่อใหม่ เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเล โดย การศึกษา KAP ในการใช้สื่อใหม่ ปัญหาและความต้องการ การใช้สื่อใหม่ และพัฒนาโมเดลการใช้สื่อใหม่ ก็จะช่วย ส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งให้มีความมั่นคง และยังไม่สามารถนำโมเดลนี้ไปประยุกต์ใช้กับการผลิต สินค้าเกษตรอื่น ๆ ได้อีกด้วย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาสื่อใหม่ 5 ประเภท ได้แก่ เฟซบุ๊ก (Facebook Page) อีบุ๊ก (E-Book) ยูทูป (YouTube) ไลน์ (LINE) เว็บไซต์ (Website) และ แอปพลิเคชัน (Application) ในประเด็นเกี่ยวกับ สถานการณ์การส่งเสริมการเลี้ยงกุ้งทะเลโดยการใช้ สื่อใหม่ ความรู้ (Knowledge) ทศนคติ (Attitude) และ การปฏิบัติ (Practice) หรือเรียกว่า (KAP) ในการใช้สื่อ ใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเล ตลอดจน ปัญหาและความต้องการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกร และการ

พัฒนาและประเมินโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริม และพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเล

โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาบริบท สภาพปัญหาและความต้องการการส่งเสริมการใช้สื่อใหม่ 2) ศึกษาสภาพพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม การใช้สื่อและสื่อใหม่ และความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย 3) ศึกษาความรู้ ทักษะ การปฏิบัติของเกษตรกร และปัจจัยที่สัมพันธ์กับความรู้ ทักษะ และการปฏิบัติในการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริม และพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย 4) วิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบของโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย และ 5) พัฒนาโมเดลและประเมินโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสม (mixed method) ประกอบด้วยการใช้เทคนิคการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) และเทคนิคการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) ซึ่งได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัยที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยใน 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาบริบท สภาพปัญหาและความต้องการการส่งเสริมการใช้สื่อใหม่ โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้อง โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง จำนวน 15 คน ได้แก่ นักวิชาการผู้ที่มีความรู้และเชี่ยวชาญด้านการเลี้ยงกุ้งทะเล 2 คน เกษตรกรที่มีประสบการณ์และมีความรู้ด้านการเลี้ยงกุ้งทะเล 4 คน ผู้แทนองค์กรเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเล 4 คน ผู้ประกอบการค้าปัจจัยการผลิตสัตว์น้ำ 2 คน และผู้แทนเจ้าหน้าที่กรมประมง 3 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึกตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อ

พิจารณาความถูกต้องในด้านโครงสร้างและเนื้อหา และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

2) การศึกษาสภาพพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม การใช้สื่อและสื่อใหม่ และความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย โดยประชากรที่ศึกษา คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย จากฐานข้อมูลการขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของกรมประมง พ.ศ. 2565 จำนวน 40,983 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร ยามาเน่ ที่ค่าความคลาดเคลื่อน 0.06 ได้ขนาดตัวอย่างจำนวน 276 คน ทั้งนี้ เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลจะมีลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม การใช้สื่อและสื่อใหม่ที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความเชื่อมั่นแตกต่างกันเล็กน้อย ไม่ทำให้ข้อมูลในภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกัน

สุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลในแต่ละภาคตามการแบ่งของกรมประมง 6 ภาค คือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง ภาคใต้ตอนบน ภาคใต้ตอนล่าง ผังอันดามัน ภาคใต้ตอนล่างฝั่งอ่าวไทย และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่มีการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 15 คน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) เกิน 0.75 ทุกประเด็น และหาค่าความเที่ยง (reliability) ของแบบสัมภาษณ์ ตามวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient of Aalpha) ของ Cronbach ได้ค่า Cronbach's Alpha เท่ากับ 0.861 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรเป็นรายบุคคล ใช้ระยะเวลาในการสัมภาษณ์คนละประมาณ 20 นาที เมื่อสัมภาษณ์เสร็จผู้ศึกษาวิจัยทบทวนความถูกต้อง และความสมบูรณ์ของข้อมูล แล้วนำไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3) การศึกษาความรู้ ทักษะ การปฏิบัติ และปัจจัยที่สัมพันธ์กับความรู้ ทักษะ และการปฏิบัติในการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย โดยทำการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเล จำนวน 276 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์เกษตรกรฉบับเดียวกับการดำเนินการในขั้นที่ 2) วิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

4) การวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบของโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย โดยทำการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ทรงคุณวุฒิเป็นรายบุคคล โดยการคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความรู้ ประสบการณ์และเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งทะเล แบบเจาะจง จำนวน 15 คน ประกอบด้วย นักวิชาการผู้ที่มีความรู้และเชี่ยวชาญด้านการเลี้ยงกุ้งทะเล 2 คน เกษตรกรที่มีประสบการณ์และมีความรู้ด้านการเลี้ยงกุ้งทะเล 4 คน ผู้แทนองค์กรเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเล 4 คน ผู้ประกอบการค้าปัจจัยการผลิตสัตว์น้ำ 2 คน และผู้แทนเจ้าหน้าที่กรมประมง 3 คน โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบของโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) และวิธีการสังเคราะห์เนื้อหา (synthetic methods content) เพื่อให้ได้องค์ประกอบของโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

5) การพัฒนาโมเดลและประเมินโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย โดยการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำการคัดเลือกแบบเจาะจง จำนวน 12 คน ประกอบด้วย ผู้ที่มีความรู้และเชี่ยวชาญด้านการเลี้ยงกุ้งทะเล 2 คน ตัวแทนองค์กรเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเล 2 คน ผู้ประกอบการค้าปัจจัยการผลิตสัตว์น้ำในพื้นที่ 2 คน เจ้าหน้าที่กรมประมง ผู้ปฏิบัติตามนโยบายในพื้นที่ 2 คน ตัวแทนเกษตรกร

ผู้เลี้ยงกุ้งทะเล 2 คน และผู้แทนสื่อที่มีความรู้และประสบการณ์ในการทำสื่อเพื่อการเลี้ยงกุ้งทะเล 2 คน และตัวแทนเกษตรกรผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการนำโมเดลไปใช้ จำนวน 40 คน (6 ภาค ๆ ละ 6-7 คน) รวมจำนวนทั้งสิ้น 52 คน โดยใช้แบบประเมินโมเดล 3 ด้าน ได้แก่ ความเหมาะสม ความเป็นไปได้ในทางการนำไปปฏิบัติ และความเป็นประโยชน์ ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อพิจารณาความถูกต้องในด้านโครงสร้างและเนื้อหา และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการจัดอันดับ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

บริบท สภาพปัญหา และความต้องการการส่งเสริมการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

1) บริบท พบว่าเกษตรกรใช้เทคโนโลยีเพื่อติดตามและบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการเลี้ยง ระบบการจัดการฐานข้อมูลเพื่อความรวดเร็วและประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ ใช้โซเชียลมีเดีย (social media) เพื่อการแชร์ข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการเลี้ยง แนะนำเทคนิคการเลี้ยงที่เหมาะสม และสร้างพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างเกษตรกร การพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้ในการควบคุมและติดตามการเลี้ยง การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) เพื่อระบุคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อม การใช้สื่อวิทยุและโทรทัศน์ในการสอนและแบ่งปันข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาใหม่ในการเลี้ยง การสร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งทะเล การใช้แอปพลิเคชันหรือพื้นที่ออนไลน์เพื่อสนับสนุนและสร้างชุมชนของผู้เลี้ยงกุ้งทะเลที่มีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ และการใช้สื่อใหม่เหล่านี้มีประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนของการเลี้ยงกุ้งทะเล อันเป็นประโยชน์ทั้งต่อผู้เลี้ยง อุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งทะเล และสิ่งแวดล้อมในการผลิตอย่างยั่งยืนและประหยัดทรัพยากร

2) สภาพปัญหา พบว่าเกษตรกรรชาตอุปกรณ์เครื่องมือสื่อสาร บุคลากรด้านการสื่อสาร ความเข้าใจในเทคโนโลยี บางกลุ่มอาจยังขาดความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ทำให้การนำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาใช้งานไม่ได้ถูกต้อง ขาดแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ ข้อมูลที่มีอยู่บางส่วนอาจมีความไม่แน่นอน หรือขาดการรับรองความถูกต้อง ซึ่งอาจสร้างความสับสนและไม่มั่นใจในการนำข้อมูลข่าวสาร ความรู้เหล่านั้นไปใช้งาน การเข้าถึงทรัพยากรสื่อไม่เพียงพอ บางกลุ่มอาจไม่สามารถเข้าถึงสื่อหรือข้อมูลที่สำคัญในการพัฒนาทรัพยากรที่จำเป็นได้

3) ความต้องการการส่งเสริมการใช้สื่อใหม่ พบว่าเนื้อหาต้องเป็นประเด็นที่น่าสนใจในขณะนั้น เป็นวิดีโอเกี่ยวกับเทคนิคการเลี้ยงกุ้งทะเลที่เป็นประโยชน์ เช่น ขั้นตอนการเตรียมอาหาร การดูแลและการบำรุงต่าง ๆ การแนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาที่พบบ่อย และเขียนบทความที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในการเลี้ยงกุ้งทะเล การวางแผนการผลิต และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่ช่วยในการเลี้ยงกุ้งยั่งยืน สร้างแหล่งข้อมูลออนไลน์เกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย เช่น เว็บไซต์ที่มีข้อมูลอัปเดตเกี่ยวกับเรื่องการเลี้ยง และแอปพลิเคชันที่สามารถใช้งานได้บนโทรศัพท์มือถือ ใช้โซเชียลมีเดียในการแบ่งปันข้อมูลและความรู้ เช่น กลุ่มในโซเชียลมีเดียที่เป็นพื้นที่ในการสอบถามแลกเปลี่ยนประสบการณ์ และการแชร์ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งทะเล จัดกิจกรรมอบรมหรือเสวนาเพื่อให้เกษตรกรได้รับความรู้และเทคนิคใหม่ ๆ ใช้สื่อวิทยุและโทรทัศน์ในการเผยแพร่ข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้ง โดยสร้างรายการที่มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องที่มีคุณภาพ และมีความเป็นประโยชน์สำหรับเกษตรกร

สภาพพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม การใช้สื่อ และสื่อใหม่ และความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย ดังนี้

1) สภาพพื้นฐานส่วนบุคคล พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเล ร้อยละ 64.5 เป็นเพศชาย ร้อยละ 31.5 มีอายุเฉลี่ย 47.17 ปี ร้อยละ 59.1 จบการศึกษาต่ำกว่าระดับปริญญาตรี มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.08 คน และมีประสบการณ์ในการเลี้ยงกุ้งทะเลเฉลี่ย 12.02 ปี

2) สภาพเศรษฐกิจ พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 84.1 มีอาชีพหลักเกษตรกร (เพาะเลี้ยงกุ้ง) มีรายได้จากการเลี้ยงกุ้งทะเลเฉลี่ย 845,036.23 บาทต่อปี มีรายได้อื่น ๆ เฉลี่ย 523,763.18 บาทต่อปี ร้อยละ 84.4 ใช้ทุนของตนเองในการเลี้ยงกุ้งทะเล

3) สภาพสังคม พบว่าร้อยละ 31.2 ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่ม/สถาบันเกษตรกร และร้อยละ 68.8 เป็นสมาชิกกลุ่ม/สถาบันเกษตรกร โดยร้อยละ 63.8 เป็นสมาชิกชมรมผู้เลี้ยงกุ้ง ร้อยละ 80.1 ไม่มีตำแหน่งทางสังคม

4) การใช้สื่อและสื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนากลุ่มผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย พบว่า (1) สื่อบุคคล เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารจากเพื่อนเกษตรกรเฉลี่ย 4.02 ครั้งต่อเดือน (ร้อยละ 67.0) (2) สื่อกลุ่ม ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารจากการอบรมสัมมนาเฉลี่ย 1.28 ครั้งต่อเดือน (ร้อยละ 24.3) (3) สื่อมวลชน ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารจากสื่อโทรทัศน์เฉลี่ย 4.87 ครั้งต่อเดือน (ร้อยละ 28.6) (4) สื่อกิจกรรม ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งทะเล เช่น ประชุมประจำปี และงานกุ้งต่าง ๆ เป็นต้น เฉลี่ย 1.72 ครั้งต่อปี (ร้อยละ 55.8) และ (5) สื่อดิจิทัล ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารจากสื่อเพจเฟซบุ๊กเฉลี่ย 5.37 ครั้งต่อสัปดาห์ (ร้อยละ 79.3) ดัง Table 1

Table 1 Using media and new media for extension and development of marine shrimp culture in Thailand

Media type	Using media and new media		Frequency of use			S.D.
	Frequency	Percentage	Min.	Max.	\bar{x}	
1) Personal media*						
- Other farmers	185	67.0	1	30	4.02	4.325
2) Group media*						
- Training seminar	67	24.3	1	4	1.28	0.692
3) Mass media*						
- television	79	28.6	1	30	4.87	7.663
4) Activity media**						
Various activities related to marine shrimp culture.	154	55.8	1	10	1.72	1.379
5) New media***						
Facebook page media	219	79.3	1	15	5.37	2.575

*(times/month); ** (times/year); ***(times/week)

5) ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยความเกี่ยวข้องในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย ประกอบด้วย 4 ประเด็น เมื่อพิจารณารายละเอียดแต่ละประเด็น พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลเห็นว่าปัจจัยต่าง ๆ มีความเกี่ยวข้องในการใช้สื่อใหม่

ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.93) โดยมีความเกี่ยวข้องในระดับมากที่สุดทั้ง 4 ด้าน โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยดังนี้ ด้านข้อมูลข่าวสาร (\bar{X} =4.07) รองลงมา ด้านผู้รับ (\bar{X} =3.90) ด้านผู้ส่งสาร (\bar{X} =3.88) และด้านช่องทางการสื่อสาร (\bar{X} =3.86) ตามลำดับ ดัง Table 2

Table 2 Relevance in the use of new media by marine shrimp farmers in Thailand

Issue	\bar{x}	S.D.	Meaning
1) Sender	3.88	1.112	High
2) Messenger	4.07	0.907	High
3) Chanel	3.86	1.099	High
4) Receiver	3.90	0.987	High
Total	3.93	1.026	High

ความรู้ ทักษะ การปฏิบัติ และปัจจัยที่สัมพันธ์กับความรู้ ทักษะ และการปฏิบัติในการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

- 1) **ความรู้ ทักษะ การปฏิบัติ** จากการศึกษา
 (1) **ความรู้** พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลส่วนใหญ่ (85.5%) มีความรู้เกี่ยวกับการใช้สื่อใหม่อยู่ในระดับมาก
 (2) **ทักษะ** พบว่าภาพรวมระดับทัศนคติในการใช้สื่อ

ใหม่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.08) โดยด้านผู้รับมีทัศนคติมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.32) รองลงมาคือ ด้านข้อมูลข่าวสาร (ค่าเฉลี่ย 4.14) ด้านช่องทางการสื่อสาร (ค่าเฉลี่ย 3.99) และด้านผู้ส่งสาร (ค่าเฉลี่ย 3.89) (3) **การปฏิบัติ** พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลส่วนใหญ่ (87.7%) มีการปฏิบัติการใช้สื่อใหม่อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 18.86) ดัง Table 3-4

Table 3 Level of knowledge and practice in using new media of digital media to promote and develop marine shrimp farming in Thailand

Level score	Level of knowledge		Level of practice	
	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage
Lowest (0-4)	0	0.0	0	0.0
Low (5-8)	2	0.7	0	0.0
Moderate (9-12)	21	7.6	10	3.6
High (13-16)	236	85.5	24	8.7
Highest (17-20)	17	6.2	242	87.7
Min.=8; Max.=18; \bar{X} =14.41; S.D.=1.536 Min.=10; Max.=20; \bar{X} =18.86; S.D.=2.270				

Table 4 Level of attitudes in using new media among marine shrimp farmers

Issue	\bar{X}	S.D.	Meaning	Rating
1) Sender	3.89	0.992	High	4
2) Messenger	4.14	0.906	High	2
3) Chanel	3.99	0.990	High	3
4) Receiver	4.32	0.826	Highest	1
Total average	4.08	0.928	High	

2) ปัจจัยที่สัมพันธ์กับความรู้ ทักษะ และการปฏิบัติในการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย ดังนี้

(1) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการใช้สื่อใหม่ พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายการผันแปรของตัวแปรตาม คือ ความรู้ในการใช้สื่อใหม่ ได้ร้อยละ 12.5 ซึ่งในตัวแปรอิสระทั้งหมด 14 ตัว มีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้ มีตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับที่ 0.01 จำนวน 1 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบ คือ ระดับการศึกษา นั่นคือ ยังมีการศึกษาต่ำกว่าระดับปริญญาตรีมาก ความรู้ในการใช้สื่อใหม่ของของเกษตรกรจะลดลง หรือเมื่อมีระดับการศึกษาปริญญาตรีและสูงกว่าปริญญาตรีมากขึ้นความรู้ในการใช้สื่อใหม่ของของเกษตรกรก็จะมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้มีตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับที่ 0.05 จำนวน 2 ตัวแปร โดยมีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก 1 ตัวแปร คือ การใช้สื่อเพจเฟซบุ๊ก หมายความว่าเมื่อเกษตรกรมีการใช้สื่อเพจเฟซบุ๊กมากขึ้น ความรู้ในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรก็จะมากขึ้นตามไปด้วย และมีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบ 1 ตัวแปร คือ การใช้สื่อยูทูบ นั่นคือ เมื่อมีการใช้สื่อยูทูบมากขึ้น ความรู้ในการใช้สื่อใหม่จะมีแนวโน้มที่ลดลง

(2) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติในการใช้สื่อใหม่ พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายการผันแปรของตัวแปรตาม คือ ทัศนคติในการใช้สื่อใหม่ ได้ร้อยละ 12.6 ซึ่งในตัวแปรอิสระทั้งหมด 14 ตัว มีตัวแปรอิสระ 4 ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดยมีรายละเอียดดังนี้ มีตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับที่ 0.01 จำนวน 1 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก คือ เพศ นั่นคือ เกษตรกรที่เป็นเพศชายมีทัศนคติในการใช้สื่อใหม่มากกว่าเพศหญิง และมีตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จำนวน 3 ตัวแปร โดยมีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก 2 ตัวแปร คือ การใช้สื่อเพจเฟซบุ๊กและการใช้สื่อเว็บไซต์ นั่นคือ เมื่อเกษตรกรมีการใช้สื่อเพจเฟซบุ๊กและการใช้สื่อเว็บไซต์มากขึ้น ทัศนคติในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรก็จะมากขึ้นตามไปด้วย และมีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบ 1 ตัวแปร คือ การเป็นสมาชิกกลุ่มและสถาบัน ซึ่งหมายความว่า การเป็นสมาชิกกลุ่มและสถาบันที่มากขึ้น ทัศนคติในการใช้สื่อใหม่จะมีแนวโน้มที่ลดลง

(3) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการใช้สื่อใหม่ พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายการผันแปรของตัวแปรตาม คือ การปฏิบัติในการใช้สื่อใหม่ ได้ร้อยละ 8.3 ซึ่งในตัวแปรอิสระทั้งหมด 14 ตัว มีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้ มีตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับที่ 0.01 จำนวน 2 ตัวแปร โดยมีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก 1 ตัวแปร คือ อายุ นั่นคือ เมื่อเกษตรกรมีอายุมากขึ้น การปฏิบัติในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรก็จะมากขึ้นตามไปด้วย โดยมีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบ 1 ตัวแปร คือ การใช้สื่อยูทูบ นั่นคือ เมื่อเกษตรกรมีการใช้สื่อยูทูบขึ้น การปฏิบัติในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรก็จะลดลงตามไปด้วย ดัง Table 5

Table 5 Summary of factors related to knowledge, attitudes, and practices in using new media to promote and develop marine shrimp farming in Thailand

Independent variable	Dependent variable	Relevance	Significance
		+ / -	level
1) Education level	The level of knowledge in using new media	-	0.002
2) Using Facebook page media		+	0.012
3) Using YouTube media		-	0.023
1) Gender	The level of attitude in using new media	+	0.002
2) Membership of groups and institutions		-	0.034
3) Using Facebook page media		+	0.025
4) Using website media		+	0.012
1) Age	The level of practice in using news media	+	0.003
2) Using YouTube media		-	0.004
3) Using website media		+	0.029

การวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบของโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนากุ้งทะเลของประเทศไทย

พบว่าองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนากุ้งทะเล ได้แก่ การรวบรวมข้อมูลและสร้างเนื้อหาที่มีคุณภาพเกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งทะเล การวิเคราะห์ตลาดเพื่อเข้าใจความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย การสร้างเนื้อหาที่ทันสมัย สร้างสรรค์ และเกี่ยวข้องกับประเด็นที่น่าสนใจในการเลี้ยงกุ้งทะเล การนำเสนอข้อมูลทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย การใช้สื่อสังคมออนไลน์ เว็บไซต์ วิดีโอบนโทรศัพท์มือถือ และแพลตฟอร์มอื่น ๆ เพื่อนำเสนอข้อมูลการใช้ช่องทางที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย เช่น การใช้แอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้งทะเล และการตรวจสอบและปรับปรุงข้อความตามความต้องการและความสนใจของกลุ่มเป้าหมาย การสร้างชุมชนออนไลน์เพื่อสนับสนุนการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้สนใจเลี้ยง

กุ้งทะเล ซึ่งการใช้ SMCR นี้ช่วยให้สื่อของการสื่อสารเกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งทะเลมีประสิทธิภาพและมีผลต่อกลุ่มเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลในการพัฒนางานนี้ในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และไปทั่วโลกได้

การพัฒนาโมเดลและประเมินโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนากุ้งทะเลของประเทศไทย

1) การพัฒนาโมเดล

องค์ประกอบโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนากุ้งทะเลของประเทศไทย ได้แก่ ด้านผู้ส่งสาร ด้านข้อมูลข่าวสาร ด้านช่องทางการสื่อสาร และด้านผู้รับ ดังนี้ ความรู้ ประกอบด้วย S – มีทักษะในการใช้สื่อใหม่เพื่อการสื่อสาร M – ช่วยประหยัดเวลา C – สื่อเพจเฟซบุ๊กมีความรวดเร็ว และ R – เกษตรกรสามารถเพิ่มเพื่อนใหม่ที่เลี้ยงกุ้งทะเลได้มากขึ้น ทักษะนี้ ประกอบด้วย S – การใช้สื่อใหม่ช่วยให้ผู้ส่งสาร

ทำหน้าที่ส่งสารและรับสารได้พร้อมกัน M – สื่อใหม่ใช้เป็นเครื่องมือในการติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้หลายรูปแบบ C – สื่อใหม่เป็นการนำเนื้อหาสารจากผู้ส่งสารและ R – การใช้สื่อใหม่เปิดโอกาสให้ผู้รับสารมีปฏิสัมพันธ์กับสารสนเทศอยู่ตลอดเวลา และการปฏิบัติ ประกอบด้วย S – ผู้ประกอบการค้ามีการประชาสัมพันธ์สินค้าและบริการผ่านสื่อใหม่ M – หน่วยงานและองค์กรต่าง ๆ ใช้สื่อใหม่เพื่อรวมกลุ่มเครือข่ายที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้งทะเล C – มีการใช้สื่อใหม่ ได้แก่ เฟซบุ๊ก ไลน์ เว็บไซต์เป็นช่องทางในการติดต่อสื่อสารกับผู้เลี้ยงกุ้ง และ R – ผู้รับสารมีการนำความรู้จากสื่อใหม่มาใช้พัฒนาเทคโนโลยีการเลี้ยงกุ้งทะเล เพื่อลดต้นทุนการผลิต ดัง Figure 1

2) การประเมินโมเดล

ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับโมเดลในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} =4.32) เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า

(1) **ปัจจัยนำเข้า** ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและ

พัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย ด้านปัจจัยนำเข้าอยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} =4.88) 3 ด้าน คือ ความเหมาะสม (\bar{X} =4.97) ความเป็นไปได้ (\bar{X} =4.94) และความเป็นประโยชน์ (\bar{X} =4.75) ตามลำดับ

(2) **กระบวนการ** ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับโมเดลด้านกระบวนการ อยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} =4.43) ใน 2 ด้าน คือ ความเป็นประโยชน์ (\bar{X} =4.91) และความเหมาะสม (\bar{X} =4.90) และมีความคิดเห็นในระดับมาก 1 ด้าน คือ ความเป็นไปได้ (\bar{X} =3.48) ตามลำดับ

(3) **ผลผลิต/ผลลัพธ์** ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับโมเดลด้านผลผลิต/ผลลัพธ์ อยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.66) โดยมีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด 1 ด้าน คือ ความเป็นประโยชน์ (\bar{X} =4.86) ความคิดเห็นในระดับมาก 1 ด้าน คือ ความเป็นไปได้ (\bar{X} =3.69) และมีความคิดเห็นในระดับน้อย คือ ความเหมาะสม (\bar{X} =2.42) ตามลำดับ



Figure 1 Model for using new media to promote and develop marine shrimp farming in Thailand

วิจารณ์ผลการวิจัย

สภาพพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม การใช้สื่อ และสื่อใหม่ และความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุอยู่ในช่วง 41-50 ปี จบการศึกษาต่ำกว่าระดับปริญญาตรี มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-4 คน มีประสบการณ์ในการเลี้ยงกุ้งทะเล 1-10 ปี มีอาชีพเกษตรกร (เพาะเลี้ยงกุ้ง) เป็นอาชีพหลัก ไม่มีอาชีพรอง ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่ม/สถาบันเกษตรกร ได้รับข่าวสารจากเพื่อนเกษตรกร การอบรมสัมมนา กิจกรรมต่าง ๆ และสื่อเพจเฟซบุ๊ก ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Panchamahalap (2020) พบว่าพฤติกรรมการใช้แอปพลิเคชันไลน์ของกลุ่มตัวอย่างโดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้สูงอายุมีการใช้งานแอปพลิเคชันไลน์เป็นประจำทุกวันมากที่สุด ไลน์เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการสื่อสาร ทำให้การสื่อสารกับบุคคลรอบข้างน้อยลง ไลน์เป็นช่องทางการสื่อสารที่สะดวกและรวดเร็ว การใช้ไลน์ทำให้ผู้สูงอายุได้เรียนรู้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ไลน์ทำให้ได้ติดต่อพูดคุยกับเพื่อนเก่าและเพื่อนใหม่ การใช้ไลน์ทำให้ผู้สูงอายุได้แลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารความคิดเห็นต่าง ๆ ของตนกับบุคคลอื่น ผู้สูงอายุพูดคุยกับแอปพลิเคชันไลน์กับบุคคลในครอบครัวมากกว่าพูดคุยกันตัวต่อตัว ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ที่ปรากฏในไลน์มีทั้งน่าเชื่อถือและไม่เชื่อถือ

ความรู้ ทักษะ การปฏิบัติ และปัจจัยที่สัมพันธ์กับความรู้ ทักษะ และการปฏิบัติในการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเล ร้อยละ 85.5 มีความรู้เกี่ยวกับการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลในระดับมาก มีระดับทัศนคติในการใช้สื่อใหม่อยู่ในระดับมากที่สุด 1 ด้าน คือ ด้านผู้รับ มีการปฏิบัติ

ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sanserm (2016) พบว่าเกษตรกรมีการใช้สื่อและเทคโนโลยีสารสนเทศในการรับข้อมูลข่าวสารและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่สำคัญ คือ วิทยุโทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ วิทยุกระจายเสียง และโทรศัพท์บ้าน รูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ แหล่งความรู้เดิมเกี่ยวกับการเกษตรมาจากบรรพบุรุษ การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และการศึกษาดูงาน โดยเกษตรกรมีวิธีการศึกษาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกษตรจากการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ความเป็นประโยชน์ของเทคโนโลยีสารสนเทศ ความเหมาะสมของเทคโนโลยีสารสนเทศ และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศต่อการเรียนรู้ของเกษตรกร และ Chananimathorn (2016) พบว่าการพัฒนาเนื้อหาสื่อการเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตข้าว ใน 2 ขั้นตอนหลัก คือ 1) ขั้นตอนการกำหนดกรอบเนื้อหา จะต้องศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนจากทั้งเอกสารงานวิชาการที่เกี่ยวข้อง และผู้เชี่ยวชาญแต่ละด้านเพื่อให้ได้ประเด็นเนื้อหาที่ครอบคลุมกับบทเรียนมากที่สุด 2) ขั้นตอนการจัดทำเนื้อหา เป็นขั้นตอนการวางโครงเรื่องและกำหนดรายละเอียดเนื้อหาที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนพบว่า การพิจารณาเนื้อหาที่เหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญและเกษตรกรที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย เป็นปัจจัยความสำเร็จที่สำคัญของการพัฒนาเนื้อหาการพัฒนาแบบของสื่อการเรียนรู้ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสม สำหรับถ่ายทอดความรู้ให้แก่เกษตรกร ประกอบด้วยการแปลงเนื้อหาบทเรียนมาเป็นบทถ่ายทอดวีดิทัศน์ (สคริปต์) กำหนดทีมงาน ผู้ดำเนินเรื่อง สถานที่ รูปแบบของสื่อต้องมีความเหมาะสมกับบทเรียนและกลุ่มผู้เรียนเป้าหมาย ตลอดจนการตัดต่อและเพิ่มกราฟิกและเทคนิคพิเศษ เพื่อให้สื่อวีดิทัศน์ที่ผลิตได้มีความน่าสนใจมากที่สุด ผลการประเมินการเรียนรู้ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ของเกษตรกร เกี่ยวกับความเหมาะสมของสื่อ ได้แก่ ด้านเนื้อหาและการดำเนินเรื่อง ด้านภาพและภาษา ด้านตัวอักษร สี และเสียง ด้านการใช้งานผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ พบว่าด้านภาพและ

ภาษามีค่าเฉลี่ยระดับความเหมาะสมสูงที่สุด ซึ่งอยู่ในระดับมาก โดยความสัมพันธ์ของเพศ อายุ และประสบการณ์ในการประกอบอาชีพ มีผลต่อระดับความคิดเห็นของผู้เรียนต่อสื่อการเรียนรู้ในแต่ละด้าน

การวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบของโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเล ได้แก่ การรวบรวมข้อมูลและสร้างเนื้อหาที่มีคุณภาพเกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งทะเล การวิเคราะห์ตลาดเพื่อเข้าใจความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย การสร้างเนื้อหาที่ทันสมัย สร้างสรรค์ และเกี่ยวข้องกับประเด็นที่น่าสนใจในการเลี้ยงกุ้งทะเล การนำเสนอข้อมูลทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย การใช้สื่อสังคมออนไลน์ เว็บไซต์ วิดีโอบนโทรศัพท์มือถือ และแพลตฟอร์มอื่น ๆ เพื่อนำเสนอข้อมูลการใช้ช่องทางที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย เช่น การใช้แอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้งทะเล และการตรวจสอบและปรับปรุงข้อความตามความต้องการและความสนใจของกลุ่มเป้าหมาย การสร้างชุมชนออนไลน์เพื่อสนับสนุนการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้ที่สนใจเลี้ยงกุ้งทะเล

การใช้ SMCR นี้ช่วยให้สื่อมีการสื่อสารเกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งทะเลมีประสิทธิภาพและมีผลต่อกลุ่มเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลในการพัฒนางานนี้ในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และไปทั่วโลกได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sanserm and Saranrom (2015) พบว่า 1) เกษตรกรมีการใช้สื่อและเทคโนโลยีสารสนเทศในการรับข้อมูลข่าวสารและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่สำคัญ คือ วิทยุโทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ วิทยุกระจายเสียง และโทรศัพท์บ้าน สำหรับรูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้พบว่า แหล่งความรู้เดิมเกี่ยวกับการเกษตรของเกษตรกรส่วนใหญ่มาจากบรรพบุรุษ รองลงมาคือ จากการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

และจากการศึกษาดูงาน โดยเกษตรกรมีวิธีการศึกษาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกษตรจากการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองมากที่สุด สำหรับเงื่อนไขการเรียนรู้ในภาพรวมพบว่า เกษตรกรได้รับข่าวสารความรู้ด้านการเกษตรจากเจ้าหน้าที่หน่วยงานต่าง ๆ อยู่ในระดับปานกลาง ความ เป็นประโยชน์ของเทคโนโลยีสารสนเทศในประเด็นต่าง ๆ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ความเหมาะสมของเทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับมาก ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศต่อการเรียนรู้ของเกษตรกรโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ด้านความเป็นประโยชน์ของเทคโนโลยีสารสนเทศต่าง ๆ ต่อการเรียนรู้ของเกษตรกรโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ด้านความรู้ความสามารถของตนเองในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศโดยรวมในระดับมาก ความพร้อมในการเรียนรู้ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง 2) สำหรับปัญหาในการเข้าใจและเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่าทั้งเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ระบุว่ามีปัญหาการใช้ที่ยุ่ยาก ไม่มีอุปกรณ์พื้นที่ไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้

การพัฒนาโมเดลและประเมินโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

องค์ประกอบโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย ได้แก่ ด้านผู้ส่งสาร ด้านข้อมูลข่าวสาร ด้านช่องทางการสื่อสาร และด้านผู้รับสาร ดังนี้ ความรู้ ประกอบด้วย S – มีทักษะในการใช้สื่อใหม่เพื่อการสื่อสาร M – ช่วยประหยัดเวลา C – สื่อเพจเฟซบุ๊กมีความรวดเร็ว และ R – เกษตรกรสามารถเพิ่มเพื่อนใหม่ที่เลี้ยงกุ้งทะเลได้มากขึ้น ทักษะนี้ ประกอบด้วย S – การใช้สื่อใหม่ช่วยให้ผู้ส่งสารทำหน้าที่ส่งสารและรับสารได้พร้อมกัน M – สื่อใหม่ใช้เป็นเครื่องมือในการติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้หลายรูปแบบ C – สื่อใหม่เป็นการนำเนื้อหาสารจากผู้ส่งสาร และ R – การใช้สื่อใหม่เปิดโอกาสให้ผู้รับสารมีปฏิสัมพันธ์กับสารสนเทศอยู่ตลอดเวลา และการปฏิบัติ ประกอบด้วย

S – ผู้ประกอบการค้ามีการประชาสัมพันธ์สินค้า และบริการผ่านสื่อใหม่ M – หน่วยงานและองค์กรต่าง ๆ ใช้สื่อใหม่เพื่อรวมกลุ่มเครือข่ายที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้งทะเล C – มีการใช้สื่อใหม่ ได้แก่ เฟซบุ๊ก ไลน์ เว็บไซต์ เป็นช่องทางในการติดต่อสื่อสารกับผู้เลี้ยงกุ้ง และ R – มีการนำความรู้จากสื่อใหม่มาใช้พัฒนาเทคโนโลยีการเลี้ยงกุ้งทะเล เพื่อลดต้นทุนการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับ Egwu (2016) กล่าวว่า ผลสำเร็จของการดำเนินงานถูกกำหนดโดยความสามารถของการสื่อสารแนวคิดที่ดีไปสู่เกษตรกร การสื่อสารตามหลัก SMCR และการแพร่กระจายโมเดล เป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์สำหรับการตรวจสอบและชี้วัดประสิทธิภาพของกิจกรรมพิเศษต่าง ๆ และ Brin *et al.* (2001) กล่าวว่า การมีส่วนร่วมที่สำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาการเกษตรและการผลิตอาหาร เกี่ยวข้องกับการใช้ข้อมูลการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพและมีสติ เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถแสดงความคิดเห็นและเกิดการตัดสินใจที่ดี

การประเมินโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

ปัจจัยนำเข้า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย ด้านปัจจัยนำเข้า อยู่ในระดับมากที่สุด **กระบวนการ** ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย ด้านกระบวนการ อยู่ในระดับมากที่สุด **ผลผลิต/ผลลัพธ์** ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย ด้านผลผลิต/ผลลัพธ์ อยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับ Brin *et al.* (2001) กล่าวว่า การมีส่วนร่วมที่สำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาการเกษตรและการผลิตอาหาร เกี่ยวข้องกับการใช้ข้อมูลการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพและมีสติ เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถแสดงความคิดเห็นและเกิดการ

ตัดสินใจที่ดี และ Supadhiloke (2008) ศึกษาพบว่ากระบวนการสื่อสารอย่างเป็นระบบของทั้งสองชุมชนสามารถนำไปใช้ในการเสริมอำนาจของคนในท้องถิ่น ในการพัฒนาทักษะเพื่อการพึ่งพาตนเอง เพื่อเสริมสร้างแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ให้บรรลุเป้าหมายในระดับท้องถิ่น ระดับชุมชน ระดับชาติ และระดับภูมิภาค

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสภาพพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม การใช้สื่อ และสื่อใหม่ และความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้สื่อใหม่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จบการศึกษาดำรงระดับปริญญาตรี มีประสบการณ์ในการเลี้ยงกุ้งทะเลเฉลี่ย 12.02 ปี ส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่ม/สถาบันเกษตรกร ได้รับข่าวสารจากเพื่อนเกษตรกร การอบรมสัมมนา กิจกรรมต่าง ๆ และสื่อเพจเฟซบุ๊ก เกษตรกรมีความรู้และทัศนคติอยู่ในระดับมาก มีการปฏิบัติในระดับมากที่สุด โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา การเป็นสมาชิกกลุ่มและสถาบัน การใช้สื่อเพจเฟซบุ๊ก การใช้สื่อยูทูป การใช้สื่อเว็บไซต์ องค์กรประกอบที่เกี่ยวข้องกับการใช้สื่อใหม่ ได้แก่ ผู้ส่งสาร สาร ช่องทางการสื่อสาร และผู้รับสารที่เหมาะสม ช่วยให้ การสื่อสาร เกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งทะเล มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของเกษตรกรเป้าหมาย และโมเดลการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย มีองค์ประกอบ ได้แก่ ผู้ส่งสาร ข้อมูลข่าวสาร ช่องทางการสื่อสาร และผู้รับสาร และการประเมินโมเดล พบว่าปัจจัยนำเข้า และกระบวนการ อยู่ในระดับมากที่สุด และด้านผลผลิต/ผลลัพธ์อยู่ในระดับมาก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการวิจัยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1) ข้อเสนอแนะต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร กรมประมง หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับกึ่งทะเล สามารถนำความรู้จากการศึกษาไปเป็นแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาการใช้สื่อใหม่ เพื่อให้การเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทยเกิดประสิทธิภาพภาพมากที่สุด ในส่วนของต้นน้ำ เช่น เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร โรงเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ และผู้ค้าปัจจัยกุ้งต่าง ๆ สามารถส่งเสริมผ่านสื่อใหม่โดยให้ความรู้ ดูแลมาตรฐานต่าง ๆ และจัดสัมมนาวิชาการเพิ่มพูนความรู้ให้แก่เกษตรกร ส่วนของกลางน้ำ เช่น เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเล กลุ่มเกษตรกรสามารถใช้สื่อใหม่ในการส่งเสริมให้ความรู้ด้านการผลิตและนวัตกรรมใหม่ ๆ แก่เกษตรกร ออกแบบการผลิตและจำหน่ายกุ้งทะเล ดูแลมาตรฐานการรับรองต่าง ๆ ให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ ในส่วนของปลายน้ำ เช่น แพ ห้องเย็นแปรรูป และผู้ส่งออก สามารถใช้สื่อใหม่ในการพัฒนาระบบตลาด และสร้างความร่วมมือให้แก่องค์กรเกษตรกร

2) ข้อเสนอแนะต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเล เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลสามารถนำความรู้จากการศึกษาไปเป็นแนวทางการพัฒนาความรู้ ทักษะ และ การปฏิบัติในการใช้สื่อใหม่ เพื่อพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลให้ดียิ่งขึ้น และเป็นไปตามมาตรฐานที่ภาครัฐกำหนด กลุ่มเครือข่ายเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลสามารถสร้างความเข้มแข็งให้เกิดกับองค์กร และกำหนดรูปแบบการเลี้ยง เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในอุตสาหกรรมกุ้ง ผ่านการใช้สื่อใหม่ เช่น เพจเฟซบุ๊ก อีบุ๊ก ยูทูป ไลน์ เว็บไซต์ และแอปพลิเคชัน

3) ข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านการเกษตร หน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านการเกษตร เช่น

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) มหาวิทยาลัยและสถาบันการศึกษาต่าง ๆ สามารถนำองค์ความรู้ใหม่จากงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สื่อใหม่ เช่น เพจเฟซบุ๊ก อีบุ๊ก ยูทูป ไลน์ เว็บไซต์ และแอปพลิเคชัน ไปกำหนดเป็นนโยบายหรือยุทธศาสตร์การส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรแก่เกษตรกรกลุ่มอื่น ๆ ต่อไป

4) ข้อเสนอแนะต่อผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้งทะเล สามารถนำสื่อใหม่ไปใช้เป็นช่องทางในการประชาสัมพันธ์ และการให้บริการต่าง ๆ ได้ สื่อใหม่ ได้แก่ เพจเฟซบุ๊ก ไลน์ เว็บไซต์ เป็นช่องทางในการติดต่อสื่อสารกับผู้เลี้ยงกุ้ง ผู้ประกอบการมีการนำความรู้จากสื่อใหม่มาใช้พัฒนาเทคโนโลยีการเลี้ยงกุ้งทะเล เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตให้แก่เกษตรกร หน่วยงาน และองค์กรต่าง ๆ ใช้สื่อใหม่เพื่อรวมกลุ่มเครือข่ายที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้งทะเล

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

สำหรับประเด็นในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำวิจัยในประเด็นเกี่ยวกับ

1) ควรนำตัวชี้วัดไปทำการประเมินกับเกษตรกรในพื้นที่ต่าง ๆ และทำการวิเคราะห์เพื่อค้นหาจุดแข็ง และจุดที่ควรปรับปรุง เพื่อนำมาพัฒนาโมเดลการพัฒนาเกษตรกรในประเด็นต่าง ๆ รวมถึงเพื่อพัฒนาตัวชี้วัดให้สอดคล้อง เหมาะสมกับเกษตรกรในแต่ละบริบทต่อไป

2) ควรค้นหาปัจจัยสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรมีความรู้ในการใช้สื่อใหม่เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทยอยู่ในระดับต่ำ เพื่อจะช่วยให้สามารถนำไปใช้พัฒนาและส่งเสริมเกษตรกรได้อย่างสอดคล้องและตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ที่ปรึกษา สาขาวิชา เกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่สละเวลาให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัยนี้ให้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญ นักวิชาการเกษตร และเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเล ที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เพื่อนำมาวิเคราะห์และสรุปผลในงานวิจัยนี้เพื่อให้บรรลุ ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

- Brin, M.F.; K.E. Lyons, J. Doucette, C.H. Adler, J.N. Caviness, C.L. Comella, R.M. Dubinsky, J.H. Friedman, B.V. Manyam, J.Y. Matsumoto, S.L. Pullman, A.H. Rajput, K.D. Sethi, C. Tanner, W.C. Koller. 2001. A randomized, double masked, controlled trial of botulinum toxin type A in essential hand tremor. **Neurology** 56: 1523–1528.
- Burnett, R. and D.P. Marshall. 2003. **Web Theory: An Introduction**. London: Routledge. 252 p.
- Chananimathorn, P. 2016. **Development of Media for Learning to Increase Efficiency and Reduce Rice Production Costs through Electronic Systems (E-Learning) for Farmers in Suphan Buri Province**. Master Thesis. Thammasat University. 204 p. [in Thai]
- Department of Fisheries. 2014. **Troubleshooting lessons illegal fishing**. [Online]. Available https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20190708091833_1_file.pdf (March 30, 2022).
- Egwu, E.W. 2016. Communication and adoption behaviour of information technology by rural farmers in Ebonyi State. **Asian Journal of Agriculture and Rural Development** 6(1): 14–20.
- Kaewthep, K. and N. Chaikhunpol. 2012. **A Handbook of New Media Studies**. Bangkok: Phap Phim Partnership Ltd. 343 p. [in Thai]
- Panchamahalap. T. 2020. **A Study of Communication Behavior through the LINE Application of the Elderly in Koh Chan District**. Master Thesis. Burapha University. 218 p. [in Thai]
- Sanserm, S.K. 2016. Social psychology and human relations in agricultural extension work. **The Subject Matter Series on Agricultural Promotion for Development** 2(9): 35–48. [in Thai]
- Sanserm, S.K. and P. Saranrom. 2015. Behavioral patterns and conditions for learning to use information technology among farmers. **Distance Learning Electronic Journal Innovation** 5(2): 87–105. [in Thai]

Shrimp Farmers Club Surat Thani. 2019.

Meeting to follow up on the marine shrimp farming situation Together with the Surat Thani Shrimp Farmers Club. [Online]. Available https://www4.fisheries.go.th/dof/news_local/67/146607 (March 30, 2022).

Supadhiloke, B. 2010. Communication Theory for Development. 109 p. *In* **The Teaching materials for Communication and Development, Unit 3.** Nonthaburi: Department of Communication Arts, Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai]

ความคงตัวของสารให้สีจากธรรมชาติ และคุณภาพผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ

ในระหว่างการรักษาด้วยกระบวนการแช่เยือกแข็ง

Stability of Natural Colorants and Qualities of Frozen Tub Tim Grob during Storage

ณัฐพงษ์ มุงเมือง¹ จุฑาวุฒิ อุชุปัจ² นิภาดา โททอง¹ ปณิดา พวงนิลน้อย¹

วิวัฒน์ หวังเจริญ¹ และธีระพล เสนพันธ์^{1*}

Natthapong Mungmueang¹, Juthawat Uchupaj², Nipada Thothong¹

Panida Phuanguinnoi¹, Wiwat Wangcharoen¹ and Theerapol Senphan^{1*}

¹สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²บริษัท เพียว เคมีกัลล์ จำกัด กรุงเทพฯ 10240

¹Program in Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Purechemicals Co., Ltd., Bangkok, Thailand 10240

*Corresponding author: theerapol_s@mju.ac.th

Received: September 21, 2023

Revised: November 07, 2024

Accepted: December 06, 2024

Abstract

The objective of this research was to develop a prototype of the best formulation of Tub Tim Grob products by using different types and ratios of flour for water chestnuts coating. The quality of the products colored with natural and commercial artificial colorants and stored in the freezing process at -18 °C for 90 days, was compared. Tub Tim Grob formula 2 using 400 grams of tapioca flour and 50 grams of arrowroot flour had the best appearance and the highest sensory acceptance scores for appearance, color, flavor, taste, texture and overall acceptability. Thus, formula 2 was selected as prototypes for a comparative study between products receiving the addition of Natural and commercial artificial colorants in Tub Tim Grob products and stored in the freezing process at -18 °C for 90 days. Tub Tim Grob in Treatment 3 using natural colorants with 10 ml per 200 ml of water had suitable formula for production of frozen Tub Tim Grob because it had the highest color stability at 0–90 days of storage (redness value (a^*) up to 23.12) and sensory acceptance scores for appearance, color, smell, taste, texture and overall acceptability of 3.41, 3.52, 2.97, 3.63, 3.76 and 3.54, respectively. Moreover, it had the highest hardness value of 27.73 Newtons.

Keywords: Tub Tim Grob, natural colorants, commercial artificial colorants, texture, frozen

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบสูตรผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่ดีที่สุดโดยศึกษาอัตราส่วนของแป้งชนิดต่าง ๆ ในการห่อหุ้มผลแห้ง แล้วนำมาศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับระหว่างการเติมสารให้สีจากธรรมชาติ และสีสังเคราะห์ทางการค้าในผลิตภัณฑ์โดยทำการเก็บรักษาด้วยกระบวนการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18°C. เป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่าการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบสูตรที่ 2 ที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง 400 กรัม และแป้งท้าวยายม่อม 50 กรัม มีลักษณะปรากฏดีที่สุด มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด จึงคัดเลือกเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบสำหรับศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างการเติมสารให้สีจากธรรมชาติ และสีสังเคราะห์ทางการค้าในผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบจำนวน 4 สูตร โดยเก็บรักษาด้วยการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18°C. เป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่าการทดลองที่ 3 ที่ใช้สารให้สีจากธรรมชาติ ปริมาตร 10 มล. ต่อน้ำ 200 มล. เหมาะสำหรับนำมาเติมในผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ เนื่องจากความคงตัวทางด้านสี ในวันที่ 0-90 ของการเก็บรักษามากที่สุด (ความเป็นสีแดง (a^*) สูงที่สุดถึง 23.12) มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงถึง 3.41, 3.52, 2.97, 3.63, 3.76 และ 3.54 คะแนน ตามลำดับ อีกทั้งยังมีค่าความแข็งสูงถึง 27.73 นิวตัน

คำสำคัญ: ทับทิมกรอบ สารให้สีจากธรรมชาติ
สีสังเคราะห์ทางการค้า ลักษณะเนื้อสัมผัส
การแช่เยือกแข็ง

คำนำ

ทับทิมกรอบ (Tub Tim Grob) เป็นขนมไทยที่ทำมาจากผลแห้ง โดยทำการห่อหุ้มผิวด้านนอกด้วยแป้งที่มีลักษณะใส คล้ายกับเม็ดทับทิม มีเนื้อสัมผัสที่เหนียว นุ่ม หนึบ นิยมนำมารับประทานเพื่อคลายร้อน ในปัจจุบันการบริโภคทับทิมกรอบเริ่มได้รับความนิยมลดน้อยลง เนื่องจากเป็นขนมที่หาทานได้ยาก ง่ายจะหาย และต้องใช้เวลานานในขั้นตอนการจัดเตรียม จึงได้มีงานวิจัยยืดอายุการเก็บรักษาทับทิมกรอบโดยการแช่เยือกแข็งเพื่อให้สะดวกต่อการบริโภค (Dholvitayakhun and Pumpho 2018) ซึ่งกระบวนการแช่เยือกแข็งมักจะเกิดผลกระทบด้านลบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่จางลง ซึ่งเป็นหนึ่งในคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสที่สำคัญต่อการเกิดแรงจูงใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภค (Jurić *et al.*, 2022) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่มักจะเติมสีสังเคราะห์ทางการค้า เนื่องจากมีความง่าย สะดวกต่อการใช้งาน มีความคงตัว และมีคุณภาพในการเคลือบสีที่สูง อีกทั้งยังมีราคาต้นทุนที่ต่ำ แต่มักจะเกิดผลเสียในด้านสุขภาพอยู่เสมอ โดยพบว่าการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมสีสังเคราะห์ที่มากกว่า 50 มก. ส่งผลทำให้เกิดภาวะไคเลนซิส (Kinesis) สูง และความผิดปกติทางระบบประสาท (Manzoor *et al.*, 2021; Muthusamy *et al.*, 2020)

สารให้สีธรรมชาติจากพืช เป็นรงควัตถุที่มีอยู่มากในเนื้อเยื่อของพืช ซึ่งกำลังได้รับความสนใจในอุตสาหกรรมผลิตอาหาร เนื่องจากผู้บริโภคมีความกังวลในด้านความปลอดภัยต่อสุขภาพมากขึ้น นอกจากนี้สารให้สีจากธรรมชาติยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกัน

การเกิดมะเร็ง โรคอ้วน ระบบประสาท และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Manzoor *et al.*, 2021; Rózyło, 2020) อีกทั้งการใช้สีสังเคราะห์ในปริมาณมากเกินไป และบริโภคเป็นประจำอาจจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 418/2020 เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร กำหนดให้การใส่สีสังเคราะห์จาก ALLURA RED AE ในผลิตภัณฑ์ขนมหวานที่มีผลไม้เป็นส่วนประกอบหลัก เดิมได้ไม่เกิน 300 มก./กก. (Ministry of Public Health, 2020) ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่ใช้สารให้สีจากธรรมชาติที่มีรงควัตถุเป็นสีแดง-ส้มจากดอกกระเจี๊ยบแดง และแครอท อุดมไปด้วยวิตามินซีสูงถึง 12 และ 4 มก./100 กรัม ตามลำดับ อีกทั้งยังประกอบไปด้วยแคลเซียม โพแทสเซียม แคโรทีนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระ ในปริมาณที่สูงอีกด้วย (Islam, 2019; Singh *et al.*, 2021) นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมนโยบายความปลอดภัยทางอาหาร (food safety) และความยั่งยืนทางอาหาร (food sustainability) รวมถึงช่วยเพิ่มมูลค่าทางการเกษตร เพิ่มทางเลือกให้กับกลุ่มผู้บริโภค ตลอดจนเป็นการอนุรักษ์ขนมไทยให้ยังคงอยู่ต่อไป การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระหว่างสารให้สีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์ทางการค้าที่มีผลต่อคุณภาพในด้านกายภาพ ความคงตัว รวมถึงการยอมรับทางประสาท

สัมผัสผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่ทำการเก็บรักษาด้วยกระบวนการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18°C. เป็นเวลา 90 วัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมต้นแบบผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบสูตรต่าง ๆ

นำแห้วจากตลาดสดแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ มาปอกเปลือกแล้วหั่นเป็นชิ้นเต๋าขนาด 1×1×1 ซม. นำไปแช่ในสีสังเคราะห์ทางการค้า (สีสังเคราะห์ทางการค้า สีแดง ชนิดน้ำตราวินเนอร์ 5 มล. ต่อน้ำ 200 มล.) เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นซับน้ำออกให้พอมาก่อนนำไปคลุกกับแป้งชนิดต่าง ๆ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca flour) ตราใบหยก แป้งข้าวเจ้า (Glutinous rice flour) ตราช้าง สามเศียร และแป้งท้าวยายม่อม (Arrowroot flour) ตราปลาไทย (Table 1) โดยสูตรที่ 1 ใช้ตำรับของ Imsabai (2021) สูตรที่ 2 ใช้ตำรับของ Khetthongkham (2021) และสูตรที่ 3 ใช้ตำรับของ SriChok (2020) จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95°C. นาน 5 นาที (Ketthongkam, 2023) นำไปพักไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 25°C. นาน 5 นาที แล้วนำไปประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของทับทิมกรอบ เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ ค่าสี เนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระหว่างกระบวนการแช่เยือกแข็ง

Table 1 Formulas for the Tab Tim Grob product

Ingredient (g)	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Water chestnut	400	400	400
Tapioca flour	200	400	–
Glutinous rice flour	–	–	200
Arrowroot flour	–	50	200

การศึกษาลักษณะปรากฏและสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ

1. ลักษณะปรากฏ

ทำการวิเคราะห์ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบทั้ง 3 สูตร หลังกระบวนการทำสุก ทับทิมกรอบจะถูกถ่ายรูปรูปด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (X-A3, Fujifilm, Tokyo)

2. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ

นำผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบทั้ง 3 สูตร มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี (สีแดง) กลิ่น (กลิ่นหอมของแป้ง) รสชาติ (กลมกล่อม) เนื้อสัมผัส (ความนุ่มของแป้งและความกรอบของแห้ว) และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 5-point hedonic scoring กำหนดให้ 5 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด ซึ่งใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยผู้ทดสอบชิมแต่ละท่านจะได้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแต่ละชุดการทดลองจำนวน 20 กรัม ร่วมกับน้ำเชื่อม 10 มล. และน้ำกะทิ 5 มล.

ผลของสารให้สีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์ทางการค้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็ง

1. การเตรียมผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็ง

นำผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อที่ 1 มาศึกษาความคงตัวของสารให้สีจากธรรมชาติ ชนิดน้ำ (สกัดจากผลกระเจี๊ยบแดงร่วมกับหัวแครอท ในอัตราส่วน 4 ต่อ 1 (w/v) ด้วยเทคนิคไมโครเวฟร่วมในการสกัดที่อุณหภูมิ 65°C. ความดันคงที่ 700 วัตต์ เป็นเวลา 20 นาที โดยใช้อัตราส่วนของน้ำ 1 ต่อ 2 (w/v) โดยแบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (สีผสมอาหารทางการค้า) ปริมาตร 5 มล. ต่อน้ำ 200 มล.

กรรมวิธีที่ 2 สารให้สีจากธรรมชาติปริมาตร 5 มล. ต่อน้ำ 200 มล.

กรรมวิธีที่ 3 สารให้สีจากธรรมชาติปริมาตร 10 มล. ต่อน้ำ 200 มล.

กรรมวิธีที่ 4 สารให้สีจากธรรมชาติปริมาตร 15 มล. ต่อน้ำ 200 มล.

เมื่อทำการแช่ด้วยสารให้สีแล้วนำไปคลุกกับแป้งแต่ละชนิดในอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วบรรจุลงในถาดอะลูมิเนียมที่หุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหาร จากนั้นนำไปเก็บในตู้แช่เยือกแข็ง (SF-PC997, Panasonic, Thailand) ที่อุณหภูมิ -18°C. เป็นเวลา 90 วัน โดยทำการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ (ข้อ 3.2) ในวันที่ 0, 7, 15, 45 และ 90 ตามลำดับ

2. การศึกษาลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ

นำผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็งมาต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95°C. นาน 5 นาที จากนั้นนำไปวิเคราะห์ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบทั้ง 4 กรรมวิธี โดยใช้การถ่ายรูปรูปด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล เช่นเดียวกับข้อ 2.1

3. การศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ

วิเคราะห์ค่าสีโดยนำผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบทุกการทดลองมาผ่านกระบวนการทำละลายโดยการต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95°C. เป็นเวลา 5 นาที ก่อนทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (Color Flex EZ, Hunter Lab, U.S.A) ในระบบ CIE ซึ่งทำการวิเคราะห์ค่า L^* value (ค่าความสว่าง) a^* value (ค่าสีแดงหรือสีเขียว) b^* value (ค่าสีเหลือง-สีน้ำเงิน) และวิเคราะห์ค่า ΔE^* (ความต่างของสี) โดยคำนวณจาก $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ ซึ่ง พารามิเตอร์สีของ Standard ของค่าความเป็นสีขาว โดยค่า L^* เท่ากับ 92.84 ค่า a^* เท่ากับ -1.26 และ ค่า b^* เท่ากับ 0.47 กำหนดให้เป็น background (Sinthusamran *et al.*, 2020)

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analyzer; TPA) โดยนำผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือก

แข็งมาต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95°C. นาน 5 นาที ก่อนวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (CTX, Bookfield metek, UK) ดัดแปลงจากวิธีของ Benjakul and Karnjanapratum (2018) ซึ่งใช้หัวกดโพรบทรงกลม (spherical probe ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว) กำหนดให้ระยะการกดตัวอย่างลงไปสิกร้อยละ 50 โดยใช้อัตราเร็วในการเคลื่อนของหัวกด 1 มม./วินาที ที่แรงกด 50 กก.

4. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แท็บทิมกรอบ

นำผลิตภัณฑ์แท็บทิมกรอบแช่เยือกแข็งมาต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95°C. นาน 5 นาที จากนั้นนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แท็บทิมกรอบทั้ง 4 กรรมวิธี โดยใช้วิธีวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2.2



Formula 1



Formula 2



Formula 3

Figure 1 The appearance of Tab Tim Grob product with different formulas

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของต้นแบบผลิตภัณฑ์แท็บทิมกรอบ (Table 2) พบว่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร อยู่ในช่วง 3.60–4.33 คะแนน สีของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.63–4.63 คะแนน กลิ่นของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.87–4.17 คะแนน รสชาติของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 2.90–4.27 คะแนน เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 2.63–4.30 คะแนน และความชอบ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลองอย่างน้อยตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบ (Completely Randomized Design: CRD) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธีของ Duncan's Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 29.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

ผลการวิจัย

คุณภาพของต้นแบบผลิตภัณฑ์แท็บทิมกรอบ

ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์แท็บทิมกรอบทั้ง 3 สูตร พบว่าลักษณะของแป้งที่คงตัวไม่เปื่อยยุ่ย สามารถเกาะตัวกับแห้วที่อยู่ด้านในได้ดีและมีสีแดงสด (Figure 1)

โดยรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.03–4.33 คะแนน ซึ่งกรรมวิธีที่ 2 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์แท็บทิมกรอบสูตรที่ 2 (แป้งมันสำปะหลัง 400 กรัม ต่อแป้งท้าว ยายม่อม 50 กรัม) ซึ่งเป็นสูตรที่ดีที่สุด ไปศึกษาผลของสารให้สีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์ทางการค้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แท็บทิมกรอบแช่เยือกแข็งต่อไป

Table 2 Sensory evaluation of Tab Tim Grob with different formulas

Sample	Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall
Formula 1	3.93±0.78 ^b	3.70±0.15 ^b	4.13±1.13 ^a	3.83±0.88 ^b	4.03±0.24 ^c	4.07±1.21 ^a
Formula 2	4.33±0.24 ^a	4.63±1.34 ^a	4.17±1.19 ^a	4.27±1.09 ^a	4.30±0.81 ^a	4.33±0.54 ^b
Formula 3	3.60±0.11 ^c	3.63±1.21 ^c	3.87±0.53 ^b	2.90±1.12 ^c	2.63±0.55 ^c	3.03±0.78 ^c

Different letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

ผลของสารให้สีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์ทางการค้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็ง

1. ลักษณะปรากฏ

การศึกษาลักษณะปรากฏของสารให้สีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์ทางการค้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 90 วัน พบว่าลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบในวันที่ 0 (ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง) ในทุกกรรมวิธีมีสีแดงเข้มลักษณะของแป้งที่คงตัวไม่เปื่อยยุ่ย เกาะตัวกับแก้วได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 90 ของการเก็บรักษา พบว่ากรรมวิธีที่ 2-4 ที่มีการใช้สารให้สีจากธรรมชาติส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์จางลง ซึ่งต่างจากกรรมวิธีที่ 1 (ชุดควบคุม) ที่ใช้สีผสมอาหารทางการค้าสามารถรักษาสีของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่า (Figure 2)

2. ค่าสี

การศึกษาค่าสีของสารให้สีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์ทางการค้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 90 วัน (Table 3) พบว่ามีค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบก่อนการแช่เยือกแข็งอยู่ในช่วง 20.51-48.58 วันที่ 7 อยู่ในช่วง 18.34-37.74 วันที่ 15 อยู่ในช่วง 15.59-31.65 วันที่ 45 อยู่ในช่วง 14.48-30.31 และวันที่ 90 อยู่ในช่วง 12.56-25.32 โดยผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่มีการใช้สารให้สีจากธรรมชาติในกรรมวิธีที่ 3 มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) เท่ากับ 23.12 ซึ่งใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่มีการใช้สีสังเคราะห์ทางการค้า (ชุดควบคุม)

Table 3 Color values of Tab Tim Grob product during frozen storages at -18°C for 90 days

Day	Sample	Color values			
		L^*	a^*	b^*	ΔE^*
0	Treatment 1	28.85±0.11 ^{bA}	48.58±0.17 ^{aA}	30.71±0.28 ^{aA}	35.83±0.13 ^{aA}
	Treatment 2	35.44±0.39 ^{aA}	20.51±0.28 ^{dA}	0.18±0.10 ^{dA}	24.20±0.23 ^{dA}
	Treatment 3	19.43±0.17 ^{cA}	30.26±0.26 ^{bA}	6.41±0.14 ^{cA}	29.37±0.64 ^{cA}
	Treatment 4	16.84±0.24 ^{dA}	27.61±0.17 ^{cA}	8.17±0.30 ^{bA}	30.57±0.20 ^{bA}
7	Treatment 1	20.44±0.47 ^{bB}	37.74±0.65 ^{aB}	25.56±0.46 ^{aB}	32.17±0.42 ^{aB}
	Treatment 2	30.64±0.65 ^{aB}	18.34±0.16 ^{dB}	-0.54±0.22 ^{dB}	23.18±0.04 ^{dB}
	Treatment 3	16.49±0.09 ^{cB}	28.26±0.13 ^{bB}	4.28±0.15 ^{cB}	27.39±0.08 ^{cB}
	Treatment 4	14.46±0.22 ^{dB}	25.55±0.28 ^{cB}	6.17±0.02 ^{bB}	28.57±0.06 ^{bB}

Table 3 (Continued)

Day	Sample	Color values			
		L^*	a^*	b^*	ΔE^*
15	Treatment 1	17.66±0.14 ^{bc}	31.65±0.22 ^{aC}	18.63±0.19 ^{aC}	28.49±0.24 ^{aC}
	Treatment 2	21.37±0.14 ^{aC}	15.59±0.26 ^{dC}	-0.74±0.14 ^{dB}	22.68±0.19 ^{dC}
	Treatment 3	17.46±0.15 ^{bc}	24.60±0.27 ^{bc}	1.25±0.23 ^{cD}	26.66±0.19 ^{cC}
	Treatment 4	12.60±0.23 ^{cC}	22.64±0.22 ^{cC}	2.84±0.15 ^{bc}	26.83±0.16 ^{bc}
45	Treatment 1	16.58±0.13 ^{bd}	30.31±0.22 ^{aD}	17.46±0.06 ^{aD}	27.53±0.24 ^{aD}
	Treatment 2	20.42±0.14 ^{aD}	14.48±0.12 ^{dD}	-0.95±0.23 ^{dB}	20.63±0.14 ^{dD}
	Treatment 3	16.30±0.22 ^{bd}	23.66±0.20 ^{bd}	0.99±0.13 ^{cD}	24.86±0.14 ^{cD}
	Treatment 4	12.17±0.14 ^{cC}	21.25±0.23 ^{cD}	1.93±0.34 ^{bd}	25.77±0.13 ^{bd}
90	Treatment 1	14.48±0.15 ^{cE}	25.32±0.12 ^{aE}	15.06±0.45 ^{aE}	25.63±0.40 ^{aE}
	Treatment 2	18.56±0.14 ^{aE}	12.56±0.32 ^{dE}	-1.11±0.15 ^{dB}	18.86±0.14 ^{dE}
	Treatment 3	15.73±0.17 ^{bd}	23.12±0.25 ^{bd}	0.92±0.30 ^{cD}	22.51±0.41 ^{cE}
	Treatment 4	10.52±0.20 ^{dD}	18.28±0.40 ^{cE}	1.21±0.20 ^{bE}	24.74±0.23 ^{bE}

Different lower-case superscript letters within a column indicate significant differences between mean values ($p \leq 0.05$).

Upper-case superscript letters indicate significant differences between 0–90 day within the same treatment conditions ($p \leq 0.05$).

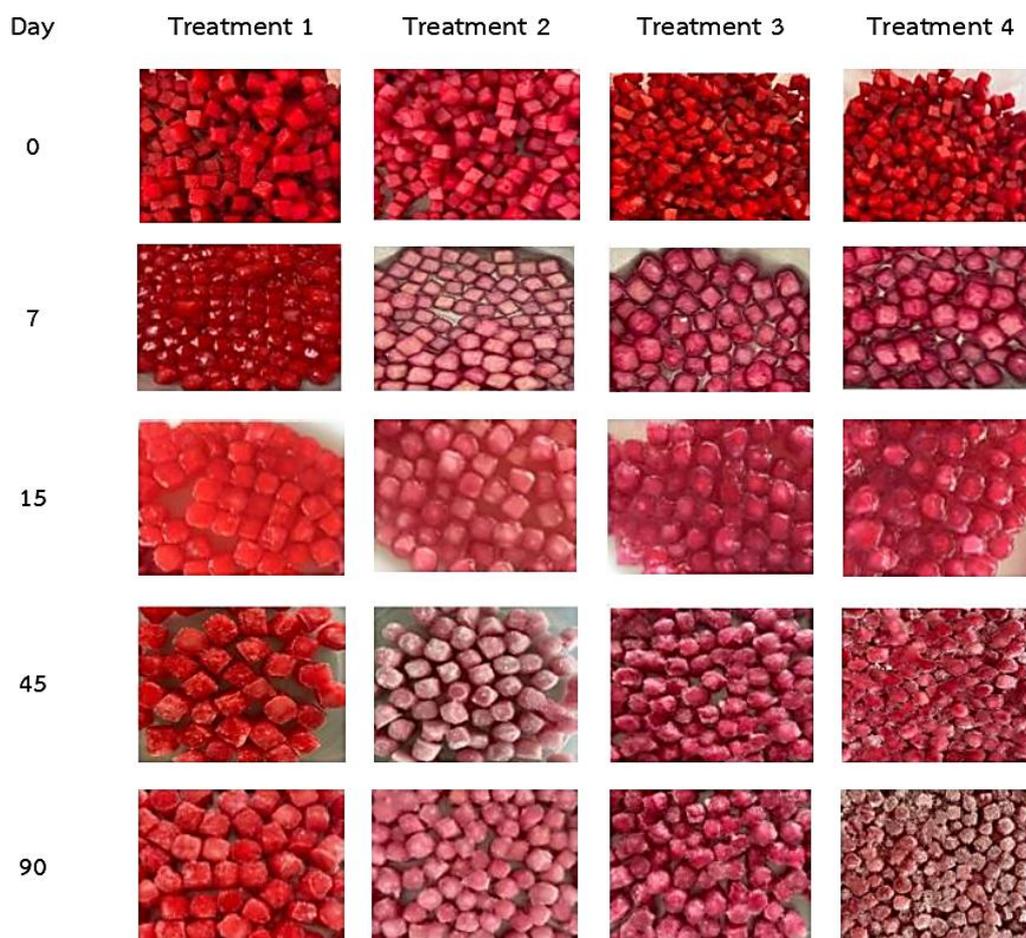


Figure 2 The appearance of Tab Tim Grob product during frozen storages at -18°C for 90 days

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่ใช้สารให้สีจากธรรมชาติและสีผสมอาหารทางการค้าที่ผ่านการแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 90 วัน (Table 4) พบว่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ก่อนแช่เยือกแข็งทั้ง 4 กรรมวิธี อยู่ในช่วง 3.27-4.27 คะแนน สีของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.30-4.30 คะแนน กลิ่นของผลิตภัณฑ์ในช่วง 2.87-3.00 คะแนน รสชาติของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 2.93-4.00 คะแนน เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.33-4.17 คะแนน และความชอบโดยรวมของ

ผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.27-4.13 คะแนน เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบโดยการแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 90 วัน พบว่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.23-3.57 คะแนน สีของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 2.87-3.54 คะแนน กลิ่นของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 2.88-3.00 คะแนน รสชาติของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.27-3.77 คะแนน เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.23-3.80 คะแนน และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 2.93-3.67 คะแนน แต่ละตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

Table 4 Sensory evaluation of Tab Tim Grob product during frozen storages at -18°C for 90 days

Day	Sample	Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall
0	Treatment 1	4.27±0.78 ^{aA}	4.30±0.95 ^{aA}	2.93±1.23 ^{aC}	4.00±0.98 ^{aA}	4.17±0.95 ^{aA}	4.13±0.94 ^{aA}
	Treatment 2	3.27±1.17 ^{bA}	3.40±1.11 ^{cA}	3.00±1.14 ^{aA}	3.67±1.06 ^{cA}	3.43±0.74 ^{cB}	3.70±0.83 ^{bA}
	Treatment 3	3.33±0.99 ^{bA}	3.30±1.00 ^{cB}	2.96±0.96 ^{aB}	3.73±1.04 ^{bB}	3.93±0.93 ^{cA}	3.74±0.83 ^{bB}
	Treatment 4	3.40±1.22 ^{bB}	3.80±0.99 ^{bA}	2.87±1.16 ^{bB}	2.93±1.42 ^{dB}	3.33±1.90 ^{cB}	3.27±1.08 ^{cB}
7	Treatment 1	4.35±0.71 ^{aA}	4.42±0.88 ^{aA}	3.74±0.96 ^{aA}	4.10±0.83 ^{bA}	4.13±0.92 ^{aA}	4.29±0.82 ^{aA}
	Treatment 2	3.51±0.96 ^{bA}	3.42±1.06 ^{cA}	3.51±0.96 ^{bA}	3.77±0.76 ^{cA}	3.77±0.88 ^{bA}	3.70±0.93 ^{cA}
	Treatment 3	3.90±0.94 ^{bA}	4.09±0.87 ^{bA}	3.71±0.92 ^{aA}	4.26±0.68 ^{aA}	4.12±0.92 ^{aA}	4.32±0.81 ^{aA}
	Treatment 4	4.16±0.78 ^{aA}	4.26±0.63 ^{bA}	3.54±1.06 ^{bA}	3.87±0.95 ^{cA}	3.93±0.96 ^{bA}	3.94±0.96 ^{bA}
15	Treatment 1	4.23±0.86 ^{aA}	4.03±0.99 ^{aA}	3.57±0.89 ^{aA}	4.10±0.80 ^{aA}	4.10±0.84 ^{aA}	4.10±0.88 ^{aA}
	Treatment 2	3.80±0.74 ^{aA}	3.67±0.88 ^{cA}	3.47±0.82 ^{bA}	3.57±0.85 ^{dA}	3.53±0.69 ^{cA}	3.83±0.79 ^{bA}
	Treatment 3	4.06±0.92 ^{bA}	3.80±0.96 ^{bA}	3.40±0.97 ^{bA}	3.80±1.00 ^{bB}	3.93±0.97 ^{aA}	3.86±0.89 ^{bB}
	Treatment 4	3.70±1.28 ^{bB}	3.76±1.16 ^{bA}	3.23±1.04 ^{cA}	3.53±1.04 ^{cA}	3.63±0.85 ^{bB}	3.63±1.03 ^{cA}
45	Treatment 1	4.13±0.87 ^{aA}	3.98±0.89 ^{aA}	3.24±0.42 ^{aB}	3.80±0.92 ^{aA}	3.87±1.00 ^{aA}	3.80±0.99 ^{aA}
	Treatment 2	3.68±0.23 ^{aA}	3.52±1.17 ^{cA}	3.18±0.84 ^{aA}	3.00±0.23 ^{cB}	3.63±0.69 ^{bA}	3.52±0.96 ^{bB}
	Treatment 3	4.00±0.63 ^{bA}	3.76±0.68 ^{bA}	3.06±0.97 ^{bB}	3.43±1.14 ^{bC}	3.51±0.96 ^{bB}	3.51±1.08 ^{bC}
	Treatment 4	3.54±0.89 ^{bB}	3.65±0.93 ^{bA}	3.01±1.06 ^{bB}	2.93±1.23 ^{cB}	3.33±0.99 ^{cB}	3.27±1.17 ^{cB}
90	Treatment 1	3.57±0.89 ^{aB}	3.54±1.06 ^{aB}	3.00±1.40 ^{aB}	3.77±0.81 ^{aB}	3.80±1.26 ^{aA}	3.67±1.18 ^{aB}
	Treatment 2	3.47±0.82 ^{bA}	3.23±0.96 ^{aB}	2.93±0.96 ^{aB}	3.70±0.93 ^{aA}	3.70±0.86 ^{aA}	3.00±0.88 ^{bC}
	Treatment 3	3.41±0.97 ^{bA}	3.52±0.14 ^{aB}	2.97±1.23 ^{aB}	3.63±0.81 ^{aC}	3.76±0.28 ^{aA}	3.54±0.95 ^{bC}
	Treatment 4	3.23±1.04 ^{cC}	2.87±1.16 ^{bB}	2.88±1.01 ^{bB}	3.27±1.04 ^b	3.23±1.21 ^{bB}	2.93±0.74 ^{bC}

Different lower-case superscript letters within a column indicate significant differences between mean values ($p \leq 0.05$).

Upper-case superscript letters indicate significant differences between 0–90 day within the same treatment conditions ($p \leq 0.05$).

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

ลักษณะเนื้อสัมผัสในค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่ใช้สารให้สีจากธรรมชาติและสีผสมอาหารทางการค้าที่ผ่านการแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 90 วัน (Table 5) พบว่ากรรมวิธีที่ 1 (ชุดควบคุม) มีค่าความแข็งอยู่

ในช่วง 28.88–38.59 นิวตัน กรรมวิธีที่ 2 ค่าความแข็งอยู่ในช่วง 27.29–37.99 นิวตัน กรรมวิธีที่ 3 ค่าความแข็งอยู่ในช่วง 27.73–37.49 นิวตัน และกรรมวิธีที่ 4 ค่าความแข็งอยู่ในช่วง 27.64–37.82 นิวตัน แต่ละตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

Table 5 Hardness of Tab Tim Grob products during frozen storage at -18 °C for 90 days.

Sample	Hardness (N)				
	0 Day	7 Day	15 Day	45 Day	90 Day
Treatment 1	38.59±0.22 ^{aA}	31.94±0.06 ^{aB}	29.57±0.10 ^{aC}	29.41±0.10 ^{aC}	28.88±0.09 ^{aD}
Treatment 2	37.99±0.04 ^{bA}	30.59±0.22 ^{bB}	28.80±0.16 ^{bC}	28.79±0.12 ^{bC}	27.29±0.04 ^{cD}
Treatment 3	37.49±0.12 ^{cA}	30.02±0.05 ^{cB}	28.92±0.04 ^{bC}	28.32±0.02 ^{cC}	27.73±0.07 ^{bC}
Treatment 4	37.82±0.16 ^{bA}	30.72±0.12 ^{bB}	28.12±0.06 ^{cC}	27.97±0.02 ^{dC}	27.64±0.10 ^{bC}

Different lower-case superscript letters within a column indicate significant differences between mean values ($p \leq 0.05$).

Upper-case superscript letters indicate significant differences between 0–90 day within the same treatment conditions ($p \leq 0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบโดยการเติมสีผสมอาหารทางการค้า (Figure 1) พบว่าผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบมีแป้งที่คงตัวไม่เปื่อยยุ่ย สามารถเกาะตัวกับหัวที่อยู่ด้านในได้ดี และมีสีแดงสดสม่ำเสมอ เนื่องจากสีผสมอาหารทางการค้าเป็นสารให้สีสังเคราะห์ทางเคมีซึ่งมีความเสถียร และมีศักยภาพในการแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหารที่สูง อีกทั้งยังมีต้นทุนค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับสารให้สีจากธรรมชาติ (Albuquerque *et al.*, 2020) ในส่วนของแป้งชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการห่อหุ้มผลแห้ง พบว่ากรรมวิธีที่ 2 ที่ห่อหุ้มแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 400 กรัม ผสมกับแป้งท้าวยายม่อม 50 กรัม มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงถึง 4.33, 4.63, 4.17, 4.27, 4.30 และ 4.33 คะแนน ตามลำดับ เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งท้าวยายม่อมเป็นแป้งที่มีปริมาณของอะไมโลสต่ำ โดยโมเลกุลส่วนใหญ่จะมีส่วนประกอบของอะไมโลเพคตินที่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบไม่แข็งตัว มีลักษณะใส เหนียวนุ่ม และมีความหนืด Ketthongkam (2023) จึงเหมาะสมที่จะนำไปศึกษาผลของสารให้สีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์ทางการค้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็งในตอนท้ายที่ 2 Manzoor *et al.* (2021) ได้กล่าวว่าสีของผลิตภัณฑ์

เป็นคุณลักษณะอันดับแรกที่มีผลต่อการรับรู้ การเลือก และการยอมรับทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภค อีกทั้งอัตราส่วนของแป้งชนิดต่าง ๆ ก็มีความสำคัญต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ เช่นกัน ซึ่ง Kobkel and Siriwongwilaichat (2015) ศึกษาผลของสตาร์ชตัดแปรต่อลักษณะทางกายภาพของทับทิมกรอบ โดยเปรียบเทียบการเคลือบหัวด้วยแป้งมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับสตาร์ชตัดแปร B พบว่าการเคลือบหัวด้วยสตาร์ชตัดแปร B ที่ร้อยละ 90 ที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีลักษณะที่ดี แป้งไม่หลุด รวมถึงมีร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีปริมาณจำเพาะ และค่าพองตัวน้อยกว่าแป้งมันสำปะหลัง

ส่วนลักษณะของเนื้อสัมผัสมีค่าใกล้เคียงกัน โดย Ketthongkam (2023) ศึกษาเกี่ยวกับการจับตัวของแป้งต่อหัวในทับทิมกรอบ พบว่าการใช้สัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังที่ต่อแป้งตัดแปรที่ร้อยละ 95 ต่อ 5 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น ความใสของแป้ง การเกาะตัวของแป้ง และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 6.04, 5.90, 5.97, 6.16 และ 6.20 ตามลำดับ นอกจากนี้ชนิดและปริมาณของแป้งก็มีผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ โดย Kobkel and Siriwongwilaichat (2015) ได้ศึกษาค่าความแข็งของทับทิมกรอบที่เคลือบด้วยสตาร์ชตัดแปร

อะซิติกเลทไฮดรอกซีอะซิติก 90 ผสมกับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 พบว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว โดยมีค่าความแข็งเริ่มต้นเท่ากับ 7.46 นิวตัน เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ามีค่าความแข็งเท่ากับ 7.40 นิวตัน และ Dholvitayakhun and Pumpho (2018) ศึกษาการผลิตทับทิมกรอบโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบแช่แข็ง โดยศึกษาการเคลือบด้วยโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมแลคเตท ที่เก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18°C . เป็นเวลา 24 ชม. พบว่าความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต 0.77 และแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.05 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี การแตกตัว (ความยากในการกัดให้แตก) รูปร่าง และความชอบโดยรวมสูงสุด เท่ากับ 7.04, 7.28, 7.40 และ 7.23 ตามลำดับ ดังนั้นแป้งแต่ละชนิดในอัตราที่ต่างกันมีผลต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบเป็นอย่างมาก

ผลของสารให้สีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์ทางการค้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 90 วัน พบว่าลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบในวันที่ 0 (ก่อนการแช่เยือกแข็ง) มีสีแดงสด แป้งที่คงตัวไม่เปียกยุ่ย สามารถเกาะตัวกับแก้วได้ดี เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างในวันที่ 90 ของการเก็บรักษา พบว่ากรรมวิธีที่ 2-4 ที่มีการใช้สารให้สีจากธรรมชาติส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์จางลง (Figure 3) ต่างจากตัวอย่างที่มีการใช้สีสังเคราะห์ทางการค้า ซึ่งสามารถรักษาสีของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่า สอดคล้องกับค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบก่อนการแช่เยือกแข็ง (Table 3) พบว่าในวันแรกก่อนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบอยู่ในช่วง 20.51-48.58 และวันสุดท้ายของการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 12.56-25.32 โดยกรรมวิธีที่ 3 ที่มีการใช้สารให้สีจากธรรมชาติมีค่าความเป็นสีแดง (a^*) เท่ากับ 23.12 ซึ่งใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่มีการใช้สีสังเคราะห์ทางการค้าที่ 25.32

และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่นานขึ้น จะส่งผลทำให้มีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีแดง-สีเหลืองลดลง ตั้งแต่อายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ขึ้นไป สาเหตุที่ผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็งเกิดการเปลี่ยนแปลงสีเนื่องมาจากการละลายน้ำแข็งด้วยการนำมาให้ความร้อน จึงส่งผลต่อการสูญเสียความเข้มข้นของเม็ดสีภายในผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสารให้สีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์ทางการค้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาด้วยการแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 90 วัน (Table 3) พบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบโดยการแช่เยือกแข็ง มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.23-3.57 คะแนน สีของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 2.87-3.54 คะแนน กลิ่นของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 2.88-3.00 คะแนน รสชาติของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.27-3.77 คะแนน เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 3.23-3.80 คะแนน และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 2.93-3.67 คะแนน ซึ่งกรรมวิธีที่ 3 ที่มีการใช้สารให้สีจากธรรมชาติจำนวน 2 เท่า มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงถึง 3.41, 3.52, 2.97, 3.63, 3.76 และ 3.54 คะแนน ตามลำดับ ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มากขึ้น จะส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่ใช้สารให้สีจากธรรมชาติ โดยมีการเปลี่ยนแปลงในด้านกลิ่นของสีธรรมชาติแรงขึ้น และมีรสชาติเปรี้ยวจากสีธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ในส่วนของตัวอย่างควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านกลิ่นและรสชาติ ดังนั้นการใช้สีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็งควรใช้ปริมาณสารให้สีจากธรรมชาติทดแทนในอัตราส่วนของสารให้สีจากธรรมชาติ 5 และ 10 มล. ต่อ น้ำ 200 มล. (กรรมวิธีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ) เนื่องจากการได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในทุก ๆ ด้าน ไม่แตกต่างกัน ส่วนในกรรมวิธีที่ 4 ใช้สารให้สีจากธรรมชาติ

ในอัตราส่วนที่มากเกินไปส่งผลให้มีรสชาติเปรี้ยว และมีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคน้อยที่สุด จากการทดลองระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ คือ ระยะเวลา 45 วัน เมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่แข็งเพิ่มขึ้นจนถึง 90 วัน จะส่งผลให้ โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบถูกทำลายโดยผลึกน้ำแข็งเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลของค่าสีและความแข็งที่ลดลงเมื่อมีระยะเวลาการแช่แข็งนานขึ้น

ลักษณะเนื้อสัมผัสในค่าความแข็งของสารให้สีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์ทางการค้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 90 วัน (Table 4) พบว่ากรรมวิธีที่ 1 มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 28.88–38.59 นิวตัน กรรมวิธีที่ 2 ค่าความแข็งอยู่ในช่วง 27.29–37.99 นิวตัน กรรมวิธีที่ 3 ค่าความแข็งอยู่ในช่วง 27.73–37.49 นิวตัน และกรรมวิธีที่ 4 ค่าความแข็งอยู่ในช่วง 27.64–37.82 นิวตัน แต่ละตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ซึ่งการใช้สีสังเคราะห์ทางการค้าส่งผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบสูงกว่าการใช้สารให้สีจากธรรมชาติเพียงเล็กน้อย และค่าความแข็งเริ่มต้นมีผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบเป็นอย่างมาก อีกทั้งระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่นานมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบลดลง เนื่องจากกระบวนการแช่เยือกแข็งจะดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ จึงส่งผลให้มีค่าความแข็งที่ลดลง

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบสูตรที่ 2 ที่ห่อหุ้มผลแห้งด้วยแป้งมันสำปะหลัง 400 กรัม และแป้งท้าวายม่อม 50 กรัม มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงสุด จึงเหมาะสำหรับการนำมาศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบต่อสารให้สีจากธรรมชาติและสีผสมอาหารทางการค้าที่ทำการเก็บรักษาด้วยการแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 90 วัน พบว่าการทดลองที่ 3 โดยใช้สารให้สีจากธรรมชาติปริมาณ 10 มล. ต่อน้ำ 200 มล. เหมาะสำหรับนำมาเติมในผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ เนื่องจากมีลักษณะปรากฏ ค่าความเป็นสีแดง (a^*) คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้านสูงที่สุด และมีค่าใกล้เคียงกับการใช้สีผสมอาหารทางการค้านอกจากนี้ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบด้วยการแช่เยือกแข็งไม่ควรเกิน 45 วัน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบเริ่มต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนจากโครงการฝึกอบรมหลักสูตรประกาศนียบัตรเกษตรก้าวหน้า (Smart Farming) ภายใต้โครงการพัฒนาและผลิตกำลังคนของประเทศเพื่อรองรับนโยบาย Thailand 4.0 ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท เพียว เคมีกัลส์ จำกัด ที่สนับสนุนสารให้สีจากธรรมชาติ รวมถึงขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล แสนพันธุ์ ที่ให้คำปรึกษาและการช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่เครื่องมือ และสารเคมี ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Albuquerque, B.R., J. Pinela, L.M. Barros, B.P. Oliveira and I.C. Ferreira. 2020. Anthocyanin-rich extract of jaboticaba epicarp as a natural colorant: optimization of heat-and ultrasound-assisted extractions and application in a bakery product. **Food Chemistry** 316(1): 126364.
- Benjakul, S. and S. Karnjanapratum. 2018. Characteristics and nutritional value of whole wheat cracker fortified with tuna bone bio-calcium powder. **Food Chemistry** 259(1): 181-187.
- Dholvitayakhun, A. and K. Pumpho. 2018. Mock pomegranate seeds dessert (Tab Tim Grob) production using frozen reverse spherification technique. **Journal of Food Technology Siam University** 13(2): 49-59. [in Thai]
- Imsabai, A. 2021. **Tub Tim Grob**. [Online]. Available <https://krua.com> (July 10, 2023). [in Thai].
- Islam, M. 2019. Food and medicinal values of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plant parts: a review. **Open Journal of Nutrition and Food Sciences** 1(1): 1003.
- Jurić, S., M. Jurić, Z. Król-Kilinska, K. Vlahoviček-Kahlina, M. Vinceković, V. Dragović-Uzelac and F. Donsi. 2022. Sources, stability, encapsulation and application of natural pigments in foods. **Food Reviews International** 38(8): 1735-1790.
- KhetThongkham, P. 2021. **Tub Tim Grob for Thai cooking**. [Online]. Available <https://cookpad.com> (July 10, 2023). [in Thai].
- Ketthongkam, P. 2023. The adhesion of starch to water chestnut in Tub Tim Grob (coated water chestnut pieces in coconut milk). **Journal of Roi Kaensarn Academi** 8(6): 96-110. [in Thai]
- Kobkel, K. and P. Siriwongwilaichat. 2015. The Effect of Modified Starch on Physical Properties of Tub Tim Grob. pp. 235-242. *In Proceedings of the 8th Silpakorn University International Conference on Academic Research and Creative Arts: Integration of Art and Science*. Bangkok: Silpakorn University. [in Thai]
- Kobkel, K. and P. Siriwongwilaichat. 2015. The Effect of Acetylated Distarch Phosphate on Physical Properties of Sterilized Tub Tim Grob. pp. 2843-2853. *In Creative Education Intellectual toward ASEAN*. Bangkok: Silpakorn University. [in Thai]

- Manzoor, M., J. Singh, A. Gani and N. Noor. 2021. Valorization of natural colors as health-promoting bioactive compounds: phytochemical profile, extraction techniques, and pharmacological perspectives. **Food Chemistry** 362: 130141.
- Ministry of Public Health. 2020. **Notification of the Ministry of Public Health Food Additives**. [Online]. Available <https://food.fda.moph.go.th> (July 17, 2023). [in Thai]
- Muthusamy, S., S. Udhayabaskar, G.P. Udayakumar, G. Kirthikaa. and N. Sivarajasekar. 2020. Properties and applications of natural pigments produced from different biological sources—a concise review. **Sustainable Development in Energy and Environment: Select Proceedings of ICSDEE** 2019(1): 105–119.
- Rzyto, R. 2020. Recent trends in methods used to obtain natural food colorants by freeze-drying. **Trends in Food Science and Technology** 102(1): 39–50.
- Singh, M.N., R. Srivastava. and I. Yadav. 2021. Study of different varieties of carrot and its benefits for human health: a review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry** 10(1): 1293–1299.
- Sinthusamran, S., S. Benjakul, K. Kijroongrojana, T. Prodpran and H. Kishimura. 2020. Protein hydrolysates from pacific white shrimp cephalothorax manufactured with different processes: compositions, characteristics and antioxidative activity. **Waste and Biomass Valorization** 11(2): 1657–1670.
- Srichok, S. 2020. **Tub Tim Grob Loi Kaew**. [Online]. Available <https://goodlifeupdate.com> (July 10, 2023). [in Thai]

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวสูตรอ่อนโยนจากสารสกัดสมุนไพร
ที่มีส่วนผสมของสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่และสารสกัดงาดำ

Development of Grey Hair Coverage Mild Shampoo from Herbal Extracts
with *Oryza sativa* L. and *Sesamum indicum* L. Extracts

ศนิพร จันท์บุรี¹ ปรัชญาไชย แชมช้อย² ญาณิศา จินดาหลวง¹ และธนพล กิจพจน์^{1*}

Sanipon Chanburee¹, Pruchyachai Chamchoi², Yanisa Chindaluang¹ and Thanapon Kitpot^{1*}

¹สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและเครื่องสำอาง คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

²สาขานิติศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

¹Division of Health and Cosmetic Product Development, Faculty of Food and Agricultural Technology
Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, Thailand, 65000

²Division of Law, Faculty of Social Science and Local Development, Pibulsongkram Rajabhat University
Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: thanapon.ki@psru.ac.th

Received: December 25, 2024

Revised: April 24, 2025

Accepted: April 30, 2024

Abstract

Most of hair coloring products normally contain synthetic chemicals which can cause irritation, skin allergy and carcinogen. The aim of this study was to develop a grey hair coverage shampoo from using *Oryza sativa* L. and *Sesamum indicum* L. extracts as active ingredients together with *Lawsonia inermis* L. and *Indigofera tinctoria* L. powder as natural colorants. The total phenolic contents of *Oryza sativa* L. and *Sesamum indicum* L. were 328.02 ± 5.06 and 210.40 ± 6.19 mg GAE/100g extracts, respectively. The total flavonoid contents were 69.17 ± 0.94 and 50.60 ± 0.22 mg CE/100g extracts, respectively. The grey hair coverage shampoo was developed using 1% of *Oryza sativa* L. and *Sesamum indicum* L. extracts and 2% of *Lawsonia inermis* L. and *Indigofera tinctoria* L. powder. This shampoo product was formulated for the elderly and those who have sensitive skin as it was chemical free (not containing phenylenediamine, hydrogen peroxide, ammonia, sodium lauryl sulfate, parabens and silicone). The product had a black color, no pungent smell and was slightly alkali (pH 8). No phase separation was observed from the stability test. This shampoo was easy to use, did not require mixing and could cover gray hair for 14 days. The assessors gave a score of 7.6 ± 0.9 points from a 9-point scores of sensory evaluation test.

Keywords: grey hair coverage shampoo, herbal hair dye, herbal extracts, total phenolic
total flavonoid

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวสูตรอ่อนโยนจากสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่และสารสกัดงาดำ ร่วมกับการใช้สารสีจากธรรมชาติ คือ เทียนกิ่งและใบคราม จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระพบว่า สารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่และสารสกัดงาดำมีค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 328.02 ± 5.06 และ 210.40 ± 6.19 mg GAE/100g extracts ตามลำดับ ค่าปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 69.17 ± 0.94 และ 50.60 ± 0.22 mg CE/100g extracts ตามลำดับ สารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่และสารสกัดงาดำถูกนำมาพัฒนาสูตรแชมพูปิดผมขาว โดยสูตรที่เหมาะสมจะใช้สารสกัดในปริมาณร้อยละ 1 ร่วมกับการใช้สารสีจากเทียนกิ่งและใบครามในปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวเป็นสูตรอ่อนโยน ไม่มีส่วนประกอบของสารเคมีกลุ่มฟีนอลินไดอะมีน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และแอมโมเนีย ไม่มีสารในกลุ่มโซเดียมลอริลซัลเฟต แอลกอฮอล์ พาราเบน และซิลิโคน เหมาะกับผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีผิวบอบบาง ผลิตภัณฑ์แชมพูที่ได้มีสีค่ามีความเป็นด่างเล็กน้อย (pH 8) มีความคงตัวไม่เกิดการแยกชั้น ผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวนี้สามารถใช้งานได้ง่าย สระผมได้ทันที ไม่จำเป็นต้องผสมก่อน ไม่มีกลิ่นฉุน และสามารถปกปิดผมขาวได้นาน 14 วัน จากการประเมินความพึงพอใจโดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.6 ± 0.9 คะแนน (อยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก)

คำสำคัญ: แชมพูปิดผมขาว สีย้อมผมสมุนไพร
สารสกัดสมุนไพร สารประกอบฟีนอลิก
สารประกอบฟลาโวนอยด์

คำนำ

ผู้บริโภคในปัจจุบันนิยมดูแลรูปลักษณ์ให้อ่อนเยาว์และดูแลสุขภาพดี ซึ่งการมีรูปลักษณ์ที่ดีย่อมส่งผลทำให้เกิดความมั่นใจในการดำรงชีวิต สีสผมเป็นคุณลักษณะหนึ่ง que แสดงถึงความอ่อนเยาว์ของคนและการมีสุขภาพกายที่ดี ผมขาวหรือผมหงอกเกิดจากการที่รากผมไม่สร้างเม็ดสีหรือสร้างน้อยลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสที่รากผมลดลง ความผิดปกติเหล่านี้มักมีสาเหตุมาจากความเครียด อายุ พันธุกรรม การขาดสารอาหาร การทานยา การได้รับมลภาวะ และการเป็นโรคบางชนิด ทำให้เส้นผมไม่มีสีหรือสีจางลงกลายเป็นเส้นผมสีขาวหรือสีเทาเมื่อมีการสะท้อนแสง (Sudtim *et al.*, 2018) ผมสีขาวหรือผมหงอกจัดได้ว่าเป็นปัญหาที่สร้างความวิตกกังวลแก่คนทั่วไป ทั้งวัยรุ่น วัยกลางคน และผู้สูงอายุ ปัจจุบันยังไม่มียาหรือวิธีการรักษาผมขาวที่ได้ผลนอกจากใช้วิธีการย้อมสีผม (Raksaphort *et al.*, 2021) การย้อมสีผมในปัจจุบันจึงได้รับความนิยมในการปกปิดปกปิดผมขาวเพื่อให้เกิดความสวยงามและสร้างความมั่นใจให้กับตนเอง (Plangmal *et al.*, 2023) สีย้อมผมที่มีจำหน่ายทั่วไปมีส่วนผสมของสารเคมีสังเคราะห์ซึ่งมีผลข้างเคียงทำให้เกิดการแพ้ ระคายเคือง และพบอุบัติการณ์การแพ้สารเคมีในยาย้อมสีผมเพิ่มมากขึ้น (Sukakul *et al.*, 2018) ผลิตภัณฑ์ย้อมสีผมโดยทั่วไปจะมีสถานะต่าง (pH 8-11) มักประกอบด้วยสารเคมี เช่น สารกลุ่มฟีนอลินไดอะมีน (Phenylenediamine) ที่ทำให้ชั้นนอกของเส้นผมบวมและพองขึ้นทำให้สีซึมผ่านเข้าสู่เส้นผมได้ มีรายงานว่าสารพาราฟีนีลีนไดอะมีน (Paraphenylenediamine) และ 4-อะมิโนไบฟีนิล (4-Amino biphenyl) เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ อาจทำให้ผมหยาบกระด้าง เกิดการ

ระคายเคืองและการแพ้ต่อผิวหนัง (Chaipradit *et al.*, 2012; Raksaphort *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2012) สำหรับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่นิยมใช้ในยาย้อมสีผมเพื่อเป็นสารเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะส่งผลทำให้ผมแห้งและทำลายเส้นผม (Plangmal *et al.*, 2023) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ย้อมสีผมจากสมุนไพรธรรมชาติมาใช้ทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ เนื่องจากมีความปลอดภัยต่อร่างกายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ใบเทียนกิ่งหรือเฮนน่า (Henna, *Lawsonia inermis* L.) มีสารให้สีจากธรรมชาติ ให้สีน้ำตาลเข้ม ออกแดง นิยมใช้ในสีย้อมผม คราดิน และเล็บ สารสำคัญที่ทำให้เกิดสีในใบเทียนกิ่งคือ ลอว์โซน (Lawson) หรือ 2-ไฮดรอกซี-1,4-แนฟโทควิโนน (2-hydroxy-1,4-naphthoquinone) ให้ประสิทธิผลในการติดสีและมีความคงทน (Raksaphort *et al.*, 2021) คราม (*Indigofera tinctoria* L.) นิยมใช้เป็นสารให้สีธรรมชาติจากส่วนของใบ กิ่งก้าน และลำต้น สารให้สีในครามมีที่มาจากสารอินดิแคน (Indican) ถูกไฮโดรไลสด้วยเอนไซม์ บีต้ากลูโคซิเดส (Beta-glucosidase) ที่มีในคลอโรพลาสต์ ใบพืชเกิดเป็นสารอินดอกซิล (Indoxyl) ซึ่งไม่มีสี และอินดอกซิลจะถูกออกซิไดส์ด้วยออกซิเจนไปเป็นสีครามน้ำเงิน (Indigo blue) ที่ไม่ละลายน้ำ มีคุณสมบัติพิเศษคือ ความคงทน สีไม่หลุดจาง ส่วนใหญ่นิยมนำครามมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมย้อมสีผ้า กระดาษ ยารักษาโรค (Saithong, 2012; Somrug *et al.*, 2020)

นอกจากนี้ในสารสกัดจากครามยังพบสารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Yartchimlee *et al.*, 2021) ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (*Oryza sativa* L.) เป็นข้าวสี (colored rice) ให้สารสีม่วง สามารถนำมาใช้เป็นสีย้อมได้ และมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง เช่น สารกลุ่ม โพลีฟีนอล กลุ่มฟลาโวนอยด์ กลุ่มแอนโทไซยานิน มีรายงานว่าสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่สามารถยับยั้งเอนไซม์ 5 แอลฟา-รีดักเทส (5 α -Reductase) ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผมหงอกและผมร่วง และสารสกัดยังมีฤทธิ์ช่วย

ทำให้ผมนุ่มสลวย บำรุงรากผมให้แข็งแรง และมีส่วนช่วยในการงอกของเส้นผม (Thitipramote *et al.*, 2022)

งาดำ (*Sesamum indicum* L.) เป็นธัญพืชที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ คือ เซซามอล (Sesamol) ช่วยบำรุงผมให้เงางามและช่วยดักจับอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากการกระตุ้นจากรังสียูวีซึ่งทำให้สีผมจางลงได้ (Weerapreeyakul *et al.*, 2013) จากสรรพคุณของสมุนไพรไทยที่มีคุณสมบัติที่ดีต่าง ๆ ทำให้ผู้วิจัยออกแบบวัตถุดิบประกอบเพื่อศึกษาประสิทธิภาพสมุนไพรข้าวไรซ์เบอร์รี่และงาดำ ที่มีคุณสมบัติช่วยบำรุงผม ร่วมกับการใช้สารสีจากเทียนกิ่งและใบคราม และนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวจากสารสกัดสมุนไพรสุตรอ่อนโยนที่หลีกเลี่ยงการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนีย เหมาะกับผู้สูงอายุและผู้ที่มีผิวบอบบาง (sensitive skin) โดยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีสารในกลุ่มโซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate, SLS) แอลกอฮอล์ (Alcohol) พาราเบน (Paraben) และซิลิโคน (Silicone)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างเส้นผม

เส้นผมดำธรรมชาติตัวอย่าง (เส้นผมแท้) จะถูกนำมาฟอกให้ขาวด้วยน้ำยาฟอกผมขาว (Developer Liquids 12%, Dipso, Commercial Grade) เป็นเวลา 1 ชม. จากนั้นนำเส้นผมขาวมาล้างให้สะอาดด้วยแชมพูหมักด้วยครีมนวดผมและล้างด้วยน้ำสะอาด เป่าให้แห้ง นำมามัดเป็นปอย มัดละ 2.5 กรัม เก็บไว้ในที่แห้ง (Raksaphort *et al.*, 2021)

การเตรียมสารสกัด

ข้าวไรซ์เบอร์รี่และงาดำ ซื้อมาจากร้านสมุนไพรไอสดนิยมน อำเภอมะนัง จังหวัดพิษณุโลก นำสมุนไพรมาล้างให้สะอาด ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (ED023, Binder, Germany) ที่อุณหภูมิ 50°C. จนกระทั่งความชื้นต่ำกว่า

ร้อยละ 12 แล้วนำสมุนไพรแห้งที่ได้มาบดเป็นผงละเอียด นำผงสมุนไพร 250 กรัม แช่ด้วยเอทานอลเข้มข้น ร้อยละ 70 โดยปริมาตร (Merck, AR Grade) 500 มล. เขย่าด้วยเครื่องเขย่าแนวราบ (SK-L330-Pro, DLAB, China) นาน 6 ชม. กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วระเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotavapor R-300, BUCHI, Switzerland) เพื่อให้ได้สารสกัดหยาบ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20°C . สำหรับผงใบเทียนกิ่งและใบคราม ชื้อจากร้านสมุนไพรโอสถนิยมนเช่นเดียวกัน นำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C .

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัด

สารสกัดหยาบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ และงาดำ ถูกละลายด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 99.9 โดยปริมาตร (Merck, AR Grade) 5 มล. วิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมโดยใช้ Folin-Ciocalteu's reagent (Sigma-Aldrich, AR Grade) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Borrás-Linares *et al.* (2015) ผสมสารสกัด 0.4 มล. กับสารละลาย 0.25 นอร์มอล Folin-Ciocalteu reagent 2 มล. ในหลอดทดลองขนาด 50 มล. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 7.5 โดยมวลต่อปริมาตร (RCI Labscan, AR grade) 1.6 มล. บ่มหลอดทดลองในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (WNB7, Memmert, Germany) ที่ 50°C . นาน 5 นาที และบ่มต่อในที่มีด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Evolution 201, Thermo Scientific, USA) ที่ ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Sigma-Aldrich, AR Grade) ในช่วงความเป็นเส้นตรงซึ่งอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0-100 มกค./มล. คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้ จากกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างแกน X คือ ความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิก (มกค./มล.) และแกน Y คือ ค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความ

เข้มข้น ($Y = 0.0116X + 0.0214$, $R^2 = 0.9992$) ที่สร้างขึ้น รายงานปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในสารสกัด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดดัดแปลงจากวิธีการของ Borrás-Linares *et al.* (2015) สารสกัดหยาบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ และงาดำ ปริมาณ 0.1 มล. นำมาละลายด้วยน้ำกลั่น 4 มล. จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไนไตรท์เข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร (RCI Labscan, AR grade) 0.3 มล. ผสมให้เข้ากัน บ่มในที่มีดที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที แล้วเติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร (Merck, AR grade) 0.3 มล. บ่มในที่มีดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ (Merck, AR grade) 2 มล. และน้ำกลั่น 3.3 มล. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Evolution 201, Thermo Scientific, USA) ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานคาเทชิน ในช่วงความเป็นเส้นตรงซึ่งอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0-5,000 มกค./มล. คำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างแกน X คือ ความเข้มข้นของสารมาตรฐานคาเทชิน (มก./ลิตร) และแกน Y คือ ค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ($Y = 0.0003X + 0.0210$, $R^2 = 0.9990$) ที่สร้างขึ้น รายงานปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเป็น มิลลิกรัมสมมูลของคาเทชินต่อ 100 กรัมสารสกัด

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวสมุนไพรสูตรอ่อนโยน

สูตรแชมพูปิดผมขาวสมุนไพรเริ่มมาจากการพัฒนาสูตรตำรับแชมพูย้อมผมที่สามารถใช้ได้ในช่วงตอนเดียว ซึ่งจะแตกต่างกับผลิตภัณฑ์แชมพูย้อมผมที่มีจำหน่าย

ในท้องตลาดที่มีการแยกส่วนผสมเป็นสองส่วน โดยก่อนการใช้งานจะต้องผสมให้เข้ากัน การผสมหรือคนที่ไม่ทั่วถึงจะส่งผลทำให้ผมหลังการย้อมมีสีที่ไม่เท่ากัน สำหรับการพัฒนาสูตรแชมพูปิดผมขาวจะมีการพัฒนาสูตร โดยมีการศึกษาการแปรผันชนิดของสารเพิ่มความหนืด (thickener) ซึ่งมีผลต่อการเกาะติดของแชมพูบนเส้นผมขณะสระผม สารเพิ่มความหนืดทั้งหมด 6 ชนิดที่ศึกษา คือ 1) Hydroxyethyl Cellulose, 2) Xanthan gum, Clear xanthan gum, 3) Acrylate Crosspolymer (Carbopol Aqua SF-1 Polymer, ClearClean™), Sodium Polyacrylate (Cosmedia SP) 4) Ammonium Acryloyldimethyltaurate/ VP Copolymer, 5) Acrylates/ Beheneth-25 methacrylate copolymer และ 6) Poly Ethelene Glycol-150 Distearate สูตรตำรับที่พัฒนาขึ้น จะมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ คือ ประเมินลักษณะปรากฏด้วยสายตา ค่าสี $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดค่าสี (NH310, 3nh, China) ค่าความหนืดด้วยเครื่องวิสโคมิเตอร์ (ROTAVISC hi-vi II, IKA, Germany) และความเป็นกรดต่างด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (ORION STAR A111, Thermo Scientific, USA) เมื่อมีการพัฒนาจนได้สูตรพื้นฐานที่เหมาะสมแล้วจะมีการเติมสารสกัดสมุนไพรลงในสูตรที่เหมาะสม

การศึกษาประสิทธิภาพการติดสีผมของแชมพูปิดผมขาว

สูตรแชมพูที่เหมาะสมจะถูกนำไปทดสอบความสามารถในการติดสีของปอยผมตัวอย่างที่ผ่านการฟอกสีแล้วโดยดัดแปลงวิธีการของ Kaikaw (2009) นำปอยผมมัดละ 2.5 กรัม มาสระด้วยแชมพูปิดผมขาว 2 มล. ทิ้งไว้นาน 20 นาที จากนั้นล้างออกด้วยแชมพูและน้ำสะอาด ทดสอบการติดคงทนของสีย้อมโดยสระผมด้วยแชมพูทั่วไปกับปอยผมสัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ประเมินผลโดยใช้การถ่ายภาพ Digital

microscope (Dino-Lite, AM4113ZT, ANMO Electronics Corporation, Taiwan) ที่กำลังขยาย 200 เท่า และการวัดค่าสี $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดค่าสี (NH310, 3nh, China)

การศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์

ทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะเร่ง (heat-cool cycles) จำนวน 6 รอบ โดยทำการเก็บผลิตภัณฑ์ในภาชนะปิดสนิทและพันแสงที่อุณหภูมิ $45 \pm 2^{\circ}\text{C}$. นาน 48 ชม. และเก็บที่ $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$. นาน 48 ชม. นับเป็น 1 รอบ ทำการตรวจวิเคราะห์ความคงตัวของผลิตภัณฑ์จากค่าคุณภาพ คือ ประเมินลักษณะปรากฏด้วยสายตา ค่าสี $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดค่าสี (NH310, 3nh, China) ค่าความหนืดด้วยเครื่องวิสโคมิเตอร์ (ROTAVISC hi-vi II, IKA, Germany) และความเป็นกรดต่างด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (ORION STAR A111, Thermo Scientific, USA)

การประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวจากสารสกัดสมุนไพรสูตรที่เหมาะสมจะนำไปประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เบื้องต้น ด้วยวิธีการประเมินให้คะแนน 9 ระดับ (9-Point Hedonic scale) โดย 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด (Chompreeda, 2007) โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน (ช่วงอายุ 30-60 ปี) โดยนำผลิตภัณฑ์ประมาณ 3 มิลลิลิตร เทลงบนส่วนปลายของปอยเส้นผมผู้ทดสอบ แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาด จากนั้นทำการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น ความหนืด การเกิดฟอง ปริมาณฟอง ความสามารถในการล้างออก และความชอบโดยรวม โดยในการดำเนินการประเมินความพึงพอใจนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมในการดำเนินงานวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม หมายเลข PSRU-EC No. : 2021/047

การวิเคราะห์ข้อมูล

รายงานผลการทดลองเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD) จากข้อมูล 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 16 (Minitab Inc., USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ผลการวิจัย

การสกัดสารจากสำคัญสมุนไพร

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (*Oryza sativa* L.) งาดำ (*Sesamum indicum* L.) ที่ผ่านการอบแห้งแล้วสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร สารสกัดหยาบมีลักษณะเป็นของเหลวข้น และมีค่าคุณภาพต่าง ๆ แสดงดัง Table 1

Table 1 Properties of herbal extracts by 70 percent (v/v) ethanol

Properties	Herbal extracts	
	<i>Oryza sativa</i> L.	<i>Sesamum indicum</i> L.
Appearance	Dark purple liquid	Black liquid
%Extraction yield	20.15±3.14	18.44±2.48
pH	6.63±0.13	6.18±0.02
L*	5.10±0.05	3.17±0.06
a*	0.78±0.40	1.26±0.05
b*	-2.15±0.07	0.29±0.02

Values are means of three replications ± standard deviation.

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ในสารสกัด

ในการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่และงาดำ (Table 2) พบว่าสารสกัดทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 328.02 ± 5.06 และ 210.40 ± 6.19 mg GAE/100g extracts ตามลำดับ ปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 69.17 ± 0.94 และ 50.60 ± 0.22 mg CE/100g extracts ตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้ไปคำนวณประสิทธิภาพของสารสกัดในการต้านอนุมูลอิสระ (%free radical scavenging) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าสารสกัดข้าว

ไรซ์เบอร์รี่และงาดำ ที่ความเข้มข้น 2 มก./มล. มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้มากกว่าร้อยละ 80 จึงได้เลือกความเข้มข้นดังกล่าวมาใช้ในการพัฒนาสูตรแชมพูปิดผมขาวโดยจะใช้สารสกัด 0.2 กรัมต่อแชมพู 100 กรัม แต่การใช้สารสกัดจากธรรมชาติจะมีการคำนึงถึงการเสื่อมสลายฤทธิ์ของสารสกัด จึงควรใส่ปริมาณสารสกัดเพิ่มประมาณ 5–10 เท่า (Manosroi and Manosroi, 2013) ดังนั้นในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวจึงมีการเพิ่มปริมาณสารสกัดเป็น 1.0 กรัมต่อสูตรแชมพูพื้นฐาน 100 กรัม (ร้อยละ 1.0)

Table 2 Total phenolic and flavonoid contents of herbal extracts

Herbal extracts	Total phenolic content (mg GAE/100g extracts)	Total flavonoid content (mg CE/100g extracts)
<i>Oryza sativa</i> L.	328.02±5.06 ^a	69.17±0.94 ^a
<i>Sesamum indicum</i> L.	210.40±6.19 ^b	50.60±0.22 ^b

Values are means of three replications±standard deviation.

Values in the same column with the different letters are significantly different at $p < 0.05$.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวสมุนไพรสูตรอ่อนโยน

การพัฒนาสูตรตำรับพื้นฐานแชมพูมีการแปรผันสารเพิ่มความหนืดทั้งหมด 6 ชนิด รวมทั้งหมด 12 สูตร (S1-S12) แสดงดัง Table 3 สำหรับลักษณะปรากฏและค่าคุณภาพของแชมพูที่พัฒนาได้แสดงดัง Table 4 และ Table 5 สูตรแชมพู S1, S2 และ S3 พบว่าค่าปริมาณของ Hydroxyethyl Cellulose มีผลต่อสูตรแชมพู ทำให้แชมพูตกตะกอนไม่เป็นเนื้อเดียวกัน สำหรับสูตร S4 และ S5 ที่ใช้แซนแทนกัม พบว่าแชมพูยังคงไม่เป็นเนื้อเดียวกัน สำหรับสูตร S6-S12 เป็นสูตรที่ดี แชมพูเป็นเนื้อเดียวกัน มีลักษณะของเหลวสีดํา ไม่มีกลิ่นฉุน มีค่า pH เป็นต่าง (ประมาณ 8) เหมาะสมสำหรับแชมพูย้อมผมเนื่องจากความเป็นด่างจะทำให้เกล็ดผมเปิด และเม็ดสีจะสามารถเข้าสู่ชั้นในของเส้นผม ทำให้สีย้อมติดผมได้ง่าย (Raksaphort *et al.*, 2021) นอกจากนี้ความหนืดของผลิตภัณฑ์ยังส่งผลต่อการเกาะติดของเม็ดสีในขณะสระผม

โดยเมื่อพิจารณาจากสูตรแชมพู S6-S12 พบว่าสูตร S12 ซึ่งใช้ PEG-150 Distearate เป็นสารเพิ่มความหนืดมีความหนืดสูงสุด สามารถไหลออกจากบรรจุภัณฑ์ได้ดีและสามารถคงอยู่ในอุ้งมือได้ เมื่อนำไปทดลองใช้สระผมเบื้องต้น พบว่าสามารถกระจายบนเส้นผมได้ง่าย สูตรแชมพู S12 จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมนำไปพัฒนาเป็นสูตรแชมพูปิดผมขาวผสมสารสกัดสมุนไพร โดยจะเพิ่มสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่และงาดํา ชนิดละ 1.0 กรัมต่อสูตรแชมพูพื้นฐาน 100 กรัม ตามที่ได้วิเคราะห์ไว้ในเบื้องต้น ร่วมกับการใช้สารสีจากเทียนกิ่งและโบครามในปริมาณร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก (Raksaphort *et al.*, 2021; Somrug *et al.*, 2020) ได้เป็นสูตรแชมพูสูตร S13 ซึ่งเป็นสูตรที่เหมาะสมของแชมพูปิดผมขาวผสมสารสกัดสมุนไพรสูตรอ่อนโยน สูตร ลักษณะปรากฏ และค่าคุณภาพของแชมพูปิดผมขาวแสดงดัง Table 3 (S13) Table 4 (S13) และ Figure 1 (S13)

Table 3 Formula of base shampoos (S1-S12) and grey coverage herbal shampoo (S13)

Parts	Ingredients	Formular no. (total 100 g)												
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13
A	Di Water up to	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Tetrasodium EDTA	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Guar Hydroxy propyltrimonium Chloride	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	Ammonium lauryl sulfate	15.00	15.0	15.00	15.00	15.0	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
B	Cocamidopropyl Hydroxysultaine	10.0	10.0	10.0	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	Vanilla Anise Fragrance	-	-	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	Water	10.00	10.00	10.00	10.0	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
C	Thickener¹	2.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Water	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
D	Benzophenone-4	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	Water	5.00	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	Wood black powder	2.00	1.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	PEG-40 Hydrogenated Castor Oil	-	-	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	ColorFix™	0.06	0.06	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	<i>Lawsonia inermis</i> L. ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00
	<i>Indigofera tinctoria</i> L. ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00
	<i>Oryza sativa</i> L. ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00
	<i>Sesamum indicum</i> L. ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00
	Phenoxyethanol (and) Chlorphenesin (and) Water (and) Glycerin	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
	Vanilla Anise Fragrance	0.50	0.50	-	-	-	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	G	Triethanolamine	0.41	0.21	0.11	0.11	0.11	0.14	0.28	0.28	0.47	0.44	0.28	0.50

¹Thickener S1, S2, S3 = Hydroxyethyl cellulose, S4 = Xanthan gum, S5 = Clear xanthan gum, S6 = Acrylate Crosspolymer (Carbopol Aqua SF-1 Polymer), S7 = Ammonium Acryloyldimethyltaurate/ VP Copolymer, S8, S9 = Acrylates/Beheneth-25 methacrylate copolymer, S10 = Acrylate Crosspolymer (Cosmedia SP), S11 = Acrylates Crosspolymer (ClearClean), S12 = Poly Ethelene Glycol-150 Distearate

²Natural coloring agents will be added to suitable formular S13

³Herb extracts will be added to suitable formular S13

Table 4 Properties of base shampoos (S1-S12) and grey coverage herbal shampoo (S13)

Formular no.	Appearance	pH	Viscosity (cp)
Base formular	Clear, colorless, homogeneous	8.13±0.23 ^b	621.97±5.87 ^a
S1	Lumpy, not homogeneous	8.35±0.10 ^{ab}	Unmeasurable
S2	Lumpy, not homogeneous	8.04±0.20 ^c	Unmeasurable
S3	Lumpy, not homogeneous	8.17±0.15 ^b	Unmeasurable
S4	Lumpy, not homogeneous	8.45±0.18 ^a	Unmeasurable
S5	Lumpy, not homogeneous	8.53±0.17 ^a	Unmeasurable
S6	Black color, homogeneous	8.17±0.30 ^b	163.47±3.95 ^d
S7	Black color, homogeneous	8.20±0.18 ^b	278.93±4.41 ^d
S8	Black color, homogeneous	8.05±0.05 ^c	87.73±7.85 ^e
S9	Black color, homogeneous	8.03±0.21 ^c	419.47±41.19 ^b
S10	Black color, homogeneous	8.00±0.04 ^c	309.07±2.44 ^c
S11	Black color, homogeneous	8.19±0.09 ^b	326.13±11.38 ^c
S12	Black color, homogeneous	8.23±0.15 ^b	630.50±32.27 ^a
S13	Black color, homogeneous	8.16±0.11 ^b	640.00±28.30 ^a

Values are means of three replications±standard deviation.

Values in the same column with the different letters are significantly different at p<0.05.



Figure 1 Appearances of base shampoos (S1-S12) and grey coverage herbal shampoo (S13)

การศึกษาประสิทธิภาพการติดสีผมของแชมพูปิดผมขาว

ลักษณะการติดสีบนปอยผมหลังจากการใช้แชมพูปิดผมขาวสูตร S13 สระผม แสดงได้ดัง Table 5 ผมที่ผ่านการสระด้วยแชมพูปิดผมขาวสูตร S13 สามารถเปลี่ยนสีผมได้ตั้งแต่ครั้งแรกที่สระ (After coverage) เส้นผมตัวอย่างเปลี่ยนจากสีขาวเหลืองเป็นสีน้ำเงินเข้ม เนื่องจากแชมพูมีความเป็นด่าง (pH ประมาณ 8) ทำให้

เกล็ดผมเปิดและเม็ดสีจะสามารถเข้าสู่ชั้นในของเส้นผม ทำให้สีย้อมติดผมได้ง่าย จากการประเมินการติดสีของปอยผมหลังการสระผมจำนวน 6 ครั้ง (สัปดาห์ละ 3 ครั้ง นาน 2 สัปดาห์) พบว่าเส้นผมยังคงมีสีน้ำเงินเข้มแต่ความเข้มสีลดลง คนจะเริ่มสังเกตเห็นความแตกต่างของสีได้ชัดเจนขึ้น (ค่า ΔE มีค่าเพิ่มขึ้น) หลังจากนั้นสีผมจะเริ่มจางลงตามธรรมชาติ

Table 5 Characteristics of hair samples after using grey coverage herbal shampoo (S13)

Properties	Grey hair (Control)	Hair after coverage	Number of washings						
			1	2	3	4	5	6	
Appearance									
color	Yellow white	Dark blue	Dark blue	Dark blue	Dark blue	Dark blue	Dark blue	Dark blue	Dark blue
L*	73.29±1.41	16.07±0.94	16.23±0.98	16.88±0.98	18.06±1.05	19.87±1.16	22.45±1.31	25.82±1.51	
a*	7.75±0.44	0.91±0.20	0.96±0.21	0.96±0.21	1.02±0.22	1.13±0.24	1.27±0.27	1.46±0.31	
b*	22.10±0.61	0.78±0.64	0.82±0.67	0.82±0.67	0.87±0.72	0.96±0.79	1.09±0.90	1.25±1.03	
ΔE	-	61.44	0.16	0.65	1.19	1.81	2.59	3.38	

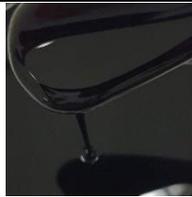
Values are means of three replications±standard deviation.

การศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่งจำนวน 6 รอบ นาน 24 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวจากสมุนไพรมีความคงตัวดี เนื้อแชมพูยังคงมีสีดำใกล้เคียงเดิม มีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เท่ากับ 0.37 คนทั่วไปไม่สามารถแยกแยะได้ด้วยตาเปล่า

(Mokrzycki and Tatol, 2011) ไม่เกิดการแยกชั้น ค่าความเป็นกรดต่างมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ทั้งนี้ยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อหนังศีรษะ ส่วนค่าความหนืดของแชมพูมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำมาทดลองเทและกระจายบนเส้นผม พบว่ายังมีการไหลที่คงเดิม และสามารถกระจายบนเส้นผมได้ดี (Table 6)

Table 6 Stability evaluation of grey coverage herbal shampoo (S13)

Properties	Grey coverage herbal shampoo	
	Before stability test	After stability test
Appearance		
pH	8.16±0.11 ^{ns}	8.35±0.21 ^{ns}
Viscosity (cP)	640.0±28.3 ^b	685.0±17.4 ^a
L*	9.80±0.33 ^{ns}	9.65±0.45 ^{ns}
a*	2.56±0.55 ^{ns}	2.23±0.40 ^{ns}
b*	0.26±0.06 ^{ns}	0.35±0.09 ^{ns}
ΔE	-	0.37

Values are means of three replications±standard deviation.

Values of each product in the same row with the different letters are significantly different at p<0.05.

การประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

จากผลประเมินความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวจากสมุนไพร (Table 7) พบว่าค่าคะแนนความชอบในด้านด้านลักษณะปรากฏ

กลิ่น ความหนืด การเกิดฟอง ปริมาณฟอง ความสามารถในการล้างออก และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงคะแนน 6 ถึง 8 คะแนน (จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน) ซึ่งเป็นระดับคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก

Table 7 Sensory evaluation scores of suitable grey coverage herbal shampoo (n=30)

Attributes	Grey coverage herbal shampoo
Appearance	7.1±0.8
Odor	6.8±1.1
Viscosity	6.8±0.8
Foaming	6.9±0.9
Washable	7.0±0.8
Overall liking	7.6±0.9

Values are means of replications±standard deviation.

วิจารณ์ผลการวิจัย

อนุมูลอิสระส่งผลเสียในส่วนของโครงสร้างผม เกิดความบกพร่องของดีเอ็นเอของเซลล์เมลาโนไซต์ของผมในรูขุมขน ทำให้เซลล์สร้างเม็ดสีเมลานินได้ลดลงและเกิดความบกพร่องในการส่งสัญญาณระดับเซลล์ ส่งผลให้เซลล์เมลาโนไซต์ไม่เคลื่อนที่ไปยังบริเวณโคนผม ในระยะการเจริญเติบโตของเส้นผม อีกทั้งอนุมูลอิสระยังเร่งการทำงานของเอนไซม์ 5 แอลฟา-รีดักเทส ซึ่งก่อให้เกิดภาวะผมหงอกก่อนวัยและภาวะผมร่วง (Alopecia) (Trüeb, 2009; Trüeb, 2015) จากรายงานพบว่าสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 5 แอลฟา-รีดักเทส และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเส้นผมโดยการเพิ่มจำนวนเซลล์เดอร์มอลพาพิลลา (Dermal papilla) เพื่อให้มีการสังเคราะห์เม็ดสีจากเซลล์เมลาโนไซต์มากขึ้น สารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์มีส่วนช่วยควบคุมการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นเซลล์ต้นกำเนิดของรูขุมขนทำให้มีผลต่อการกระตุ้นการงอกใหม่ของเส้นผมได้อีกด้วย (Sun *et al.*, 2022)

ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระจึงมีส่วนช่วยชะลอภาวะผมหงอกและผมร่วงได้ แชมพูปิดผมขาวจึงได้ถูกพัฒนาด้วยคุณสมบัติช่วยบำรุงผมจากสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่และงาดำร่วมกับการใช้สารสีจากธรรมชาติเพื่อปิดผมขาวจากเทียนกิ่งและไบคราม ลดการใช้สารเคมีซึ่งทำให้ผมหยาบกระด้าง ผมแห้ง เกิดการระคายเคืองและการแพ้ต่อผิวหนัง และเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Chaipradit *et al.*, 2012; Plangmal *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2012) ผมที่ผ่านการสระด้วยแชมพูปิดผมขาวสูตรที่เหมาะสมสามารถเปลี่ยนสีผมได้ตั้งแต่ครั้งแรกที่สระ เส้นผมตัวอย่างเปลี่ยนจากสีขาวเหลืองเป็นสีน้ำตาลเข้มเนื่องจากแชมพูมีความเป็นด่าง (pH ประมาณ 8) ทำให้เกล็ดผมเปิดและเม็ดสีจะสามารถเข้าสู่ชั้นในของเส้นผมทำให้สีย้อมติดผมได้ง่าย (Raksaphort *et al.*, 2021)

สรุปผลการวิจัย

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวสูตรอ่อนโยนจากสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่และงาดำ ร่วมกับการใช้สารสีจากเทียนกิ่งและไบคราม จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด จากการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร พบว่าสารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่และสารสกัดงาดำมีค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 328.02 ± 5.06 และ 210.40 ± 6.19 mg GAE/100g extracts ตามลำดับ ค่าปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 69.17 ± 0.94 และ 50.60 ± 0.22 mg CE/100g extracts ตามลำดับ สารสกัดข้าวไรซ์เบอร์รี่และสารสกัดงาดำถูกนำมาพัฒนาสูตรแชมพูปิดผมขาวในปริมาณร้อยละ 1 ร่วมกับการใช้สารสีจากเทียนกิ่งและไบครามในปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวเป็นสูตรอ่อนโยน ไม่มีส่วนผสมของสารเคมีกลุ่มฟีนอลิก ไนโตรเจน เฟอร์โรออกไซด์ และแอมโมเนีย ไม่มีสารในกลุ่มโซเดียมลอริลซัลเฟต (SLS) แอลกอฮอล์ พาราเบน และซิลิโคน เหมาะกับผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีผิวบอบบาง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความเป็นด่างเล็กน้อย มีความคงตัวไม่เกิดการแยกชั้น ผลิตภัณฑ์แชมพูนี้สามารถใช้งานได้ง่าย สระผมได้ทันที ไม่จำเป็นต้องผสมก่อน ไม่มีกลิ่นฉุน และสามารถปกปิดผมขาวได้นาน 14 วัน จากการประเมินความพึงพอใจโดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.6 ± 0.9 คะแนน (อยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก) งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการนำพืชสมุนไพรไทยมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวสูตรอ่อนโยน เป็นการเสริมมูลค่าเพิ่มให้กับพืชสมุนไพร สามารถนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์แก่ผู้ประกอบการผลิตแชมพูได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยนี้ และคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Borrás-Linares, I., S. Fernández-Arroyo, D. Arráez-Roman, P.A. Palmeros-Suárez, R. Del Val-Díaz, I. Andrade-González and A. Fernández-Gutiérrez, J.F. Gómez-Leyva, A. Segura-Carretero. 2015. Characterization of phenolic compounds, anthocyanidin, antioxidant and antimicrobial activity of 25 varieties of Mexican Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). **Industrial Crops and Products** 69: 385–394.
- Chaipradit, K., S. Preeprame and S. Naulkaew. 2012. A comparative study of blue pea extract gel and CRC extract gel in the hair pieces of gray-hair. **Isan Journal of Pharmaceutical Sciences** 8(1): 215–220. [in Thai]
- Chompreeda, P. 2007. **Sensory Evaluation and Consumer Acceptance**. Bangkok: Kasetsart University. 265 p. [in Thai]
- Kaikeaw, M. 2009. **Development of Hair Dye Spray from Sappan Wood**. Master Thesis. Mae Fah Luang University. 51 p. [in Thai]
- Manosroi, A. and J. Manosroi. 2013. **Cosmeceuticals**. Bangkok: Odient Store Publishing. 495 p. [in Thai]
- Mokrzycki, W.S. and M. Tatol. 2011. Color difference ΔE - a survey. **Machine Graphics and Vision** 20(4): 383–411.
- Plangmal, K., P. Leelapornpisol, C. Ruengorn and W. Poomanee. 2023. Knowledge and behaviors on hair dying among the students of Rajabhat Mahasarakham University. **Thai Journal of Pharmacy Practice** 15(2): 491–500. [in Thai]
- Raksaphort, S., K. Yenyaem, S. Gluntang, W. Champati, P. Tammakeson, S. Ngogngam and S. Suwancharoen. 2021. Parameters investigation of hair dyeing using natural extract from henna leaves, sappan heartwood, butterfly pea flowers, mangosteen husk and red cabbage. **Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal** 13(3): 790–803. [in Thai]
- Saithong, A. 2012. Natural dyed indigo silk. **KKU Science Journal** 40(2): 423–435. [in Thai]
- Somrug, K., P. Timsuksai and S. Jenweerawat. 2020. Influence of harvesting date on yield and seed quality of indigo (*Indigofera tinctoria* L.). **King Mongkut's Agricultural Journal** 38(4): 426–433. [in Thai]

- Sudtim, K., K. Chaijinda and A. Wongrathanachai. 2018. A Survey of hair dye products in beauty salon that Comply with the law: a case study Taling Chan district, Bangkok. **Thai Food and Drug Journal** 22(1): 51–60. [in Thai]
- Sukakul, T., P. Limphoka and W. Boonchai. 2018. Hair dye allergy and hair dyes in Thai market: a literature review and recommendations. **Thai Journal of Dermatology** 34(4): 245–265. [in Thai]
- Sun, M., Y. Deng, X. Cao, L. Xiao, Q. Ding, F. Luo, P. Huang, Y. Gao, M. Liu and H. Zhao. 2022. Effects of natural polyphenols on skin and hair health: a review. **Molecules** 27(22): 7832.
- Thitipramote, N., S. Imsonpang, P. Sukphopetch, P. Pradmeeteekul, J. Nimkamnerd, W. Nantitanon and W. Chaiyana. 2022. Health benefits and safety of red pigmented rice (*Oryza sativa* L.): *in vitro*, cellular, and *in vivo* activities for hair growth promoting treatment. **Cosmetics** 9(6): 111.
- Trüeb, R.M. 2009. Oxidative stress in ageing of hair. **International Journal of Trichology** 1(1): 6–14.
- Trüeb, R.M. 2015. The impact of oxidative stress on hair. **International Journal of Cosmetic Science** 37(Suppl 2): 25–30.
- Weerapreeyakul, N., N. Chansri, A. Lawong and S. Waithong. 2013. Satisfaction study of the application of black sesame meal scrub cream. **Isan Journal of Pharmaceutical Sciences** 9(1): 222–226. [in Thai]
- Yartchimplee, A., P. Khumphai, N. Sakkayawong and C. Sompark. 2021. Antioxidant activities of the indigo extracts and prediction of tyrosinase inhibition by molecular docking. **Thai Journal of Science and Technology** 10(4): 469–486. [in Thai]
- Zhang, Y., C. Kim and T. Zheng. 2012. Hair dye use and risk of human cancer. **Frontiers in Bioscience (Elite edition)** 4(1): 516–528.

อิทธิพลของความเร็วในการตีฟองต่อสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ
ที่ใช้เปลือกลำไยเป็นสารตัวเติม

Influence of Whipping Speed on Properties of Natural Rubber Latex Foam
Filled with Longan Shell

อรุณศรี เอี่ยมรัมย์ และตรีญญา มุลชัย*

Aroonsri Aiemrum and Darinya Moonchai*

สาขาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Rubber and Polymer Technology Programme, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University

Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: darinyamoonchai@gmail.com

Received: September 14, 2023

Revised: July 15, 2024

Accepted: October 09, 2024

Abstract

The effects of whipping speed on the properties of natural rubber latex foam filled with longan shells were studied. Longan shell loading was varied at 0 and 5 phr. Gelling time, bubble height from the whipping process, percentage of shrinkage, density, and compression set were determined. Whipping speeds of 100, 125, and 190 rpm were used. It was found that an increase in whipping speed caused an increase in bubble height and a decrease in gelling time and density. The whipping speed of 190 rpm showed the lowest compression set. The properties of latex foams filled with 0 and 5 phr of longan shell were compared. The obtained test results revealed that latex foam filled with 5 phr of longan shell gave lower bubble height and gelling time. Latex foam filled with 5 phr of longan shell exhibited a higher percentage of shrinkage, density, and compression set.

Keywords: natural rubber, latex foam, longan shell, whipping speed, properties of latex foam

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของความเร็วในการตีฟองต่อสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติที่ใช้เปลือกกล้วยเป็นสารตัวเติม แปรปริมาณเปลือกกล้วยที่ 0 และ 5 ส่วนต่อเนื้อยางแห้งหนึ่งร้อยส่วน (phr) สมบัติที่ทดสอบได้แก่ เวลาในการเจล ความสูงฟองยาง ค่าการหดตัว ความหนาแน่น และค่าการเสียรูปหลังการกดอัด แปรความเร็วที่ใช้ในการตีฟองเป็น 100, 125, และ 190 รอบต่อนาที พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเร็วในการตีฟองส่งผลให้ความสูงฟองยางเพิ่มขึ้น เวลาในการเจลลดลง ยางฟองน้ำที่ได้มีค่าความหนาแน่นลดลง และในการตีฟองที่ความเร็ว 190 รอบต่อนาที ให้ค่าการเสียรูปหลังการกดอัดน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของฟองน้ำเมื่อใช้เปลือกกล้วยที่ 0 และ 5 phr พบว่าที่ปริมาณเปลือกกล้วย 5 phr ให้ความสูงของฟองยางและเวลาในการเจลที่น้อยกว่า ส่วนผลการทดสอบสมบัติพบว่าการใช้เปลือกกล้วยที่ปริมาณ 5 phr จะให้ค่าการหดตัว ความหนาแน่น และค่าการเสียรูปหลังการกดอัดที่มากกว่า

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ ยางฟองน้ำ เปลือกกล้วย
ความเร็วในการตีฟอง สมบัติยางฟองน้ำ

คำนำ

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำยางพารามีหลายประเภท ตัวอย่างเช่น ถุงมือแพทย์ ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง เบ้าพิมพ์ ยางพารา หน้ากากยาง ผ้าเคลือบยาง และของชำร่วยต่าง ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำซึ่งประกอบด้วยผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด เช่น ที่นอนยางฟองน้ำ หมอนยางฟองน้ำ เบาะรองนั่ง และเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ เป็นต้น ถือว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำยางในปริมาณมาก การผลิตผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำทำได้โดยนำน้ำยางมาผสมกับสารเคมีต่าง ๆ ได้แก่ สารทำให้เกิดฟอง สารทำให้ยางคงรูป สารตัวเร่ง สารกระตุ้น สารทำให้เกิด

เจล และสารตัวเติม ในการใช้สารตัวเติมต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสม ถ้าใช้ในปริมาณเกินไปอาจส่งผลเสียต่อสมบัติของยางฟองน้ำที่ได้ สารตัวเติมที่นิยมใช้มากในอุตสาหกรรมน้ำยาง ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) Prakaimaneewong *et al.* (2009) ศึกษาอิทธิพลของปริมาณ CaCO_3 ต่อสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้ CaCO_3 ปริมาณ 0, 5, 10, 20 และ 30 ส่วนต่อเนื้อยางแห้งหนึ่งร้อยส่วน (phr) พบว่าปริมาณ CaCO_3 ที่เหมาะสม ได้แก่ 5 ส่วนต่อเนื้อยางแห้งหนึ่งร้อยส่วน นอกจากนี้ยังมีการใช้สารตัวเติมจากวัสดุธรรมชาติในกระบวนการทำยางฟองน้ำ เช่น Moonchai and Aiemrum (2013) และ Pornprasit and Aiemrum (2018) ศึกษาการใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติมในยางฟองจากน้ำยางธรรมชาติ Moonchai and Aiemrum (2021) ศึกษาการใช้รำสกัดน้ำมันและเปลือกกล้วยเป็นสารตัวเติมในฟองน้ำยางธรรมชาติสำหรับลูกบอลบริหารมือ พบว่ายางฟองน้ำที่ใช้เปลือกกล้วยเป็นสารตัวเติม มีค่าความหนาแน่น และแรงกดที่ทำให้ยางฟองน้ำยุบตัวมากกว่ายางฟองน้ำที่ใช้รำสกัดน้ำมัน และการใช้เปลือกกล้วยเป็นสารตัวเติม ส่งผลให้ยางฟองน้ำมีค่าการเสียรูปหลังการกดอัดน้อยกว่าการใช้รำสกัดน้ำมัน

กล้วยเป็นพืชที่นิยมปลูกกันมากทางภาคเหนือของประเทศไทยโดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน มีช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิตอยู่ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมของทุกปี ปัจจุบันประเทศไทยมีลำไยสดบริโภคกันทั้งปี ซึ่งเราสามารถนำลำไยมาบริโภคได้ทั้งในรูปแบบเนื้อลำไยสด และเนื้อลำไยแปรรูป เช่น เนื้อลำไยอบแห้ง (เนื้อลำไยสีทอง) เนื้อลำไยอบแห้งทั้งเปลือก เนื้อลำไยกระป๋อง และเนื้อลำไยกวน เป็นต้น ในกระบวนการแปรรูปผลลำไยจะมีปริมาณเปลือกกล้วยเหลือทิ้งจากการแปรรูปจำนวนมาก (Sruamsiri, 2012) เมื่อมีการส่งเสริมการผลิตลำไยมากขึ้น ส่งผลให้มีเปลือกกล้วยเหลือทิ้งจากการแปรรูปมากขึ้นไปด้วย งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำเปลือกกล้วยซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นสารตัวเติมในส่วนของ

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกกล้วย โดยคณะผู้วิจัยสนใจศึกษาอิทธิพลของความเร็วในการตีฟองต่อสมบัติของยางฟองน้ำ โดยใช้เปลือกกล้วยเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0 และ 5 phr จากนั้นทดสอบสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ เวลาในการเจล ความสูงฟองยาง ลักษณะฟองน้ำหลังการคงรูป ความหนาแน่น และค่าการเสียรูปหลังการกดอัด

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้เปลือกกล้วยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นสารตัวเติมในกระบวนการตียางฟองน้ำ เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเร็วในการตีฟองต่อสมบัติฟองน้ำยางธรรมชาติที่ใช้เปลือกกล้วยเป็นสารตัวเติม โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

การเตรียมสารเคมี

ในการศึกษาสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติที่ใช้เปลือกกล้วยเป็นสารตัวเติม จะเตรียมสารเคมีดังต่อไปนี้

- 1) น้ำยางเข้มข้นชนิดแอมโมเนียสูง (High Ammonia Concentrated Natural Rubber) มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 60%
- 2) สารเบนโทไนท์เคลย์ (Bentonite clay) ทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการตกตะกอนในขั้นตอนการเตรียมสารดีสเพอร์ชัน
- 3) สารวัลตามอล (Vultamol) ทำหน้าที่ช่วยกระจายสารเคมีในขั้นตอนการเตรียมสารดีสเพอร์ชัน

4) สารละลายโพแทสเซียมโอเลเอต (Potassium Oleate solution) ทำหน้าที่เป็นสารช่วยการเกิดฟองเตรียมให้อยู่ในรูปสารละลาย 10%

5) กำมะถัน (Sulphur) ทำหน้าที่เป็นสารคงรูปเตรียมให้อยู่ในรูปดีสเพอร์ชัน 50%

6) ซิงค์ไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมต (ZDEC) ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง เตรียมให้อยู่ในรูปดีสเพอร์ชัน 50%

7) ซิงค์เมอร์แคปโตเบนโซไธโออาโซล (ZMBT) ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง เตรียมให้อยู่ในรูปดีสเพอร์ชัน 50%

8) ซีพีแอล (CPL) ทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพ เตรียมให้อยู่ในรูปดีสเพอร์ชัน 50%

9) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้น เตรียมให้อยู่ในรูปดีสเพอร์ชัน 50%

10) ไดฟิซิลกัวนิติน (DPG) ทำหน้าที่เป็นสารช่วยการเกิดเจล เตรียมให้อยู่ในรูปดีสเพอร์ชัน 33%

11) โซเดียมซิติโคฟลูออไรด์ (SSF) ทำหน้าที่เป็นสารทำให้เกิดเจล เตรียมให้อยู่ในรูปดีสเพอร์ชัน 25%

12) เปลือกกล้วย (Longan shell) ทำหน้าที่เป็นสารตัวเติม มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ $32.85 \text{ m}^2/\text{g}$ และมีค่าความเป็นกรดต่าง 4.12 ก่อนนำมาใช้นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช เพื่อเป็นการควบคุมขนาดของเปลือกกล้วยให้สม่ำเสมอ จากนั้นนำไปเตรียมให้อยู่ในรูปของดีสเพอร์ชัน 25% ดังสูตรการเตรียมแสดงดัง Table 1

โดยน้ำยางและสารเคมีลำดับที่ 1-11 จัดจำหน่ายโดยบริษัทล็กกีไฟร์ จำกัด ส่วนเปลือกกล้วยเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

Table 1 Compounding Formulation of Longan Shell Dispersion

Chemical Ingredients	Weight (g)
Longan Shell	25.0
Vultamol	1.0
Bentonite clay	1.0
Water	73.0

การเตรียมยางพองน้ำ

ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องตีฟองยี่ห้อแชมป์ บริษัทซีเคไอ แฟมิลี่ 2016 จำกัด ขนาด 5 ลิตร กำลังไฟ 300 วัตต์ ใช้หัวตีชนิดใบพาย (Moonchai and

Aiemrum, 2022) เลือกแปรปริมาณเปลือกลำไยที่ 0 และ 5 phr เนื่องจากที่ปริมาณเปลือกลำไยที่ 5 phr ยังคงได้ยางพองน้ำที่มีสมบัติใกล้เคียงกับยางพองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ Aiemrum *et al.* (2018)



Figure 1 Mixing element (paddle type)

1) ตียางพองน้ำใช้สูตรน้ำยางผสมสารเคมีตาม Table 2 โดยมีขั้นตอนการตีฟองดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตีน้ำยางชั้นที่ความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 3 นาที เพื่อไล่แอมโมเนีย ใช้ความเร็วต่ำสุด (กรณีสูตรที่ใช้เปลือกลำไยจะผสมเปลือกลำไยพร้อมด้วยน้ำยางชั้น)

ขั้นตอนที่ 2 เติมน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในหม้อตีฟอง ใช้ความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 1 นาที

ขั้นตอนที่ 3 เติมน้ำมะนาว ชิงค์ไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมต ชิงค์เมอร์แคปโตเบนโซอิลโซล ซีพีแอล ในการผสมสารในขั้นตอนนี้จะทำการตีฟองด้วยความเร็ว 2 ระดับ จุดประสงค์เพื่อให้ได้ฟองยางที่สม่ำเสมอตั้งแต่ด้านบนถึงก้นหม้อ ในลำดับแรกจะใช้ความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 4 นาที เพื่อควนให้สารเคมีเข้ากันดีก่อน จากนั้นลำดับถัดไปทำการปรับความเร็วในการตีฟอง

โดยการแปรระดับความเร็วในการตีฟองเป็นระดับที่ 1 (ความเร็ว 100 รอบต่อนาที) 2 (ความเร็ว 125 รอบต่อนาที) และ 3 (ความเร็ว 190 รอบต่อนาที) เป็นระยะเวลา 4 นาที ดังแสดงรายละเอียดสภาวะการปรับความเร็ว

ขั้นตอนที่ 3 นี้ใน Table 3
 ขั้นตอนที่ 4 เต็มไดฟีนิลกัวนิติน ใช้ความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 1 นาที

ขั้นตอนที่ 5 เต็มซิงค์ออกไซด์ ใช้ความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 1 นาที

ขั้นตอนที่ 6 เต็มโซเดียมซิลิโคพลูออไรด์ ใช้ความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 1 นาที

2) นำฟองยางที่ปั่นได้เทลงเข้าที่เตรียมไว้ ปาดหน้าฟองยางให้เรียบ แล้วนำไปอบด้วยหม้อนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ 100°C. เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ยางฟองน้ำคงรูป

3) นำยางฟองน้ำออกจากเตาและล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อชะล้างสารเคมีที่ตกค้างออก แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70°C. จนแห้ง

Table 2 Compounding formulation of natural rubber latex

Chemical ingredients	Dry weight (phr)	Wet weight (g)	Level of whipping speed
60% Ha Latex (1)	100	167	1
25% Longan Shell (1)	0, 5	0, 20	
10% Potassium Oleate (2)	1.5	15	1
50% Sulphur (3)	2	4	
50% ZDEC (3)	1	2	*Different whipping
50% ZMBT (3)	1	2	speed as shown in
50% CPL (3)	1	2	Table 2
25% DPG (4)	0.8	3.2	1
50% ZnO (5)	5	10	1
25% SSF (6)	1	4	1

Table 3 Different speed for whipping process

Whipping Condition	Whipping speed (RPM)	Time (minute)
1	100	4
	100	4
2	100	4
	125	4
3	100	4
	190	4

การทดสอบสมบัติยางพองน้ำ

1) พฤติกรรมการเกิดฟอง ได้แก่ เวลาในการเจล โดยจับเวลาตั้งแต่เริ่มใส่สารโซเดียมซิติโคฟลูออไรด์ จนกระทั่งฟองเกิดการเจล และความสูงของฟองยาง โดยวัดความสูงฟองยางที่ดีที่สุดหลังสิ้นสุดกระบวนการตีฟอง จากนั้นนำมาลบด้วยความสูงของระดับน้ำยางเริ่มต้นที่ใส่ลงไปใหม่ก่อนเริ่มกระบวนการตีฟองจะได้เป็นความสูงของฟองยางที่ได้จากกระบวนการตีฟอง

2) ลักษณะของยางพองน้ำหลังการคงรูป จากการทดลองพบว่า ยางพองน้ำหลังการคงรูปเกิดการหดตัว แต่ไม่พบการยุบตัวอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้จึงรายงานค่าการหดตัว และสังเกตลักษณะรูพรุนยางพองน้ำ โดยใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลถ่ายภาพตัดขวางของยางพองน้ำที่กำลังขยาย 4 เท่า โดยค่าการหดตัว คำนวณจากสมการที่ (1)

$$\text{ค่าการหดตัว (\%)} = (A-B)/A \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ A = ความกว้างของเบ้าพิมพ์ (ซม.)

B = ความกว้างของยางพองน้ำหลังคงรูป (ซม.)

หมายเหตุ การวัดการหดตัวจะวัดจาก 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ด้านบน ด้านล่าง และตรงกลาง และรายงานเป็นค่าเฉลี่ย

3) ทดสอบความหนาแน่นตัดฟองน้ำเป็นทรงสี่เหลี่ยมขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 50x50x50 มม. จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง คำนวณหาความหนาแน่นจากสมการที่ (2)

$$D = M/V \quad (2)$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ (กรัม/ลบ.ซม.)

M = น้ำหนักของชิ้นทดสอบ (กรัม)

V = ปริมาตรของชิ้นทดสอบ (ลบ.ซม.)

4) ทดสอบค่าการยุบตัวเนื่องจากการอัด (Compression set) ตามมาตรฐาน มอก. 173-2519 ให้ตัดยางพองน้ำเป็นทรงสี่เหลี่ยมขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 50x50x25 มม. นำฟองน้ำวางไว้ใต้แผ่นเหล็ก กดแผ่นเหล็กอัดให้ฟองน้ำยุบไป 50% ของความสูงเดิม จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70°C. เป็นเวลา 22 ชม. เมื่อ

ครบตามกำหนดเวลาให้นำออกจากตู้อบ แกะเอาแผ่นเหล็กออก แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที คำนวณหา ค่าเปอร์เซ็นต์การยุบตัวเนื่องจากแรงอัดจากสมการที่ (3)

$$\text{Compression set (\%)} = \frac{[t_0-t]}{t_0} \times 100 \text{ nn} \quad (3)$$

เมื่อ t_0 = ความสูงของชิ้นทดสอบก่อนการทดสอบ (มม.)

t = ความสูงของชิ้นทดสอบหลังการทดสอบ (มม.)

ในการทดสอบสมบัติของยางพองน้ำ จะรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นตัวอย่างจากการตีฟองจำนวน 3 ครั้งในการตีฟองแต่ละระดับความเร็ว

ผลการวิจัยและวิจารณ์

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำเปลือกกล้วยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มาใช้เป็นสารตัวเติมในกระบวนการตียางพองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ โดยทำการเปรียบเทียบสมบัติของยางพองน้ำระหว่างพองน้ำยางธรรมชาติ (0 LS) กับพองน้ำยางธรรมชาติผสมเปลือกกล้วยในปริมาณ 5 phr (5 LS) และศึกษาอิทธิพลของความเร็วที่ต่างกัน (100, 125 และ 190 รอบต่อนาที) ในการตีฟองตามระดับความเร็วที่ใช้ในกระบวนการทำยางพองน้ำที่กำหนดใน Table 3 ผลการทดสอบแสดงดัง Figure 2-7 จากการศึกษาพฤติกรรมการเกิดฟองน้ำยางธรรมชาติจากความสูงของฟองและเวลาในการเจล พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วในการตีฟอง ความสูงของฟองยางมีค่าเพิ่มขึ้นทั้งสูตร 0 LS และ 5 LS และการใช้เปลือกกล้วยในปริมาณ 5 phr ส่งผลให้ความสูงของฟองยางมีค่าลดลง (Figure 2) แสดงว่าการใช้เปลือกกล้วยเป็นสารตัวเติมทำให้กระบวนการตีฟองเกิดได้ยากขึ้น และผลทดสอบเวลาในการเจลของฟองยาง (Figure 3) พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วในการตีฟอง ส่งผลให้เวลาในการเจลมีค่าลดลงทั้งสูตร 0 LS และ 5 LS เนื่องมาจากเมื่อเพิ่มความเร็วในการตีฟอง ส่งผลให้แอมโมเนียที่ทำหน้าที่เป็นสารรักษาสภาพ

การเป็นของเหลวของน้ำยางเกิดการระเหยได้มากขึ้น จึงทำให้เวลาในการเจลของฟองยางสั้นลง และเมื่อเปรียบเทียบเวลาเจลระหว่างสูตรทั้งสองพบว่าสูตร 5 LS ที่ใช้เปลือกกล้วยในปริมาณ 5 phr มีเวลาเจลที่สั้นกว่าสูตร 0 LS ที่ไม่ใช้สารตัวเติม เนื่องจากค่าความเป็นกรดค้างของเปลือกกล้วยมีค่าเท่ากับ 4.12 ซึ่งบ่งบอกว่าเปลือกกล้วยมีสถานะความเป็นกรด ซึ่งในสถานะที่เป็นกรดจะช่วยกระตุ้นการสูญเสียสถานะการเป็นสารคอลลอยด์ของน้ำยาง (Kajornchaiyakul, 2012) จึงทำให้ยางฟองน้ำเกิดการเจลได้ง่ายขึ้นเมื่อมีการเติมเปลือกกล้วย

เช่นเดียวกับการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติมจะทำให้เวลาในการเจลมีค่าลดลงตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น (Kovuttikulrangsie and Pethrattanamunee 2006) Figure 4 แสดงค่าการหดตัวของยางฟองน้ำเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ 0 LS และ 5 LS พบว่าการใช้เปลือกกล้วยเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 5 phr ส่งผลให้ยางฟองน้ำเกิดการหดตัวมากกว่าการไม่ใช้สารตัวเติม และการเพิ่มความเร็วในการตีฟองส่งผลให้สูตร 5 LS มีค่าการหดตัวลดลง ขณะที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าการหดตัวอย่างมีนัยสำคัญในสูตร 0 LS สำหรับค่าความหนาแน่น ค่าการเสีयरูปร่างหลังการกดอัดแสดงดัง Figure 5-6 พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วในการตีฟอง ความหนาแน่นของยางฟองน้ำมีค่าลดลงทั้งสูตร 0 LS

และ 5 LS เนื่องจากเมื่อเพิ่มระดับความเร็วในการตีฟอง ความสูงของฟองยางเพิ่มขึ้น หมายถึง การมีฟองอากาศแทรกเข้าสู่เนื้อยางมากขึ้น จึงทำให้ความหนาแน่นของยางฟองน้ำลดลง และที่ความเร็วในการตีฟอง 190 รอบต่อนาทีให้ค่าการเสีयरูปร่างหลังการกดอัดน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสองสูตร สูตร 5 LS ที่มีการใช้เปลือกกล้วยในปริมาณ 5 phr ให้ค่าความหนาแน่นที่สูงกว่าสูตร 0 LS ที่ไม่มีการใช้สารตัวเติม เนื่องจากโดยทั่วไปการใช้สารตัวเติมส่งผลให้ความหนาแน่นของน้ำยางผสมสารเคมีเพิ่มสูงขึ้น และพบว่าสูตร 5 LS มีค่าการเสีयरูปร่างหลังการกดอัดมากกว่าสูตร 0 LS เนื่องจากสารตัวเติมเข้าไปแทนที่ปริมาณเนื้อยาง ส่งผลให้สมบัติความเป็นยางลดลง ความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์จึงลดลง

เมื่อศึกษาลักษณะยางฟองน้ำหลังการคงรูป Figure 7 แสดงลักษณะรูพรุนของยางฟองน้ำ พบว่ายางฟองน้ำสูตร 0 LS ให้รูพรุนที่มีขนาดเล็กและขนาดสม่ำเสมอกว่ายางฟองน้ำสูตร 5 LS และความเร็วในการตีฟองไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อลักษณะรูพรุนของยางฟองน้ำสูตร 0 LS สำหรับยางฟองสูตร 5 LS จะเห็นว่า การตีที่ระดับความเร็ว 100 และ 125 รอบต่อนาที ได้ยางฟองน้ำที่มีรูพรุนลักษณะใกล้เคียงกัน ขณะที่การตีฟองที่ระดับความเร็ว 190 รอบต่อนาที ให้ยางฟองน้ำที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

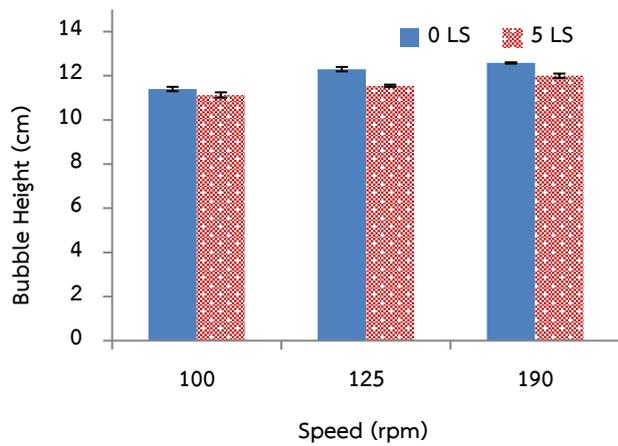


Figure 2 Bubble height from whipping process

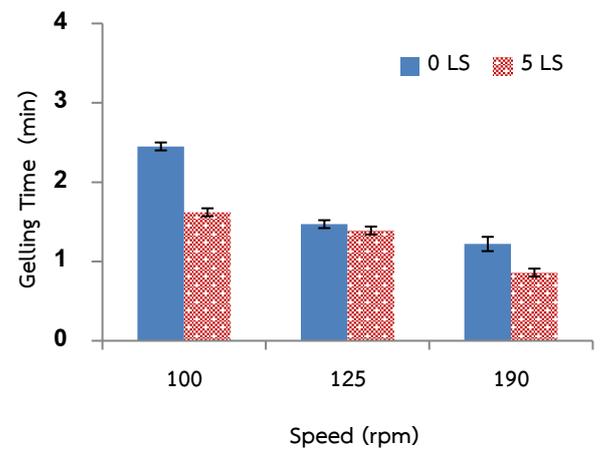


Figure 3 Gelling time of latex foam

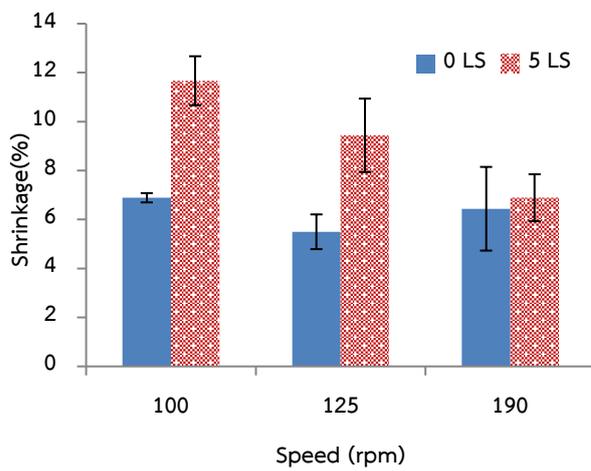


Figure 4 Shrinkage of latex foam

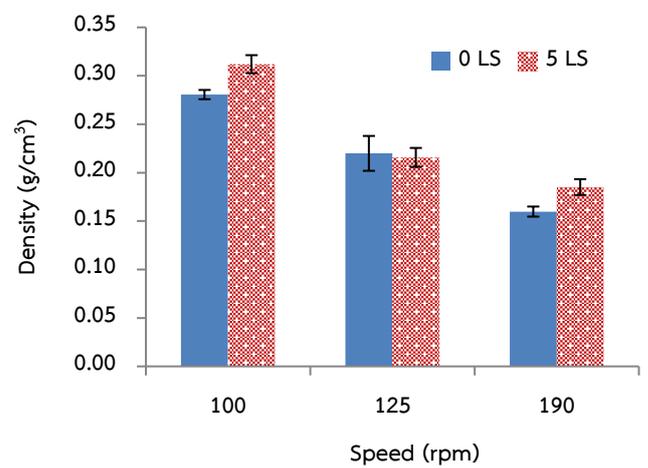


Figure 5 Density of latex foam

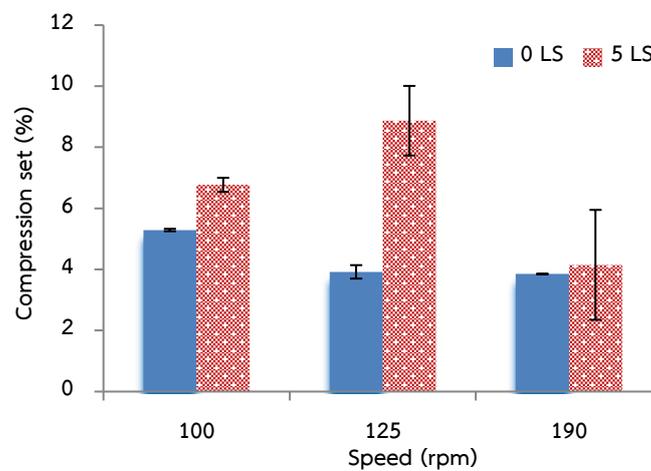


Figure 6 Compression set of latex foam

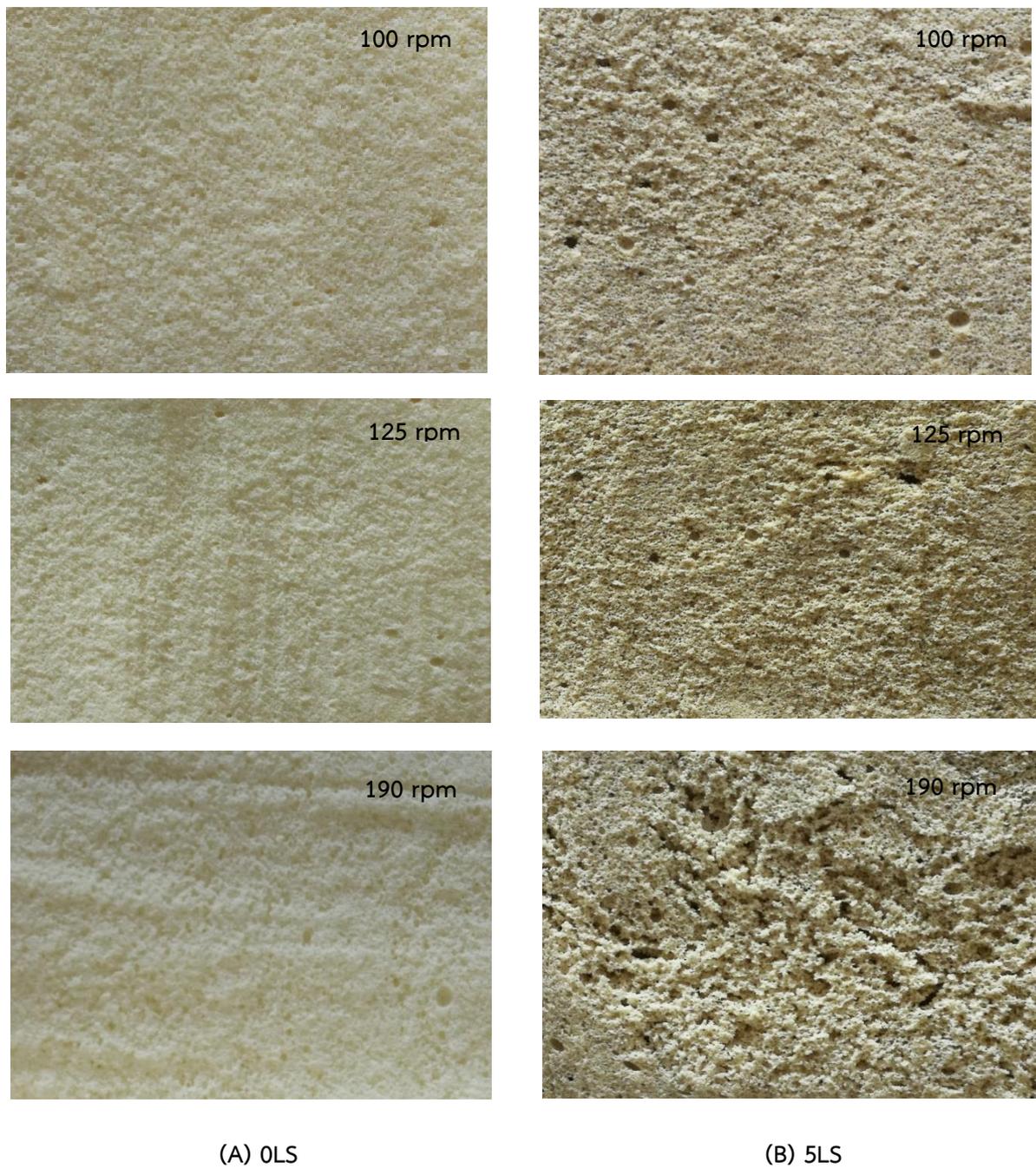


Figure 7 Porosity of latex foam with different longan content and whipping speed
(A) OLS and (B) 5LS

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาอิทธิพลของความเร็วในการตีฟองต่อสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติที่ใช้เปลือกกล้วยเป็นสารตัวเติม แปรความเร็วที่ใช้ในการตีฟองเป็น 100, 125, และ 190 รอบต่อนาที สมบัติที่ทดสอบ ได้แก่ เวลาในการเจล ความสูงฟองยาง ลักษณะยางฟองน้ำหลังการคงรูป ความหนาแน่น และค่าการเสียรูปหลังการกดอัด พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเร็วในการตีฟองส่งผลให้ความสูงฟองยางเพิ่มขึ้น เวลาในการเจลลดลง ยางฟองน้ำที่ได้มีค่าความหนาแน่นลดลง และในการตีฟองที่ความเร็ว 190 รอบต่อนาที ให้ค่าการเสียรูปหลังการกดอัดน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของยางฟองน้ำเมื่อใช้เปลือกกล้วยที่ 0 และ 5 phr พบว่าที่ปริมาณเปลือกกล้วย 5 phr ให้ความสูงของฟองยางและเวลาในการเจลที่น้อยกว่า แสดงว่าการใช้เปลือกกล้วยส่งผลให้เกิดฟองยากขึ้น การทดสอบสมบัติพบว่า การใช้เปลือกกล้วยที่ปริมาณ 5 phr จะให้ค่าการหดตัว ความหนาแน่น และค่าการเสียรูปหลังการกดอัดที่มากกว่า จากผลการวิจัยทำให้เห็นว่าความเร็วในการตีฟองที่แตกต่างกันส่งผลต่อสมบัติของยางฟองน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนในการดำเนินการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2563 และขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย ให้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- Aiemrum, A., Y. Nontawasee and P. Srisa-nga. 2018. Effect of Longan Shell used as Filler on Properties of Natural Rubber Sponge. pp.148–158. *In Proceedings of the MJU Annual Conference 2018*. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]
- Kajornchaiyakul, V. 2012. **Latex Technology**. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). 292 p. [in Thai]
- Kovuttikulrangsie, S. and N. Pethrattanamunee. 2006. Effect of Calcium Carbonate on Making Natural Rubber Sponge. pp. 137–143. *In Kajornchaiyakul, V. (ed.). Rubber Research for Sustainable Future*. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). [in Thai]
- Moonchai, D. and A. Aiemrum. 2013. Effects of defatted rice bran on properties of natural rubber latex foam. **KKU Science Journal** 41(4): 1019–1029. [in Thai]
- Moonchai, D. and A. Aiemrum. 2021. Natural Rubber Latex Foams Filled with Defatted Rice Bran and Longan Shell for Hand Exercise Ball. pp. 148–158. *In Proceedings of the 14th Srinakharinwirot University Research Conference (Online)*. Bangkok: Strategic Wisdom and Research Institute. [in Thai]

Moonchai, D. and A. Aiemrum. 2022.

Comparative Properties of Natural Rubber Latex Foam Filled with Defatted Rice Bran and Longan Shell. pp. 271–280. *In Proceedings of the 8th Conference on Research and Creative Innovations (Online).*

Chiang Mai: Research and Development Institute, Rajamangala University of Technology Lanna. [in Thai]

Pornprasit, P. and A. Aiemrum. 2018. Natural

Rubber Latex Foam for Seeding. pp. 515–519. *In Proceedings of the 10th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being, Lao People's Democratic Republic.* Vientiane: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. [in Thai]

Prakaimaneewong, P., N. Na-Ranong,

N. Wichitcholchai, W. Pattanakul and S. Jammuen. 2009. **Development Formula and Technic for Latex Foam Rubbers Manufacture for Decreased Cost in Pilot Scale.** 29 p.

In Research Report. Bangkok: Department of Agriculture, Postharvest and Processing Research and Development Office. [in Thai]

Sruamsiri, S. 2012. The use of residues from longan production as cattle feed. **Maejo Vision Magazine** 13(1): 25–29. [in Thai]

ความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำภาคการเกษตรจากความแปรปรวนของฝน
ลุ่มน้ำแม่เปะตอนบน อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่
Agricultural Water Resource Risks from Rainfall Variability
in the Upper Mae Pae Watershed, Chom Thong District, Chiang Mai

อรทัย มิ่งธิพล¹ ยศสรณ์ ศรีสุข^{2*} วิทยา ดวงธิดา¹ ยุทธภูมิ เผ่าจินดา¹ พิทักษ์พงษ์ แบ่งทิศ¹
กิตติพงษ์ รื่นวงศ์¹ และสุระพงษ์ เตชะ¹

Orathai Mingthipol¹, Yotsarun Srisuk^{2*}, Wittaya Duangthima¹, Yutthaphum Phaojinda¹
Phithakphong Baengthid¹, Kittipong Ruenwong¹ and Surapong Techa¹

¹คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิชาการจัดการและพัฒนาทรัพยากร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Department of Management and Resource Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University
Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: bozz.srisuk@gmail.com

Received: September 15, 2023

Revised: September 30, 2024

Accepted: November 15, 2024

Abstract

The purpose of this research was to study the risks of rainfall variability on the availability of agricultural water resources that could identify indicators leading to a sustainable water management plan for the upper Mae Pae Watershed. The research process focused on learning from and analyzing problems with stakeholders through academic sources and empirical data to analyze changes in rainfall behavior from climate variability data from 70 years, including an analysis of watershed hydrological characteristics and water balance in the agricultural sector.

The study's results revealed several risks to water resources in the agricultural sector of the upper Mae Pae Watershed as follows: 1) The average rainfall trend in the last 15 years (from 2007–2022) decreased to only 862.43 mm/y. This amount of rainfall was below the criteria for drought (less than 900 mm/y). The decline in rainfall was influenced by 16 El Niño events, each leading to prolonged droughts lasting for more than 20 weeks; 2) The period of runoff was uneven throughout the year, with runoff occurring predominantly during the rainy season, leading to an annual water deficit of 0.84 million cubic meters from November to April. Farmers in the area required 1.21 million cubic meters of water during this period for crop cultivation, while only 0.37 million cubic meters were available; 3) Khun Pae Reservoir and Ton Phueng Reservoir were too small to distribute water during

the dry season. Additionally, the pool system faced problems in terms of both the number and location of water distribution points, resulting in an uneven and insufficient water allocation and 4) Farmers in the upstream area pumped water from Khun Pae Creek for crop cultivation during the dry season. This practice led to misunderstandings and conflicts among farmers in the upstream and downstream regions, exacerbating water resource challenges. The aforementioned water resource problems were the key factors leading to the development of the agricultural water management plan to ensure the sustainability of water resources in the upper Mae Pae Watershed.

Keywords: water resources, agriculture, rainfall variation, upper Mae Pae watershed

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำภาคการเกษตร ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่สามารถระบุปัจจัยบ่งชี้ไปสู่การวางแผนบริหารจัดการน้ำลุ่มน้ำแม่แปะตอนบนอย่างยั่งยืน โดยใช้กระบวนการวิจัยที่เน้นการเรียนรู้และวิเคราะห์ปัญหาพร้อมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ด้วยข้อมูลเชิงวิชาการและสถานการณ์เชิงประจักษ์ในพื้นที่เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการตกของฝนจากความแปรปรวนของสภาพอากาศในรอบ 70 ปีที่ผ่านมา รวมทั้งการวิเคราะห์ลักษณะทางอุทกกลุ่มน้ำและสมดุลน้ำภาคการเกษตรกรรม ผลการศึกษาพบว่า ลุ่มน้ำแม่แปะตอนบนมีความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำภาคการเกษตร จากแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วง 15 ปีหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550–2565 ลดลงเหลือเพียง 862.43 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ฝนแล้ง (ต่ำกว่า 900 มิลลิเมตรต่อปี) และได้รับอิทธิพลจากปรากฏการณ์เอลนีโญที่เกิดขึ้นถึง 16 ครั้ง แต่ละครั้งต้องเผชิญกับภาวะแห้งแล้งที่ยาวนานกว่า 20 สัปดาห์ ทำให้ช่วงเวลากการไหลของน้ำทำไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งปี ปรากฏเพียงช่วงฤดูฝนและเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งมีปริมาณน้ำท่าเพียง 0.37 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นน้ำต้นทุนเพื่อการเพาะปลูกพืชฤดูแล้ง ขณะที่ช่วงเวลาดังกล่าวเกษตรกรมีความต้องการใช้น้ำ 1.21 ล้านลูกบาศก์เมตร ทำให้ปริมาณน้ำเพื่อการเพาะปลูกพืช

ฤดูแล้งไม่อยู่ในภาวะสมดุล และขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.84 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนของทุกปี สำหรับระบบเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำขุนแปะและอ่างเก็บน้ำต้นผึ้งมีขนาดเล็ก ปริมาณน้ำกักเก็บน้อยไม่สามารถจัดสรรได้ในฤดูแล้ง บ่อเก็บน้ำ คสล. มีปัญหาทั้งด้านจำนวนและตำแหน่งที่ตั้งที่ไม่สามารถกระจายน้ำได้อย่างทั่วถึง ส่วนรูปแบบการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมของเกษตรกรในเขตต้นน้ำมีการสูบน้ำจากลำห้วยขุนแปะไปใช้เพาะปลูกพืชฤดูแล้งจึงเกิดปัญหาความไม่เข้าใจกันของเกษตรกรที่อยู่ต้นน้ำและปลายน้ำ ปัญหาด้านทรัพยากรน้ำดังกล่าวเป็นปัจจัยเงื่อนไขสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาแผนการบริหารจัดการน้ำภาคการเกษตรกรรม เพื่อให้เกิดความยั่งยืนด้านทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำแม่แปะตอนบน

คำสำคัญ: ทรัพยากรน้ำ การเกษตร ความแปรปรวนของฝน ลุ่มน้ำแม่แปะตอนบน

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นประเด็นสิ่งแวดล้อมสำคัญและท้าทายทั้งในระดับโลกและภูมิภาคที่ทำให้เกิดความรุนแรงหลายรูปแบบ โดยเฉพาะภัยแล้งที่ยาวนานติดต่อกันหลายปีและน้ำท่วมฉับพลันจากสภาพอากาศแบบสุดโต่ง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในชั้นบรรยากาศ ปริมาณการเกิดฝนที่เปลี่ยนแปลงไป

ความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศธรรมชาติ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจากการแปรผันของปริมาณฝนในหลายพื้นที่ (Delpla *et al.*, 2009) ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเช่นกัน ส่งผลโดยตรงต่อการกระจายตัวของฝน ปริมาณฝนรายปี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลกระทบต่อการจัดการน้ำ ทั้งมิติปริมาณและคุณภาพน้ำ (Sangkarak *et al.*, 2020)

ลุ่มน้ำแม่แปะตอนบนเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำพื้นที่สูงที่อยู่ในเขตอับฝน (rain shadow) ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนในรอบ 70 ปี ที่มีการบันทึกข้อมูลโดยศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบน พบว่าปริมาณน้ำฝนรายปีอยู่ในเกณฑ์ฝนแล้งมากถึง 28 ปี ฝนแล้งจัด 19 ปี และช่วงเวลาแล้งฝนยาวนานกว่า 7 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมจนถึงเดือนเมษายนในปีถัดไป ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงเวลาดังกล่าวเพียง 216.37 มิลลิเมตร ส่งผลให้ปริมาณน้ำลำห้วยสายหลักลดลงอย่างมาก เกษตรกรประสบภาวะขาดแคลนน้ำเพื่อการเพาะปลูกพืชฤดูแล้ง นอกจากนี้ยังพบความผิดปกติของปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2542, 2545, 2554 และ 2560 ที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนสูงถึง 1,292.48 มิลลิเมตร ส่งผลให้เกิดภาวะน้ำป่าไหลหลากหรือน้ำท่วมฉับพลัน (flash flood) สร้างความเสียหายในพื้นที่เกษตรกรรมริมน้ำ และการชะล้างพังทลายของดินในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมลาดชันสูง

การลดลงของปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่แปะตอนบนเกิดขึ้นไปพร้อมกับวิถีการเกษตรกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปจากการระบบผลิตเกษตรดั้งเดิมแบบยังชีพ (subsistence agriculture) สู่การเกษตรเชิงพาณิชย์ (commercial agriculture) ทำให้ปัจจุบัน ลุ่มน้ำแม่แปะตอนบนมีพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 9,045.27 ไร่ และปลูกพืชเชิงเดี่ยวประเภทกะหล่ำปลีและหอมแดงที่ให้ผลผลิตมากถึง 18,950 ตันต่อฤดูการผลิต สร้างรายได้รวมให้กับเกษตรกรในลุ่มน้ำแม่แปะตอนบนกว่า 265 ล้านบาทต่อปี อย่างไรก็ตาม ระบบการผลิตเชิงพาณิชย์ที่เติบโตอย่าง

รวดเร็วส่งผลต่อปัญหาความขัดแย้งด้านการใช้ น้ำของเกษตรกรที่อยู่ต้นน้ำและปลายน้ำจากการใช้น้ำที่เพิ่มสูงขึ้น ขณะที่แหล่งผลิตน้ำต้นทุนหรือป่าต้นน้ำมีแนวโน้มในการผลิตน้ำลดลง และก้าวเข้าสู่ภาวะเสื่อมโทรมจากการใช้ประโยชน์และการรุกล้ำขยายพื้นที่เกษตรกรรม และกระบวนการบริหารจัดการน้ำที่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างยั่งยืน ซึ่งต้องอาศัยการมีส่วนร่วมของชุมชนและความรู้ด้านวิชาการ ในการศึกษาและวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำภาคการเกษตร เพื่อระบุปัจจัยบ่งชี้ที่นำไปสู่การวางแผนการบริหารจัดการน้ำและเตรียมความพร้อมกับความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่อาจเพิ่มระดับความรุนแรงขึ้นในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลของศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน ในช่วง 70 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2496–2565 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการตกของฝน ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนรายปี คาบย้อนกลับการเกิดภาวะแห้งแล้งและน้ำท่วม (return period) ภาวะฝนทิ้งช่วง (dry spill) วงจรเอลนีโญ (El Nino) ที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย พ.ศ. 2496–2565 และความเสี่ยงต่อภาวะฝนแล้งและน้ำท่วมจากเกณฑ์ที่กำหนดโดยศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน

2. วิเคราะห์ลักษณะภูมิอุทกกลุ่มน้ำ ความสามารถในการกักเก็บน้ำของพื้นที่ป่าต้นน้ำ และความสามารถในการให้ผลผลิตน้ำท่ารายปี (water yield) โดยคำนวณหาปริมาณน้ำท่าในลำน้ำขุนแปะด้วยสมการหาค่าปริมาณน้ำท่าจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่ากับลักษณะทางภูมิศาสตร์ของกลุ่มน้ำ (Wirotnjakut, 1996) ที่หน่วยงานกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ใช้เพื่อศึกษาปริมาณน้ำท่าใน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย (Royal Irrigation Department, 2009) ดังนี้

$$Q_m = 0.2431ARr$$

เมื่อ Q_m = ปริมาณน้ำท่า (ล้านลูกบาศก์เมตร)

A = พื้นที่รับน้ำ (ตารางกิโลเมตร)

R = ปริมาณน้ำฝน (เมตร)

r = ค่าความสัมพันธ์ ($r=0.9132$)

3. วิเคราะห์สมดุลน้ำจากความแตกต่างของปริมาณน้ำต้นทุนที่คำนวณจากปริมาณน้ำฝนและความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่ากับลักษณะทางภูมิศาสตร์ของกลุ่มน้ำ และวิเคราะห์ความต้องการน้ำของพืชจากโปรแกรม CWR-RID ที่พัฒนาขึ้นโดย Royal Irrigation Department (2013) เพื่อคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในพื้นที่ เพื่อนำไปใช้วางแผนการส่งน้ำในช่วงฤดูการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุน โดยเลือกปี พ.ศ. 2559–2563 ในการวิเคราะห์สมดุลน้ำ เนื่องจากเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยฝนในรอบ 70 ปี และมีการเพาะปลูกมากที่สุดทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4. ตรวจสอบข้อมูลการวิเคราะห์ในข้อที่ 1–3 กับสถานการณ์จริงในพื้นที่ร่วมกับชุมชน (cross check) พร้อมทั้งเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปัญหาเชิงพื้นที่ด้านระบบกักเก็บน้ำและรูปแบบการใช้น้ำภาคการเกษตรกรรม เพื่อระบุปัจจัยร่วมที่ทำให้เกิดความเสียหาย

ด้านทรัพยากรน้ำภาคการเกษตรที่สามารถนำไปสู่การวางแผนการบริหารจัดการน้ำในกลุ่มน้ำแม่แปะตอนบน

ผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงลักษณะฝนในกลุ่มน้ำแม่แปะตอนบน

กลุ่มน้ำแม่แปะตอนบนอยู่นอกแนวเขตฝนและพายุฝนทำให้มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของจังหวัดเชียงใหม่ โดยในรอบ 70 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2496–2565 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 500–900 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ใน “ระดับภาวะแล้งฝน” เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงโดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ ปี พ.ศ. 2496–2513 ปี พ.ศ. 2514–2531 ปี พ.ศ. 2532–2549 และ ปี พ.ศ. 2550–2565 (Figure 1) พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนแต่ละช่วงลดลง และมีปริมาณน้ำฝนอยู่ในเกณฑ์ฝนแล้งโดยภาวะแล้งฝนที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบกินระยะเวลายาวนานติดต่อกันมากกว่า 3 ปี และยาวนานสุดในช่วงปี พ.ศ. 2555–2559 ส่งผลให้เกษตรกรในกลุ่มน้ำแม่แปะตอนบนขาดแคลนน้ำเพื่อการเพาะปลูกในช่วงฤดูแล้งที่ยาวนานตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนเมษายน รวมทั้งช่วงเวลาฝนทิ้งช่วงกลางฤดูฝนในเดือนมิถุนายนสร้างความเสียหายต่อภาคการเกษตร

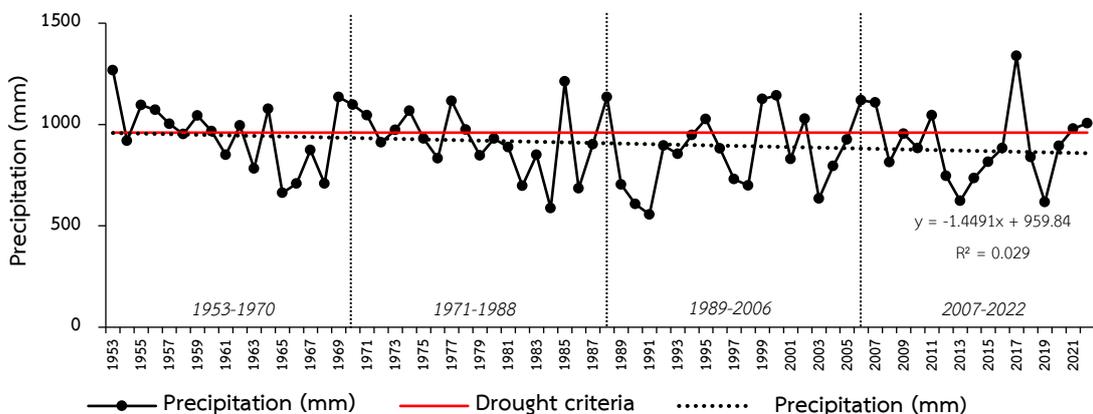


Figure 1 Evolution of precipitation over the period 1953 to 2022

ในปี พ.ศ. 2560 เป็นปีที่มีความผันแปรผิดไปจากค่าปกติมาก โดยปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าปกติร้อยละ 46 และนับเป็นปีที่มีค่าสูงที่สุดในรอบคาบเวลา 70 ปี ซึ่งเกิดฝนตกชุกหนาแน่นเกือบตลอดทั้งปี จนเกิดน้ำป่าไหลหลากมากกว่า 4 ครั้ง ในเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และตุลาคม ส่งผลให้พื้นที่เกษตรกรรมริมน้ำได้รับความเสียหาย รวมไปถึงปี พ.ศ. 2542, 2545, 2554 ที่มีพายุฝนพัดผ่านในเขตภาคเหนือตอนบนที่มีระดับรุนแรง ส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนสะสมเพิ่มสูงขึ้น ณ ช่วงเวลาที่เกิดพายุฝนจนเกิดภาวะน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ขุนแปะตอนบนด้วยเช่นกัน

สำหรับปรากฏการณ์เอลนีโญ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2496–2565 ประเทศไทยเผชิญเอลนีโญทั้งหมด 16 ครั้ง ดังแสดงใน Figure 2 (Royal Irrigation Department, 2013) แต่แต่ละครั้งต้องเผชิญกับภาวะแห้งแล้ง 12–20 สัปดาห์ ส่งผลให้ปริมาณฝนในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง มีปริมาณฝนน้อยกว่าปกติเมื่อเทียบกับปริมาณฝนเฉลี่ย 70 ปี และเห็นได้ชัดในตอนต้นเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน และปลายฤดูฝนเดือนตุลาคม โดยพื้นที่ลุ่มน้ำขุนแปะตอนบนได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญในช่วงเวลาดังกล่าว ทำให้ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่เกิดขึ้นในช่วงเอลนีโญมีเพียง 757.65 มิลลิเมตร ซึ่งน้อยกว่าปริมาณฝนเฉลี่ย 70 ปี

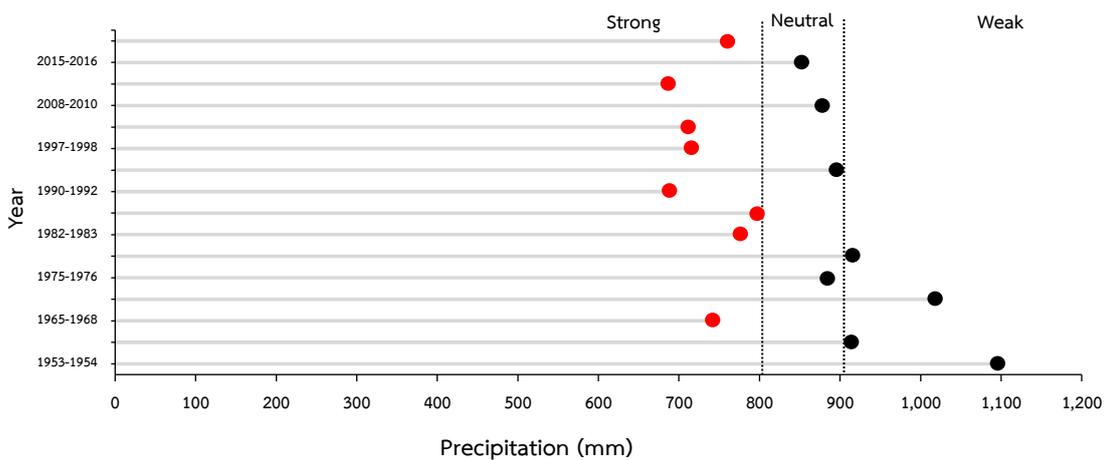


Figure 2 The intensity of El Niño events from 1953–2022

ลักษณะภูมิอากาศกลุ่มน้ำที่มีผลต่อการผลิตน้ำและความเสี่ยงภาวะแห้งแล้งและน้ำป่าไหลหลาก

พื้นที่ป่าต้นน้ำร้อยละ 59.70 ของกลุ่มน้ำ ส่วนใหญ่เป็นสังคมของป่าดิบเขาที่ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ แต่กลับมีปริมาณน้ำไหลอยู่ในลำห้วยเฉพาะในช่วงฤดูฝน และมีน้ำอยู่น้อยมากในช่วงฤดูแล้ง ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากฝนตกน้อยในพื้นที่ โดยร้อยละ 70 ของปริมาณฝนที่ตกลงสู่พื้นดินถูกกักเก็บไว้ในดิน ส่วนปริมาณน้ำที่เหลือ

ไหลบ่าลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งป่าต้นน้ำของกลุ่มน้ำย่อยห้วยขุนแปะ ห้วยต้นผึ้ง และห้วยขยั้น กักเก็บน้ำได้ค่อนข้างน้อย ประมาณ 3,165,430 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (Table 1) และด้วยฤดูแล้งที่ยาวนาน การกักเก็บน้ำของป่าต้นน้ำจึงสั้นเพียง 4–5 เดือน ในช่วงฤดูฝนเท่านั้น ทำให้ปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยจากพื้นที่ป่าต้นน้ำลงสู่ลำห้วยสายหลักตกลงในช่วงฤดูแล้ง ปริมาณน้ำที่เหลือจากการเก็บกักไว้ใต้ดินจะกลายเป็นน้ำป่าไหลหลาก (surface runoff) หน้าผาผิง

โดยใน 3 ลุ่มน้ำย่อยมีปริมาณน้ำไหลบ่าสะสม 992,316.88 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (Table 1) ระยะเวลาเกิดน้ำท่าสูงสุดประมาณ 2 ชั่วโมง ซึ่งมีมวลน้ำสะสมในช่วงกลางฤดูฝน (Southwest Monsoon Season: SM) ร้อยละ 90.45 และมีเพียงร้อยละ 9.55 ของมวลน้ำสะสมในช่วงฤดูแล้ง มวลน้ำที่ค่อนข้างสูงในช่วงฤดูฝน ประกอบกับลักษณะพื้นที่และท้องน้ำมีความลาดชันสูง

และดินอุ้มน้ำจนอิ่มตัว (saturated soil) จึงมีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำป่าไหลหลาก (Figure 3) และชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่เกษตรลาดชันสูง (Figure 4) โดยเฉพาะพื้นที่ในลุ่มน้ำห้วยขยั่นที่มีช่วงเวลาความเข้มข้นเกิดขึ้นในช่วง 0.49 ชั่วโมง และระยะเวลาเพิ่มขึ้นของน้ำท่าสูงสุดอย่างรวดเร็วเพียง 2.19 ชั่วโมง

Table 1 Hydrological characteristics of the upper Mae Pae watershed.

Hydrological data	Sub Watershed		
	Khun Pae	Huai Ton Phueng	Huai Khayan
1. Watershed area (sq.km.)	10.94	6.65	5.79
2. Length of the main creek (kilometer)	5.77	6.34	3.6
3. The slope of the main creek (%)	4.21	3.61	7.22
4. Quantity peak: (m ³ /sec)	30.11	18.30	15.94
Qp (m ³ /year)	456,427.11	291,596.50	244,293.27
(m ³ /rainy season)	427,599.47	259,921.07	226,307.22
(m ³ /dry season)	28,827.64	31,675.43	17,986.05
5. Time of concentration: Tc (hour)	0.87	0.99	0.49^a
6. Time to peak: Tp (hour)	2.67	2.78	2.19^b
7. water storage capacity of upstream forests (m ³)	1,358,587.84	896,291.61	910,550.81

^{a,b} Heavy rainfall over a short period of time can cause flash floods and soil erosion.

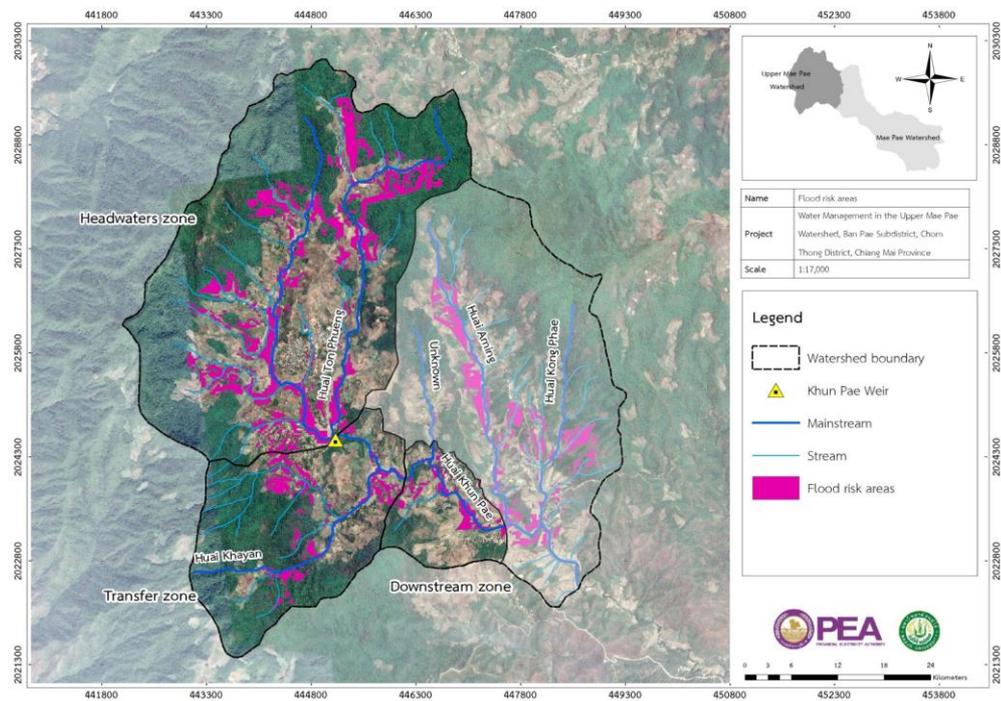


Figure 3 Flash flood risk areas according to flood situation data in 2002–2021 from the Geo-informatics and Space Technology Development Agency.

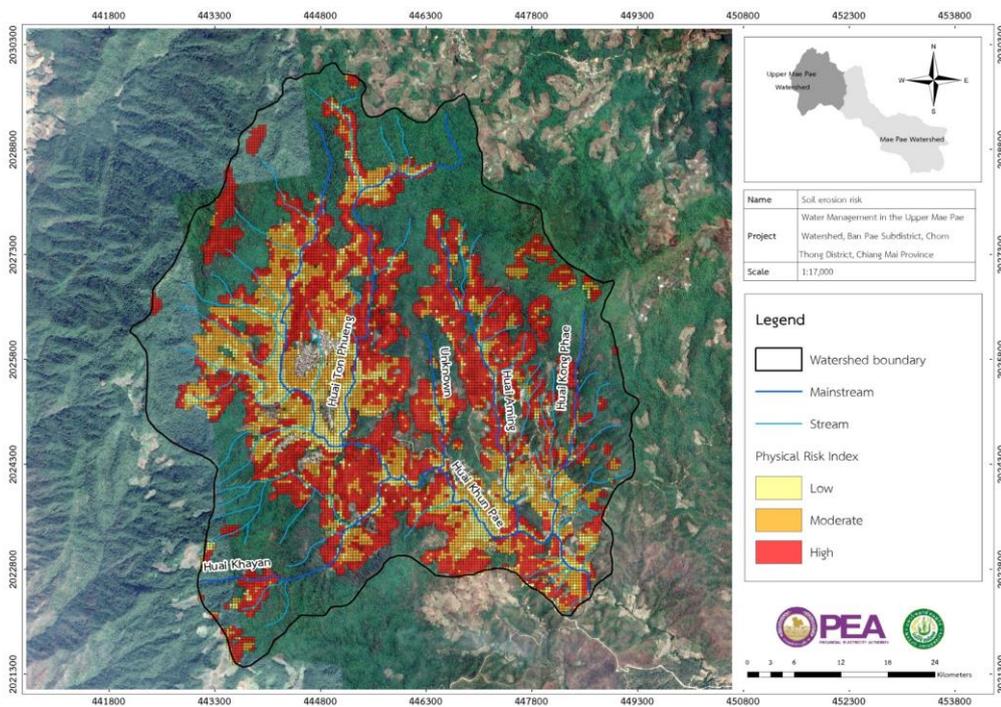
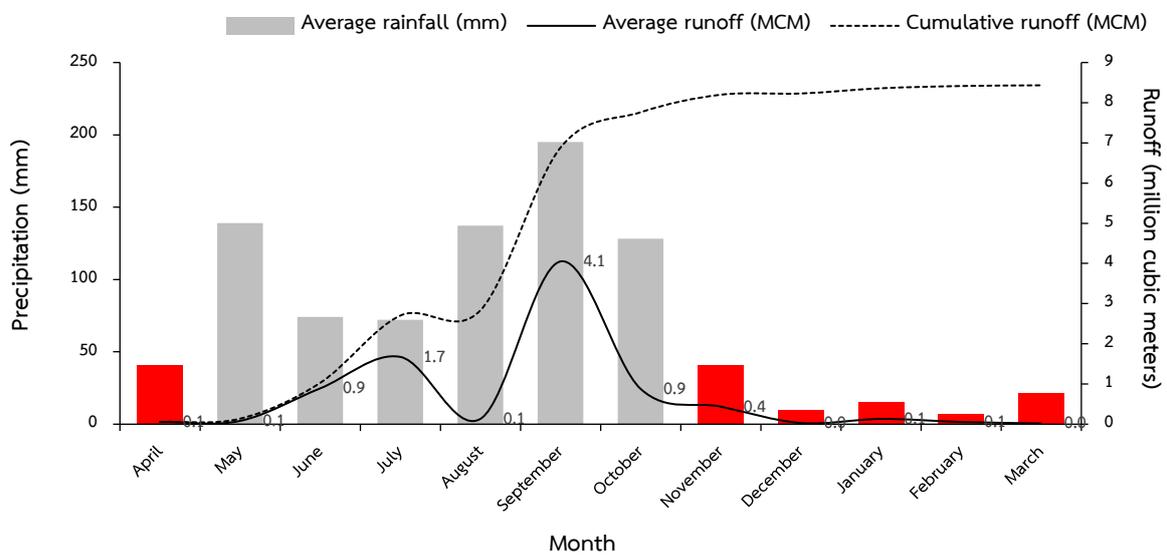


Figure 4 Soil erosion risk in agricultural areas

ลุ่มน้ำขุนแปะตอนบน สามารถผลิตน้ำท่าในลำห้วยขุนแปะสายหลักได้เพียงร้อยละ 31.75 จากปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปี เนื่องจากน้ำส่วนหนึ่งได้ถูกเก็บไว้ใต้ดินก่อนไหลลงสู่ลำห้วยขุนแปะ หรือกล่าวได้ว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 920.30 มิลลิเมตร สามารถผลิตน้ำในลำห้วยขุนแปะได้เพียง 292.20 มิลลิเมตรต่อปี โดยในปีที่มีฝนตกน้อยซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำมีน้ำท่าไหลในลำห้วย

เฉลี่ยเพียง 2.18 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของปริมาณน้ำท่าแต่ละฤดูกาลพบว่า ในช่วงฤดูฝนมีน้ำท่าไหลในลำห้วยเฉลี่ย 1.81 ล้านลูกบาศก์เมตร และในฤดูแล้งมีน้ำท่าไหลในลำห้วยเพียง 0.37 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่เพียงพอต่อการเกษตรฤดูแล้ง (Figure 5)



During the critical period caused by little or no rainfall in the area, runoff in Khun Pae Creek decreased, resulting in a shortage of water for crop cultivation in the dry season.

Figure 5 Average runoff in Mae Pae creek

สมดุลน้ำ

ปริมาณน้ำต้นทุน (water supply) และปริมาณความต้องการใช้น้ำ (water demand) รายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559–2563 อยู่ในภาวะสมดุล สัดส่วน 2:1 จากปริมาณน้ำต้นทุนเฉลี่ย 3.46 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการเพาะปลูกตลอดทั้งปี 1.96 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำต้นทุนเกินกว่าปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 1.5 ล้านลูกบาศก์เมตร

แต่หากพิจารณาตามช่วงฤดูกาลเพาะปลูก พบว่ามีปัญหาภาวะสมดุลน้ำในช่วงฤดูแล้งของทุกปี ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน สัดส่วนของน้ำต้นทุนต่อความต้องการใช้น้ำเท่ากับ 1:4 โดยมีปริมาณน้ำต้นทุนเฉลี่ยเท่ากับ 0.37 ล้านลูกบาศก์เมตร ขณะที่ความต้องการใช้น้ำในช่วงเพาะปลูกพืชฤดูแล้งเฉลี่ย 1.21 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือขาดแคลนน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวเฉลี่ย 0.84 ล้านลูกบาศก์เมตร หากพิจารณาจากแนวโน้มขาด

แคลนนํ้ายาวขึ้น (Figure 6) ทำให้ช่วงสมดุลนํ้าแคบลง โดยในปี พ.ศ. 2562–2563 มีช่วงภาวะสมดุลนํ้าเพียง 3 เดือน ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน และขาด

แคลนนํ้ามากถึง 6 เดือน ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกรกฎาคม ซึ่งปริมาณนํ้าที่ขาดแคลนเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2559 ประมาณ 0.38 ล้านลูกบาศก์เมตร

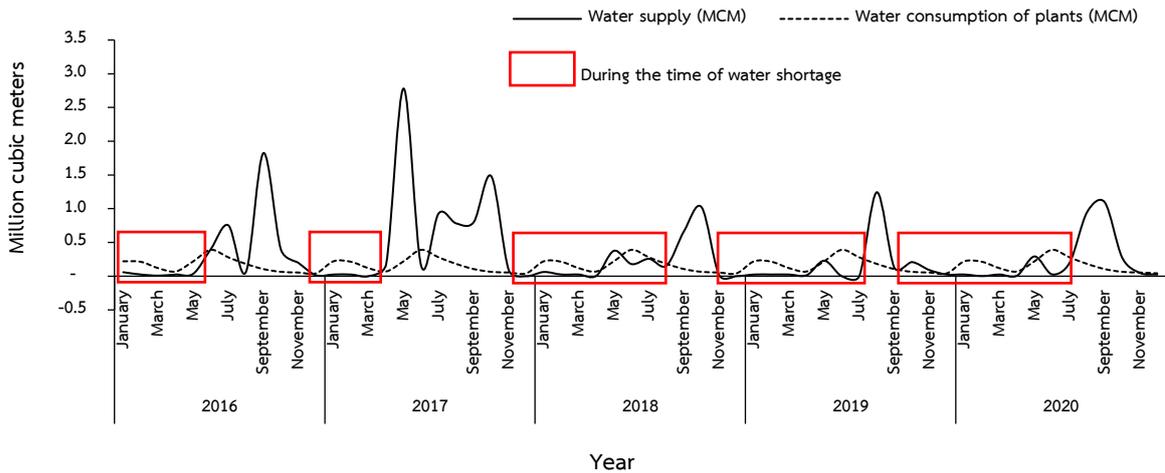


Figure 6 Water balance between water supply and agricultural water consumption

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสี่ยงด้านทรัพยากรนํ้าภาคการเกษตรในลุ่มนํ้าแม่แปดตอนบน

ผลการวิเคราะห์ข้างต้นถูกนํ้าเสนอให้กับกลุ่มผู้นำชุมชน ตัวแทนชาวบ้าน เกษตรกร และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนแปะจำนวน 15 คน เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) พบว่าผลการศึกษาสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ ขณะเดียวกันยังพบปัจจัยร่วมเชิงพื้นที่ที่ทำให้เกิดความเสี่ยงด้านทรัพยากรนํ้าในลุ่มนํ้าแม่แปดตอนบน ทั้งระบบกักเก็บนํ้าของอ่างเก็บนํ้าขุนแปะ และอ่างเก็บนํ้าต้นฝิ่งที่มีขนาดเล็ก ปริมาณนํ้าไหลเข้าอ่างน้อย เนื่องจากป่าต้นนํ้าเหนืออ่าง

ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ปริมาณนํ้าจึงไม่เพียงพอสำหรับจัดสรรในเขตพื้นที่รับนํ้า รวมไปถึงบ่อเก็บนํ้า (คสล.) ที่สร้างโดยหน่วยงานของรัฐมีจำนวนน้อยและไม่อยู่ในระดับความสูงที่สามารถกระจายนํ้าอย่างทั่วถึง ยิ่งไปกว่านั้น เกษตรกรในเขตต้นนํ้าสูบนํ้าจากลำห้วยขุนแปะเพื่อใช้เพาะปลูกพืชฤดูแล้งทำให้เกษตรกรที่อยู่ท้ายนํ้าขาดแคลนนํ้าเพื่อการเพาะปลูก จนเกิดการความไม่เข้าใจกันด้านการใช้นํ้าภาคการเกษตร และนํามาซึ่งปัญหาความขัดแย้งของเกษตรกรที่ต้นนํ้าและปลายนํ้า สำหรับสถานการณ์ปัญหาเชิงพื้นที่ที่สามารถอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปัญหาในเขตพื้นที่ต้นนํ้า กลางนํ้า และปลายนํ้า ดังแสดงใน Figure 7 และ Figure 8

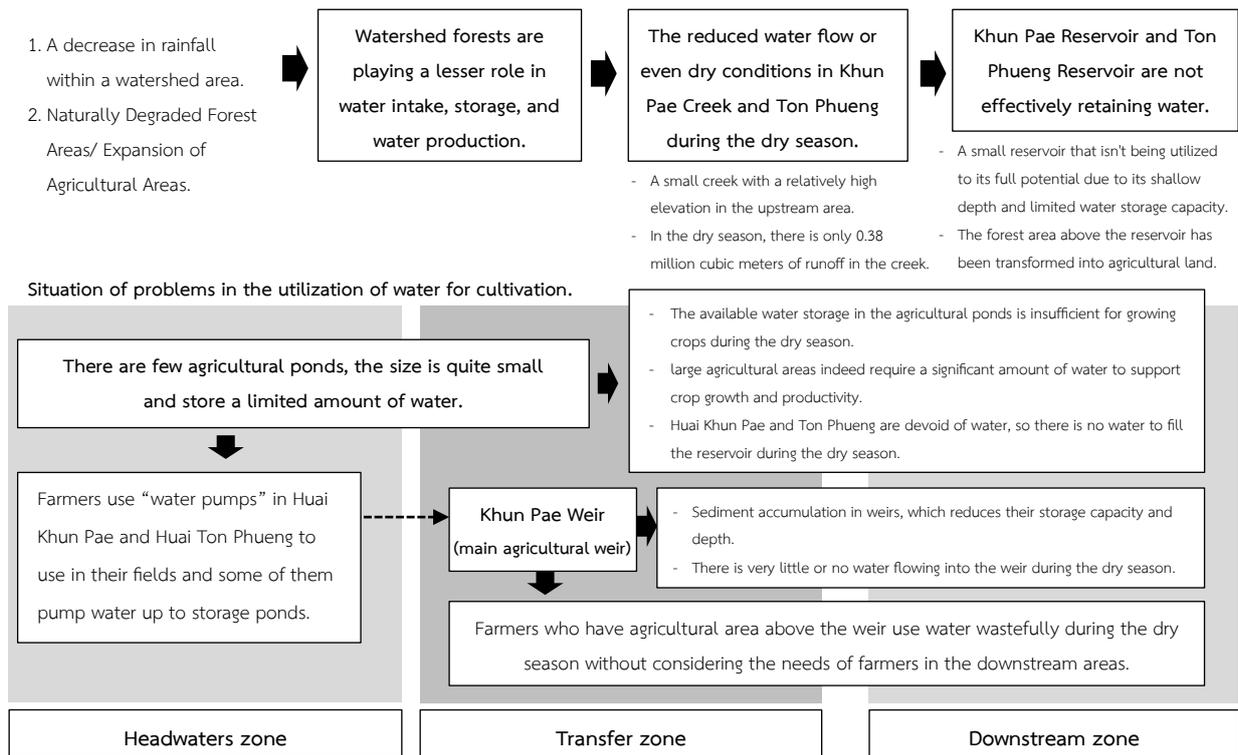


Figure 7 The situation of water resources problems in the agricultural sector

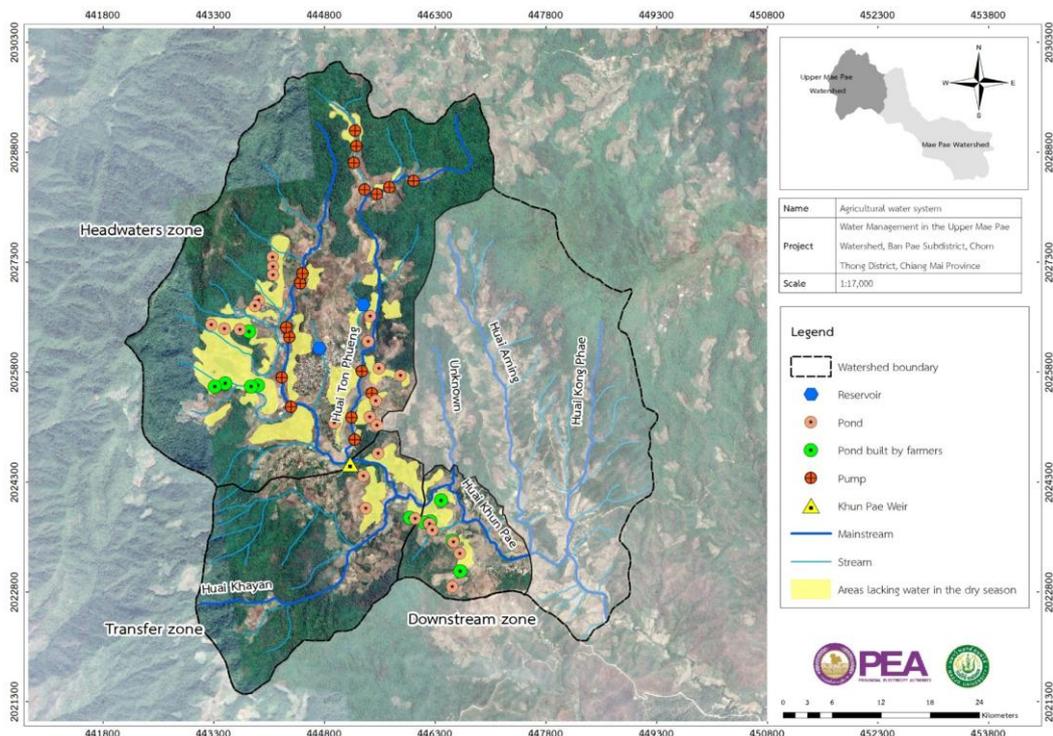


Figure 8 Water systems and water shortage areas for cultivation in the dry season

วิจารณ์ผลการวิจัย

ลุ่มน้ำแม่แปะตอนบนมีความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำภาคการเกษตร ทั้งในด้านของปริมาณน้ำต้นทุนที่เกิดจากความแปรปรวนของสภาพอากาศส่งผลต่อค่าปริมาณน้ำฝนที่ลดลงจนเข้าสู่เกณฑ์ภาวะแล้งฝน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sangkarak (2020) และ Piamjaisawang *et al.* (2021) ที่กล่าวเห็นตรงกันว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของไทยส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของฝนและปริมาณฝนรายปี ปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งปีของประเทศต่ำกว่าค่าปกติสูงถึงร้อยละ 11 ในเกือบทุกภูมิภาคของประเทศ ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในลุ่มน้ำของไทย เช่นเดียวกับกับลุ่มน้ำขุนแปะตอนบนที่ประสบปัญหาด้านการผลิตน้ำ กักเก็บน้ำ และปลดปล่อยน้ำของป่าต้นน้ำที่ลดลง ผลผลิตน้ำทำไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกพืชในช่วงฤดูแล้ง โดยเฉพาะเกษตรกรที่อาศัยน้ำจากลำน้ำขุนแปะที่ได้รับผลกระทบอย่างมาก

ขณะเดียวกัน จากการประชุมกลุ่มย่อยร่วมกับชุมชนและการสำรวจเชิงพื้นที่พบปัญหาด้านระบบกักเก็บน้ำและรูปแบบการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมที่มีความเสี่ยงต่อความขัดแย้งของเกษตรกรในเขตต้นน้ำและปลายน้ำ เนื่องจากอ่างเก็บน้ำทั้ง 2 แห่ง มีขนาดเล็ก น้ำแห้งขอดในฤดูแล้ง ไม่สามารถจัดสรรน้ำในเขตพื้นที่รับน้ำและบ่อเก็บน้ำ คสล. ที่สร้างโดยหน่วยงานของรัฐมีจำนวนน้อยและไม่อยู่ในระดับความลาดชันที่สามารถกระจายน้ำอย่างทั่วถึง การใช้น้ำจึงมุ่งไปที่การสูบน้ำจากลำน้ำห้วยขุนแปะ ทำให้เกษตรกรในเขตต้นน้ำมีน้ำใช้ตลอดฤดูแล้งขณะที่เกษตรกรกลางน้ำและปลายน้ำต้องอาศัยน้ำที่เหลือจากการใช้ประโยชน์จากเกษตรกรต้นน้ำ ปริมาณน้ำจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม นอกจากนี้ ปัญหาภาวะขาดแคลนน้ำภายหลังจากปี พ.ศ. 2561 เป็นต้นมา เกิดภาวะขาดแคลนน้ำในช่วงต้นฤดูฝน (พฤษภาคม-มิถุนายน) ส่งผลกระทบต่อพืชที่มีการเพาะปลูกโดยอาศัยน้ำฝน เช่น ข้าว ที่มีโอกาสตายสูงมาก

หากเริ่มหว่านหรือปักดำในต้นฤดูฝน จึงมีความเสี่ยงมากที่เกษตรกรจะได้รับผลผลิตที่น้อยลงและปริมาณที่ไม่เพียงพอสำหรับการบริโภคในครัวเรือน

จากปัญหาด้านทรัพยากรน้ำลุ่มน้ำขุนแปะตอนบน การปรับตัวของเกษตรกรในการกักเก็บน้ำ หรือหาแหล่งน้ำเพื่อใช้ทำการเกษตรเป็นทางออกที่ดีอีกทางหนึ่ง ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนร่วมกับการบริหารจัดการน้ำร่วมกันของกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตามที่ Chanhom (2021) กล่าวว่า การพัฒนาการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในลุ่มน้ำนั้นต้องอาศัยกลไกการมีส่วนร่วมของทุกฝ่ายแบบบูรณาการร่วมกัน ต้องสร้างจิตสำนึกใหม่ของคนในสังคมให้มุ่งผลประโยชน์ส่วนรวมและปรับวิถีคิด ทักษะคติในการดำเนินชีวิตใหม่ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง มุ่งไปสู่การเปลี่ยนแปลงระบบบริหารจัดการแนวใหม่ที่มุ่งสู่ประสิทธิภาพและคุณภาพอย่างแท้จริง เน้นการรักษาและฟื้นฟูฐานทรัพยากรธรรมชาติ การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพ ให้ทุกส่วนของสังคมรู้ถึงคุณค่าของน้ำ ใช้น้ำอย่างพอประมาณมีเหตุผล เพื่อให้ทรัพยากรน้ำมีใช้อย่างทั่วถึงให้เกิดประโยชน์สูงสุดภายใต้การพัฒนาแบบยั่งยืน ด้วยแนวทางการฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนและเพิ่มช่วงการไหลของน้ำที่สม่ำเสมอตลอดปี การพัฒนาโครงสร้างระบบกักเก็บน้ำ รูปแบบใช้น้ำในพื้นที่เกษตรกรรม และการจัดสรรน้ำอย่างเป็นธรรมร่วมกัน ผ่านการแต่งตั้งคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำลุ่มน้ำแม่แปะตอนบน และการเสริมสร้างความเข้มแข็งเครือข่ายชุมชนและหน่วยงานท้องถิ่นเพื่อการจัดการน้ำลุ่มน้ำอย่างยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำภาคการเกษตรจากความแปรปรวนของฝน ลุ่มน้ำแม่แปะตอนบน อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงประเด็นสำคัญ ดังนี้

1) ปริมาณน้ำฝนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในรอบ 70 ปี (พ.ศ. 2496–2565) บ่งชี้ว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วง 15 ปีหลัง (พ.ศ. 2550–2565) ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพียง 862.43 มิลลิเมตรต่อปี ต่ำกว่าเกณฑ์ฝนแล้ง ส่งผลให้เกิดภาวะภัยแล้งบ่อยครั้ง นอกจากนี้ ปรากฏการณ์เอลนีโญที่เกิดขึ้น 16 ครั้ง ยังส่งผลให้เกิดภาวะแห้งแล้งยาวนานกว่า 20 สัปดาห์ ซ้ำเติมปัญหาขาดแคลนน้ำ

2) ความสามารถในการกักเก็บน้ำของป่าต้นน้ำลดลง แม้พื้นที่ป่าจะครอบคลุมกว่าร้อยละ 59.70 ของลุ่มน้ำ แต่ปริมาณน้ำที่ป่าต้นน้ำกักเก็บได้กลับมีน้อย เพียง 3,165,430 ลูกบาศก์เมตรต่อปี สาเหตุสำคัญ คือ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำ กักเก็บน้ำ และปลดปล่อยน้ำของป่าต้นน้ำลดลง

3) ระบบกักเก็บน้ำในพื้นที่มีจำกัด อ่างเก็บน้ำหลักของลุ่มน้ำ คือ อ่างเก็บน้ำขุนแปะและอ่างเก็บน้ำต้นฝิ่งมีขนาดเล็ก ไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำได้เพียงพอ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนี้ ระบบบ่อเก็บน้ำคสล. ที่มีอยู่อย่างจำกัด และการกระจายตัวที่ไม่ทั่วถึงในพื้นที่เกษตรกรรมที่ลาดเชิงเขา

4) ความต้องการใช้น้ำในภาคการเกษตรเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำเกษตรจากเกษตรเชิงยังชีพเป็นเกษตรเชิงพาณิชย์ ส่งผลให้ความต้องการใช้น้ำในภาคการเกษตรเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกพืชเชิงเดี่ยว เช่น กะหล่ำปลีและหอมแดง ที่ต้องการน้ำในปริมาณมาก

5) การบริหารจัดการน้ำที่ยั่งยืน การสูบน้ำจากลำห้วยขุนแปะของเกษตรกรในเขตต้นน้ำเพื่อใช้เพาะปลูกในฤดูแล้ง ส่งผลกระทบต่อเกษตรกรในเขตท้ายน้ำที่ต้องเผชิญกับปัญหาขาดแคลนน้ำ ก่อให้เกิดความขัดแย้งในการใช้น้ำระหว่างชุมชน

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อ

ต่อทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำแม่แปะตอนบนอย่างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำฝนที่ลดลงในช่วงฤดูแล้งความสามารถในการผลิตน้ำของป่าต้นน้ำที่ลดลง ประกอบกับระบบการบริหารจัดการน้ำที่ยั่งยืน นำไปสู่ความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำ และความขัดแย้งในการใช้น้ำระหว่างชุมชนต้นน้ำและปลายน้ำ การแก้ไขปัญหาคือจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนในการอนุรักษ์ฟื้นฟูป่าต้นน้ำ พัฒนาระบบกักเก็บน้ำ และสร้างระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกันอย่างเป็นธรรม เพื่อให้เกิดความยั่งยืนด้านทรัพยากรน้ำในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำภาคการเกษตรเพื่อการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืนในลุ่มน้ำแม่แปะ ควรพิจารณาความเชื่อมโยงกันของสถานการณ์ปัญหาตั้งแต่ลุ่มน้ำแม่แปะตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง เพื่อทำความเข้าใจภาพรวมของลักษณะทางกายภาพ โครงข่ายระบบน้ำ การใช้น้ำภาคการเกษตรกรรมและการอุปโภคบริโภค เพื่อให้เกิดแผนการบริหารจัดการน้ำที่ครอบคลุมในระดับลุ่มน้ำแม่แปะ ซึ่งเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำขนาดเล็กสาขาย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ปี พ.ศ. 2563 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการบริหารจัดการลุ่มน้ำแม่แปะตอนบนแบบบูรณาการจากทุกภาคส่วน ภายใต้การมีส่วนร่วมของชุมชนศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนแปะ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และอุทยานแห่งชาติออบหลวง เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนแผนไปสู่การปฏิบัติจริงเชิงพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ ควบคู่กับวิถีชีวิตของครัวเรือนเกษตรกร และชุมชนมีความสมดุลพอเพียงและยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- Chanhom, B. 2021. Approaches for the development of public participation in water management for sustainability. **Journal of Roi Kaensarn Academi** 6(6): 340–356. [in Thai]
- Delpla, I., A.V. Jung, E. Baures, M. Clement and O. Thomas. 2009. Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. **International Journal of Environment** 8(1): 1225–1233.
- Piamjaisawang, R., S. Damrongsiri and P. Chanphiwat. 2021. Cover story: drought crisis...national crisis and integration of water management for sustainable development. **Journal of Environmental Management** 25(2): 157–169. [in Thai]
- Royal Irrigation Department. 2009. **Study of Runoff Coefficient and Relationship between Average Annual Runoff and 25 Major River Basins of Thailand**. Bangkok: Bureau of Hydrology and Water Management. 168 p.
- Royal Irrigation Department. 2013. **Manual of CER-RID Program 2013**. Bangkok: Bureau of Hydrology and Water Management. 95 p.
- Sangkarak, S., P. Rattanaphan, A. Phetcharak and S. Kittipongwises. 2020. Impacts of climate change on water resources and management. **Journal of Environment Management** 24(1): 145–153. [in Thai]
- Wirotnjanakut, P. 1996. Determination of the average runoff from river basin network characteristics. **Journal of KKU Engineering** 23(1): 133–147. [in Thai]

การประเมินความเสี่ยงภัยแล้งพื้นที่ปลูกมะม่วงด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่
ตำบลแม่ปิ้ง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

Risk Assessment of Drought on Mango Planting Areas Using Potential Surface
Analysis Technique, Maepang Sub-district, Phrao District, Chiang Mai Province

สุทธิพงษ์ ศรีฉัตรใจ¹ จักรพงษ์ ไชยวงศ์¹ ปรีเวท วรณโกวิท² และวาสนา วิรุณรัตน์^{1*}

Suttipong Srichatjai¹, Chackapong Chaiwong¹, Pariwate Varnakovida² and Wassana Wiroonrat^{1*}

¹สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²ศูนย์วิศวกรรมสารสนเทศภูมิศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

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

²Geospatial Engineering and Innovation Center, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand 10140

*Corresponding author: vassana@mju.ac.th

Received: September 26, 2023

Revised: August 15, 2024

Accepted: September 17, 2024

Abstract

Mae Pang Sub-district, located in the Phrao District, serves as a crucial area for exporting mangoes from Chiang Mai. However, a significant portion of the cultivation sites is situated in upland areas and is reliant on rainfall only. Consequently, the quality of mango yield is compromised, particularly during periods of drought. This study aimed to evaluate the risk of drought in these mango cultivation areas by utilizing topographic and meteorological data. The primary objective was to provide information to support decision-making by mango farmers for an effective soil and water management, with the ultimate goal of mitigating the adverse effects of drought on mango production. Through the application of spatial potential analysis (Potential Surface Analysis: PSA), several factors were examined, including the volume of rainfall, soil texture, slope, stream and irrigation, and groundwater. Accordingly, the area was divided into two types of geography: upland areas totaling 1,924 rai. It was found that there was a low risk in drought in the amount of 887 rai, representing 46.10 percent, followed by moderate drought risk in 799 rai, representing 41.52 percent, and a high risk of drought in the amount of 238 rai was 12.37 percent, respectively. For mango planting areas of foothill slope and lowland areas of 372 rai, 180 rai was classified as moderate drought risk area, 118 rai was considered low drought risk area, and 74 rai was classified as high drought risk area, representing 48.38, 31.72, and 19.89 percent of the mango planting area, respectively.

Keywords: Nam Dok Mai mango, upland, drought area, potential surface analysis technique

บทคัดย่อ

ตำบลแม่บึง อำเภอร่อนพิบูลย์ เป็นพื้นที่ปลูกมะม่วง น้ำดอกไม้สีทองส่งออกที่สำคัญของจังหวัดเชียงใหม่ แต่พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดอนอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ส่งผลทำให้ผลผลิตมะม่วงไม่มีคุณภาพ โดยเฉพาะในปีที่เกิดภาวะภัยแล้ง การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการประเมินความเสี่ยงภัยแล้งพื้นที่ปลูกมะม่วง ด้วยข้อมูลภูมิประเทศของพื้นที่และข้อมูลสภาพอากาศ เพื่อให้ได้ข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดการดินและน้ำของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วง เพื่อลดผลกระทบของภาวะภัยแล้งต่อการผลิตมะม่วง ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (Potential Surface Analysis: PSA) ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ชนิดของเนื้อดิน ความลาดชันของพื้นที่ แหล่งน้ำธรรมชาติและชลประทาน และปริมาณน้ำใต้ดิน โดยแบ่งตามสภาพภูมิประเทศ 2 แบบ ได้แก่ พื้นที่ดอน จำนวน 1,924 ไร่ พบว่ามีความเสี่ยงภัยแล้งน้อยจำนวน 887 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 46.10 มีความเสี่ยงภัยแล้งปานกลางจำนวน 799 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 41.52 และมีความเสี่ยงภัยแล้งมากจำนวน 238 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.37 ตามลำดับ สำหรับพื้นที่ปลูกมะม่วงบนพื้นที่ราบเชิงเขาและพื้นที่ราบลุ่มทั้งหมด 372 ไร่ มีความเสี่ยงภัยแล้งปานกลางจำนวน 180 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 48.38 มีความเสี่ยงภัยแล้งน้อย 118 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 31.72 และมีพื้นที่ปลูกมะม่วงที่เสี่ยงภัยแล้งระดับมาก 74 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 19.89

คำสำคัญ: มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง พื้นที่ดอน การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

คำนำ

ภัยแล้งจัดเป็นภัยธรรมชาติอย่างหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจและสังคม มีผลกระทบตรงต่อผลิตผลการเกษตร ซึ่งพืชมีความทนทานต่อสภาพความแปรปรวนของภูมิอากาศต่างกัน ความต้องการน้ำและช่วงอายุของพืชก็ตอบสนองต่อความแห้งแล้งแตกต่างกัน (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency, 2021) สำหรับสภาพปัญหาที่พบมากที่สุดในประเทศไทย คือ สภาพความแห้งแล้งอันเกิดจากการที่มีฝนน้อยกว่าปกติ หรือฝนทิ้งช่วงในช่วงฤดูฝน ภัยแล้ง จึงส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตร เช่น พืชชะงักการเจริญเติบโต ดินขาดความชุ่มชื้น ดินมีความสามารถในการกักเก็บความชื้นต่ำ ปริมาณน้ำใต้ดินลดต่ำลง ผลผลิตคุณภาพต่ำลง รวมถึงปริมาณผลผลิตลดลงอีกด้วย และสาเหตุจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า ผลกระทบของภาวะเรือนกระจก ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน เป็นต้น จากข้อมูลขององค์การบริหารมหาสมุทรและชั้นบรรยากาศแห่งชาติ (NOAA) พบว่า ค่า Oceanic Nino Index (ONI) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ความน่าจะเป็นสูงถึง 54% โดยในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 ถึง มกราคม พ.ศ. 2567 ระดับเอลนีโญจะรุนแรงมากกว่า 1.5-2 องศาเซลเซียส โดยรุนแรงเป็นครั้งที่ 6 ในรอบ 73 ปี (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023) ปรากฏการณ์ “เอลนีโญ” จะทำให้ประเทศไทยประสบปัญหาภาวะภัยแล้งซ้ำซาก ยกตัวอย่างกรณีภัยแล้งในปี พ.ศ. 2562 เป็นปีที่มีปริมาณฝนตกน้อยที่สุดในรอบ 30 ปี ทำให้เกิดสภาวะฝนแล้งและฝนทิ้งช่วง ก่อให้เกิดปัญหาขาดแคลนน้ำ โดยเฉพาะน้ำใช้ในภาคการเกษตร (Jitdon, 2022)

อีกทั้งพื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่ของประเทศไทยอยู่นอกเขตชลประทานคิดเป็นร้อยละ 82.9 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด ภาคเหนือมีพื้นที่นอกเขตชลประทานมากถึงร้อยละ 86.76 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมดในภาคเหนือ โดยในปี พ.ศ. 2564 จังหวัดเชียงใหม่มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งซ้ำซาก 1,618,399 ไร่ และอำเภอพร้าวมีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งซ้ำซาก 106,875 ไร่ โดยเฉพาะตำบลแม่ปิ้งมีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งซ้ำซากมากถึง 23,088 ไร่ ซึ่งเป็นตำบลที่มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมากที่สุดในอำเภอพร้าว อีกทั้งยังเป็นตำบลที่มีพื้นที่ผลิตมะม่วงส่งออกเป็นอันดับต้น ๆ ของจังหวัดเชียงใหม่ (Land Development Department, 2021) โดยในปี พ.ศ. 2563 ศูนย์ติดตามและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติด้านการเกษตร (National Agricultural Big Data Center, 2020) ได้รายงานมูลค่าความเสียหายผลผลิตการเกษตรจากภาวะฝนแล้งและฝนทิ้งช่วงในเขตภาคเหนือสูงถึง 2,647.96 ล้านบาท

มะม่วงซึ่งถือเป็นผลไม้เศรษฐกิจสำคัญที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศเป็นอย่างมาก เนื่องจากมะม่วงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศในปี พ.ศ. 2564 ไทยส่งออกมะม่วงสดไปตลาดคู่ค้าสำคัญ ปริมาณ 113,806 ตัน มูลค่า 2,934.61 ล้านบาท (Trade Policy and Strategy Office, 2022) มะม่วงมีความต้องการน้ำสูงถึง 7,815 ลิตรต่อต้นต่อฤดูการปลูก (Extension and Training Office, Kasetsart University, 2013) และต้องการน้ำสม่ำเสมอ ถ้าเป็นมะม่วงระยะบำรุงต้น มีความต้องการน้ำประมาณ 22.5 ลิตรต่อต้นต่อวัน และมะม่วงหลังการติดผล จะมีความต้องการน้ำประมาณ 87.5-100 ลิตรต่อต้นต่อวัน (Department of Agriculture, n.d.) แต่พื้นที่ปลูกมะม่วงในประเทศไทยส่วนใหญ่โดยเฉพาะในเขตภาคเหนืออยู่บนพื้นที่ดอนอาศัยน้ำฝน ซึ่งในปี พ.ศ. 2562 เป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ทำให้การผลิตมะม่วงได้รับผลกระทบ ทำให้ผลผลิตมะม่วงส่งออกที่มีคุณภาพเหลือเพียง 60,354.57 ตัน ลดลงจากปี พ.ศ. 2561 คิดเป็นร้อยละ 7.65 (Office of Agricultural Economics, 2020)

ปัญหาภัยแล้งเป็นปัญหาเชิงพื้นที่และเป็นปัญหาที่ต้องมีการติดตามสถานการณ์ที่เป็นปัจจุบัน การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง เพื่อให้ทราบลำดับความรุนแรงของภัยแล้งแต่ละพื้นที่ จะเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการบริหารจัดการน้ำของเกษตรกร เพื่อลดผลกระทบจากภาวะภัยแล้ง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการประเมินภาวะภัยแล้งในพื้นที่ปลูกมะม่วงพื้นที่ดอนอาศัยน้ำฝน ด้วยข้อมูลภูมิประเทศของพื้นที่และข้อมูลสภาพอากาศ

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาตำบลแม่ปิ้ง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเขาล้อมรอบที่ราบเป็นพื้นที่เนินเขาและแม่น้ำไหลผ่าน มีความสูง 400-1,500 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล มีพื้นที่ทั้งหมด 164,000 ไร่ ร้อยละ 75.93 เป็นพื้นที่ป่า 124,528 ไร่ มีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 29,402 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 75.93 แบ่งเป็นไม้ผลไม้ยืนต้นพื้นที่ 23,029 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.04 และที่นา 6,373 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.89 ตามลำดับ แหล่งน้ำมีพื้นที่ 3,275 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.00 แม่น้ำสายหลัก คือ น้ำแม่จัด และมีชุมชนสิ่งปลูกสร้าง 3,182 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.94 (Land Development Department, 2019) สำหรับข้อมูลสภาพอากาศ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี 1,239 มิลลิเมตร อุณหภูมิต่ำสุด 15°C. อุณหภูมิสูงสุด 41°C. และการระเหยน้ำรายปี 1,750.1 มิลลิเมตร (Thai Meteorological Department, 2023) สำหรับชุดดินหลักในพื้นที่เกษตรในพื้นที่ ได้แก่ ชุดดินแม่แตง ชุดดินลาดหญ้า ชุดดินแม่ริม ชุดดินเชียงใหม่ ชุดดินแม่สาย ชุดดินหางดง และชุดดินสันทราย ตามลำดับ สำหรับชุดดินแม่แตง เป็นเนื้อดินเหนียวที่มีการระบายน้ำและอากาศไม่ดี แต่สามารถอุ้มน้ำได้ดี และแลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ดี (Land Development Department, 2019) อาชีพส่วนใหญ่

ของคนในพื้นที่ คือ เกษตรกร พืชเศรษฐกิจสำคัญที่สร้างรายได้ ได้แก่ ลำไยและมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ซึ่งส่วนใหญ่ปลูกบนพื้นที่ดอน บนพื้นที่ราบเชิงเขา โดยมีพื้นที่ 2,296 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.97 ของพื้นที่ไม้ผลไม่ยืนต้น และพื้นที่ราบลุ่ม พืชที่ปลูก ได้แก่ ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตะไคร้ ข้าว จากสถานการณ์ภัยแล้งรุนแรงจาก

ปรากฏการณ์เอลนีโญ ปี พ.ศ. 2558 และ 2562 ทำให้เกษตรกรได้รับผลกระทบ เนื่องจากผลผลิตพืชที่สร้างรายได้ลดลงโดยเฉพาะไม้ผลบนพื้นที่ดอนอาศัยน้ำฝน และอีกหนึ่งปรากฏการณ์ที่สำคัญ คือ เกษตรกรปรับเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวเป็นพืชใช้น้ำน้อย ได้แก่ ข้า ตะไคร้ เป็นต้น

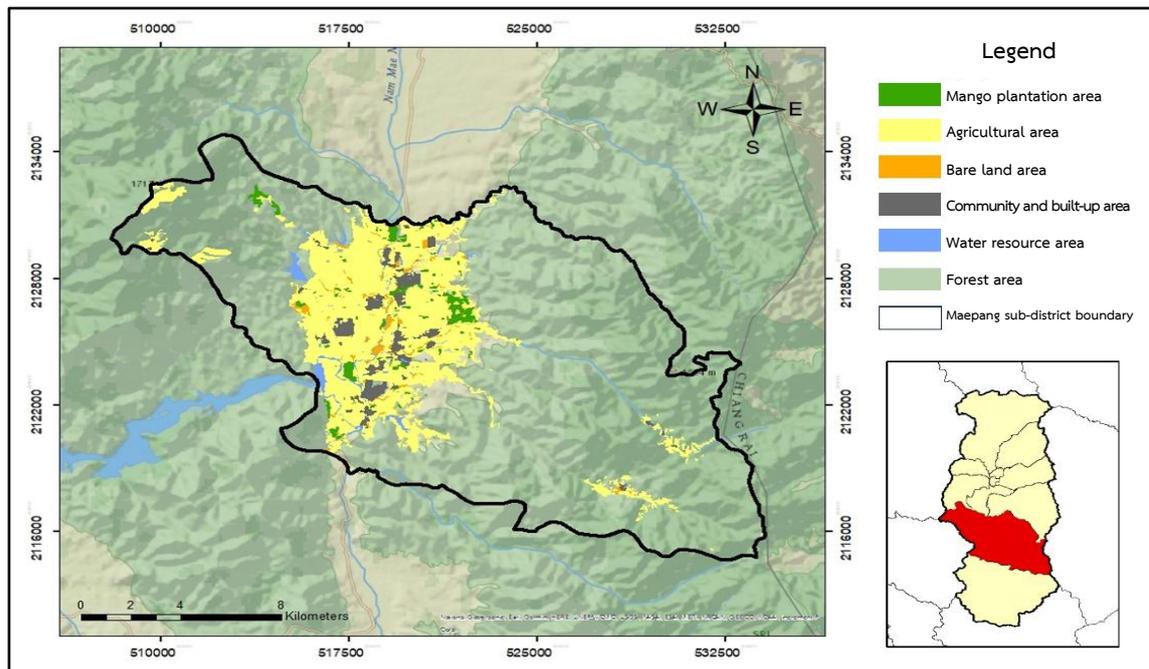


Figure 1 Study area in Maepang sub-district, Phrao district, Chiang Mai

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกมะม่วงที่เสี่ยงภัยแล้ง ได้แก่

1) แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 (Royal Thai Survey Department, 2013)

2) สภาพอากาศ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (5 ปี ย้อนหลัง พ.ศ. 2560-2565) (Thai Meteorological Department, 2023)

3) ข้อมูลชุดดิน ได้แก่ แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) และข้อมูลเนื้อดิน (Land Development Department, 2019)

4) อุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลแหล่งน้ำผิวดิน (Land Development Department, 2019) และแหล่งน้ำใต้ดิน (Department of Groundwater Resources, 2021)

2. การพัฒนาฐานข้อมูลปัจจัยเสี่ยงภัยแล้ง ดัง Table 1

Table 1 Development of a database of drought risk factors

Input	Process	Output
Topographic map (scale 1:50,000)	- Select by attribute and export data	Maepang district map
Average annual rainfall	- Add XY data - Inverse distance weight - Reclassify	Average annual rainfall map
DEM 5 m	Slope and reclassify	Slope map
Soil series map	Select by attribute and export data	Soil texture map
Hydrology	Stream and irrigation buffer and reclassify	Stream map
	Groundwater inverse distance weight and reclassify	Groundwater map

3. การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (Potential Surface Analysis: PSA)

การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (Potential Surface Analysis: PSA) เป็นการวิเคราะห์โดยใช้สมการเชิงเส้นตรง หรือสมการแบบจำลองดัชนี (Index model) เป็นเทคนิคที่คิดขึ้นมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ โดยการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลซึ่งใช้เป็นตัวแปรร่วมกับวิธีการตัดสินใจ (Ano, 2013) มีการกำหนดปัจจัยของการเกิดภัยแล้ง ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี เนื้อดิน ความลาดชันพื้นที่ ข้อมูลแหล่งน้ำ ผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน โดยการศึกษาครั้งนี้คำนวณค่าคะแนนพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งโดยใช้สมการที่ (1)

$$S = (W1 \times R1) + (W2 \times R2) + \dots + (Wn \times Rn) \quad (1)$$

เมื่อ S = ระดับคะแนนรวมของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

W1 ถึง Wn = คะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย

R1 ถึง Rn = คะแนนความสำคัญของแต่ละระดับของปัจจัย

สำหรับการจัดลำดับขั้นของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งคำนวณจากระดับคะแนนรวมของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ดังนี้

$$I1 = \bar{X} - SD \quad (2)$$

$$I2 = \bar{X} - SD \leq S \leq \bar{X} + SD \quad (3)$$

$$I3 = \bar{X} + SD \quad (4)$$

เมื่อ I1 - I3 = ระดับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

\bar{X} = ค่าเฉลี่ย (Mean)

SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

การกำหนดค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย (Table 2) และค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละระดับปัจจัยนั้น (Table 3) ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกเกษตรกรต้นแบบที่มีประสบการณ์ปลูกมะม่วงในพื้นที่ตำบลแม่ปิ้งจำนวน 10 คน เจ้าหน้าที่เกษตรอำเภอพริ้ว และจากการสืบค้นเอกสารเชิงวิชาการเกี่ยวกับการปลูกมะม่วง และการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Land

Development Department, 2021) เพื่อเป็นข้อมูล สำหรับการให้คำแนะนำในการจัดการดินและน้ำสำหรับ

เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงที่มีพื้นที่ปลูกอยู่ในระดับเสี่ยงภัย แล้งที่ต่างกัน

Table 2 Weighting factor value

Factor	Weighting factor value (W)
1. Average annual rainfall	5
2. Soil texture	4
3. Slope of the area	3
4. Stream and irrigation	2
5. Amount of groundwater	1

สำหรับปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมกับการปลูก มะม่วงเฉลี่ย 1,200–1,500 มิลลิเมตรต่อปี หากปริมาณ น้ำฝนน้อย การเจริญเติบโตและการติดผลต่ำ หากปริมาณ น้ำฝนมากจะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นสูง สร้างตาดอก น้อยและมีการผสมเกสรไม่ดี เนื้อดินที่เหมาะสมกับการ ปลูกมะม่วงในพื้นที่อาศัยน้ำฝนควรเป็นดินเนื้อปานกลาง (medium texture) ได้แก่ ดินร่วนเหนียว ดินร่วน หรือดิน ร่วนปนทราย แต่อย่างไรก็ตามควรเป็นดินที่ระบายน้ำ และถ่ายเทอากาศดี สำหรับดินทรายหรือดินลูกรัง มะม่วง จะเจริญเติบโตช้า เนื่องจากมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และ ดูดซับธาตุอาหารน้อย ความลาดชันของพื้นที่ที่เหมาะสม

0–12% อย่างไรก็ตามก็ตามมะม่วงสามารถปลูกได้บนพื้นที่ ราบลุ่มหรือที่ราบเชิงเขา แต่ไม่ควรมีน้ำท่วมขัง สำหรับ ระยะห่างจากลำน้ำธรรมชาติ ซึ่งเกษตรกรสามารถนำน้ำ ขึ้นมาใช้ในฤดูแล้งได้ ไม่ควรเกิน 1.0 กิโลเมตร หาก มากกว่านี้ทำให้ต้นทุนการจัดการน้ำสูงและเกษตรกร อาจไม่รับเทคโนโลยีนี้ได้ สำหรับข้อมูลแหล่งน้ำใต้ดิน หรือน้ำบาดาลที่นำมาร่วมวิเคราะห์นั้น ใช้ในกรณี ที่เกษตรกรมีต้นทุนในการขุดเจาะน้ำบาดาลในพื้นที่ปลูก มะม่วง โดยพิจารณาจากอัตราการให้น้ำของแหล่งน้ำ ใต้ดินควรมากกว่า 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

Table 3 Rating factor value

Factor	Rating factor value (R)		
	High (3)	Moderate (2)	Low (1)
1. Average annual rainfall (millimeters per year)	≤700	700–1,200	1,200–1,500
2. Soil texture	Coarse texture	Medium texture	Fine texture
3. Slope	>20%	12–20%	0–12%
4. Stream and irrigation (kilometers)	>2.0	1.0–2.0	<1.0
5. Volume of groundwater (cubic meter per hour)	<2.0	2.0–10.0	>10.0

สำหรับรายละเอียดขั้นตอนศึกษา และการจัดทำ ข้อมูลให้เป็นไปตามค่าคะแนนปัจจัยและค่าคะแนนแต่ละ

ระดับของปัจจัย โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) แสดงดัง Figure 2

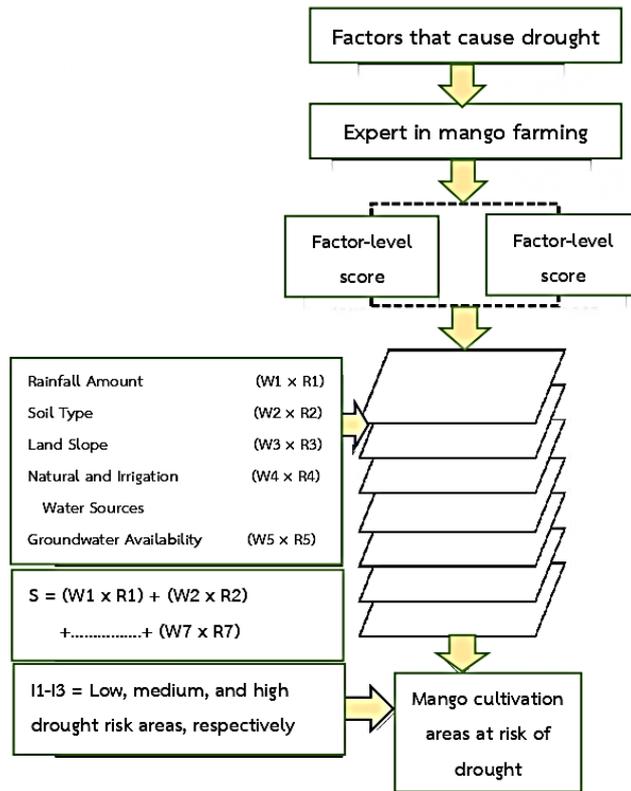


Figure 2 The conceptual framework

ผลการวิจัย

ผลจากการสัมภาษณ์แบบกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและเจ้าหน้าที่เกษตร พบว่ารูปแบบของการปลูกมะม่วงในพื้นที่มี 2 รูปแบบ ได้แก่ การปลูกมะม่วงผสมลำไย หรือไม้ผลอื่น ๆ และปลูกมะม่วงเชิงเดี่ยว ซึ่งการศึกษาคั้งนี้จะวิเคราะห์เฉพาะในพื้นที่ปลูกมะม่วงเชิงเดี่ยว ตามข้อมูลจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2562 จำนวน 2,296 ไร่ จากการสัมภาษณ์แบบกลุ่มเกษตรกรต้นแบบผู้มีประสบการณ์พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงในตำบลแม่ปิ้งปลูกโดยอาศัยน้ำฝนอย่างเดียว และไม่มีการให้น้ำ

ทางดิน เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นที่ดอนและมีความลาดชัน อีกทั้งเกษตรกรยังมองว่า เทคโนโลยีการให้น้ำน่าจะมีต้นทุนสูง (ยังไม่มีความรู้) สำหรับการจัดการดินและปุ๋ย เกษตรกรเน้นการใช้ปุ๋ยเกล็ดทางใบ สูตร 21-21-21 และ 10-20-30 จำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกช่วงแทงช่อดอกในเดือนมกราคม และครั้งที่ 2 ช่วงติดผลในเดือนกุมภาพันธ์ เนื่องจากประสบปัญหาความชื้นในดินไม่เพียงพอในช่วงที่มีการใส่ปุ๋ยทางดิน โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2558 และ 2562 ที่ได้รับผลกระทบจากภาวะภัยแล้ง ซึ่งทำให้ไม่มีผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีคุณภาพเกรดส่งออก ผลเริ่มโตคือ มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 300-500 กรัมต่อผล และผิวสวย ไม่มีตำหนิ ซึ่งราคาจะสูงถึง 50-70 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งใน

ปีดังกล่าวผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีน้ำหนักเบาและผิวลาย ซึ่งถูกขายในเกรดคละมีราคาเพียง 5–20 บาท ส่งผลทำให้เกษตรกรขาดทุนในปีดังกล่าว

ผลการศึกษาการประเมินความเสี่ยงภัยแล้งพื้นที่ปลูกมะม่วงด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ตำบลแม่ปิง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ปลูกมะม่วงบนพื้นที่ดอนจำนวน 1,924 ไร่ พบว่าปริมาณฝนตกเฉลี่ยทั้งปีในพื้นที่อยู่ในช่วง 700–1,200 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 100 อยู่ในเกณฑ์เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อละเอียดซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากถึงร้อยละ 66.47 อยู่ในเกณฑ์เสี่ยงภัยแล้งน้อย แต่ความลาดชันของพื้นที่มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของพื้นที่อยู่ในเกณฑ์เสี่ยงภัยแล้งมาก สำหรับแหล่งน้ำธรรมชาติและชลประทานห่างจากพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่ 1.0–2.0 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 83.28 อยู่ในเกณฑ์เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง สำหรับปริมาณ

น้ำใต้ดิน คิดเป็นร้อยละ 95.64 อยู่ในเกณฑ์เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง

สำหรับผลการประเมินความเสี่ยงภัยแล้งพื้นที่ปลูกมะม่วงบนที่ราบเชิงเขาและที่ราบลุ่มจำนวน 372 ไร่ พบว่าปริมาณฝนตกเฉลี่ยทั้งปีในพื้นที่อยู่ในช่วง 700–1,200 มิลลิเมตรต่อปี คิดเป็นร้อยละ 100 อยู่ในเกณฑ์เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากถึงร้อยละ 63.25 อยู่ในเกณฑ์เสี่ยงภัยแล้งมาก แต่ความลาดชันของพื้นที่ 0–12 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นร้อยละ 74.36 ของพื้นที่ อยู่ในเกณฑ์เสี่ยงภัยแล้งน้อย สำหรับแหล่งน้ำธรรมชาติและชลประทานห่างจากพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่น้อยกว่า 1.0 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 92.55 อยู่ในเกณฑ์เสี่ยงภัยแล้งน้อย สำหรับปริมาณน้ำใต้ดิน คิดเป็นร้อยละ 95.83 อยู่ในเกณฑ์เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง (Table 4)

Table 4 Rating factor value of drought on mango planting areas

Factor	Rating factor value (R)					
	High (3)		Moderate (2)		Low (1)	
	Upland	Lowland	Upland	Lowland	Upland	Lowland
1. Average annual rainfall (millimeters per year)	0 (0.00)	0 (0.00)	1,924 (100.00)	372 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
2. Soil texture	645 (33.53)	235 (63.25)	0 (0.00)	86 (23.08)	1,279 (66.47)	51 (13.68)
3. Slope	962 (50.00)	32 (8.55)	462 (24.02)	64 (17.09)	500 (25.98)	277 (74.36)
4. Stream and irrigation (kilometers)	40 (2.09)	0 (0.00)	281 (14.63)	28 (7.45)	1,602 (83.28)	344 (92.55)
5. Volume of groundwater (cubic meter per hour)	0 (0.00)	0 (0.00)	1,840 (95.64)	356 (95.83)	84 (4.36)	15 (4.17)

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าคะแนนปัจจัยร่วมกับค่าคะแนนแต่ละระดับปัจจัยด้วยเทคนิค PSA ทำการจัดระดับกลุ่มของข้อมูล และให้คะแนนแต่ละระดับกลุ่มข้อมูลทั้ง 5 ปัจจัย ซึ่งได้คะแนนรวมความเสี่ยงภัยแล้งในพื้นที่ปลูกมะม่วงตำบลแม่ปิ้ง อำเภอพญาวัว จังหวัดเชียงใหม่ (Table 5) โดยแบ่งออกเป็น 2 สภาพภูมิประเทศ ได้แก่ พื้นที่ตอน จำนวน 1,924 ไร่ พบว่ามีความเสี่ยงภัยแล้งมากจำนวน 238 ไร่ คิดเป็นร้อยละ

12.37 และมีความเสี่ยงภัยแล้งปานกลางจำนวน 799 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 41.52 และมีความเสี่ยงภัยแล้งน้อยจำนวน 887 ไร่ (ร้อยละ 46.10) ตามลำดับ (Figure 3) สำหรับพื้นที่ปลูกมะม่วงบนพื้นที่ราบเชิงเขาและพื้นที่ราบลุ่มทั้งหมด 372 ไร่ มีพื้นที่ปลูกมะม่วงที่เสี่ยงภัยแล้งระดับมาก 74 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 19.89 มีความเสี่ยงภัยแล้งปานกลางจำนวน 180 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 48.38 และมีความเสี่ยงภัยแล้งน้อย 118 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 31.72 (Figure 3)

Table 5 Risk Assessment of Drought on Mango Planting Areas

Level of drought risk (score)	Area (rai)	
	Upland	Lowland
Low (1.51–1.81)	887(46.10)*	118(31.72)
Moderate (1.81–2.12)	799(41.52)	180(48.38)
High (2.12–2.43)	238(12.37)	74(19.89)
Total	1,924(100.00)	372(100.00)

*Number in () is percentage of area

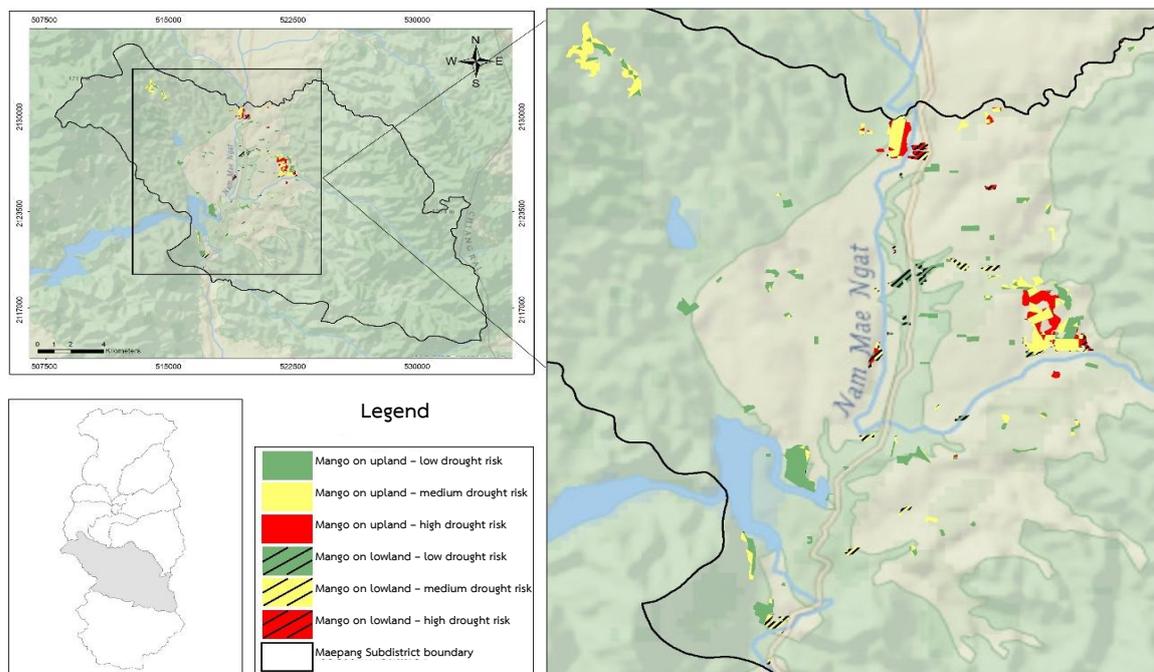


Figure 3 Map of level drought risk on mango planting areas

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการประเมินความเสี่ยงภัยแล้งพื้นที่ปลูกมะม่วงทั้งบนพื้นที่ดอน พื้นที่ราบเชิงเขา และพื้นที่ราบลุ่มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ผลการประเมินส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางและน้อย แสดงให้เห็นว่าสามารถหาแนวทางในการลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากภัยแล้งและฝนทิ้งช่วงได้ ซึ่งจากการพิจารณาปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมะม่วง คือ 700–1,200 มิลลิเมตร และเนื้อดินที่เป็นดินเนื้อละเอียดมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี อย่างไรก็ตาม การประเมินความเสี่ยงเชิงพื้นที่โดยใช้เทคนิค PSA สามารถนำผลที่ได้มาใช้วางแผนรับมือกับภัยแล้งและฝนทิ้งช่วงในอนาคตได้ สำหรับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีแนวโน้มช่วยรักษาความชื้นในดินได้ อาทิ การปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดิน (cover cropping) ซึ่งสามารถทำให้ความชื้นในดินเพิ่มขึ้น 1.25–5.10 เปอร์เซ็นต์ (Land Development Department, 2022) หรือใช้วัสดุที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำ เช่น ถ่านชีวภาพ (biochar) ใส่บริเวณทรงพุ่มต้นมะม่วง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srimawong *et al.* (2022) ซึ่งได้ใส่ถ่านชีวภาพไม่ประคูดั้วอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อเนื่อง 2 ปี ทำให้ความชื้นในดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ระดับความลึกดิน 100 เซนติเมตร โดยกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีความชื้นสูงสุด 52.10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความชื้นสูงกว่าไม่ใส่ถ่านชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Saeyang and Inthasan (2020) ที่พบว่าการใช้ไบโอชาร์สามารถช่วยรักษาความชื้นในดินปลูกมะม่วงได้

สำหรับพื้นที่ปลูกมะม่วงที่อยู่ในเกณฑ์เสี่ยงภัยแล้งระดับมาก ควรจัดหาแหล่งน้ำเพิ่มเติม อาทิ บ่อบาดาล หรือแหล่งน้ำผิวดินอื่น ๆ และจัดทำระบบการให้น้ำสำหรับมะม่วง ซึ่งในกรณีพื้นที่ดอนควรเลือกหัวจ่ายน้ำหยดเพื่อประหยัดน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัด และใช้แรงดันในระบบน้อย เนื่องจากพื้นที่ปลูกมะม่วงส่วนใหญ่อยู่บนพื้นที่ที่มีความลาดชัน แต่ควรให้เพียงพอสำหรั

ต้องการของมะม่วงแต่ละช่วงการเจริญเติบโต โดยเฉพาะช่วงวิกฤต (critical period) ที่มะม่วงไม่สามารถขาดน้ำได้ ได้แก่ ระยะแทงช่อดอก (Extension and Training Office, Kasetsart University, 2013) อยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์–มีนาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นหากเกษตรกรใช้มาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อรักษาความชื้นในดินในช่วงเวลาดังกล่าว หรือนำเทคโนโลยีการให้น้ำแบบประหยัดมาใช้จะช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหาย และสามารถคาดการณ์ผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองคุณภาพเพื่อการส่งออกได้

สรุปผลการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงภัยแล้งพื้นที่ปลูกมะม่วงด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ ตำบลแม่ปิ้ง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ โดยแบ่งตามสภาพภูมิประเทศ พบว่ามะม่วงที่ปลูกบนพื้นที่ดอนจำนวน 1,924 ไร่ ส่วนใหญ่มีความเสี่ยงอยู่ในระดับน้อยและปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 46.10 และ 41.59 ตามลำดับ สำหรับมะม่วงที่ปลูกบนพื้นที่ราบเชิงเขาและที่ราบลุ่ม จำนวน 372 ไร่ ส่วนใหญ่มีความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลางและน้อย คิดเป็นร้อยละ 48.38 และ 31.72 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงในพื้นที่ตำบลแม่ปิ้ง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ และสำนักงานเกษตรอำเภอพร้าว สำหรับข้อมูลการผลิตมะม่วง รวมถึงหน่วยงานภาครัฐที่อนุเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมินำมาพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ กรมพัฒนาที่ดิน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมทรัพยากรน้ำบาดาล และคณาจารย์และบุคลากรสาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่กรุณาให้คำปรึกษาในงานวิจัย และนักศึกษาศาสาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยเหลือในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

- Ano, T., R. Hornwichian, N. Jitrapinate, S. Compliew and A. Kangrang. 2013. The estimation of drought risk area using potential surface analysis technique. **Journal of Engineering and Innovation** 6(2): 13–21. [in Thai]
- Department of Agriculture. n.d. **Mango**. [Online]. Available [http:// it.doa.go.th/vichakan/print.php?newsid=37](http://it.doa.go.th/vichakan/print.php?newsid=37) (June 5, 2023). [in Thai]
- Department of Groundwater Resources. 2021. **Groundwater map**. [Online]. Available <http://www.dgr.go.th/th/public-service/36> (June 1, 2023). [in Thai]
- Extension and Training Office, Kasetsart University. 2013. **Mango planting**. [Online]. Available <https://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/2011-002-0259/#p=1> (June 5, 2023). [in Thai]
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency. 2021. **Most of the drought in Thailand is caused by drought and intermittent rain. The drought condition is a condition in which the amount of rainfall is less than normal. or does not fall seasonally resulting in 2 periods of drought in the year**. [Online]. Available https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=6893&lang=TH (June 2, 2023). [in Thai]
- Jitdon, R. 2022. **Administration and management of water for agriculture**. [Online]. Available <https://kasetamgkhunka.com/wp-content/uploads/2020/12/20201219> (June 4, 2023). [in Thai]
- Land Development Department. 2019. **Soil service**. [Online]. Available <https://dinonline.ddd.go.th/> (June 1, 2023). [in Thai]
- Land Development Department. 2021. **Map of drought areas in the northern region for the fiscal year 2021**. [Online]. Available <http://irw101.ddd.go.th/index.php/2017-05-23-02-00-40/2017-05-23-02-00-39> (June 1, 2023). [in Thai]
- Land Development Department. 2022. **Comparison of vetiver grass ecotype and cover crop on improvement of soil physical and chemical properties**. [Online]. Available <https://e-library.ddd.go.th/library/flip/bib10217f/bib10217f.html#p=26> (June 5, 2023). [in Thai]
- National Agricultural Big Data Center. 2020. **Disaster situation**. [Online]. Available <https://www.nabc.go.th/disaster/detail/61> (June 10, 2023). [in Thai]
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 2023. **Cold & warm episodes by season**. [Online]. Available https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php (June 2, 2023). [in Thai]

Office of Agricultural Economics. 2020.

Quantity and value of mango exports and imports for the last 5 years (2017–2021). [Online]. Available https://plus.thairath.co.th/topic/money/101401?fbclid=IwAR2p3Yx0dmaRgMv7b9XYfvkHPJtAPYziYWGqUThTAQx0vt1IFR_E5BXrQ8 (June 10, 2023). [in Thai]

Royal Thai Survey Department. 2013. **Map**

data. [Online]. Available <https://www.rfapr.com/> (June 1, 2023). [in Thai]

Saeyang, S. and J. Inthasan. 2020. Effect of soil amendment on some soil physical properties under mango canopies at Chaloe Phra Kiat district, Saraburi province. **Journal of Agricultural Research and Extension** 37(3): 9–17. [in Thai]

Srimawong, P., N. Notesiri, P. Chomun,

C. Kerdchana, C. Charanworapan and R. Chuybudda. 2022. **Effect of Biochar for Soil Amendment on Moisture Content and Water Infiltration for Planting Cassava.** 46 p. *In* Research Report. Bangkok: Land Development Department. [in Thai]

Thai Meteorological Department. 2023.

Meteorological measurement and statistics service. [Online]. Available <https://www.tmd.go.th/service/tmdData> (June 1, 2023). [in Thai]

Trade Policy and Strategy Office. 2022.

Analysis of the economic situation of Thailand by region April 2022. [Online]. Available <http://www.tpso.moc.go.th/sites/default/files/wiekhraaahesrsthkicchphuumiphaakhpracchameduuenemsaay.pdf> (June 10, 2023). [in Thai]

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของเกษตรกรต่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตขมิ้นชันในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

Factors Influencing Farmers' Satisfaction towards Printed Media for the Technology
Transfer of Turmeric Production in Paphayom District, Phatthalung Province

เสาวณีย์ เล็กบางพง อภิญญา รัตน์ไชย* และทัศนีย์ ขาวเนียม

Saowanee Lekbangpong, Apinya Ratanachai* and Tassanee Khawniam

สาขาวิชานวัตกรรมเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90110

Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University

Songkla, Thailand 90110

*Corresponding author: apinya.r@psu.ac.th

Received: December 16, 2024

Revised: August 24, 2025

Accepted: August 30, 2025

Abstract

This research, which involved 86 cases was aimed to study general information, satisfaction levels with printed media, and factors influencing satisfaction with printed media in transfer of turmeric production technology among farmers in Paphayom district, Phatthalung province. The turmeric grown in these areas has curcuminoid and essential oil content that exceeds standard values compared to turmeric produced in other regions. The research was conducted from June 2024 to November 2024. The instruments used for data collection were questionnaires. Data analysis used descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, and inferential statistics, including stepwise multiple regression analysis. The results of the study found that: 1) Most farmers were female (76.74%), had an average age of 51.14 years, had completed junior high school (50.00%), were married (60.77%), and had an average experience in turmeric cultivation of 10.80 years; and 2) Turmeric farmers were highly satisfied with printed media for transferring turmeric production technology (average 4.30). When considering satisfaction in each aspect, it was found that turmeric farmers were most satisfied with printed media in all aspects, namely media quality (mean 4.37), media content (mean 4.27), and media illustrations (mean 4.25). The results of the stepwise multiple regression analysis revealed that gender, specifically being female, had a statistically significant influence (at the 0.05 level) on farmers' satisfaction with printed media used for technology transfer in turmeric production in Paphayom district, Phatthalung province.

Keywords: satisfaction, media, technology transfer, turmeric, Phatthalung

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไประดับความพึงพอใจต่อสื่อสิ่งพิมพ์ และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจในสื่อสิ่งพิมพ์ ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตหมักชั้นของเกษตรกร อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง จำนวน 86 ราย เนื่องจากในพื้นที่ปลูกหมักชั้นมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์และปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงเกินค่ามาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตหมักชั้นที่ปลูกในพื้นที่อื่น ๆ ดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ผลการศึกษา พบว่า 1) เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 76.74) อายุเฉลี่ย 51.14 ปี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ร้อยละ 50.00) มีสถานภาพสมรส (ร้อยละ 60.77) ประสบการณ์การปลูกหมักชั้นเฉลี่ย 10.80 ปี และ 2) เกษตรกรผู้ปลูกหมักชั้นมีความพึงพอใจต่อสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตหมักชั้นในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.30) เมื่อพิจารณาความพึงพอใจแต่ละด้าน พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกหมักชั้นมีความพึงพอใจต่อสื่อสิ่งพิมพ์ในระดับมากที่สุดทุกด้าน คือ ด้านคุณภาพของสื่อ (ค่าเฉลี่ย 4.37) ด้านเนื้อหาของสื่อ (ค่าเฉลี่ย 4.27) และด้านรูปภาพประกอบของสื่อ (ค่าเฉลี่ย 4.25) ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน พบว่าเพศหญิงมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจในสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตหมักชั้นของเกษตรกรผู้ปลูกหมักชั้นในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: ความพึงพอใจ สื่อ การถ่ายทอดเทคโนโลยีหมักชั้น พัทลุง

คำนำ

การถ่ายทอดเทคโนโลยีเป็นกระบวนการนำเอาความรู้จากที่หนึ่งไปใช้อีกที่หนึ่ง โดยกระบวนการนี้จะต้องเกิดจากการวางแผน และดำเนินงานร่วมกันระหว่างผู้ให้และผู้รับ ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้รับด้วยว่ามีความพร้อมเพียงใด ในการรับไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการยอมรับก็เป็นตัวที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นเรื่องที่สัมพันธ์กับบุคลิกภาพ ความรู้ ความเข้าใจ ทศนคติและค่านิยมของบุคคลหรือชุมชนนั้น ๆ (Kanchanakarun, 2013) ซึ่งในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรนั้นต้องมีการสื่อสารและสื่อที่ดี เพื่อให้ความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่ต้องการจะสื่อออกไป รวมไปถึงกระบวนการต่าง ๆ ในการผลิตหมักชั้น โดยในการออกแบบสื่อและการพัฒนาสื่อ จึงมีความสำคัญที่จะช่วยให้การนำเสนอ มีความน่าสนใจที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี ช่วยให้การถ่ายทอดเนื้อหาสาระให้เกิดความเข้าใจถูกต้อง ทำได้อย่างรวดเร็ว สื่อสารได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ (Wannakayont *et al.*, 2023) สื่อสิ่งพิมพ์ เป็นสื่อในการประชาสัมพันธ์ที่มีผลต่อการรับรู้ในยุคปัจจุบันเป็นอย่างมาก และเป็นสื่อที่หลายหน่วยงานเป็นผู้ผลิตและเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารไปยังกลุ่มเป้าหมาย โดยมีวัตถุประสงค์ในการผลิตและรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป ปัจจุบันความนิยมการใช้สื่อประเภทสิ่งพิมพ์เพื่อการประชาสัมพันธ์มีอยู่มาก ซึ่งล้วนเป็นสื่อที่เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีอายุการใช้งานนาน แต่มีข้อจำกัดในเรื่องการนำเสนอเนื้อหา ซึ่งต้องเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย (Sitthiwet, 2018) ซึ่งการออกแบบสื่อสิ่งพิมพ์ถือเป็นกระบวนการสำคัญในกระบวนการสร้างสรรค์สิ่งพิมพ์ที่ปรากฏต่อผู้รับสาร เพราะในขั้นตอนนี้จะรวมส่วนประกอบในการนำเสนอรูปแบบและเนื้อหา ชนิดภาพประกอบ แบบตัวอักษร ชนิดกระดาษ และเทคนิคการพิมพ์ต่าง ๆ เข้ามาดำเนินการ โดยไม่ให้ละเลยหรือละทิ้งส่วนใดให้หลุดหายไปจากแนวคิดที่กำหนดไว้ (Paengsoda and Sitti,

2022) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wannakayont *et al.* (2023) พบว่าสื่อที่สามารถนำมาใช้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร ได้แก่ แผ่นพับ โปสเตอร์ และสื่อในการนำเสนอเนื้อหาด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปใช้ในการให้ความรู้ และทบทวนความรู้ที่มีความหลากหลายสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้ง่าย และสื่อความหมายได้ ตามที่ต้องการ ก่อให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจในสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตไขมันชั้นของเกษตรกร อำเภอบำเพ็ญ จังหวัดพัทลุง จะทำให้ทราบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจในประเด็นใดของสื่อสิ่งพิมพ์ที่ใช้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยี ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ที่จะใช้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่เกษตรกรต่อไปในอนาคต ให้มีความเหมาะสมตรงกับความต้องการของผู้รับต่อไป และช่วยแก้ไขปัญหาให้แก่เกษตรกร อันจะส่งผลให้เกษตรกรได้ใช้ประโยชน์จากสื่อสิ่งพิมพ์ในการพัฒนาอาชีพของตนเองต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) เพื่อศึกษาความพึงพอใจสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตไขมันชั้นของเกษตรกรผู้ปลูกไขมันชั้นในอำเภอบำเพ็ญ จังหวัดพัทลุง เนื่องจากอำเภอบำเพ็ญพื้นที่มีศักยภาพในการปลูกไขมันชั้นที่ระดับความเหมาะสมในจังหวัดพัทลุง โดยมีตำบลลานข่อยและตำบลเกาะเต่าที่มีการปลูกไขมันมากที่สุด และมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์และปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงเกินค่ามาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตไขมันชั้นที่ปลูกในพื้นที่อื่น ๆ ดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 โดยมีการดำเนินวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาคั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้ปลูกไขมันชั้นในอำเภอบำเพ็ญ จังหวัดพัทลุง จำนวน 86 ราย โดยทำการเก็บข้อมูลทั้งหมดทุกราย

เครื่องมือและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรผู้ปลูกไขมันชั้นในอำเภอบำเพ็ญ จังหวัดพัทลุง โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วยข้อคำถามแบบปลายปิด (close-ended question) และข้อคำถามปลายเปิด (open-ended question) โดยสามารถแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 2 ตอน คือ 1) ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกไขมันชั้น ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส ประสบการณ์การปลูกไขมันชั้น และ 2) ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตไขมันชั้นในอำเภอบำเพ็ญ จังหวัดพัทลุง โดยลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ คือ 5 = มีความพึงพอใจมากที่สุด 4 = มีความพึงพอใจมาก 3 = มีความพึงพอใจปานกลาง 2 = มีความพึงพอใจน้อย และ 1 = มีความพึงพอใจน้อยที่สุด โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและแบ่งช่วง เพื่อเป็นการพิจารณาระดับความพึงพอใจของเกษตรกรต่อสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตไขมันชั้น ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย

4.21-5.00
3.41-4.20
2.61-3.40
1.81-2.60
1.00-1.80

ระดับความพึงพอใจ

ความพึงพอใจมากที่สุด
ความพึงพอใจมาก
ความพึงพอใจปานกลาง
ความพึงพอใจน้อย
ความพึงพอใจน้อยที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจสื่อสิ่งพิมพ์ครั้งนี้ มีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ (wording) โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรือเนื้อหา (IOC: Index of Item Objective Congruence) พบว่า ค่า IOC เท่ากับ 0.81 แสดงว่า แบบสอบถามสามารถนำไปใช้ได้ และมีการทดสอบความน่าเชื่อถือ (reliability) โดยนำเครื่องมือที่ผ่านการทดสอบความถูกต้องแล้วไปทดสอบกับเกษตรกรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ราย จากนั้นนำเครื่องมือมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่น (reliability) แบบสอบถามนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Alpha coefficient) ของ Cronbach (Cronbach, 1970) พบว่าแบบสอบถามมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.96 มีความเชื่อมั่นสูง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรและความพึงพอใจสื่อสิ่งพิมพ์ เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อการ

ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสังคมศาสตร์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของเกษตรกรต่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ประกอบด้วยประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชัน ความพึงพอใจต่อสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจต่อสื่อสิ่งพิมพ์ ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง โดยมีรายละเอียดผลวิจัยได้ดังนี้

ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชัน

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 75.58) อายุเฉลี่ย 51.14 ปี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ร้อยละ 50.00) มากที่สุด รองลงมาคือ มัธยมศึกษาตอนปลาย (ร้อยละ 30.23) สถานภาพสมรส (ร้อยละ 60.77) มากที่สุด รองลงมาคือ โสด (ร้อยละ 18.60) ประสบการณ์การปลูกขมิ้นชันเฉลี่ย 10.80 ปี ดังแสดงใน Table 1

Table 1 General information for farmers

General information for farmers	Frequency	Percentage
Gender		
Male	20	23.26
Female	66	76.74
Age		
≤ 41 year	13	15.12
42 year – 50 year	31	36.05
51 year – 59 year	22	25.58
60 year – 68 year	15	17.44
≥ 69 year	5	5.81
Education Level		
Primary	1	1.16
Junior high school	43	50.00
Senior high school	26	30.23
Associate's degree	10	11.63
Bachelor's degree	1	1.16
Master's degree	5	5.81
Marital status		
Single	16	18.60
Married	56	65.12
Divorced/widowed	14	16.28
Experience in turmeric production		
≤ 9 year	12	13.95
10 year – 14 year	57	66.27
15 year – 19 year	7	8.14
20 year – 24 year	4	4.66
≥ 25 year	6	6.98

ความพึงพอใจต่อสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

เกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันมีความพึงพอใจต่อสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.30) สอดคล้องกับ Tangtong (2019) ได้ศึกษาการออกแบบสื่อสิ่งพิมพ์สำหรับการประชาสัมพันธ์ชมรมคนรักในหลวงจังหวัดสิงห์บุรี พบว่าความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมกิจกรรมชมรมคนรักในหลวงที่มีต่อสื่อสิ่งพิมพ์อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับ Nankhiaw *et al.* (2023) ซึ่งได้ศึกษาการสร้างสื่อเพื่อประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวเชิงศาสนาของวัดวิเชียรบำรุง จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่าสื่อสิ่งพิมพ์แบบโปสเตอร์และแผ่นพับ ได้รับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาแต่ละด้าน พบว่า

1) ด้านเนื้อหาของสื่อ ภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.27) พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ในประเด็น ชื่อเรื่องมีความสอดคล้องกับเนื้อเรื่อง (ค่าเฉลี่ย 4.38) เนื้อหามีความถูกต้อง มีความสมบูรณ์ ครบถ้วน (ค่าเฉลี่ย 4.34) เนื้อเรื่องมีประโยชน์เหมาะสำหรับการเรียนรู้ (ค่าเฉลี่ย 4.33) เนื้อหาต่อการทำความเข้าใจ (ค่าเฉลี่ย 4.29) ส่วนเนื้อหาที่มีความเหมาะสม และเนื้อหาแนะนำเป็นลำดับอย่างมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน (ค่าเฉลี่ย 4.19) และเนื้อหาเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน ชัดเจน ตรงประเด็น และใช้ภาษาที่กระชับ (ค่าเฉลี่ย 4.16) มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ตามลำดับ ความสอดคล้องกับการศึกษาของ Eiadkaew (2024) ได้ศึกษาการพัฒนาฉลากผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงและแผ่นพับสองภาษาเพื่อประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตาลโตนด บ้านท่าหิน อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา พบว่าผู้บริโภคทั่วไป กลุ่มวิสาหกิจชุมชน และผู้นำชุมชนองค์การบริหารส่วนตำบลท่าหิน มีความพึงพอใจแผ่นพับสองภาษาในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.66) จำนวน 3 ข้อ ที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ 1) เนื้อหาสอง

ภาษาช่วยส่งเสริมให้ผู้ซื้อรู้จักผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากขึ้น (ค่าเฉลี่ย 4.77) 2) เนื้อหากระชับได้ใจความ และตรงประเด็น (ค่าเฉลี่ย 4.73) 3) เนื้อหาแผ่นพับมีการใช้ภาษาที่เหมาะสมและเข้าใจง่าย (ค่าเฉลี่ย 4.71) ตามลำดับ รวมทั้งสอดคล้องกับ Worapongpat *et al.* (2022) ที่ได้ทำการศึกษาความพึงพอใจต่อการเรียนรู้เรื่องระบบสุริยะระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนคลองขวาง จังหวัดตราด พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในด้านความง่ายของเนื้อหาที่มีความเหมาะสม โดยมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.57) และด้านการจัดลำดับเนื้อหาที่มีความเหมาะสม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.20)

2) ด้านรูปภาพประกอบของสื่อ ภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.25) พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ในประเด็นต่อไปนี้เป็นภาพประกอบและขนาดตัวอักษรเหมาะสมกัน (ค่าเฉลี่ย 4.32) จำนวนภาพประกอบมีความเหมาะสม (ค่าเฉลี่ย 4.26) ภาพประกอบสามารถสื่อความหมายได้ตรงกับเนื้อหา (ค่าเฉลี่ย 4.25) และภาพประกอบและข้อความมีความสอดคล้องกัน (ค่าเฉลี่ย 4.24) และเกษตรกรมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากเพียงประเด็นเดียว คือ สื่อสิ่งพิมพ์มีขนาดที่เหมาะสม มีความสวยงาม ดึงดูดความสนใจได้ดี (ค่าเฉลี่ย 4.16) ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Potisarn *et al.* (2023) ได้ศึกษาเรื่องแนวทางการเสริมสร้างเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนและการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อสื่อด้านการผลิตสื่อแผ่นพับอินโฟกราฟิกโดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.42) เมื่อพิจารณารายชื่อ พบว่าความสวยงามของการออกแบบภาพกราฟิก (ค่าเฉลี่ย 4.57) ความสวยงามของการจัดองค์ประกอบ (ค่าเฉลี่ย 4.55) ประเภทสื่อแผ่นพับมีความเหมาะสม และมีการนำเสนอเนื้อหาที่มีความชัดเจน (ค่าเฉลี่ย 4.38) ด้านเนื้อหาของสื่อ มีความพึงพอใจมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.27)

และสอดคล้องกับ Lamsai *et al.* (2017) ได้ทำศึกษา เรื่องการพัฒนาสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อศูนย์การเรียนรู้เกษตร ทฤษฎีใหม่ ในโครงการพระราชดำริ บ้านวัดใหม่ อำเภอ บึงสามัคคี จังหวัดกำแพงเพชร พบว่าควรใช้สิ่งพิมพ์ ประเภทแผ่นพับ และควรมีเทคนิคในการพับเพื่อสร้าง ความดึงดูด แต่ต้องไม่ซับซ้อนมากจนเกินไปใน กระบวนการผลิต และเน้นความเรียบง่าย

3) ด้านคุณภาพของสื่อภาพรวมมีความพึงพอใจ อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.37) พบว่าเกษตรกร ผู้ปลูกขมิ้นชันมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดในประเด็นต่อไปนี้ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยรวม ของคุณภาพสื่อ ได้แก่ สีของตัวอักษรเหมาะสม เด่นชัด (ค่าเฉลี่ย 4.46) การใช้คำเหมาะสมกับเนื้อเรื่อง (ค่าเฉลี่ย 4.41) ตัวอักษรมีความชัดเจน อ่านง่าย และการออกแบบ มีความน่าสนใจ และสวยงาม (ค่าเฉลี่ย 4.38) สำหรับ ประเด็นที่เกษตรกรมีความพึงพอใจมากที่สุด แต่มีคะแนน

ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยรวมของด้านนี้ คือ ขนาดของสื่อ มีความเหมาะสม (ค่าเฉลี่ย 4.34) ขนาดตัวอักษรมีความ เหมาะสม (ค่าเฉลี่ย 4.33) ใช้ภาษาได้อย่างถูกต้อง เข้าใจ ง่าย เหมาะสมกับวัยผู้อ่าน (ค่าเฉลี่ย 4.29) ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับ Jitgosol (2022) ศึกษาเรื่อง แนวทางการพัฒนาสื่อความหมายแหล่งท่องเที่ยวทาง ประวัติศาสตร์ กรณีศึกษาแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ บ้านคูเมือง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้สื่อ ความหมายของบ้านคูเมือง อำเภอวารินชำราบ จังหวัด อุบลราชธานี โดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.91) พบว่าการเลือกใช้สีในการออกแบบมีความเหมาะสม (ค่าเฉลี่ย 3.88) สีพื้นหลังมีความเหมาะสมต่อการอ่าน (ค่าเฉลี่ย 3.71) และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม ต่อการอ่าน (ค่าเฉลี่ย 3.71) (Table 2)

Table 2 Satisfaction towards printed media for the technology transfer of turmeric production in Paphayom district, Phatthalung province

Satisfaction of media printed	Mean	S.D.	Description
Media content	4.27	0.65	Highest
1. The content is clear and concise.	4.16	0.85	High
2. The content has the right amount.	4.19	0.82	High
3. Contents are presented in an appropriate.	4.19	0.79	High
4. The content is easy to understand.	4.29	0.85	Highest
5. The content is valuable and suitable for learning.	4.33	0.74	Highest
6. The content is accurate and complete.	4.34	0.76	Highest
7. The title is consistent with the story.	4.38	0.72	Highest
Media illustrations	4.25	0.74	Highest
1. The illustrations are sized appropriately for the size of the media, and they are beautiful and enticing, making you want to read.	4.16	0.91	High

Table 2 (Continued)

Satisfaction of media printed	Mean	S.D.	Description
2. The illustrations and text on each page are consistent.	4.24	0.88	Highest
3. The illustrations can convey meaning that matches the content.	4.25	0.87	Highest
4. The number of illustrations is appropriate.	4.26	0.87	Highest
5. The illustrations and font size are appropriate.	4.32	0.77	Highest
Media quality	4.37	0.62	Highest
1. Use language correctly, easily understood, and appropriate to the age of the reader.	4.29	0.85	Highest
2. The font size is appropriate.	4.33	0.69	Highest
3. The size of the media is appropriate.	4.34	0.90	Highest
4. The letters are clear and easy to read.	4.38	0.68	Highest
5. The design is interesting and beautiful.	4.38	0.81	Highest
6. Using words appropriate to the story	4.41	0.71	Highest
7. The color of the letters is appropriate and conspicuous.	4.46	0.69	Highest
Total	4.30	0.64	Highest

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจต่อสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขม้นชั้นของเกษตรกรอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

เมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) ด้วยวิธีการนำเข้าทั้งหมด (Stepwise method) โดยนำตัวแปรอิสระจำนวน 5 ตัวแปร เข้าสมการการถดถอย พบว่า ค่า F เท่ากับ 6.330 ที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$ หมายความว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวที่มีความสัมพันธ์และทำนายตัวแปรในรูปเชิงเส้น เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การทำนายเชิงพหุคูณแบบขั้นตอน พบว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.327 นั่นคือ ตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้ร้อยละ 32.70 ซึ่งจากการทดสอบมีตัวแปรอิสระ 1 ตัวที่มีผลต่อตัวแปรตาม ได้แก่ เพศ ซึ่งพบว่า มีผลในเชิงบวกกับความพึงพอใจต่อสื่อ

สิ่งพิมพ์เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขม้นชั้นของเกษตรกรผู้ปลูกขม้นชั้นในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แปลความหมายจากผลการทดสอบได้ว่า เกษตรกรเพศหญิงจะมีความพึงพอใจต่อสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขม้นชั้นมากกว่าเกษตรกรเพศชาย อาจเนื่องมาจากเกษตรกรเพศหญิงจะมีความสนใจในด้านความสวยงาม สีสัน มากกว่าเพศชาย จึงทำให้มีความพึงพอใจในการนำเสนอด้วยสื่อสิ่งพิมพ์มากกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Wiangsim (2021) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการใช้และความพึงพอใจสื่อ YouTube ของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าเพศที่แตกต่างกันมีผลต่อความพึงพอใจในการใช้ YouTube ของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (Table 3)

Table 3 Factors influencing the farmers' satisfaction towards printed media for the technology transfer of turmeric production in Paphayom district, Phatthalung province

Independent variables	Coefficient (b)	t	p-value
(Constant)	2.127	2.276	0.040
Gender (X ₁)	1.206	2.516	0.026*
Age (X ₂)	-0.016	-0.065	-0.019
Education level (X ₃)	0.373	1.717	0.444
Marital status (X ₄)	0.342	1.453	0.387
Experience in turmeric production (X ₅)	0.008	0.031	-0.009

Std. Error = 0.463; Durbin-Watson = 1.650; R = -0.572; R² = 0.327; F = 6.330; p-value = 0.05

* Statistical Significant level at 0.05 level

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความพึงพอใจสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชัน 2) ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชัน และ 3) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจในสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 51.14 ปี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สถานภาพสมรส ประสบการณ์การปลูกขมิ้นชันเฉลี่ย 10.80 ปี เกษตรกรมีความพึงพอใจสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจต่อสื่อแผ่นพับเป็นรายด้านอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน คือ ด้านคุณภาพของสื่อ ด้านเนื้อหาของสื่อ ด้านรูปภาพประกอบของสื่อ ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นผลดีของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชัน แต่อย่างไรก็ตามในการผลิตสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีจำเป็นต้องคำนึงถึงการวางแผนเพื่อ

นำเสนอข้อมูล โดยจะต้องคำนึงถึงลำดับการอ่านให้ถูกต้อง และเนื้อหาตรงตามความต้องการ เรียบเรียงข้อความเนื้อหาให้เข้าใจง่าย นอกจากนี้ควรมีภาพประกอบที่เหมาะสมเพื่อช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น ดังนั้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีขึ้นอยู่กับกลุ่มเป้าหมายเป็นสำคัญ การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน พบว่าเพศหญิงมีอิทธิพลเชิงบวกกับความพึงพอใจในสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในประเด็นหัวข้อเรื่อง “ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของเกษตรกรต่อสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง” มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. จากผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจของเกษตรกรต่อสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงมีข้อเสนอแนะให้ชุมชนหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำสื่อที่ได้รับจากการวิจัยไปใช้ร่วมกับเทคนิค อื่น ๆ ในการถ่ายทอดเทคโนโลยี และเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของผู้ที่สนใจต่อไป

2. จากผลการวิจัยพบว่า ประเด็นเนื้อหาที่มีความเหมาะสม เนื้อหานำเสนอเป็นลำดับอย่างมีความเหมาะสม เนื้อหาเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน ชัดเจนตรงประเด็น และใช้ภาษาที่กระชับ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ดังนั้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขี้มันชั้นควรมีการพัฒนาสื่อการเรียนรู้เพิ่มขึ้น เพื่อให้ครอบคลุมข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตขี้มันชั้นประเด็นอื่น ๆ เพื่อเป็นการเรียนรู้ของเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ และเกษตรกรผู้ปลูกขี้มันชั้นในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ตลอดจนผู้นำชุมชนที่กรุณาให้การประสานงานและให้ข้อมูลต่าง ๆ ช่วยให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Cronbach, L.J. 1970. **Essentials of**

Psychological Testing. 3rd Ed.

New York: Harper and Row. 752 p.

Eiadkaew, P. 2024. Development a bilingual label of product and a brochure for advertising plam (Look Tan) products of The Community Enterprise Group at Ban Thain, Sathing Phra district, Songkhla province. **Journal of Thai Hospitality and Tourism** 19(2): 67–81. [in Thai]

Jitgosol, Y. 2022. Guidelines for developing historical attraction interpretation: a case study of the website of Ban Khu Mueang Historical Site, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani province. **Journal of Research and Development Buriram Rajabhat University** 17(1): 119–133. [in Thai]

Kanchanakarun, J. 2013. A study of technology transfer process for producing granule organic fertilizer from local materials in community. **Rajamangala University of Technology Phra Nakhon Research Journal** 7(2): 47–61. [in Thai]

Lamsai, P., T. Koktong and S. Masasai. 2017. Development Printing Media for the King Bhumipol's New Theory Agriculture Learning Center at Wat Mai Village Buengsamakkhi District, Kamphaeng Phet. pp. 387–395. *In The 3rd National Academic Conference "Home Bhum: Wisdom to the Future"*. Khon Kaen: Khon Kaen University. [in Thai]

Nankhiaw, T., T. meesaenkaew, K. Peerachaakkarachai, C. Muangthanang and W. Wongsiri. 2023. Creation of printed media for public relation in religious tourism places of Wat Wichian Bamrung, Phetchabun province. **Journal of Humanities and Social Sciences Mahamakut Buddhist University Isan Campus** 4(2): 62–72. [in Thai]

- Paengsoda, K. and S. Sitti. 2022. The development of printed media design ability and learning achievement on professional media design principles using demonstrational teaching method combined with online lessons of higher vocational certificate students. **Phimoldhamma Research Institute Journal** 9(2): 27–37. [in Thai]
- Potisarn, N., U. Chaisong, J. Suksam, J. Jairassamee, P. Yasaka, S. Saunsokchaug, N. Ngamhui and W. Punnongwa. 2023. Guidelines for enhancing network community enterprises and processing organic Jasmine rice products with participation. **Journal of Local Governance and Innovation** 7(3): 15–38. [in Thai]
- Sitthiwet, T. 2018. **Principles and strategies in public relations**. [Online]. Available <http://oknation.nationtv.tv> (February 22, 2020).
- Tangtong, O. 2019. Print media design for Sing Buri we love the King club public Relations. **Journal of Technology Management Rajabhat Maha Sarakham University** 6(2): 57–66. [in Thai]
- Wannakayont, A., N. Lonkuntosh, W. Kaenbutr, W. Promdan and A. Praisin. 2023. The development of learning media and agricultural technology transfer in production of natural microorganisms. **Industrial Technology Journal** 8(1): 85–96. [in Thai]
- Wiangsima, W. 2021. **Using Behavior and Gratification of the Elderly in Bangkok on YouTube**. Master Thesis. Bangkok University. 82 p. [in Thai]
- Worapongpat, N., O. Pongklang, M. Sakulthong and P. Songnuan. 2022. Satisfaction with the solar system learning materials on android with augmented reality grade 5 students at Khlong Khwang school, Trat province. **Journal of Social Sciences Mahamakut Buddhist University** 5(2): 26–38. [in Thai]

ความพร้อมของสินทรัพย์ทางกายภาพเพื่อการพัฒนาย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้
Readiness of Physical Assets for Development in Maejo Agriculture
and Food Innovation District

พิทักษ์พงศ์ แบ่งทิศ¹ อรทัย มิ่งธิพล¹ ยศสรณ์ ศรีสุข^{2*} วิทยา ดวงธิดา¹ และปนวัฒน์ สุทธิภูษร¹

Phithakphong Baengthid¹, Orathai Mingthipol¹, Yotsarun Srisuk^{2*}

Wittaya Duangthima¹ and Panawat Sutthigoonchorn¹

¹คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: bozz.srisuk@gmail.com

Received: September 15, 2023

Revised: September 04, 2024

Accepted: September 30, 2024

Abstract

Maejo University prioritizes the development of Maejo Municipality into the first agricultural and food innovation district in Thailand that can drive the economy, society, and elevate agricultural innovation activities. The development of the district requires an assessment of the readiness of the innovation ecosystem from 3 types of assets: physical, economic, and network assets. Among these, physical assets are considered crucial because they enhance the quality of life for residents and attract innovation entrepreneurs to invest in the area. The study focused on the concept of innovation district development theory. It aimed to assess the physical assets of the Maejo Agricultural and Food Innovation District using qualitative indicators based on the innovation ecosystem assessment approach and building understanding with stakeholders in order to plan and determine the direction for the development of Maejo Agricultural and Food Innovation District in the future.

The Maejo Agricultural and Food Innovation District has demonstrated significant potential for becoming a successful agricultural and food innovation hub based on its physical assets as follows: 1) The location of the district is near the central business of Chiang Mai. The presence of thorough and sufficient electrical and water supply systems. 2) The district's well-planned combination of agricultural areas, residential communities, and commercial zones creates a conducive environment for businesses in the agriculture and food sectors. (The availability of different types of spaces caters to the varied needs of residents, entrepreneurs, and innovators, providing opportunities for collaboration and cross-sectoral engagement.) 3) Maejo University plays a critical role in the district's development, offering

valuable physical assets such as learning areas and business incubation spaces. Additionally, the presence of expert innovators ready to support knowledge transfer further strengthens the innovation ecosystem. Government agencies within the district that have learning, innovation creation, and innovation testing areas add to the potential for technology and innovation development by entrepreneurs. 4) The presence of financial institutions, markets, and transport businesses within the district provides economic stimulus and support for investment in agriculture and food businesses. (Access to financial resources and markets is essential for entrepreneurs to grow their ventures and contribute to the district's economic vitality.)

Keywords: physical assets, innovation ecosystem, innovation district, Maejo Agricultural and Food Innovation District

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาพื้นที่เทศบาลเมืองแม่โจ้ ให้กลายเป็นย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแห่งแรกของประเทศไทย ที่สามารถขับเคลื่อนเศรษฐกิจ สังคม และยกระดับกิจกรรมนวัตกรรมเกษตร ทั้งนี้การพัฒนาย่านจำเป็นต้องมีการประเมินความพร้อมของระบบนิเวศนวัตกรรมจากสินทรัพย์ 3 ประเภท คือ สินทรัพย์ทางกายภาพ เศรษฐกิจ และเครือข่าย โดยสินทรัพย์ทางกายภาพถูกนำมาพิจารณาเป็นลำดับแรก เนื่องจากมีความสำคัญในการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของคนในย่าน และดึงดูดผู้ประกอบการด้านนวัตกรรมให้เข้ามาร่วมลงทุน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพร้อมขององค์ประกอบทางด้านกายภาพของย่านนวัตกรรม โดยใช้วิธีการศึกษาแนวคิดทฤษฎีการพัฒนาย่านนวัตกรรม การประเมินสินทรัพย์ทางกายภาพด้วยตัวชี้วัดเชิงคุณภาพตามแนวทางการประเมินระบบนิเวศนวัตกรรม และการสร้างความเข้าใจร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อวางแผนและกำหนดทิศทางการพัฒนาย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ในอนาคต

สินทรัพย์ทางกายภาพย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ มีความพร้อมที่สามารถพัฒนาให้เป็นย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหาร ด้วยศักยภาพดังนี้ 1) ที่ตั้งของย่านอยู่ใกล้ศูนย์กลางธุรกิจของเมืองเชียงใหม่ ทำให้การเดินทางเข้าถึงสะดวก ระบบบริการสาธารณูปโภค พื้นฐานไฟฟ้าและน้ำประปาทั่วถึงและเพียงพอ 2) การใช้ประโยชน์ที่ดินมีความโดดเด่นผสมผสานระหว่างพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และย่านพาณิชยกรรม สามารถรองรับการอยู่อาศัยและการลงทุนของผู้ประกอบการเริ่มต้นในกลุ่มธุรกิจด้านเกษตรและอาหาร และ 3) ความพร้อมของสินทรัพย์ทางกายภาพในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทั้งด้านพื้นที่เรียนรู้ พื้นที่บ่มเพาะทางธุรกิจ และนวัตกรรมผู้เชี่ยวชาญพร้อมสนับสนุนองค์ความรู้ รวมถึงสินทรัพย์ทางกายภาพของหน่วยงานภาครัฐภายในย่านที่มีพื้นที่เรียนรู้ สร้างสรรค์นวัตกรรม และพื้นที่ทดลองทดสอบนวัตกรรมส่งเสริมการถ่ายทอดพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมของผู้ประกอบการ และ 4) พื้นที่กระตุ้นเศรษฐกิจภายในย่าน ได้แก่ สถาบันทางการเงิน ตลาดกระจายสินค้า และธุรกิจขนส่งที่มีความพร้อมส่งเสริมและสนับสนุนการลงทุนในธุรกิจด้านการเกษตรและอาหาร

คำสำคัญ: สินทรัพย์ทางกายภาพ ระบบนิเวศนวัตกรรม ย่านนวัตกรรม ย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้

คำนำ

นโยบายประเทศไทย 4.0 ต้องการยกระดับขีดความสามารถของประเทศไทยไปสู่การแข่งขันด้วยฐานองค์ความรู้และนวัตกรรม ที่สามารถกระจายโอกาสไปสู่การพัฒนาอย่างทั่วถึงและค้ำประกันถึงสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน เพื่อให้โครงสร้างทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศเหมาะสมกับภูมิทัศน์ใหม่ของโลก โดยมุ่งพัฒนาและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ที่จะทำให้รับมือกับกระแสแห่งความเปลี่ยนแปลงในระดับโลก (The Secretariat of the Prime Minister, 2017) จากนโยบายดังกล่าว สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาเชิงพื้นที่เพื่อส่งเสริมให้เกิดการยกระดับกลุ่มคลัสเตอร์ทางธุรกิจที่รวบรวมทั้งกลุ่มวิสาหกิจเริ่มต้น ศูนย์บ่มเพาะการเติบโตทางธุรกิจ และศูนย์กลางการเปลี่ยนถ่ายการขนส่งตลอดจนระบบเทคโนโลยีดิจิทัลที่ให้บริการในพื้นที่เพื่อดึงดูดให้เกิดการลงทุน การพัฒนาธุรกิจและนวัตกรรมต่าง ๆ เกิดเป็นย่านนวัตกรรมที่สามารถขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งได้เล็งเห็นศักยภาพและโอกาสในการยกระดับพื้นที่บริเวณรอบมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ให้เป็นย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหาร เนื่องจากมีศักยภาพในการพัฒนาที่ชัดเจน ทั้งทำเลที่ตั้งเป็นพื้นที่เมือง การคมนาคมขนส่งที่สะดวก ความเข้มข้นของกิจกรรมทางนวัตกรรมเกษตร ตลอดจนโครงการวิจัยด้านการเกษตรที่สามารถสร้างให้เกิด “นวัตกรรม” ที่มีความสามารถ องค์ประกอบเหล่านี้ล้วนเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนา และการเร่งการเติบโตทางเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของคนในพื้นที่ อันจะช่วยดึงดูดทุนมนุษย์ทางนวัตกรรม เช่น startup, SMEs, innovators, anchored ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์และสินค้า

ใหม่ที่มีศักยภาพสูง รวมทั้งการสร้างงานแห่งอนาคต (future job) ได้

การพัฒนา ย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ (Maejo Agriculture Innovation District) หนึ่งในระบบนิเวศนวัตกรรมที่ต้องพิจารณาเป็นลำดับต้น ๆ คือ การพัฒนาด้านกายภาพในพื้นที่นวัตกรรมเพื่อให้เอื้อต่อการพัฒนาและปรับปรุงพื้นที่พื้นที่ย่านเดิมให้กลายเป็นพื้นที่ย่านนวัตกรรมเฉพาะด้านต่อไปในอนาคต ดังนั้น การประเมินความพร้อมขององค์ประกอบทางด้านกายภาพของย่านนวัตกรรม จึงเป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการสร้างบทบาทและลักษณะเฉพาะพิเศษของย่านนวัตกรรม และเป็นแนวทางในการพัฒนา ย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ อาทิ การพัฒนาพื้นที่ทดลองนวัตกรรม การพัฒนาพื้นที่วิจัย การพัฒนาพื้นที่แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ด้านนวัตกรรมเกษตรและอาหาร รวมทั้งพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐาน ได้แก่ ระบบสาธารณูปโภค ระบบสาธารณูปการ และระบบคมนาคมขนส่ง ให้เชื่อมโยงเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์และประเมินความพร้อมสินทรัพย์ทางกายภาพ (physical assets) ภายในย่าน เพื่อเป็นฐานข้อมูลวางแผนพัฒนากายภาพในพื้นที่นวัตกรรม โดยเน้นสินทรัพย์ที่สำคัญ ได้แก่ 1) ระบบคมนาคมเข้าถึงย่าน 2) การใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคาร 3) พื้นที่เกษตรกรรมที่มีศักยภาพในการผลิตอาหารของเมืองเชียงใหม่ 4) พื้นที่เรียนรู้และพื้นที่บ่มเพาะทางธุรกิจ และ 5) พื้นที่กระตุ้นเศรษฐกิจ ภายใต้การดำเนินกิจกรรมทั้ง 3 ขั้นตอน แสดงรายละเอียด ดังนี้

แนวคิดทฤษฎีและกรณีศึกษาย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหาร

ย่านนวัตกรรมเป็น “พื้นที่เกิดนวัตกรรมหรือใช้นวัตกรรมแบบเข้มข้น และมี “นวัตกรรม” ร่วมสร้างสรรค์

นวัตกรรมให้ตรงตามความต้องการของผู้คนในพื้นที่ สร้างมูลค่าเพิ่ม จัดสรรทรัพยากร เพื่อนำไปสู่การเกิดคลัสเตอร์ (cluster) หรือการรวมกลุ่มแลกเปลี่ยน ซึ่งก่อให้เกิดคุณค่าต่อประชาชนและประเทศชาติ โดยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องประกอบด้วยหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคการศึกษา และชุมชนเจ้าของพื้นที่ นอกจากนี้ ย่านนวัตกรรมยังเป็นแนวคิดใหม่ของการวางแผนและออกแบบพื้นที่บนหลักการของการพัฒนาเมืองให้ดึงดูดกลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจนวัตกรรม ด้วยการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เครื่องมือ และกลไกการขับเคลื่อนที่เอื้อต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ และสังคม บนพื้นฐานการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ (area-based innovation)” (National Innovation Agency, 2022)

กรณีศึกษาจากต่างประเทศที่น่าสนใจ ของ World Landscape Architecture (2017) กล่าวถึง การพัฒนาย่านเกษตรในพื้นที่ Sunqiao ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างใจกลางเมืองเซี่ยงไฮ้และสนามบินนานาชาติ โดยใช้แนวคิดพัฒนาระบบการทำฟาร์มเกษตรแบบแนวตั้งร่วมกับการวิจัย การเผยแพร่สู่สาธารณะ และการถ่ายทอดไปสู่การปฏิบัติ ด้วยข้อจำกัดด้านพื้นที่ในเขตเมืองจึงส่งเสริมการปลูกพืชผักแบบ hydroponic และ aquaponics ซึ่งเป็นตัวเลือกที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพ สามารถควบคุมการผลิตและการจัดจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรท้องถิ่นที่มีมาตรฐาน ในขณะที่เดียวกัน ยังคงรักษาพื้นที่เพาะปลูกภายในเขตเมือง ลดต้นทุนการผลิต และปกป้องพื้นที่เกษตรท้องถิ่น ในย่านนวัตกรรมเกษตร Nieuwsbericht (2019) Smart Farm Innovation Valley เป็นกลุ่มเกษตรกรรมที่ใช้ระบบเทคโนโลยีและการสื่อสาร (Information Communication Technology: ICT) ภายในย่านได้ดำเนินการจัดตั้งศูนย์ฝึกอบรมงานฟาร์มอัจฉริยะ และศูนย์ทดสอบมาตรฐานสินค้าเกษตร ซึ่งกลุ่มผู้ประกอบการภาคธุรกิจและสถาบันวิจัยสามารถพัฒนาและทดสอบเทคโนโลยี นวัตกรรม และถ่ายทอดให้กับเกษตรกรภายในย่าน รวมไปถึงจัดตั้งย่านนวัตกรรมและสิ่งอำนวยความสะดวกในแหล่งที่พักอาศัยแบบ one-

stop service เพื่อรองรับการไหลเข้าของแรงงาน การเติบโตของประชากร และการตั้งถิ่นฐานภายในย่านนวัตกรรม Sabrina (2016) ศึกษาและออกแบบย่านเกษตรกรรม Agro Food Park (AFP) ให้เป็นศูนย์กลางของนวัตกรรมทางการเกษตรใกล้กับเมือง Aarhus ประเทศเดนมาร์ก เพื่อพัฒนาแหล่งสร้างนวัตกรรมและการฟื้นฟูทางเศรษฐกิจและนิเวศวิทยา ส่งเสริมความร่วมมือของธุรกิจ เทคโนโลยี นวัตกรรม และการค้า มีเป้าหมายเพื่อสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจภายในพื้นที่เมืองและพื้นที่เกษตรกรรม โดยแผนการพัฒนาประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ประการ ได้แก่ พื้นที่สีเขียวส่วนกลาง ถนนสายหลัก และพื้นที่เชื่อมโยงเครือข่ายประกอบการ ซึ่งจะเชื่อมโยงกลุ่มอาคารที่มีอัตลักษณ์ในละแวกใกล้เคียงเข้าด้วยกัน

กล่าวได้ว่า การพัฒนาย่านนวัตกรรมจึงมีความแตกต่างกันในเชิงทำเลที่ตั้ง ทำให้ในแต่ละพื้นที่มีแนวทางการพัฒนาต่างกันไปออก Katz *et al.* (2014) ได้แบ่งการพัฒนาย่านนวัตกรรมออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) การพัฒนาพื้นที่นวัตกรรมภายในเขตเมืองชั้นในหรือเขตพื้นที่ธุรกิจ 2) การพัฒนาย่านนวัตกรรมบนพื้นที่ริมน้ำและเคยเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมเดิมของเมือง และ 3) การพัฒนาพื้นที่นวัตกรรมและศูนย์วิจัยในพื้นที่นอกเมือง สำหรับพัฒนาย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ เป็นพื้นที่ชานเมืองที่มีความสามารถในการผลิตอาหารสู่เมืองเชียงใหม่ ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่นี้มีศักยภาพในการพัฒนารูปแบบที่ 3 โดยมีสถาบันการศึกษาและหน่วยงานภาครัฐส่งเสริมสนับสนุนความเป็นย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ ประกอบด้วย 1) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีบทบาทเป็นพื้นที่แกนกลาง (core area) ศูนย์กลางด้านองค์ความรู้ การวิจัย และการพัฒนานวัตกรรม 2) เทศบาลเมืองแม่โจ้ ศูนย์กลางด้านการบริหารจัดการเมืองและการปกครองท้องถิ่น 3) หน่วยงานภาครัฐที่มีบทบาทในการถ่ายทอดนวัตกรรมสู่กลุ่มผู้ประกอบการด้านการเกษตรและอาหาร ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเขต 1 เชียงใหม่ และสถานีทดลอง

ยาสูบแม่โจ้ และ 4) หน่วยงานภาครัฐที่มีบทบาทในการส่งเสริมถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรม ได้แก่ สำนักงานเกษตรอำเภอสันทราย

โดยหน่วยงานทั้ง 4 ภาคส่วน มีส่วนร่วมเพาะกระตุ้นการสร้างธุรกิจภายในย่านและมีบทบาทในการเชื่อมโยงกิจกรรมทางเศรษฐกิจเข้ากับกลุ่มเครือข่ายอุตสาหกรรมและบริษัทต่าง ๆ ในพื้นที่ ทั้งกลุ่มบริษัทขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ตลอดจนสตาร์ทอัพ ประเด็นสำคัญ คือ การนำนวัตกรรมไปปรับใช้ให้เข้ากับโจทย์จริงในบริบทชุมชนโดยรอบ เพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากนวัตกรรมและการพัฒนาย่านร่วมกัน (Cauce, 2016)

วิเคราะห์และประเมินสินทรัพย์ทางกายภาพ

ย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ กำหนดขอบเขตพื้นที่ 6.27 ตารางกิโลเมตร (3,918.75 ไร่) ตามลักษณะทางกายภาพ การเข้าถึงพื้นที่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ขอบเขตชลประทาน พื้นที่เพาะปลูก รวมไปถึงความหลากหลายของปัจจัยเอื้อต่อกระบวนการผลิตภาคเกษตร โดยมีมหาวิทยาลัยแม่โจ้เป็นศูนย์กลางถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร (Figure 1) ภาพรวมสินทรัพย์ทางกายภาพในพื้นที่ย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ ดังแสดงรายละเอียดใน Figure 2

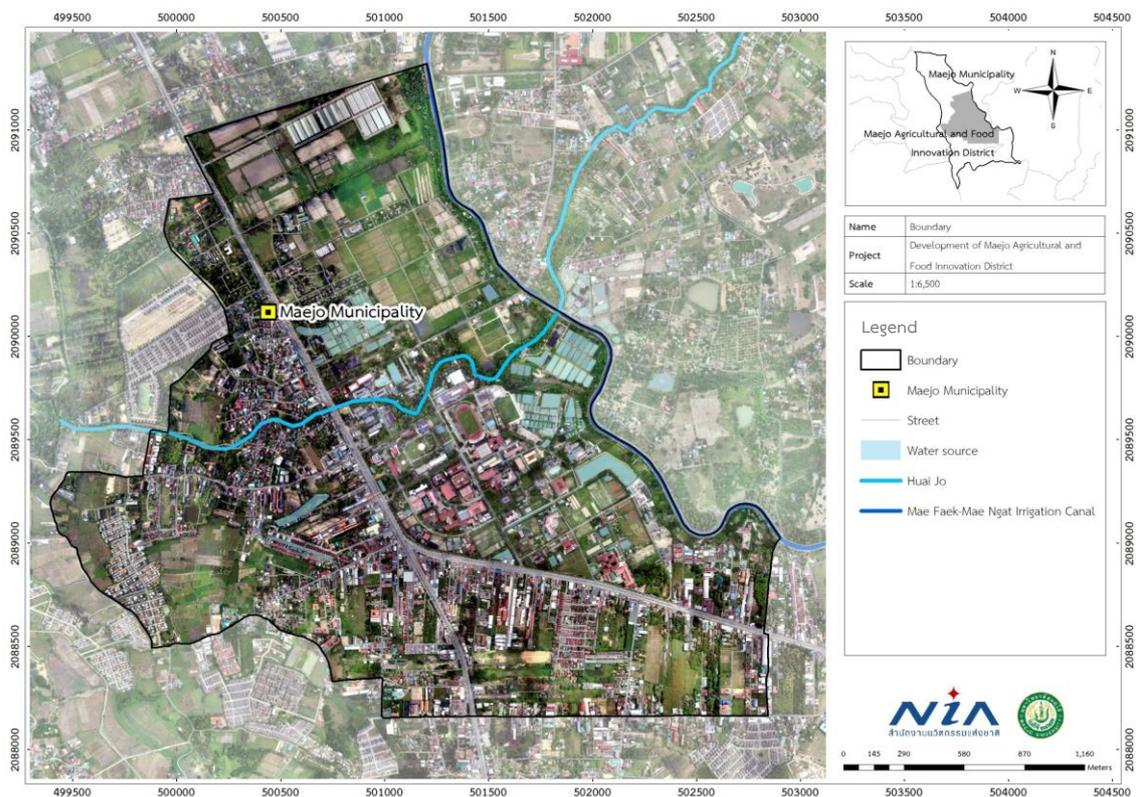


Figure 1 Boundary of Maejo agricultural and food innovation district

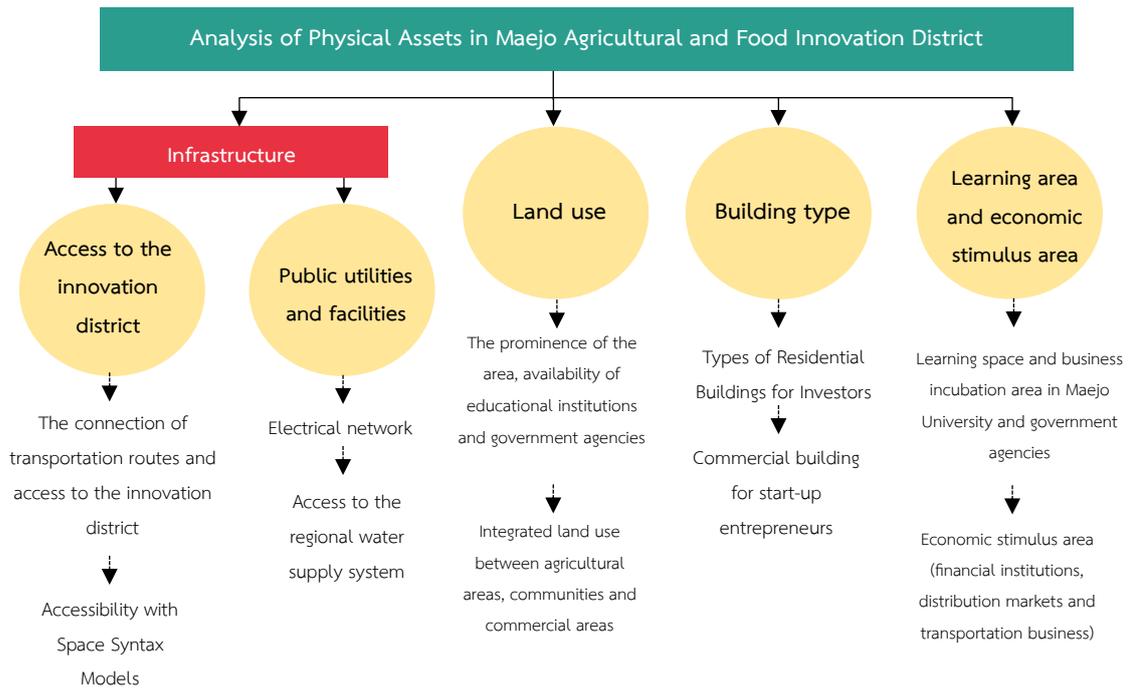


Figure 2 Physical asset composition analysis in Maejo agricultural and food innovation district

การนำข้อมูลเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อประเมินความพร้อมสินทรัพย์ทางกายภาพ

นำข้อมูลเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) (Figure 3) ซึ่งเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และข้อมูลแสดงคุณลักษณะเชิงตัวเลข (attribute data) เพื่อใช้ในวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (Potential Surface Analysis: PSA) และกำหนดขอบเขตย่านนวัตกรรม โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (overlay analysis) ของชั้นข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ระบบน้ำธรรมชาติและชลประทาน ระบบโครงข่ายคมนาคม และประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และประเมินความพร้อมของสินทรัพย์

ทางกายภาพ ด้วยชั้นข้อมูลในลำดับที่ 3-8 ที่แสดงใน Figure 3 เพื่อศึกษาความพร้อมของย่าน ประกอบด้วย 1) พื้นที่เชิงภูมิศาสตร์ที่มีสถาบันและบริษัทชั้นนำ กระจุกตัวอยู่ เชื่อมต่อกับกลุ่มธุรกิจสตาร์ทอัพและธุรกิจบ่มเพาะ (incubators and accelerators) 2) ระบบขนส่งมวลชนที่เข้าถึงได้ พื้นที่ที่มีความเชื่อมโยงกัน 3) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อดึงดูดกลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจนวัตกรรมเกษตรและอาหาร (พื้นที่วิจัยนวัตกรรม พื้นที่ทดลองและเผยแพร่นวัตกรรม และ 4) การใช้ประโยชน์อาคารแบบผสมระหว่างที่อยู่อาศัย สำนักงาน และร้านค้า (The Brookings Institution, 2019; Katz *et al.*, 2014)

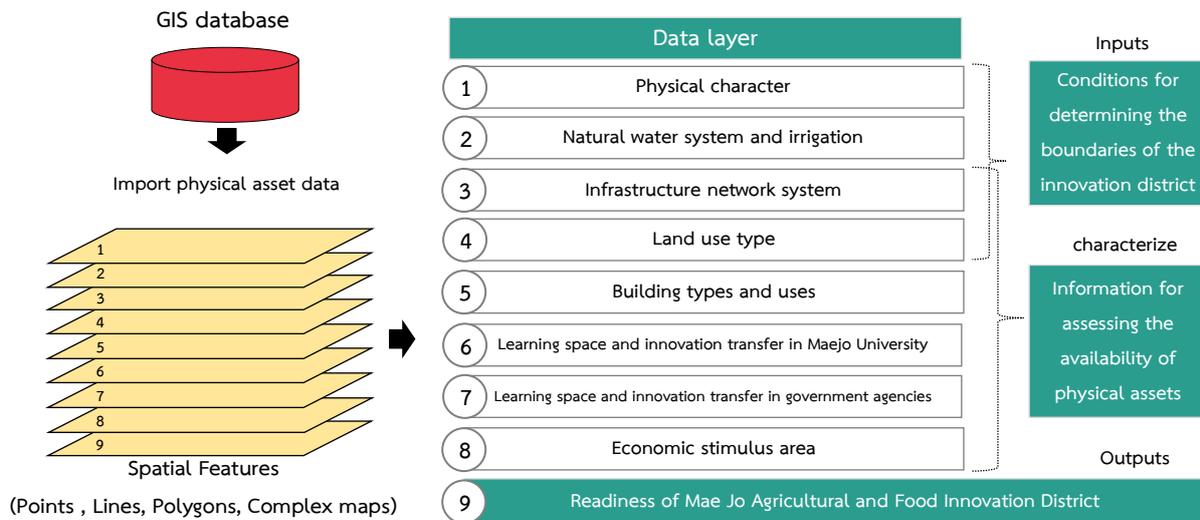


Figure 3 Geographic Information System (GIS) database for assessing the availability of physical assets



Figure 4 Stakeholder network in the Innovation District

สร้างการรับรู้และแนวร่วมการพัฒนาย่านกับเครือข่าย ภายในย่านนวัตกรรม

ประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับเครือข่ายภายใน
ย่านนวัตกรรม (Figure 4) ประกอบด้วย 1) ตัวแทนของ
สถาบันการศึกษาซึ่งมีมหาวิทยาลัยแม่โจ้เป็นเจ้าภาพหลัก
ในการรวมกลุ่มเครือข่าย และผู้บริหารของเทศบาลเมือง
แม่โจ้ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการ
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเขต 1 เชียงใหม่ สถานีทดลองยาสูบ
แม่โจ้ และสำนักงานเกษตรอำเภอสันทราย 2) ผู้เชี่ยวชาญ
ด้านการพัฒนาย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหาร จาก
สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ และ 3) ผู้ประกอบธุรกิจ
เริ่มต้นและกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทั้งในและนอกพื้นที่ย่าน
นวัตกรรม กระบวนการ workshop ภายใต้อำนวยการ
หลัก ได้แก่ 1) เวทีรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วน
เสียในการพัฒนาย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้
และ 2) อบรมเชิงปฏิบัติการการมองภาพอนาคตเพื่อ
พัฒนาย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ (foresight
into the Maejo Agriculture and Food Innovation
District) ซึ่งมีผู้เข้าร่วมรับฟังและให้ความเห็นจากทั้ง 2
กิจกรรม มากกว่า 65 คน

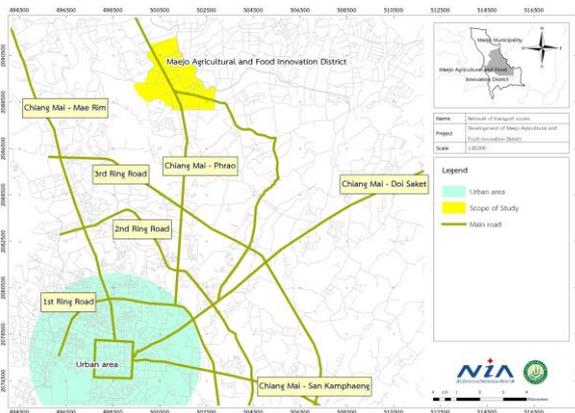


Figure 5 The main road connecting travel
in Chiang Mai

ผลการวิจัย

โครงสร้างพื้นฐานภายในย่านนวัตกรรมเกษตรและ อาหารแม่โจ้

ระบบโครงข่ายคมนาคมและการเข้าถึงพื้นที่

ย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ตั้งอยู่ห่าง
จากตัวเมืองเชียงใหม่เพียง 18 กิโลเมตร (Figure 5)
สามารถเชื่อมต่อกับเมืองชั้นในและศูนย์กลางธุรกิจของ
เมืองเชียงใหม่ด้วยถนนเชียงใหม่-พร้าว และถนน
สันทราย-แม่โจ้ (สายเก่า) ได้อย่างสะดวกสบาย สามารถ
เดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลหรือใช้ระบบขนส่ง
สาธารณะ โดยมีมหาวิทยาลัยแม่โจ้เป็นพื้นที่แกนกลาง
(core area) ของย่าน (Figure 6) และเป็นจุดเชื่อมต่อ
ระหว่างการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะ ซึ่งมีจุด
จอดรถโดยสาร 3 จุด รัศมีการเดินเท้าแต่ละจุดจอดรถ
ประมาณ 300 เมตร อีกทั้งเส้นทางสายหลักยังเชื่อมต่อกับ
ถนนวงแหวนที่เป็นเส้นทางการสัญจรหลักภายใน
จังหวัดเชียงใหม่และเชื่อมโยงกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนั้น
การเดินทางเข้าถึงพื้นที่ศึกษาจึงมีความสะดวกและเข้าถึง
ได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง
เชิงพื้นที่ Space Syntax (Figure 7) แสดงถึงการเชื่อมต่อ
ระดับเมืองและศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ย่านอยู่ในระดับสูงสุด

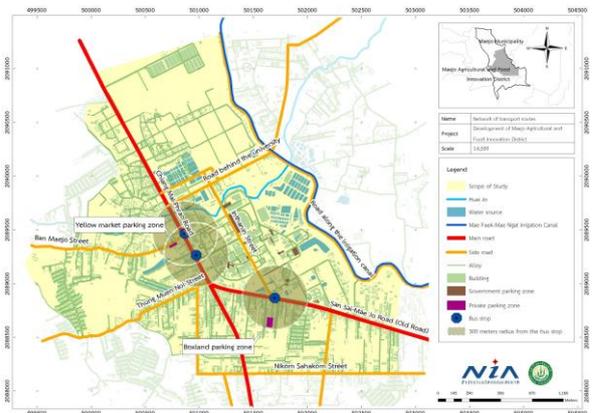


Figure 6 Transportation network

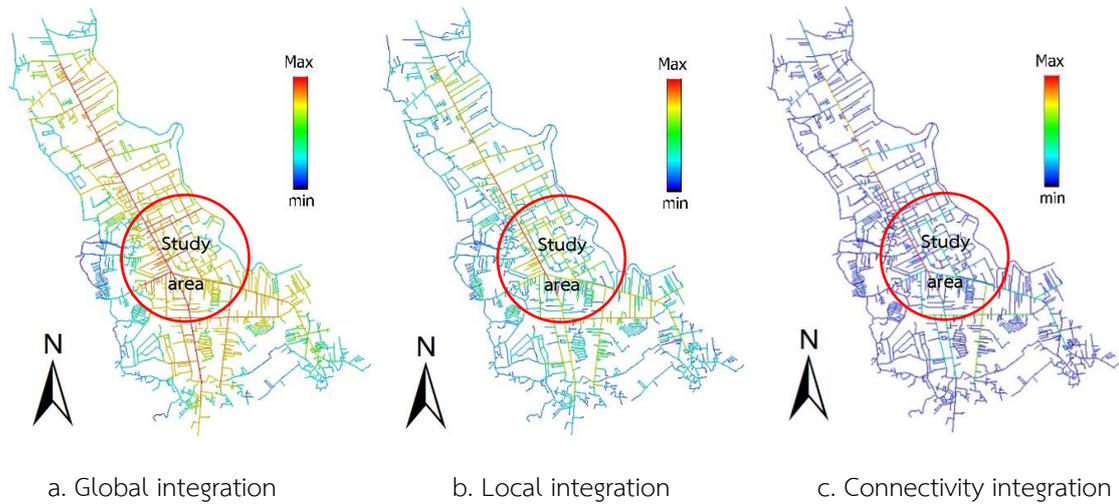


Figure 7 The morphological structure of the potential accessibility of Maejo municipality and the innovation district

โครงข่ายไฟฟ้าและการประปา

กระแสไฟฟ้าที่ใช้ภายในย่านมาจากการไฟฟ้าอำเภอสันทราย เป็นสถานีไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 (ภาคเหนือ) ระบบไฟฟ้าทั่วถึงทุกพื้นที่ภายในย่าน และมีจำนวนไฟฟ้าสาธารณะให้บริการ จำนวน 150 จุด สำหรับการใช้น้ำประปาย่อยอยู่ในส่วนรับผิดชอบของการประปาส่วนภูมิภาคเขต 9 สาขาเชียงใหม่ ปริมาณการใช้น้ำที่เฉลี่ย 2,734,528 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน นอกจากนี้ เกษตรกรบางรายใช้น้ำจากบ่อบาดาลของตนเอง ลึกประมาณ 16 เมตร ใช้เพื่อการเกษตรกรรม แต่น้ำที่ได้มักเป็นสนิมและคุณภาพน้ำค่อนข้างต่ำ

ศักยภาพด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคาร

ย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้มีความโดดเด่นและมีลักษณะพิเศษเฉพาะของการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสานระหว่างพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชนดั้งเดิม ชุมชนใหม่ในรูปแบบของบ้านจัดสรร ที่อยู่อาศัยประเภทหอพักสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ และย่านพาณิชย์กรรมประเภทร้านค้า ร้านอาหารและบริการ

โดยมีมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นสถาบันทางการศึกษาหลัก ตั้งอยู่ใจกลางย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ จึงมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาย่านนวัตกรรมร่วมกับหน่วยงานภาครัฐทั้ง 5 แห่ง ในพื้นที่ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาและวิจัยนวัตกรรมเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ผลงาน การวิจัย ทดลอง และถ่ายทอดองค์ความรู้ นวัตกรรมและเทคโนโลยีการเกษตรให้กับเกษตรกร และกลุ่มผู้ประกอบการภายในย่าน นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ว่างรอการพัฒนาและการขยายตัวของที่อยู่อาศัยภายในย่าน หรือสามารถพัฒนาให้เป็นพื้นที่ธุรกิจบริการของกลุ่มผู้ประกอบการเริ่มต้น

สำหรับพื้นที่เกษตรกรรม ขนาดเนื้อที่ 3,110.95 ไร่ เป็นพื้นที่ผลิตอาหารเพื่อสุขภาพที่ปลอดภัยให้กับชุมชนภายในย่านและส่งต่อผลผลิตไปยังผู้บริโภคในเมืองเชียงใหม่ นอกจากนี้ยังเป็นพื้นที่ที่ศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาและคัดเลือกสายพันธุ์คุณภาพสูง และพื้นที่สนับสนุนการแลกเปลี่ยนผลผลิตและการเข้าถึงอาหารของกลุ่มคนที่มีความเปราะบางภายในย่าน

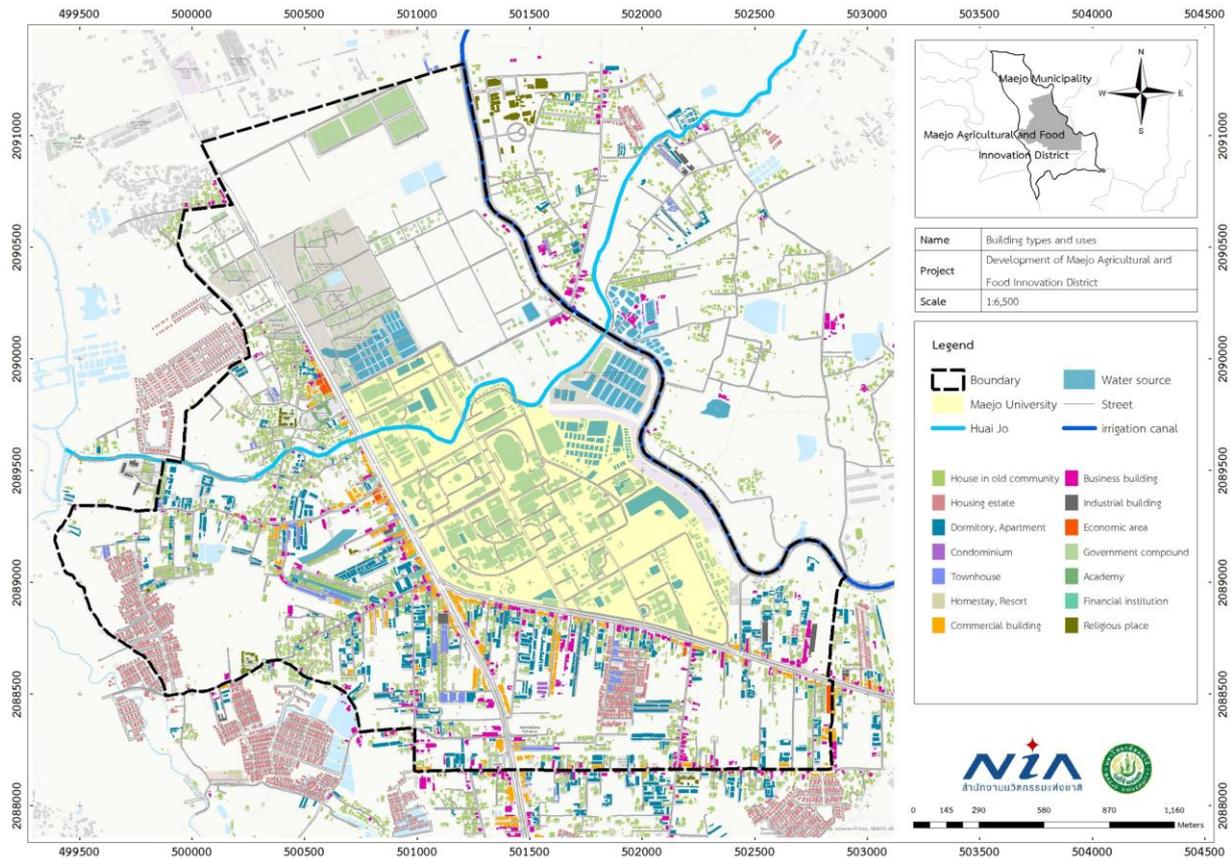


Figure 8 Types of buildings in the innovation district and surrounding areas

อาคาร 5 กลุ่มหลักในพื้นที่ย่าน (Figure 8) ได้แก่ อาคารพักอาศัย สถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ และอาคารพาณิชย์ โดยกลุ่มอาคารกระจุกตัวอยู่บนถนนสายหลักเชียงใหม่-พร้าว จึงกลายเป็นย่านธุรกิจการค้าที่สำคัญของย่าน และเมื่อพิจารณาการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ปัจจุบัน พบว่าย่านมีรูปแบบโครงการอสังหาริมทรัพย์ที่หลากหลายทั้งที่อยู่อาศัยประเภทบ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม หอพัก อพาร์ทเมนท์ และอาคารพาณิชย์เปิดให้เช่าและแบบขายมากกว่าร้อยละ 40 ของประเภทอาคารภายในย่าน แสดงให้เห็นว่าย่านมีพื้นที่พร้อมพัฒนาทั้งเพื่ออยู่อาศัยและพาณิชย์กรรมรองรับกลุ่มผู้ประกอบการทั้งในและนอกย่านได้อย่างเพียงพอ

พื้นที่เรียนรู้และพื้นที่บ่มเพาะผู้ประกอบการ

พื้นที่เรียนรู้ สร้างองค์ความรู้ และความคิด เพื่อบ่มเพาะผู้ประกอบการ ภายในย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ (Figure 9) ประกอบด้วย

1. พื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (core area) ที่รวบรวมองค์ความรู้ การศึกษาและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมด้านการเกษตรและอาหาร มีนวัตกรรมผู้เชี่ยวชาญและพื้นที่เรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรม ได้แก่ ศูนย์วิจัยและศูนย์ความเป็นเลิศเฉพาะด้าน (Excellent Center) พื้นที่เกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวพระราชดำริ ศูนย์เรียนรู้วัฒนธรรมเกษตรล้านนา และยังมีหน่วยงานและคณะที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร อาหาร

การแปรรูป และอุตสาหกรรมปศุสัตว์อาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้จึงเป็นศูนย์กลางด้านการพัฒนาเทคโนโลยีนวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์ความต้องการของผู้ประกอบการ

2. พื้นที่ส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี

ประกอบด้วย เทศบาลเมืองแม่โจ้ สำนักงานเกษตรอำเภอสันทราย ศูนย์วิจัยพืชไร่ สถานีทดลองยาสูบแม่โจ้ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด เขต 1 (เชียงใหม่) และศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ

เชียงใหม่ โดยหน่วยงานทั้ง 5 แห่ง มีบทบาทด้านการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับผู้ประกอบการ และมีพื้นที่สำหรับการทดลองนวัตกรรมหรือการนำผลผลิตทางด้านนวัตกรรมเกษตรและอาหารเข้าสู่การใช้งานจริง เพื่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านนวัตกรรมเกษตรและอาหารภายในย่านให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

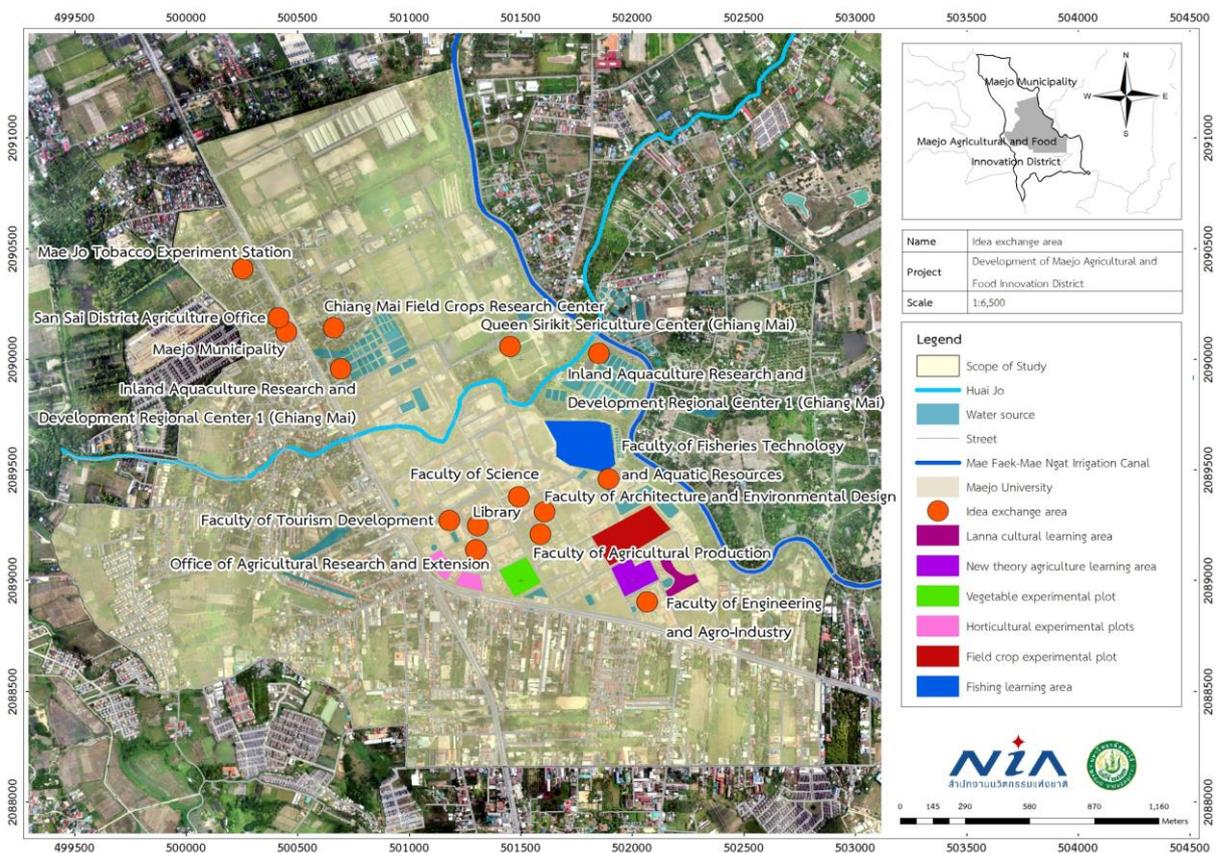


Figure 9 Learning areas and entrepreneurial incubation areas

พื้นที่กระตุ้นเศรษฐกิจ

1. **สถาบันทางการเงิน** ทำหน้าที่เป็นสถาบันหลักด้านการเงินพื้นฐานของการออม การกู้ยืมเพื่อการลงทุนในธุรกิจขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ได้แก่ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ธนาคารกรุงไทย ธนาคารกรุงเทพ ธนาคารออมสิน ธนาคารกสิกร ธนาคารไทยพาณิชย์ และธนาคารกรุงศรีอยุธยา

2. **พื้นที่ตลาดนวัตกรรมเกษตร** หรือพื้นที่เศรษฐกิจ (Smart Economy Showcase) ประกอบด้วย (1) ตลาดท้องถิ่นของเทศบาลเมืองแม่โจ้ (2) ตลาดแม่โจ้ 2477 และตลาดเกษตรอินทรีย์ ที่ดำเนินการโดยผู้ประกอบการที่มีนโยบายในด้านเกษตรอินทรีย์ อาหารสุขภาพและผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจน ซึ่งมีทั้งผลผลิตที่มาในรูปแบบของสดและการแปรรูป อีกทั้งยังเป็นพื้นที่เรียนรู้ของนักศึกษาภายใต้โครงการปลูกผัก

แลกค่าเทอม และเป็นพื้นที่ playground ให้กับนักศึกษาได้ทดลองด้านการตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์ (3) ตลาดนัดชุมชน ได้แก่ ตลาดโซนเหลือง ซื้อขายสินค้าประเภทอาหารเป็นหลัก และ (4) ตลาดสำหรับคนรุ่นใหม่ ตลาด Box land เป็นตัวแทนของการลงทุนในยุคใหม่ที่ไม่ใช่แค่ดึงดูดพ่อค้าให้เข้ามาขายของในพื้นที่แต่ต้องมีไอเดียผสมผสานเพื่อให้ตลาดเป็นจุดศูนย์รวมของคนรุ่นใหม่ที่เข้ามาใช้บริการในพื้นที่

3. **ธุรกิจขนส่งพัสดุ** ธุรกิจขนส่งพัสดุพร้อมบริการเดลิเวอรี่ชื้อของออนไลน์ ที่กลายเป็นหนึ่งในวิถีชีวิตคนในยุคปัจจุบัน และยังได้แรงขับเคลื่อนจากรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้บริโภคจากช่วงวิกฤตโควิด-19 ที่ผ่านมา ส่งผลกระทบเชิงบวกให้กับธุรกิจเดลิเวอรี่และธุรกิจขนส่งพัสดุย่อยในพื้นที่ศึกษาย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้เติบโตอย่างก้าวกระโดด ประกอบด้วย Flash Express และ Kerry Express

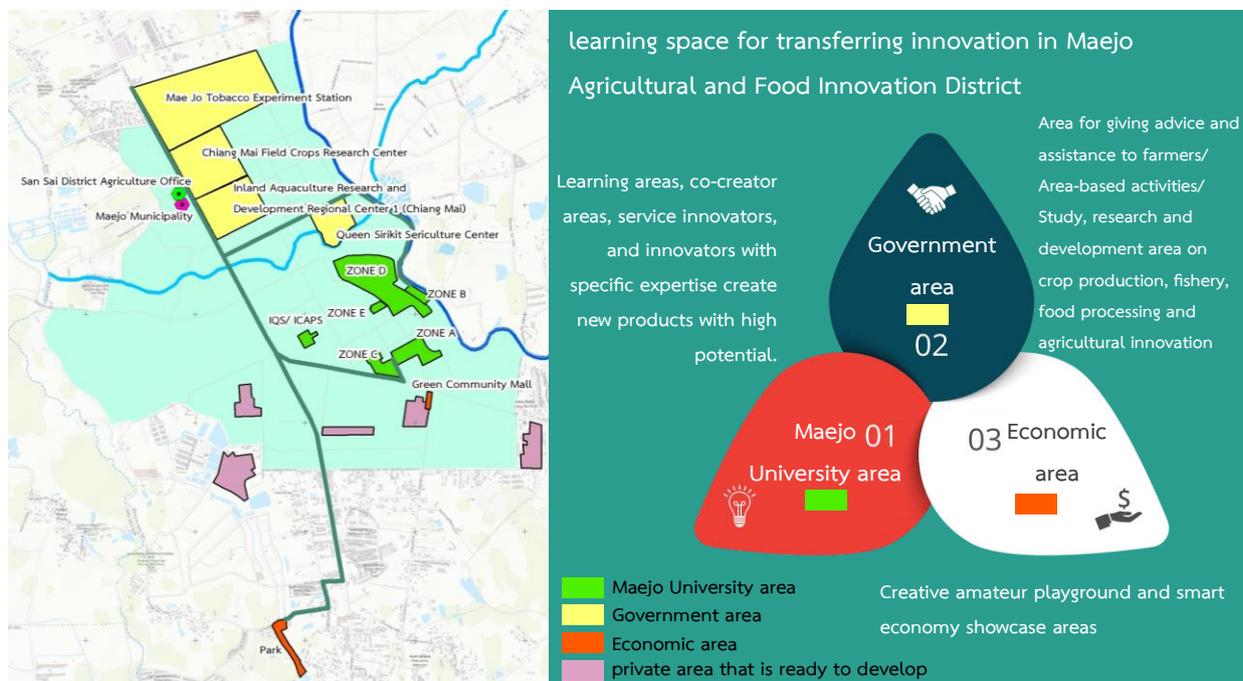


Figure 10 Learning and economic stimulating area in Maejo Agricultural and Food Innovation District

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

คุณลักษณะของพื้นที่นวัตกรรมนั้น ต้องมีความพร้อมที่จะดึงดูดทุนเทคโนโลยีและผู้ประกอบการธุรกิจ นวัตกรรมให้รวมกันเป็นนิเวศนวัตกรรม จากศักยภาพของ โครงสร้างพื้นฐาน เครื่องมือและกลไกที่เอื้อต่อการ ประกอบธุรกิจและส่งเสริมคุณภาพชีวิต รวมถึงการมีกลไก ที่ส่งเสริมการสร้างสรรค่นวัตกรรม (co-creation) แบ่งปันความรู้ระหว่างกัน ตามแนวคิดองค์ประกอบการ พัฒนายนวัตกรรมของ The Brookings Institution (2019) และ Katz *et al.* (2014) และงานวิจัยของ Chutapruttikorn and Chuenaram (2018) ยิ่งไปกว่านั้น ศักยภาพสินทรัพย์ทางกายภาพนวัตกรรมการเกษตร และอาหารแม่ใจ มีความพร้อมทั้งที่ตั้งของย่านอยู่ใกล้กับ ตัวเมืองเชียงใหม่ การเข้าถึงและเชื่อมต่อภายในและ ภายนอกย่านได้อย่างสะดวก การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ แบบผสมผสานระหว่างพื้นที่เกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย สถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ และพื้นที่สาธารณะ โดยลักษณะเฉพาะของการใช้ที่ดินยังคงเป็นแหล่งผลิต อาหารภาคการเกษตรที่สำคัญหล่อเลี้ยงผู้บริโภคทั้งใน ย่านและเมืองเชียงใหม่ และที่สำคัญมีพื้นที่รองรับสำหรับ การอยู่อาศัยและการลงทุนของผู้ประกอบการเริ่มต้นใน กลุ่มธุรกิจด้านการเกษตรและอาหาร และมีสถาบันการศึกษา และหน่วยงานภาครัฐด้านการเกษตรสนับสนุนพื้นที่วิจัย นวัตกรรม พื้นที่ทดลองและเผยแพร่ นวัตกรรมเกษตร และอาหาร และสามารถเชื่อมต่อกับกลุ่มนวัตกรรม ผู้ประกอบการ วิสาหกิจชุมชน และธุรกิจภาคเอกชน ที่สนใจเข้ามาร่วมลงทุนในพื้นที่

ความพร้อมดังกล่าวช่วยสร้างความมั่นใจให้กับ ผู้ประกอบการและนักลงทุนด้านการเกษตรและอาหาร ที่ต้องการมาเริ่มต้นหรือต่อยอดธุรกิจภาคการเกษตร ภายในย่าน ซึ่งตัวของย่านเองยังสามารถออกแบบปรับปรุง พื้นที่เพื่อรองรับการดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจ โดยการนำ

ผลการประเมินความพร้อมของสินทรัพย์ทางกายภาพ ไปเชื่อมโยงกับนโยบายการพัฒนาพื้นที่ร่วมกันระหว่าง มหาวิทยาลัยแม่ใจและหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ เพื่อเป็น ข้อมูลสำคัญในการพัฒนาย่านนวัตกรรมเกษตรและ อาหารแม่ใจ ทั้งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อให้เกิด การใช้งานพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การพัฒนา พื้นที่ให้มีความพร้อมในการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม การ ทดลอง ทดสอบและถ่ายทอดนวัตกรรม และการดำเนิน กิจกรรมของเครือข่าย เพื่อยกระดับความสามารถทาง เทคโนโลยีและนวัตกรรมผู้ประกอบการให้มีศักยภาพ ในการแข่งขันมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

นอกจากความพร้อมของสินทรัพย์ทางกายภาพ แล้วนั้น จำเป็นต้องพิจารณาสินทรัพย์ให้ครอบคลุม ในระบบนิเวศนวัตกรรม ทั้งทางเศรษฐกิจ และสินทรัพย์ เครือข่ายร่วมด้วย ตามที่ Katz *et al.* (2014) กล่าวไว้ว่า เป้าหมายหลักของการพัฒนาย่านนวัตกรรมนั้นไม่ใช่แค่ เพียงการปรับปรุงพื้นที่ทางกายภาพเพียงอย่างเดียว แต่ เป็นการสร้างกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจภายในเมือง และ ต้องคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรหรือสินทรัพย์ในพื้นที่อย่าง คุ่มค่า ซึ่งประกอบด้วย สินทรัพย์ 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่ม สินทรัพย์เชิงกายภาพ เช่น ขนาดพื้นที่ที่กระชับ การเข้าถึง ระบบขนส่งมวลชนที่สะดวก เป็นพื้นที่ใช้งานแบบผสม และโครงสร้างด้านไอทีที่ดี 2) กลุ่มสินทรัพย์เชิงเครือข่าย ทางอุตสาหกรรมและธุรกิจต่าง ๆ ในพื้นที่ โดยมีทั้งแบบ เป็นกลุ่มธุรกิจเฉพาะ และแบบเครือข่ายที่เชื่อมโยงกัน ภายในและภายนอกพื้นที่ 3) กลุ่มสินทรัพย์ทางเศรษฐกิจ เช่น มีจำนวนสถาบันการศึกษา ศูนย์วิจัย บริษัทต่าง ๆ และสตาร์ทอัพในพื้นที่มากเพียงพอ ซึ่งในการพัฒนาย่าน นวัตกรรมนั้น จำเป็นต้องดำเนินการสำรวจและประเมิน สินทรัพย์ทั้ง 3 ด้านนี้ เพื่อนำไปสู่การวางแผนและกำหนด กลยุทธ์ในพัฒนาพื้นที่ต่อไป (Schwartz and Bar-El, 2015)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ปี พ.ศ. 2563 เพื่อการศึกษา วางแผนพัฒนาย่านนวัตกรรมเกษตรและอาหารแม่โจ้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการพัฒนาย่านนวัตกรรมฯ เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติให้เกิดความร่วมมือในการพัฒนาย่านนวัตกรรมร่วมกัน

เอกสารอ้างอิง

- Cauce, A. 2016. **The university's role in the innovation ecosystem (Times Higher Education Asia Summit Keynote)**. [Online]. Available <http://www.washington.edu/president/2016/06/20/universitys-role-innovation-ecosystem-times-higher-education-asia-summit-keynote> (October 20, 2018).
- Chutapruttikorn, R. and S. Chuenaram. 2018. Innovation ecosystem: a case study of Kluaynamthai Innovation District. **Journal of Urban Planning Architecture** 15(2): 121–134. [in Thai]
- Katz, B., B. Rainwate and J. Wagner. 2014. **The rise of innovation districts: a new geography of innovation in America**. [Online]. Available <https://citysspeak.org/2014/06/02/innovation-districts-arecatalysts-for-urban-growth> (August 10, 2017).
- National Innovation Agency. 2022. **Bangkok Innovation District**. Bangkok: Thanathat Printing. 119 p. [in Thai]
- Nieuwsbericht. 2019. **Smart Farm Innovation Valley designated in Gimje and Sangju, South Korea**. [Online]. Available <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel> (July 18, 2021).
- Sabrina, S. 2016. **Agro food park expansion in Denmark to combine urbanity and agriculture**. [Online]. Available <https://www.archdaily.com/794507/agro-food-park-expansion-in-denmark-to-combine-urbanity-and-agriculture> (July 18, 2021).
- Schwartz, D. and R. Bar-El. 2015. The role of a local industry association as a catalyst for building an innovation ecosystem: an experiment in the state of Ceara in Brazil. **Journal of Innovation Management Policy & Practice** 17(3): 383–399.
- The Brookings Institution. 2019. **Innovation District**. [Online]. Available <https://www.brookings.edu/series/innovation-districts> (December 11, 2019).
- The Secretariat of the Prime Minister. 2017. **Thailand 4.0**. [Online]. Available from <https://spm.thaigov.go.th/FILEROOM/spmthaigov/DRAWER004/GENERAL/DATA0000/00000368.PDF> (December 11, 2019).

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 42(2): 222-236

World Landscape Architecture. 2017. **Sunqiao Urban Agricultural District | Shanghai, China**. [Online]. Available <https://worldlandscapearchitect.com/sunqiao-urban-agricultural-district-shanghai-china-sasaki/#.YPPXXOj7RPZ>
(July 18, 2021).

แนวทางการพัฒนาเพื่อยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย
ให้เป็นเกษตรกรปราดเป็รื่องบนฐานบีซีจีโมเดล (BCG Model)
Guideline for Developing to Upgrade Farmers Producing Safe Agricultural
Products to be Smart Farmers Based on the BCG Model

นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย¹ เพชรรัตน์ พรหมทา^{1*} นภาพรรณ พัฒนฉัตรชัย²
สุวรรณี สุ่มหิรัญ¹ และต่อตระกูล เหมียदनอก¹
Nitipat Pattanachatchai¹, Petcharat Promatar^{1*}, Napapan Pattanachatchai²
Suwannee Sumhirun¹ and Tortrakul Meadnok¹

¹คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

²คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

¹Faculty of Agriculture and Agricultural Industry, Surindra Rajabhat University, Surin, Thailand 32000

²Faculty of Management Science, Surindra Rajabhat University, Surin, Thailand 32000

*Corresponding author: promatar.pr@sru.ac.th

Received: November 18, 2024

Revised: March 21, 2025

Accepted: April 30, 2025

Abstract

This research aims to study the general information of farmers who produce safe agricultural products (SAPs), assess their knowledge and understanding of safe agricultural products, and develop strategies to elevate the SAPs farmers of the Ban Non Thong New Theory Agriculture Community Enterprise Group in Khok Takhian Subdistrict, Kab Choeng District, Surin Province, to become smart farmers based on the BCG model. A mixed research method between qualitative and quantitative research was used for data collection. The qualitative research instruments were researchers and research assistants, structured interviews, in-depth interviews, and focus group discussion techniques. For quantitative research, a knowledge test was examined before and after knowledge transfer sessions as a means of assessment. The participants included 20 selected members from the Ban Non Thong New Theory Agriculture Community Enterprise Group, chosen through purposive sampling. The focus group consisted of 13 representatives from the community enterprise group, 1 representative from the Faculty of Agriculture and Agricultural Industry at Surindra Rajabhat University, 1 representative from the Kab Choeng District Agricultural Office, and the 5 researchers.

The research findings revealed that farmers producing SAPs had insufficient knowledge and understanding to implement safe agricultural practices correctly according to the GAP standards set by the Department of Agriculture. Additionally, 19 farmers were identified as lacking the characteristics of

smart farmers, thus being classified as Developing Smart Farmers group, while only one farmer met the criteria of a smart farmer (Existing Smart Farmer). Development approach for upgrading these farmers include providing necessary and relevant ongoing knowledge related to their current agricultural practices, educating them on accessing essential information sources for decision-making, fostering network creation between farmers and markets at all levels, promoting continuous knowledge and support for obtaining various agricultural production certifications, offering additional training on reducing chemical fertilizer usage and adopting biotechnological pest management, promoting awareness of the importance of transitioning to smart agriculture, and providing guidance on adding value to SAPs and promoting sales channels, especially for farmers with annual household incomes below 180,000 Baht.

Keywords: safe agricultural products, smart farmer, BCG model

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ประเมินความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับสินค้าเกษตรปลอดภัย พัฒนาและยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง ตำบลโคกตะเคียน อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ ให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่องบนฐานบีซีจีโมเดล โดยดำเนินการวิจัยแบบผสมผสานระหว่างการวิจัยเชิงคุณภาพและการวิจัยเชิงปริมาณ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ ตัวนักวิจัยและผู้ช่วยนักวิจัย แบบสัมภาษณ์ชนิดมีโครงสร้าง แบบสัมภาษณ์เชิงลึก และเทคนิคการสนทนากลุ่ม และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณ ได้แก่ แบบทดสอบความรู้ก่อนและหลังการถ่ายทอดความรู้เป็นเครื่องมือในการวิจัย ผู้ให้ข้อมูล คือ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง ตำบลโคกตะเคียน อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 20 ราย ในการสนทนากลุ่มประกอบด้วย ตัวแทนจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจำนวน 15 ราย ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง ตัวแทนจากคณะเกษตรกรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัย

ราชภัฏสุรินทร์ สำนักงานเกษตรอำเภอกาบเชิง และคณะผู้วิจัยจำนวน 5 ราย

ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยที่เป็นสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยอยู่ในระดับที่ยังไม่เพียงพอต่อการที่จะดำเนินการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยอย่างถูกต้อง ตามมาตรฐานการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยตามมาตรฐาน GAP ของกรมวิชาการเกษตร นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จำนวน 19 ราย ยังขาดคุณสมบัติของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มเกษตรกรที่ยังไม่เป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง เนื่องจากขาดคุณสมบัติทั้งด้านรายได้ และคุณสมบัติพื้นฐาน (Developing Smart Farmer) และมีเพียง 1 รายที่มีคุณสมบัติของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง (Existing Smart Farmer) แนวทางการพัฒนาเพื่อยกระดับเกษตรกรให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง ได้แก่ การให้ความรู้ที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรที่ทำอยู่เดิมอย่างต่อเนื่อง การให้ความรู้และความเข้าใจในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการประกอบการตัดสินใจ การส่งเสริมให้เกิดการสร้าง

เครือข่ายระหว่างเกษตรกรกับตลาดในทุกระดับ การให้ความรู้และการส่งเสริมอย่างต่อเนื่องในการดำเนินการเพื่อการขอรับรองมาตรฐานการผลิตทางการเกษตรในลักษณะต่าง ๆ การให้ความรู้เพิ่มเติมในการลดการใช้ปุ๋ยเคมี และการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการจัดการศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง การส่งเสริมเพื่อกระตุ้นให้ทราบและเห็นถึงความสำคัญของการปรับตัวเข้าสู่การทำเกษตรอัจฉริยะ และการให้ความรู้ในการเพิ่มมูลค่าผลผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย และการส่งเสริมช่องทางการจำหน่ายสินค้าเกษตรในรายที่มีรายได้ต่ำกว่า 180,000 บาท/ครัวเรือน/ปี

คำสำคัญ: สินค้าเกษตรปลอดภัย เกษตรกร
ปราดเปรื่อง บีซีจีโมเดล

คำนำ

นโยบายด้านสมาร์ตฟาร์มเมอร์ (smart farmer) เป็นนโยบายสำคัญของยุทธศาสตร์แผนพัฒนาการเกษตรตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555–2559) ซึ่งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้นำวิสัยทัศน์และยุทธศาสตร์ประเทศดังกล่าวไปกำหนดแผนการปฏิรูปการเกษตรของประเทศไทย (พ.ศ. 2566–2561) โดยเน้นการพัฒนาเกษตรกรให้มีความสามารถในการพึ่งพาตนเองได้ มีภูมิคุ้มกันพร้อมรับความเสี่ยงในการผลิตและการตลาด รวมทั้งมีความสามารถในการผลิตและการตลาด พร้อมก้าวสู่การเป็นผู้จัดการฟาร์มมืออาชีพ (Northern Regional Institute for Non-Formal and Informal Education, 2023) จากนโยบายดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นถึงความท้าทายและโอกาสที่เกษตรกรไทยจำเป็นต้องมีการปรับตัวเพื่อให้มีความพร้อมในการก้าวไปสู่การเป็นเกษตรกรที่มีคุณภาพในยุค 4.0 ซึ่งหมายถึงการเกษตรที่ใช้นวัตกรรมแบบเกษตรอัจฉริยะ (smart farming) ที่มุ่งเน้นในการยกระดับการพัฒนาเกษตรกรใน 4 ด้าน คือ ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต

เพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิตและมาตรฐานสินค้าลดความเสี่ยงในภาคเกษตรที่เกิดจากการระบาดของศัตรูพืชและจากภัยธรรมชาติ และจัดการส่งผ่านความรู้โดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม (National Science and Technology Development Agency, 2020) จากรายงานของ Chanthasri (2023) พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรผลิตสินค้าเกษตรไม่ปลอดภัย ได้แก่ (1) เกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้และทักษะในการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย (2) เกษตรกรขาดแรงจูงใจและทัศนคติที่ดีในการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยและ (3) ขาดความเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิต ผู้ค้าและผู้บริโภค ทำให้ตลาดสินค้าเกษตรปลอดภัยในประเทศไทยมีจำกัด ดังนั้นหากสามารถจัดการสาเหตุทั้ง 3 ประการข้างต้นดังกล่าวได้โดยแนวทางที่เหมาะสมย่อมช่วยให้การผลิตสินค้าเกษตรเป็นไปอย่างปลอดภัย

จากรายงานของ Agricultural Research Development Agency (Public Organization) (2023) BCG Model มีความเกี่ยวข้องกับภาคการเกษตรเนื่องจากเป็นตัวช่วยในการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้เป็นอย่างดีและเป็นการยกระดับให้การเกษตรฐานรากมีความน่าสนใจเพิ่มมากขึ้น เพราะมีส่วนร่วมสนับสนุนให้เกิดอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่นำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้แล้วการมีคุณสมบัติในการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่องทั้งด้านรายได้ที่ไม่ต่ำกว่า 180,000 บาท/ครัวเรือน/ปี และคุณสมบัติพื้นฐานครบทั้ง 6 ข้อ โดยผ่านตัวบ่งชี้อย่างน้อย 1 ตัว ในแต่ละคุณสมบัติ ได้แก่ 1) มีความรู้เรื่องที่ทำอยู่ 2) มีข้อมูลประกอบการตัดสินใจ 3) มีการบริหารจัดการผลผลิตและการตลาด 4) มีความตระหนักถึงคุณภาพสินค้าและความปลอดภัยของผู้บริโภค 5) มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม/สังคม และ 6) มีความภูมิใจในความเป็นเกษตรกร (Smart Farmer and Smart Officer Policy Steering Committee, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2013) ยังเป็นประเด็นสำคัญในการพัฒนาคุณภาพของเกษตรกรไทย จากการศึกษาของ Odthon and Sookplung

(2020) ที่พบว่าปัญหาและอุปสรรคของการเปลี่ยนแปลงจากเกษตรกรเป็น Smart Farmer ที่ทำได้ค่อนข้างยากคือ ปัจจัยด้านรายได้ที่ไม่น้อยกว่า 180,000 บาท/ครัวเรือน/ปี เนื่องจากราคาผลผลิตที่ควบคุมไม่ได้ การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและภาระหนี้สินของครัวเรือน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Nindum *et al.* (2019) ที่พบว่ากลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดบางกลุ่มมีคุณสมบัติไม่ผ่านเกณฑ์ด้านรายได้ตามที่กำหนดไว้คือ 180,000 บาท/ครัวเรือน/ปี จึงต้องมีแนวทางในการพัฒนาที่มีความจำเพาะเจาะจงเป็นพิเศษ เพื่อให้เกษตรกรกลุ่มดังกล่าวสามารถยกระดับความสามารถเพื่อก้าวเข้าสู่การเป็นเกษตรกรปราดเปรี๊องได้ และจากข้อมูลเบื้องต้นของสำนักงานเกษตรอำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ พบว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง ตำบลโคกตะเคียน อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ เกิดจากการรวมกลุ่มกันของเกษตรกรที่ทำเกษตรอินทรีย์ในหมู่บ้านโนนทอง จัดเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีคุณสมบัติและศักยภาพเหมาะสมต่อการพัฒนา และยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าปลอดภัยเดิม ให้เป็นเกษตรกรปราดเปรี๊องบนฐานปีซีจีโมเดล เนื่องจากเกษตรกรของกลุ่มมีการรวมตัวกันอย่างเข้มแข็ง มีทักษะเดิมในการทำการเกษตร มีความพร้อมในการรับความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อการพัฒนาของกลุ่ม ตลอดจนมีพื้นที่อยู่ในเขตชายแดนไทยและกัมพูชา ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมต่อการทำการเกษตร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจในการศึกษาข้อมูลทั่วไป ประเมินความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับสินค้าเกษตรปลอดภัย เกษตรกรปราดเปรี๊อง และปีซีจีโมเดล เพื่อพัฒนาและยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรดังกล่าว ให้เป็นเกษตรกรปราดเปรี๊องบนฐานปีซีจีโมเดล

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องนี้ เป็นการวิจัยแบบผสมผสานระหว่างการวิจัยเชิงคุณภาพและการวิจัยเชิงปริมาณ

ดำเนินการตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 โดยมีรายละเอียดของการดำเนินงานวิจัย แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาบริบทของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง ตำบลโคกตะเคียน อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ชนิดมีโครงสร้าง เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินความรู้และความเข้าใจของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง ตำบลโคกตะเคียน อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 20 คน เกี่ยวกับการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย การมีคุณสมบัติของการเป็นเกษตรกรปราดเปรี๊อง (Smart Farmer) และโมเดลเศรษฐกิจปีซีจี โดยใช้แบบทดสอบความรู้ก่อนและหลังการถ่ายทอดความรู้ที่เกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวข้างต้น

ขั้นตอนที่ 3 การถ่ายทอดความรู้ในประเด็นที่เชื่อมโยงกับแบบทดสอบความรู้และความเข้าใจที่ครอบคลุมทั้ง 3 ประเด็นหลัก ดังที่ระบุในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 4 การสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) กับสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง ตำบลโคกตะเคียน อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 20 คน เพื่อทราบถึงความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องอย่างเฉพาะเจาะจง เกี่ยวกับประสบการณ์และความคิดเห็นในประเด็นตามขอบเขตของเนื้อหาการวิจัย

ขั้นตอนที่ 5 การค้นหาแนวทางเพื่อการพัฒนาและยกระดับเกษตรกรจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง ให้มีคุณสมบัติของการเป็นเกษตรกรปราดเปรี๊อง ที่มีความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องในการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย โดยนำหลักการของปีซีจีโมเดลมาปรับใช้ โดยใช้เทคนิคการสนทนากลุ่ม (focus group discussion) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 20 คน

การวิจัยเชิงคุณภาพ การดำเนินการวิจัยในระยะแรก คณะผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยที่ผ่านการเตรียม

และฝึกทักษะในการลงสำรวจพื้นที่เพื่อพบปะและมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง (site visiting) ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้ให้ข้อมูลหลัก อันเป็นแนวทางสำคัญเพื่อทราบถึงบริบทของผู้ให้ข้อมูลสำคัญ และสภาพแวดล้อมของพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งต้องดำเนินการไปพร้อม ๆ กับการเก็บรวบรวมข้อมูล (Marshall and Rossman, 1999)

ผู้ให้ข้อมูลหลัก (key informants) ได้แก่ สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง ตำบลโคกตะเคียน อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 20 คน เนื่องจากสมาชิกของกลุ่มมีคุณสมบัติสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) คณะผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยที่ผ่านการเตรียมตัวและฝึกทักษะในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยเชิงคุณภาพ 2) แบบสัมภาษณ์บริบททั่วไปของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง โดยมีประเด็นในการสัมภาษณ์ คือ ข้อมูลทั่วไปของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจและข้อมูลด้านการทำการเกษตรปลอดภัย 3) แบบสัมภาษณ์เชิงลึกในประเด็นในการสัมภาษณ์ คือ ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ข้อมูลเกี่ยวกับเกษตรกรปราดเปรื่อง และข้อมูลเกี่ยวกับปชีจีโมเดล และ 4) การสนทนากลุ่มโดยมีประเด็นคำถามเกี่ยวกับการพัฒนาและยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่องบนฐานปชีจีโมเดล จำนวน 7 ประเด็นตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้โดยคณะกรรมการขับเคลื่อนนโยบาย Smart Farmer และ Smart Officer กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ การตรวจสอบความเชื่อถือได้หรือความไว้วางใจได้ (credibility) ของเครื่องมือวิจัยโดยวิธีการตรวจสอบจากการสะท้อนกลับ (reflexivity) ในระหว่างการเก็บข้อมูลระหว่างคณะผู้วิจัยด้วยกันเองผู้เชี่ยวชาญ และผู้ให้ข้อมูลหลัก (Chirawatkul, 2010) ซึ่งการทดสอบความเชื่อถือได้และความถูกต้องของข้อมูล

ดำเนินการไปพร้อม ๆ กับการสัมภาษณ์ โดยพิจารณาว่าคำตอบที่ได้มามีความสอดคล้องกับบริบทของกลุ่มวิสาหกิจ ข้อมูลเดิมที่มีอยู่และข้อสังเกตของคณะผู้วิจัยหรือไม่ หากพบว่าคำตอบไม่น่าเชื่อถือจะต้องดำเนินการหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งอื่น ๆ ที่มีอยู่ทั้งโดยตรงและทางอ้อม (Phongsapich, 2003)

การเก็บรวบรวมข้อมูล คณะผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมของกลุ่มวิสาหกิจเพื่อทราบถึงบริบทของกลุ่ม โดยใช้แบบสัมภาษณ์บริบททั่วไปของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจในระยะแรก จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อพิจารณาสอดคล้องและเพียงพอตามวัตถุประสงค์การวิจัยก่อนที่จะเก็บข้อมูลเชิงลึก โดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึกในระยะต่อมา โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ควบคู่ไปกับการสัมภาษณ์เชิงลึก จากนั้นจึงใช้วิธีการสนทนากลุ่ม เพื่อทราบถึงความคิดเห็นของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจ ในประเด็นของการได้มาซึ่งแนวทางในการพัฒนาและยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย โดยมีผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มประกอบด้วย คณะผู้วิจัยจำนวน 5 คน นักวิชาการจากคณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จำนวน 1 คน ตัวแทนจากสำนักงานเกษตร อำเภอกาบเชิงจำนวน 1 คน และสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง ที่มีคุณสมบัติของการเป็นสมาชิกของกลุ่มมาแล้วไม่น้อยกว่า 5 ปี มีความพร้อมและสมัครใจในการเข้าร่วมสนทนากลุ่มจำนวน 13 คน

การตรวจสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล คณะผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลควบคู่ไปกับการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ระยะแรกจนถึงระยะสุดท้าย โดยการสนทนากลุ่มจนได้ข้อมูลที่ครบถ้วนจึงนำข้อมูลที่จัดหมวดหมู่ของเนื้อหาจึงทำการตรวจสอบข้อมูลโดยใช้เทคนิคแบบสามเส้า ด้านข้อมูล (data triangulation) โดยพิจารณาจากแหล่งเวลา สถานที่และบุคคลที่แตกต่างกัน ด้านนักวิจัย (investigator triangulation) เพื่อตรวจสอบว่านักวิจัยแต่ละคนได้รับข้อมูลต่างกันอย่างใด โดยการเปลี่ยนตัวผู้สังเกตแทนที่จะใช้นักวิจัยคนเดียวกัน

สังเกตโดยตลอด และด้านวิธีการรวบรวมข้อมูล (methodological triangulation) เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่แตกต่างกัน คือ การสัมภาษณ์เชิงลึก การสนทนากลุ่มและจากแหล่งเอกสารที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลที่ตรวจสอบแล้วมาวิเคราะห์โดยการตีความสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย (inductive) ร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) จากเอกสารที่เกี่ยวข้องร่วมกับบริบทของข้อมูลที่ได้มา เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นประเด็นหลักในการอธิบายเนื้อหา

การวิจัยเชิงปริมาณ ดำเนินการในระยะหลังจากที่คณะผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลบริบททั่วไปของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทองแล้ว เพื่อประเมินความรู้และความเข้าใจของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจ ในประเด็นของการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย การมีคุณสมบัติของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง และโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

ประชากรที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ สมาชิกทุกคนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง จำนวน 20 คน ซึ่งมีคุณสมบัติสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับสินค้าเกษตรปลอดภัย เกษตรกรปราดเปรื่อง และบีซีจีโมเดล แบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน

การหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย ดำเนินการโดยการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา เพื่อพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกคำถามตามรายงาน (Sotad, 2015) คือ ถ้าข้อคำถามที่หาค่า IOC ได้ระหว่าง 0.5-1.00 เลือกไว้ใช้ได้ แต่ถ้าข้อคำถามที่หาค่า IOC ได้ต่ำกว่า 0.5 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือตัดทิ้ง จากผลการคำนวณค่า IOC ของ

แบบทดสอบพบว่า มีค่าเท่ากับ 0.88 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

การเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการโดยคณะผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัย ใช้แบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นกับประชากรที่เป็นกลุ่มเป้าหมายทั้งก่อนและหลังกิจกรรมการถ่ายทอดความรู้และความเข้าใจของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง เกี่ยวกับการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย การมีคุณสมบัติของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง และโมเดลบีซีจี

การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการจำแนกคะแนนที่สูงกว่าหรือเท่ากับ 15 คะแนน ทั้งก่อนและหลังกิจกรรมการถ่ายทอดความรู้และความเข้าใจ หาค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนและหลังกิจกรรมการถ่ายทอดความรู้และความเข้าใจเพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบทางสถิติ โดยวิธี t-test for dependent samples แบบ One-group pretest-posttest design ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่

1. ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ดังแสดงใน Table 1 และ Table 2 ตามลำดับ
2. การประเมินความรู้และความเข้าใจของเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง ตำบลโคกตะเคียน อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ โดยการประเมินแบ่งออกเป็น 3 ประเด็น ได้แก่ 1) การประเมินความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย 2) การประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรกรปราดเปรื่อง (Smart Farmer) และ 3) การประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับบีซีจีโมเดล (BCG Model)
3. แนวทางในการพัฒนาเพื่อยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง

Table 1 General Information of Farmers Producing Safe Agricultural Products from the Ban Non Thong New Theory Agricultural Community Enterprise Group

General Information	Number of Farmers	Percentage
Gender: Male, Female	3, 17	15, 85
Age: Less than 20 years, 20–29 years, 30–39 year, 40–49 years, 50–59 years, Over 60 years	0, 2, 3, 5, 5, 5	0, 10, 15, 25, 25, 25
Marital status: Single, Married, Divorced, Widowed	3, 14, 1, 2	15, 70, 5, 10
Educational level: Primary school, Lower secondary school, Upper secondary school, Bachelor's degree	11, 4, 1, 4	55, 20, 5, 20
Main occupation: Agriculture, General labor, Others	18, 1, 1	90, 5, 5
Monthly average household income: Less than 10,000 Baht, 10,001–20,000 Baht, 20,001–30,000 Baht, 30,001–40,000 Baht, 40,001–50,000 Baht, Over 50,000 Baht	9, 3, 2, 4, 2, 0	45, 15, 10, 20, 10, 0
Main source of household income: Farming, Rice farming, Gardening, Livestock farming, General labor	9, 6, 3, 1, 1	45, 30, 15, 5, 5
Household debt: Less than 10,000 Baht, 10,001–50,000 Baht, 50,001–100,000 Baht, 100,001–150,000 Baht, 150,001–200,000 Baht, Over 200,001 Baht	0, 4, 3, 1, 3, 9	0, 20, 15, 5, 15, 45
Main sources of debt: Village Fund, Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives (BAAC), Relatives Cooperative Savings Group, Agricultural Group, Commercial banks, Private loan provider, Leasing companies, Others	5, 9, 1, 1, 1, 1, 1, 1	25, 45, 5, 5, 5, 5, 5, 5

จาก Table 1 พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยส่วนมากเป็นเพศหญิง จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 85 รองลงมาเป็นเพศชายจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 15 และส่วนมากมีอายุ 40 ปีขึ้นไป จำนวน 15 คน มีสถานภาพสมรส จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 70 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 55 มีอาชีพหลัก คือ เกษตรกรรม จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 90 มีรายได้เฉลี่ยต่ำกว่า 10,000 บาท

จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 45 และมีรายได้เฉลี่ยสูงกว่า 50,000 บาท จำนวน 1 คน รายได้หลักของครัวเรือนมาจากการทำการเกษตร จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 45 มีหนี้สินครัวเรือนมากกว่า 200,001 บาทขึ้นไป จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 45 และแหล่งของหนี้สินหลัก คือ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 47.1

Table 2 Agricultural practices for safe agriculture of farmers producing safe agricultural products from the Ban Non Thong New Theory Agricultural Community Enterprise Group

Agricultural practices for safe agriculture	Number of farmers	Percentage
Land ownership: Own land, Rented land	19, 1	95, 5
Crops planted: Rice, Cassava, Sugarcane, Rubber, Cotton and coffee	9, 7, 2, 1, 1	45, 35, 10, 5, 5
Duration of crop cultivation: 6-10 years, 3-5 years, Over 10 years, Less than 3 years	9, 5, 5, 1	45, 25, 25, 5
Types of animals raised: Chicken, Duck, Cattle, Swine, Buffalo, Others (fish, dogs, cats)	7, 3, 3, 3, 2, 2	35, 15, 15, 15, 10, 10
Duration of animal husbandry: 6-10 years, Over 10 years, 3-5 years, Less than 3 years	15, 3, 1, 1	75, 15, 5, 5
Farming experience: Over 20 years, 6-10 years, 0-5 years, 11-15 years, 16-20 years,	4, 6, 4, 2, 1	35, 30, 20, 10, 5,
Fertilizers used: Compost, Chemical+Organic fertilizer, Chemical fertilizer, Organic fertilizer	8, 6, 4, 2,	30, 40, 20, 10

จาก Table 2 พบว่าส่วนมากเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย มีที่ดินเป็นของตนเองจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 95 ปลูกข้าว จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 45 ปลูกพืชมาแล้วเป็นเวลา 6-10 ปี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 45 ชนิดของสัตว์ที่เลี้ยง คือ ไก่ จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 35 มีระยะเวลาของการเลี้ยงสัตว์มาแล้วเป็นเวลา 6-10 ปี จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 75 มีพื้นที่ในการทำเกษตรตั้งแต่ 2-20 ไร่ เฉลี่ย 9.8 ไร่ ทุกคนเป็นสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง เคยเข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการทำการเกษตรในเรื่องการทำปุ๋ยหมัก การแปรรูปอาหาร การเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย การเลี้ยงปลา การทำน้ำหมักจากปลา และการทำไข่เค็ม ในด้านการป้องกันกำจัดศัตรูพืช พบว่าทุกคนมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรเพื่อลดการเข้าทำลายของศัตรูพืชที่ปลูกในปริมาณมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตลอดจนมีการใช้สารชีวภัณฑ์และอาหารสัตว์สำเร็จรูป รวมทั้งยาฆ่าโรคสัตว์ในปริมาณน้อย เนื่องจากคำนึงถึงปริมาณผลผลิตจากสัตว์

ที่ต้องได้รับ เครื่องจักรกลเกษตรที่มีการใช้มากที่สุด คือ รถไถชนิดเดินตามและรถแทรกเตอร์ เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยจำนวน 15 คน มีการร่วมกิจกรรมทางการเกษตรนอกเหนือจากที่ได้ร่วมทำกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่เป็นสมาชิกอยู่ ในด้านการทำกิจกรรมทางการเกษตร จนครบห่วงโซ่คุณค่า พบว่ามีจำนวน 15 คน ที่ได้รับการทำกิจกรรมดังกล่าวหน่วยงานที่เข้ามาสนับสนุนหรือส่งเสริมการทำกิจกรรมทางการเกษตร ได้แก่ สำนักงานส่งเสริมการเกษตรอำเภอ กาบเชิง เทศบาลตำบลกาบเชิง หน่วยพัฒนาเคลื่อนที่ ที่ 54 กองทัพบก สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอ กาบเชิง และมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ โดยลักษณะของการเข้ามาสนับสนุน คือ การถ่ายทอดความรู้และฝึกอบรม นอกจากนี้แล้วยังพบว่าการปฏิบัติทางการเกษตรของเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ยังได้รับอิทธิพลทางความคิด ความเชื่อ และวิธีการปฏิบัติที่ส่งผ่านจากบรรพบุรุษร่วมกับการทำเกษตรสมัยใหม่ โดยยังคงต้องพึ่งพาการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นเป็นอย่างมาก กองทัพโดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

การประเมินความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับสินค้าเกษตรปลอดภัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความรู้และความเข้าใจก่อนและหลังการถ่ายทอดความรู้ของเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย พบว่าความรู้และความเข้าใจของเกษตรกรหลังจากได้รับการถ่ายทอดความรู้แล้วมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.60/30 คะแนน (S.D.=3.99) ซึ่งสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.85/30 คะแนน (S.D.=3.45) (Table 3) แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีความรู้และความเข้าใจเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการถ่ายทอดความรู้ จากผลการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าปลอดภัย พบว่ามีระยะเวลาในการทำการเกษตรที่สืบทอดมาจากรุ่นพ่อรุ่นแม่เป็นเวลามากกว่า 10 ปี โดยมีจำนวน 4 ราย ที่มีรายได้เกิน 180,000 บาทต่อครัวเรือนต่อปี และอีกจำนวน 16 ราย มีรายได้ต่ำกว่า 180,000 บาทต่อครัวเรือนต่อปี ด้านข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย พบว่าได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยผ่านการอบรมของหน่วยงานทางราชการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ เทศบาลตำบลโคกตะเคียน องค์การบริหารส่วนตำบลโคกตะเคียน สำนักงานเกษตรอำเภอกาบเชิง และข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ในประเด็นของ

ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับสินค้าเกษตรปลอดภัย พบว่าการไม่ใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตทางการเกษตร จะช่วยให้สามารถเก็บผลผลิตไว้ได้เป็นเวลานาน แต่หากไม่ใช้เลยจะไม่ได้ผลผลิต จึงต้องมีการใช้บ้างตามสมควร เพื่อให้มีโอกาสได้ผลผลิต นอกจากนี้ยังแสดงถึงความต้องการที่จะได้รับการอบรมด้านเกษตรอินทรีย์ เนื่องจากมีความเข้าใจว่าเกษตรอินทรีย์ หมายถึง การไม่ใช้สารเคมีในการผลิต สินค้าเกษตรปลอดภัยมีส่วนสนับสนุนกิจกรรมทางเศรษฐกิจหรือเป็นแหล่งรายได้ เนื่องจากสามารถกำหนดราคาผลผลิตในราคาที่สูงขึ้นได้ ช่วยลดรายจ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมีได้มากขึ้น และส่งผลต่อสุขภาพ เพราะไม่ต้องสัมผัสสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตทางการเกษตร จึงช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวไม่มีความเกี่ยวข้องและเป็นอุปสรรคต่อการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย โดยเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยมีความคาดหวังว่าจะมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายผลผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ตลอดจนการมีสุขภาพดี เนื่องจากการลดโอกาสในการสัมผัสกับสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร และยังคงมีความคาดหวังที่จะให้มีตลาดรับซื้อผลผลิตเข้ามาถึงชุมชนโดยตรง ในขณะที่ทุกคนยังมีความมุ่งหวังที่จะยกระดับของเกษตรปลอดภัยไปสู่การทำเกษตรแบบอินทรีย์

Table 3 Comparison of knowledge and understanding before and after knowledge transfer on safe agricultural products, smart farmer and BCG model

Number of members who received knowledge transfer	Number of members with scores higher or equal to 15		Pretest average scores	Posttest average scores	Difference in average scores	Standard deviation of the scores	Calculated t-value	Sig- (2-tailed)
	Pretest	Posttest	(S.D.)	(S.D.)				
20	4	18	12.85 (S.D. 3.45)	19.60 (S.D. 3.99)	6.75	3.98	-7.575**	0.000

** Statistically significant differences at the 0.01 level ($p \leq 0.01$)

การประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรกรปราดเปรื่อง (smart farmer)

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรกรปราดเปรื่อง แต่เคยได้รับรู้มาก่อน นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการทำการเกษตรอัจฉริยะและไม่เคยรับรู้มาก่อน อย่างไรก็ตามพบว่า มีการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรเพื่อกระบวนการผลิตในพื้นที่ของตนเองในหลายลักษณะ ได้แก่ รถไถเดินตาม รถแทรกเตอร์ เครื่องพ่นสารเคมี ป้อนน้ำ ระบบสปริงเกอร์ ระบบโซล่าเซลล์ รถเกี่ยวข้าว รถปลูกอ้อย และการใช้แอปพลิเคชัน Rice Pest Monitoring เพื่อการติดตามและประเมินแมลงศัตรูข้าว และยังพบว่าเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยเพียง 2 ราย เคยเป็นวิทยากรถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการทำเกษตรแบบผสมผสาน และมีจำนวน 3 ราย ที่เคยใช้พื้นที่ทำกิจกรรมทางการเกษตรของตนเองเป็นแหล่งเรียนรู้สำหรับสาธารณะ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันพบว่าเพียง 1 ราย ที่ยังคงเป็นวิทยากรถ่ายทอดความรู้และใช้พื้นที่ทำกิจกรรมทางการเกษตรของตนเองเป็นศูนย์เรียนรู้ชุมชน ส่วนการตัดสินใจเลือกทำกิจกรรมทางการเกษตร มีการดำเนินการภายใต้การพิจารณาข้อมูลอย่างรอบด้านก่อนการตัดสินใจ ได้แก่ สภาพอากาศ แหล่งน้ำ ฤดูกาล สภาพพื้นที่ ความต้องการของตลาด และการมีเงินทุนหมุนเวียนในชีวิตประจำวัน สำหรับประเด็นการวางแผนในการจัดการผลผลิต พบว่ามีการวางแผนเพื่อลดปัจจัยการผลิตด้านต่าง ๆ ในพื้นที่ที่ไม่จำเป็น โดยเน้นการวางแผนการผลิตตามความต้องการของตลาด ตลอดจนจะมีการวางแผนการผลิตปัจจัยการผลิต โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในท้องถิ่นและในพื้นที่ของตนเองเพื่อการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ประโยชน์ซ้ำ เช่น การใช้มูลสัตว์ฟางข้าว และแหนแดง ทำปุ๋ยหมักเพื่อใช้เองและจำหน่ายการใช้แหนแดงเพื่อเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ในประเด็นด้านการเชื่อมโยงการตลาด พบว่ามีการวางแผนการผลิตทางการเกษตร โดยคำนึงถึงราคารับประกันผลผลิตเป็นประเด็นสำคัญ

เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยจำนวน 19 ราย เคยเข้ารับการอบรมเกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และเกษตรกรอินทรีย์จากหน่วยงานภาครัฐ แต่มีเพียง 1 รายที่ไม่เคยได้รับการอบรมในประเด็นดังกล่าว และยังพบว่าเกษตรกรทุกรายมีความตระหนักต่อผลเสียที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคจากกระบวนการผลิตทางการเกษตร โดยมีพฤติกรรมที่ไม่เฝ้าต่อช่วงข้าว การนำวัสดุเหลือใช้และผลพลอยได้ทางการเกษตรมาทำปุ๋ยหมัก การเฝ้าระวังข้าวหลังการเก็บเกี่ยว การไม่ใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตทางการเกษตรและการทำเกษตรแบบอินทรีย์ เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งตนเองและผู้บริโภค

การประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับ บีซีจี โมเดล (BCG Model)

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยทุกรายไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับบีซีจีโมเดล แต่เคยได้ยินว่ามีประเด็นดังกล่าวเกิดขึ้นแล้ว อย่างไรก็ตามเกษตรกรทุกรายมีพฤติกรรมในการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรที่สอดคล้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ ที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพอย่างคุ้มค่า โดยไม่ทราบมาก่อนว่าเศรษฐกิจชีวภาพคืออะไร ได้แก่ การขยายพันธุ์พืชและสัตว์เพื่อนำมาใช้ในการผลิตรุ่นต่อไปอย่างต่อเนื่อง เช่น ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย โค ปลาไนล หอยขม และหอยกาบ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าการนำผลพลอยได้จากกิจกรรมการผลิตทางการเกษตร เช่น มูลสัตว์และเศษซากพืชหมุนเวียนมาใช้โดยตรงในลักษณะของการเป็นปุ๋ยให้กับพืช และโดยทางอ้อมในลักษณะของการทำเป็นปุ๋ยหมักหรือน้ำหมัก และการนำส่วนที่มีความอ่อนนุ่มของพืชมาหมักร่วมกับส่วนประกอบอื่น ๆ เพื่อใช้เป็นอาหารของโคขุน ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวนอกจากจะมีความสอดคล้องกับแนวคิดของเศรษฐกิจหมุนเวียนแล้ว ยังสอดคล้องกับเศรษฐกิจสีเขียวที่ช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการไม่ใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตทางการเกษตร

แนวทางในการพัฒนาเพื่อยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง

การจัดกิจกรรมสนทนากลุ่มเพื่อหาแนวทาง เพื่อพัฒนาและยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ให้มีคุณสมบัติพื้นฐานของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยคณะกรรมการขับเคลื่อนนโยบาย Smart Farmer และ Smart Officer กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมทั้งสิ้น 20 คน ประกอบด้วย ตัวแทนจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรกรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง ซึ่งเป็นเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย จำนวน 13 คน ตัวแทนจากคณะเกษตรกรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จำนวน 1 คน ตัวแทนจากสำนักงานเกษตรอำเภอกาบเชิง จำนวน 1 คน และคณะผู้วิจัยจำนวน 5 คน ผลจากการสนทนากลุ่มสามารถสรุปเป็นประเด็นสำคัญได้ ดังนี้

(1) แนวทางในการพัฒนาและยกระดับการมีความรู้ในเรื่องที่ทำอยู่ ได้แก่ การให้ความรู้ที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรที่เกษตรกรรายนั้น ๆ ทำอยู่เดิม จนมีความรู้และความเข้าใจจนถึงระดับที่สามารถเป็นผู้ถ่ายทอด หรือให้คำปรึกษากับผู้อื่นได้อย่างถูกต้อง ในส่วนของพื้นที่ที่ใช้ทำกิจกรรมทางการเกษตรอยู่เดิม มีแนวทางในการพัฒนา คือ การให้ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่ดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง จนถึงระดับที่มีศักยภาพในการเป็นแหล่งเรียนรู้หรือศูนย์การเรียนรู้ได้

(2) แนวทางในการพัฒนาและยกระดับในการมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจ พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยยังคงต้องได้รับความรู้และความเข้าใจในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลสารสนเทศที่จำเป็นต่อการสืบค้นข้อมูลทางการเกษตร และการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทางการเกษตร อย่างไรก็ตามพบว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้ในชีวิตประจำวันได้ถูกใช้ประโยชน์เพื่อการสืบค้นข้อมูล และตัวอย่างของความสำเร็จในการประกอบอาชีพทางการเกษตรที่ตนเองสนใจอยู่เดิมแล้ว ดังนั้นจึงควรมีการใช้ความรู้เสริมในประเด็นของการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อการเข้าถึงข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้อง

เพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาและพัฒนาอาชีพของตนเองได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนการให้ความรู้เกี่ยวกับการทำบัญชีครัวเรือน เพื่อประกอบการวางแผนการผลิตอย่างเหมาะสม

(3) แนวทางในการพัฒนาและยกระดับในการมีการบริหารจัดการผลผลิตและตลาด ควรมีการส่งเสริมให้เกิดการสร้างเครือข่ายในระดับชุมชนไปสู่ระดับอำเภอและระดับจังหวัด ตามลำดับ เพื่อสร้างช่องทางในการรับรู้และส่งผ่านข้อมูลการผลิตและการจำหน่ายผลผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แล้วยังควรส่งเสริมให้มีการสร้างเครือข่ายระหว่างเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยโดยตรง ตลอดจนการส่งเสริมให้มีการให้ความรู้ที่สำคัญและจำเป็นต่อการสร้างทักษะในการสร้างเรื่องราว (story) ที่เหมาะสมสอดคล้องกับผลผลิตเกษตรแต่ละชนิดได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

(4) แนวทางในการพัฒนาและยกระดับการสร้างความตระหนักถึงคุณภาพสินค้าและความปลอดภัยของผู้บริโภค พบว่าควรมีการส่งเสริมในการให้ความรู้เกี่ยวกับการดำเนินการเพื่อขอรับมาตรฐานทำเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) หรือเกษตรอินทรีย์หรือมาตรฐานการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยอื่น ๆ อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเกษตรกรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเคยได้รับการอบรมเกี่ยวกับมาตรฐาน GAP และเกษตรอินทรีย์อยู่ก่อนแล้ว แสดงให้เห็นถึงความตั้งใจในการผลิตสินค้าเกษตรให้สอดคล้องกับมาตรฐานดังกล่าว

(5) แนวทางในการพัฒนาและยกระดับการมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม พบว่าในประเด็นนี้เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยมีการดำเนินการในกระบวนการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมอยู่เดิมแล้ว อย่างไรก็ตามควรมีการให้ความรู้เพิ่มเติมในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีและการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการจัดการศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่ผันแปรอย่างไม่สอดคล้องกับฤดูกาลการผลิตในปัจจุบัน

(6) แนวทางในการพัฒนาและยกระดับการส่งเสริมให้มีความภาคภูมิใจในความเป็นเกษตรกร พบว่า ในประเด็นนี้เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยมีความต้องการที่จะให้ลูกหลานสืบทอดอาชีพการเกษตรต่อไป ตลอดจนต้องการให้มีการสืบทอดมรดกพื้นที่ทำการเกษตรของครัวเรือนจากรุ่นสู่รุ่น อย่างไรก็ตาม แนวทางที่ควรส่งเสริมเพิ่มเติม คือ การกระตุ้นให้เกษตรกรได้ทราบและตระหนักถึงความจำเป็นในการปรับตัวเข้าสู่การทำเกษตรอัจฉริยะในลักษณะต่าง ๆ มากขึ้น

(7) แนวทางในการพัฒนาและยกระดับรายได้ของครัวเรือนจากการทำการเกษตรให้ได้ไม่ต่ำกว่า 180,000 บาท/ครัวเรือน/ปี พบว่าเกษตรกรบางส่วนยังมีรายได้ต่ำกว่าเกณฑ์ดังกล่าว จึงมีแนวทางที่ควรส่งเสริม คือ การให้ความรู้ในการขอรับรองมาตรฐานการทำเกษตรที่ดีที่เหมาะสม มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ การแปรรูปผลผลิตเกษตรชนิดต่าง ๆ เพื่อการเพิ่มมูลค่า การสร้างความหลากหลายของสินค้า จากผลผลิตเกษตรที่ใช้วัตถุดิบชนิดเดียวกัน และการให้ความรู้เพื่อการสร้างช่องทางการจำหน่ายสินค้าเกษตร ทั้งในลักษณะที่เป็นสินค้าที่ยังไม่แปรรูปและสินค้าแปรรูปแล้ว

วิจารณ์ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย

เกษตรกรมากกว่า 50% มีระดับการศึกษาสูงสุดในระดับประถมศึกษา อย่างไรก็ตามเนื่องจากการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยนั้นต้องอิงอยู่กับมาตรฐานการผลิตสินค้าปลอดภัย ที่จำเป็นต้องมีความรู้หรือได้รับความรู้และทักษะที่จำเป็นในการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยเพิ่มเติมจากรายงานของ Chanthasri (2023) ระบุถึงสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรผลิตสินค้าเกษตรไม่ปลอดภัย เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้และทักษะในการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ดังนั้น การส่งเสริมด้านการให้ความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องในการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย อาจเป็นแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้

นอกจากนี้แล้วเมื่อพิจารณาจากข้อมูลรายได้รวมของครอบครัวเฉลี่ยต่อเดือน พบว่ามีรายได้ 8,950 บาท ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นรายปีแล้วจะมีรายได้เพียง 107,400 บาท ซึ่งยังเป็นรายได้ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ ด้านรายได้ของการมีคุณสมบัติในการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่องที่กำหนดไว้โดย Smart Farmer and Smart Officer Policy Steering Committee, Ministry of Agriculture and Cooperatives (2013) ที่กำหนดไว้ว่าต้องมีรายได้ไม่ต่ำกว่า 180,000 บาท/ครัวเรือน/ปี ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยนี้ยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการพัฒนาในด้านรายได้ต่อครัวเรือนต่อปี เพื่อการยกระดับให้มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังกล่าว เพื่อการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง

ข้อมูลด้านการทำเกษตรปลอดภัยของเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยจาก Table 2 แสดงให้เห็นถึงหลายประเด็นสำคัญที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ได้แก่ การเป็นสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง การเข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการทำการเกษตรและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยหมัก ซึ่งล้วนแต่เป็นประเด็นที่นำไปสู่การมีความรู้และความเข้าใจในการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย เนื่องจากได้รับทราบถึงความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยจากการเข้าร่วมเป็นสมาชิกของกลุ่มและการเข้าร่วมรับการอบรมฝึกอบรม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chanthasri (2023) ที่กล่าวถึงสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรผลิตสินค้าเกษตรไม่ปลอดภัยประการหนึ่ง คือ เกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ ทักษะ แรงจูงใจ ทักษะคิดที่ดี ความเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิต ผู้ค้า และผู้บริโภค ในการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Nittayajirn (2018) ที่พบว่าการพัฒนาเกษตรกรผู้ผลิตข้าวโพดหวานในพื้นที่ฟาร์มขนาดเล็กให้เป็น smart farmers ต้องเพิ่มความรู้พื้นฐานและมีเครื่องมือช่วยคิดและวัดค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นให้แก่เกษตรกรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดศักยภาพที่สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตที่ดีกว่าได้อย่าง

ต่อเนื่องเกิดเป็นแนวทางปฏิบัติที่ดีและยั่งยืน อย่างไรก็ตามหากได้มีการดำเนินการส่งเสริมให้เกษตรกรที่เป็นสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มนี้ ให้สามารถดำเนินการอย่างต่อเนื่องในการขอรับรองมาตรฐาน GAP จะช่วยให้สามารถเพิ่มมูลค่าของผลผลิตสินค้าเกษตรได้อย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้แล้วยังพบว่ายังมีประเด็นที่มีความสัมพันธ์กับการที่จะพัฒนาเพื่อยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย โดยพิจารณาเปรียบเทียบคุณสมบัติของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่องตามที่กำหนดไว้โดย Smart Farmer and Smart Officer Policy Steering Committee, Ministry of Agriculture and Cooperatives (2013) ได้แก่ ประเด็นการที่เกษตรกรทุกรายสมัครใจเป็นสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่บ้านโนนทอง และประเด็นตัวบ่งชี้หนึ่งตามคุณสมบัติของการมีความภูมิใจในความเป็นเกษตรกรที่เกษตรกรทุกรายได้เข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการทำการเกษตรในหลายกิจกรรม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการมีความมุ่งมั่นในการประกอบอาชีพการเกษตรอันเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของคุณสมบัติในข้อนี้

นอกจากนี้แล้วยังพบว่าพฤติกรรมในการใช้ปุ๋ยหมักและปุ๋ยอินทรีย์ในขณะเดียวกันกับที่มีการลดการใช้ปุ๋ยเคมี ยังมีความสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ด้านการมีกระบวนการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ และไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม (green economy) ภายใต้คุณสมบัติด้านการมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม/สังคม อย่างไรก็ตามพบว่า มีเกษตรกรในสัดส่วน 50% ที่ได้ดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรจนครบวงจรโซ่คุณค่า ซึ่งมีความสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ด้านการมีความสามารถในการเชื่อมโยงการผลิตและการตลาดเพื่อให้ขายผลผลิตได้ ภายใต้คุณสมบัติมีการบริหารจัดการผลผลิตและการตลาด และประเด็นของการที่เกษตรกรทุกรายได้รับการถ่ายทอดความรู้ผ่านการอบรมในลักษณะต่าง ๆ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมทางการเกษตร แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ในด้านความมุ่งมั่นในการประกอบอาชีพการเกษตร ในลักษณะที่มีการปรับปรุงกระบวนการ

ผลิตทางการเกษตรให้ดีขึ้น จากข้อมูลหรือองค์ความรู้ที่ได้รับเพิ่มเติม อันเป็นคุณสมบัติด้านการมีความภูมิใจในความเป็นเกษตรกร จากประเด็นการอภิปรายผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยมีคุณสมบัติหลายด้านที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่องตามที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตามการพัฒนาให้เกษตรกรมีคุณสมบัติครบตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อยกระดับการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง จึงยังคงมีความจำเป็นและควรที่จะดำเนินการอย่างต่อเนื่องต่อไป

การประเมินความรู้และความเข้าใจของเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย

เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรกรปราดเปรื่องและเกษตรกรอัจฉริยะ เทคโนโลยีทางการเกษตรที่ใช้ในกระบวนการผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ของตนเอง ได้แก่ รถไถเดินตามและ รถแทรกเตอร์เป็นหลัก ซึ่งจัดได้ว่าเป็นเครื่องจักรเพื่อเสริมแรงงานมาตั้งแต่ยุค 2.0 ที่ยังใช้ต่อเนื่องมาถึงยุค 3.0 (Rasri, 2023) นอกจากนี้แล้วยังไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรกรอัจฉริยะซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความสำเร็จในการประกอบอาชีพการเกษตรของเกษตรกรปราดเปรื่องตามยุทธศาสตร์และนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งประเมินจากความพร้อมและความสามารถของเกษตรกรใน 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1) การนำนวัตกรรมหรือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีมาใช้ในกระบวนการผลิต 2) การบริหารจัดการเกี่ยวกับกระบวนการผลิต การจัดการผลิตภัณฑ์และการจัดการด้านการตลาด และ 3) การแสวงหาองค์ความรู้ในการประกอบอาชีพและการเชื่อมโยงเครือข่าย (Department of Agricultural Extension, 2017) และเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่เคยมีประสบการณ์ในการเป็นวิทยากรถ่ายทอดความรู้ หรือให้คำปรึกษา หรือใช้พื้นที่ทำกิจกรรมทางการเกษตรของตนเองเป็นแหล่งเรียนรู้สำหรับสาธารณะ แต่มีบางรายที่มีประสบการณ์ดังกล่าว นอกจากนี้แล้วเกษตรกรทุกราย

ล้วนแต่มีการใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องแต่ไม่รอบด้าน เพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกทำกิจกรรมทางการเกษตรในประเด็นที่แตกต่างกัน และยังมีการวางแผนในการจัดการผลผลิตโดยพยายามลดต้นทุนการผลิตด้านต่าง ๆ โดยมีความเชื่อมโยงกับการตลาดในด้านราคาประกันของผลผลิต ตลอดจนมีการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ส่วนใหญ่เคยมีประสบการณ์ในการอบรมเกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) หรือเกษตรอินทรีย์ แต่ยังไม่ถึงระดับที่สามารถยื่นขอให้มีการรับรองโดยองค์กรที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนมีการคำนึงถึงผลเสียที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคจากกระบวนการผลิตทางการเกษตร จากผลการสรุปข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ด้านการได้รับการอบรมเกี่ยวกับมาตรฐาน GAP และเกษตรอินทรีย์ภายใต้คุณสมบัติการมีความตระหนักถึงคุณภาพสินค้าและความปลอดภัยของผู้บริโภค และสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ด้านการจัดการของเหลือจากการผลิตที่มีประสิทธิภาพ (zero waste management) ภายใต้คุณสมบัติการบริหารจัดการผลผลิตและการตลาด

ในประเด็นการคำนึงถึงผลเสียที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคจากกระบวนการผลิตทางการเกษตร เกษตรกรทุกรายมีพฤติกรรมที่สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ของการมีกระบวนการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม (green economy) ภายใต้คุณสมบัติการมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม/สังคม อย่างไรก็ตามเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดคุณสมบัติด้านความรู้ในเรื่องที่ทำอยู่และการมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Srisook (2020) ที่พบว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูปของจังหวัดลำปางไม่มีความพร้อมที่ถูกผลักดันสู่การเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง เนื่องจากคุณสมบัติพื้นฐานของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับปีซีจีโมเดล แต่มีการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรที่มีความสอดคล้องกับปีซีจีโมเดลโดยไม่ทราบมาก่อน โดยในด้านเศรษฐกิจชีวภาพ

มีการใช้พันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์เพื่อการผลิตในรอบต่อไปอย่างต่อเนื่อง

ด้านเศรษฐกิจหมุนเวียนมีการนำมูลสัตว์กลับมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นปุ๋ยโดยตรง ในการปลูกพืชมีการนำมูลสัตว์มาใช้ร่วมกับเศษพืชอันเป็นผลพลอยได้จากการปลูกพืชเพื่อทำเป็นปุ๋ยหมักและการทำน้ำหมักจากพืช นอกจากนี้แล้วยังมีการนำส่วนที่มีอายุน้อยของพืชมาทำเป็นพืชหมักสำหรับโค และด้านเศรษฐกิจสีเขียวมีการคำนึงถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้บริโภค โดยการลดปริมาณการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช โดยเลือกใช้สารชีวภัณฑ์เพื่อป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ตลอดจนการไม่เผาตอซังข้าว การทำน้ำหมักเพื่อนำมาใช้ในโรงเรือนปศุสัตว์ จะเห็นได้ว่าเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยมีพฤติกรรมที่ความสอดคล้องกับปีซีจีโมเดลในระดับเบื้องต้นเท่านั้น จากรายงานของ Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation (2019) ที่เสนอไว้ว่ากลุ่มคนเป้าหมายที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ BCG ในกลุ่มที่เป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์จำเป็นต้องยกระดับเกษตรกรจากการใช้แรงงานและอาศัยธรรมชาติในการทำเกษตรกรรมเป็นเกษตรกรที่ใช้องค์ความรู้ พัฒนาและต่อยอดภูมิปัญญาดั้งเดิมผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ดังนั้นหากได้มีการให้ความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับปีซีจีโมเดลแก่เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ย่อมเป็นแนวทางที่จะช่วยยกระดับการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่องบนฐานคิดของปีซีจีโมเดลได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Agricultural Research Development Agency (Public Organization) (2023) ในประเด็นของการสนับสนุนเทคโนโลยีเกษตรปราดเปรื่องมาปรับใช้ผนวกเข้ากับภูมิปัญญา เพื่อเข้าสู่ระบบทำน้อยได้มากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้นและผลผลิตต่าง ๆ มีมาตรฐานที่สูงขึ้น แนวทางในการพัฒนาเพื่อยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยให้เป็น Smart Farmer

แนวทางในการพัฒนาเพื่อยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่องทั้ง 7 แนวทาง ตามเกณฑ์ของการมีคุณสมบัติพื้นฐานของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรจำนวน 19 คน ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่ ยังคงขาดคุณสมบัติในการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง โดยจัดอยู่ในกลุ่ม เกษตรกรที่ยังไม่เป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง เนื่องจากขาดคุณสมบัติทั้งด้านรายได้และคุณสมบัติพื้นฐาน ซึ่งในบางรายขาดคุณสมบัติทั้งสองด้าน อย่างไรก็ตามมีเกษตรกรเพียงรายเดียวที่จัดอยู่ในกลุ่มเกษตรกรที่เป็น Smart Farmer (Existing Smart Farmer) เนื่องจากมีคุณสมบัติครบทั้งด้านรายได้และคุณสมบัติพื้นฐาน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Odthon and Sookplung (2020) ที่พบว่าแนวทางการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรเป็น smart farmer ครอบคลุมตั้งแต่การกระตุ้นและส่งเสริมอาชีพให้เกษตรกรสามารถขายผลผลิตทางการเกษตรได้ราคาที่ดีและสินค้าเกษตรมีคุณภาพ มีมาตรฐาน ปลอดภัยทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค ตลอดจนลดต้นทุนการผลิตเพื่อเพิ่มรายได้รวมทางการเกษตรไม่ต่ำกว่า 180,000 บาท/ครัวเรือน/ปี ดังนั้นการพัฒนาตามแนวทางดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นการช่วยส่งเสริมเกษตรกรในกลุ่ม Developing Smart Farmer ให้มีคุณสมบัติของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่องที่สอดคล้องกับคุณสมบัติที่กำหนดไว้โดย Smart Farmer and Smart Officer Policy Steering Committee, Ministry of Agricultural and Cooperatives (2013)

สรุปผลการวิจัย

เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยอยู่ในระดับที่ยังไม่เพียงพอต่อการที่จะดำเนินการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยอย่างถูกต้องตามมาตรฐานการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ตามมาตรฐาน GAP ของกรมวิชาการเกษตร

เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย จำนวน 19 ราย ยังขาดคุณสมบัติของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง และมีเพียง 1 ราย ที่มีคุณสมบัติของการเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง แต่มีพฤติกรรมในการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรเดิมที่สอดคล้องกับซีจีโมเดล และทุกรายไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับบีซีจีโมเดล

แนวทางในการพัฒนาและยกระดับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยให้เป็นเกษตรกรปราดเปรื่องได้แก่ การให้ความรู้ที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรที่ทำอยู่เดิมอย่างต่อเนื่อง การให้ความรู้และความเข้าใจในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการประกอบการตัดสินใจ การส่งเสริมให้เกิดการสร้างเครือข่ายระหว่างเกษตรกรกับตลาดในทุกระดับ การให้ความรู้และการส่งเสริมอย่างต่อเนื่องในการดำเนินการเพื่อการขอรับรองมาตรฐานการผลิตทางการเกษตรในลักษณะต่าง ๆ การให้ความรู้เพิ่มเติมในการลดการใช้ปุ๋ยเคมี และการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการจัดการศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง การส่งเสริมเพื่อกระตุ้นให้ทราบและเห็นถึงความสำคัญของการปรับตัวเข้าสู่การทำเกษตรอัจฉริยะ และการให้ความรู้ในการเพิ่มมูลค่าผลผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยและการส่งเสริมช่องทางการจำหน่ายสินค้าเกษตรในรายที่มีรายได้ต่ำกว่า 180,000 บาท/ครัวเรือน/ปี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง การสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจเพื่อเชื่อมโยงกับการยกระดับเศรษฐกิจฐานรากด้วย BCG โมเดล ของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย บริเวณรอยต่อชุมชนชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์

เอกสารอ้างอิง

- Agricultural Research Development Agency (Public Organization). 2023. **BCG model**. [Online]. Available <https://www.arda.or.th/detail/6136> (March 13, 2023). [in Thai]
- Chanthasri, P. 2023. **Standard of safe agricultural products production**. [Online]. Available https://stri.cmu.ac.th/article_detail.php?id=35 (February 9, 2023). [in Thai]
- Chirawatkul. S. 2010. **Qualitative Research in Health Science**. 2nd ed. Bangkok: Wittayapat. 320 p.
- Department of Agricultural Extension. 2017. **Smart Farmer Model: The Future of Sustainable Agriculture**. Volume 2. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand Ltd. 190 p. [in Thai]
- Marshall, C. and G.B. Rossman. 1999. **Designing Qualitative Research**. 3rd ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publication. 224 p.
- Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. 2019. **BCG in action proposal: the new sustainable growth engine, economic model for sustainable development**. [Online]. Available <https://www.nxpo.or.th/th/report/9394/> (June 23, 2022). [in Thai]
- National Science and Technology Development Agency. 2020. **Smart Farming**. Pathumtanee: National Science and Technology Development Agency. 66 p. [in Thai]
- Nindum, S., K. Chaiphawang and D. Udhan. 2019. Enhancing of Nanglae pineapple farmers becoming smart farmers. **Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University** 22(2): 328–347. [in Thai]
- Nittayajarn, J. 2018. **Development of Small-Scale Sweet Corn Farmers to be the Smart Farmers**. 125 p. *In* Research Report. Bangkok: Thailand Science Research and Innovation.
- Northern Regional Institute for Non-Formal and Informal Education. 2023. **Smart farmer (smart farmer)**. [Online]. Available <https://northnfe.blogspot.com/2018/04/smart-farmer.html> (March 13, 2023). [in Thai]
- Odthon, A. and W. Sookplung. 2020. Transformational leadership from farmers to smart farmers to find ways to develop the market according to the agricultural creative economy of Nong Khon village, Muang Sam Sip district, Ubon Ratchathani. **Journal of Management and Development Ubon Ratchathani Rajabhat University** 7(2):197–212. [in Thai]

- Phongsapich, A. 2003. Meaning of Qualitative Research. pp. 1–30. *In* Dulyakasem, U. (ed.). **Qualitative Research Handbook for Development**. Khon Kaen: Institute of Research and Development, Khon Kaen University.
- Rasri, P. 2023. **Agriculture 4.0**. [Online]. Available <http://kst.go.th/uploads/file/YgAtZ1507287043.pdf?v=1001> (April 15, 2023). [in Thai]
- Smart Farmer and Smart Officer Policy Steering Committee, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2013. **Manual for driving smart farmer and smart officer policy**. [Online]. Available <https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2016/15259/1> (March 13, 2023). [in Thai]
- Srisook, T. 2020. Development guideline of processed agricultural products groups under project for pushing farmer to be smart farmer in Lampang province. **Western University Research Journal of Humanities and Social Science** 6(1): 39–51. [in Thai]
- Sotad, S. 2015. **Educational Measurement and Evaluation**. Nonthaburi: Pun Pun Printing Group. 204 p.

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ โดยเริ่มฉบับที่ 1 ในเดือนมกราคม ฉบับที่ 2 ในเดือนพฤษภาคม และฉบับที่ 3 ในเดือนกันยายน มีจุดประสงค์หลักเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และองค์กร ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตรทั่วประเทศ โดยมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (ISSN 2985-0118 (Online) สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตร เรื่องที่จะตีพิมพ์ในวารสาร นอกจากบทความวิจัยแล้ว บทความทางวิชาการอื่น ๆ ที่เป็นการแสดงความคิดเห็น หรือสมมุติฐานใหม่ที่มีหลักฐานอ้างอิง หรือเป็นการแสดงความคิดเห็นอย่างกว้างขวางหรือลึกซึ้งในสาขาวิชาการใดสาขาวิชาการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร หรือเป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ก็มีสิทธิ์ได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับบทความนั้น ๆ อย่างน้อย 3 ท่าน พิจารณาให้ลงตีพิมพ์ได้เช่นเดียวกัน

การเตรียมต้นฉบับ

- 1. ต้นฉบับ** เผยแพร่บทความเป็นภาษาไทย โดยใช้ตัวอักษร TH Sarabun NEW ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา ในส่วนของหัวข้อเรื่อง และขนาดตัวอักษร 15 ตัวปกติ ในส่วนของเนื้อหา พิมพ์หน้าเดียว เว้นขอบทั้ง 4 ด้าน 1 นิ้ว (2.5 ซม.) พร้อมระบุเลขหน้า ความยาวของเนื้อเรื่อง รวมรูปภาพ ตาราง และเอกสารอ้างอิงต้องไม่เกิน 10 หน้า
- 2. ชื่อเรื่อง** ต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง ขนาดตัวอักษร 18 ตัวหนา
- 3. ชื่อผู้แต่ง และสถานที่ติดต่อ** ต้องมีชื่อเต็ม-นามสกุลเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 15 ตัวหนา และระบุหน่วยงานหรือสถาบันที่สังกัด ของผู้แต่งหลักและผู้แต่งร่วมทุกคน และ E-mail address ของผู้แต่งหลักไว้ด้วย ขนาดตัวอักษร 12 ตัวปกติ
- 4. บทคัดย่อ (Abstract)** บทความวิจัย/บทความทางวิชาการอื่น ๆ จะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด โดยเขียนให้กะทัดรัด ตรงประเด็น และให้สาระสำคัญ
- 5. คำสำคัญ (Keywords)** ต้องมีคำสำคัญทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษา อย่างละไม่เกิน 5 คำ
- 6. เนื้อเรื่อง**
 - (1) คำนำ** อธิบายความสำคัญของปัญหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัย อาจรวมการตรวจเอกสารเข้าไว้ด้วย ในการอ้างอิงเอกสารให้เขียนชื่อผู้แต่ง และปีที่ตีพิมพ์ อยู่ในวงเล็บเดียวกัน หรือเขียนชื่อผู้แต่ง แล้วเขียนปีที่ตีพิมพ์ ไว้ในวงเล็บแล้วแต่กรณี **เฉพาะภาษาอังกฤษ** ดังนี้ “.....โรคใบหงิกมีพบทั่วไปในประเทศบังคลาเทศ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา ไต้หวัน ไทย (Boccardo and Milne, 1984; Ling *et al.*, 1978) ในประเทศไทยนั้น นอกจากก่อความเสียหายกับ ข้าวปลูกทั้งชนิด Japonica และ Indica (*Oryza sativa*) พันธุ์ต่างๆ แล้ว Thawat (2001) ยังพบว่า ทำความเสียหายได้กับข้าวไร่และข้าวป่าต่างๆ.....”
 - (2) อุปกรณ์และวิธีการ/วิธีดำเนินการวิจัย** อธิบายเครื่องมือ พร้อมระบุวิธีการวิจัย วิธีการเก็บข้อมูล ระยะเวลาและปีที่ทำการวิจัย รวมทั้งวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ให้บรรยายโดยสรุปและไม่จำเป็นต้องระบุวิธีการที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไป
 - (3) ผลการวิจัย** ไม่จำเป็นต้องแสดงวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่ให้เสนอในรูปของตาราง และรูปภาพโดยสรุปหลังจากวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว ทั้งนี้ **คำอธิบายและรายละเอียดต่าง ๆ ของตารางและรูปภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น** โดยมีความชัดเจน กะทัดรัด และมีหมายเลขกำกับด้านบของตารางและด้านล่างของรูปภาพ และเมื่ออ้างถึงในเนื้อหาให้ใช้เป็นคำว่า Table และ Figure
 - (4) การวิจารณ์ผล การสรุปผล และข้อเสนอแนะ** ควรวิจารณ์ผลการวิจัยพร้อมทั้งสรุปประเด็น และสาระสำคัญของงานวิจัย หรือให้ข้อเสนอแนะบนพื้นฐานของผลการวิจัย
หมายเหตุ: หน่วยวัดตามระบบต่างๆ ให้ใช้ด้วยต่อมาตรฐานในการเขียนที่กำหนดไว้ เช่น เซนติเมตร = ซม. ตารางเมตร = ตร.ม. มิลลิกรัมต่อลิตรกรัม = มก./กก. แต่ถ้าเป็นหน่วยวัดที่มีพยางค์เดียวให้ใช้คำเต็มตามปกติ เช่น เมตร กรัม ลิตร
- 7. กิตติกรรมประกาศ** เพื่อแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง รายชื่อเอกสารที่ใช้เป็นหลักในการค้นคว้าวิจัยและมีการอ้างอิงในเนื้อหา ต้องแสดงเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น
กรณีที่อ้างอิงจากเอกสารภาษาไทยหรือภาษาอื่นๆ ให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ โดยมีวงเล็บกำกับท้ายเอกสาร [in Thai] หรือภาษา
อื่นๆ ตามคำแนะนำวิธีการเขียน ดังนี้

การเขียนเอกสารอ้างอิง

การเขียนอ้างอิงภายในเนื้อหา

ในการอ้างอิงเอกสารให้ใช้นามสกุลผู้แต่ง และปีที่ตีพิมพ์ อยู่ในวงเล็บเดียวกัน หรือเขียนนามสกุลผู้แต่ง แล้วเขียนปีที่ตีพิมพ์
ไว้ในวงเล็บแล้วแต่กรณี โดยเป็นภาษาอังกฤษ ดังนี้

“.....โรคใบหงิกมีพบทั่วไปในประเทศบังคลาเทศ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา ไต้หวัน
ไทย (Boccardo and Milne, 1984; Ling *et al.*, 1978) ในประเทศไทยนั้น นอกจากก่อความเสียหายกับข้าวปลูกทั้งชนิด
Japonica และ Indica (*Oryza sativa*) พันธุ์ต่าง ๆ แล้ว Thawat (2001) ยังพบว่า ทำความเสียหายได้กับข้าวไร่และข้าวป่าต่าง
ๆ.....”

1. บทความจากวารสารวิชาการมาตรฐาน

1.1 ผู้เขียนคนเดียวหรือหลายคน

ชื่อผู้เขียนบทความคนที่ 1./ผู้เขียนบทความคนที่ 2/และ/ผู้เขียนบทความคนสุดท้าย./ปีที่พิมพ์./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร/
เลขปีที่(เลขฉบับที่):/เลขหน้า.

Koiprasert, H. and P. Niranatlumpong. 2004. Investigation of method for stainless steel welding wire as a
replacement for arc wire consumables. **Songklanakarin Journal of Science and Technology.**
27(1): 91-100. [in Thai]

Nadeem, M.Y. and M. Ibrahim. 2002. Phosphorus management in wheat-rice cropping system. **Pakistan
Journal of Soil Science.** 21(4): 21-23.

Chowdhury, M.A.H., R. Begum, M.R. Kabit and H.M. Zakir. 2002. Plant and animal residue decomposition
and transformation of S and P in soil. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 5(7): 736-739.

2. หนังสือ

2.1 ผู้เขียนคนเดียวหรือหลายคน

ชื่อผู้แต่งคนที่ 1./ผู้แต่งคนที่ 2/และผู้แต่งคนสุดท้าย./ปีที่พิมพ์./ชื่อหนังสือ./ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)./สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์./
จำนวนหน้า.

Peyachoknagu, S. 2000. **Pan Thu Vis Sa Wa Kum.** Bangkok: Kasetsart University Press. 256 p. [in Thai]

Aksornkoae, S. 1999. **Ecology and Management of Mangroves.** Bangkok: Kasetsart University Press. 198 p.

Rajeshwar, K. and J.G. Ibanez. 1997. **Environmental Electrochemistry.** San Diego: Academic Press. 327 p.

2.2 บทหนึ่งในหนังสือ

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่พิมพ์./ชื่อบทความ./น./เลขหน้าที่ปรากฏเรื่อง./ใน/ชื่อผู้รับผิดชอบ./ชื่อหนังสือ./รายละเอียดอื่นๆ (ถ้า
มี). //ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี). //สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์.

Hill, S.E. 1996. Emulsions. pp. 153-185. *In* Hall, G.M. (ed.). **Methods of Testing Protein Functionality.**
London: Chapman & Hall.

Jacober, L.F. and A.G. Rand. 1982. Biochemical of Seafood. pp. 347-365. *In* Martin, R.E., G.J. Flick, C.E. Hebard
and D.R. Ward (eds.). **Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products.** Westport: AVI Inc.

2.3 หนังสือที่มีผู้รับผิดชอบในหน้าที่เป็นผู้รวบรวม ผู้เรียบเรียง หรือบรรณาธิการ

ชื่อผู้รับผิดชอบ.//หน้าที่ได้รับผิดชอบ.// ปีที่พิมพ์.//ชื่อเรื่อง.//ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี).//สถานที่พิมพ์:สำนักพิมพ์.//จำนวนหน้า.
Tosirichok, K. (Editor). 1994. **Karn Rak Sa Doi Sa Moon Pri**. 1st. Bangkok: Mayik Publisher. 172 p. [in Thai]
Byrappa, K. and M. Yoshimura. (eds.). 2001. **Handbook of Hydrothermal Technology**.
New Jersey: Noyes Publication. 854 p.

3. เอกสารอื่นๆ

3.1 วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง.//ปีที่พิมพ์.//ชื่อวิทยานิพนธ์.//ระดับของวิทยานิพนธ์.//ชื่อสถาบันการศึกษา.//จำนวนหน้า.
Soitongcome, P. 1987. **Tannin Extraction from Rhizophora's Bark for Retanning**. Master Thesis.
Kasetsart University. 113 p. [in Thai]
Saiklao, W. 2002. **Adaptive Bandwidth Allocation Control for Virtual Paths in Broadband Networks**.
Doctoral Dissertation. Georgia Institute of Technology. 86 p.

3.2 รายงานการประชุมวิชาการ รายงานการสัมมนา ปาฐกถา รายงานประจำปี

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่พิมพ์.//ชื่อบทความ.//น.เลขหน้าที่ปรากฏเรื่อง.//ใน/ชื่อการประชุม.//รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี).//ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี).//สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.
Summadee, P. and B. Leenanon. 2013. Production of Probiotic Kefir Product. p. 109-116 *In*
Proceedings of the 12th MJU Annual Conference (Poster). Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]
Coates, J. 2013. Clinical Trial for Canine Degenerative Myelopathy. pp. 29-31. *In* **Proceedings of ACVIM Specialty Symposium (Pre-forum) 12-15 June 2013**. Seattle: American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM).

3.3 รายงานผลการวิจัย

ชื่อผู้เขียนงานวิจัย.//ปีที่พิมพ์.//ชื่องานวิจัย.//จำนวนหน้า.//ใน/รายงานผลการวิจัย.//สถานที่พิมพ์:ชื่อหน่วยงาน.
Poooprompan, P., K. Duangsong and R. Sribaporn. 2001. **DNA fingerprinting of Thai native orchid *Vanda coerulea***. 62 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]
Theraumpon, N. 2003. **Automatic Classification of White Blood Cells in Bone Marrow Images**. 74 p.
In Research Report. Chiang Mai: Chiang Mai University.

3.4 บทความจากวารสาร

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่ตีพิมพ์.//ชื่อบทความ.//ชื่อวารสาร. (ชื่อเต็มของวารสาร)//ปีที่ของนิตยสาร(เล่มที่): เลขที่หน้าที่จะอ้างอิง.
Srinuansom, K. 2018. Half-artificial breeding of *Monopterus albus*. **Maejo Vision** 18(4): 33-37. [in Thai]

3.5 บทความจากหนังสือพิมพ์

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่ตีพิมพ์.//ชื่อบทความ.//ชื่อหนังสือพิมพ์.//เดือน/วันที่/ปี:เลขที่หน้าที่จะอ้างอิง.
Manapaisam, S. 2006. Kra Sate Tra Kom Thai Nai A Na Koth. **Thai Rath**. (January 10, 2006): 7. [in Thai]

3.6 บทความออนไลน์

- มีเลข DOI (Digital Object Identifier)

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่ตีพิมพ์.//ชื่อบทความ.//ชื่อวารสาร.// ปีที่:หน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด. <https://doi.org/xxxxxxxxxxxx>
Rodcharoen, E., N.L. Bruce and P. Pholpunthin. 2017. *Cirolana phuketensis*, a new species of marine

isopod (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) from the Andaman sea coast of Thailand. **ZooKeys** 695(2): 1-17. <https://doi.org/10.3897/zookeys.695.13771>.

- **ไม่มีเลข DOI (Digital Object Identifier)**

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่ตีพิมพ์./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./ปีที่หน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด./[Online]./Available [http://www.xxxxxxxxxx/\(วันที่สืบค้น\)](http://www.xxxxxxxxxx/(วันที่สืบค้น)).

Hasler, K., S. Bröring, S.W.F. Omta and H.W. Olf. 2015. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. **European Journal of Agronomy** 69: 41-51. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.06.001> (March 20, 2020)

4. แหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

ผู้แต่งหรือผู้รับผิดชอบ./ปีที่บันทึกข้อมูล./ชื่อเรื่อง./[ระบบออนไลน์]./แหล่งที่มา/ระบุแหล่งการติดต่อเครือข่าย หรือการถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล ชื่อแฟ้มข้อมูล/(เดือน/วันที่/ปี ที่ค้นข้อมูล).

Maythyanon, T., N. Piriyaungroj and S. Sponarit. 2004. Novel vortex-fluidized bed combustor with two combustion chambers for rice-husk fuel. **SJST** 26(6): 875-893. [Online]. Available <http://www2.psu.ac.th/PresidentOffice/EduService/Journal/Firstpage.htm> (September 22, 2005). [in Thai]

National Economic and Social Development Board (NESDB). 2001. **Input-output tables of Thailand**. [Online]. Available <http://www.nesdb.go.th> (August 8, 2001).

Singh, M. and R.P. Singh. 2001. **Siderophore producing bacteria-as potential biocontrol agents of mushroom disease**. [Online]. Available <http://www.uio.no/conferences/June2000.htm#Samuels> (July 3, 2001).

Guide for Authors

Manuscripts submitted for publication should be of high academic merit and are accepted on condition that they are contributed solely to the Journal of Agricultural Research and Extension. Manuscripts, parts of which have been previously published in conference proceedings, may be accepted if they contain additional material not previously published and not currently under consideration for publication elsewhere.

Submission of a multi-authored manuscript implies the consent of all the participating authors. All manuscripts considered for publication will be peer-reviewed by at least 3 independent referees.

Submission checklist

Manuscript submission must include title page, abstract, keywords, text, tables, figures, acknowledgments, reference list and appendices (if necessary). The title page of this file should include the title of the article, full names, official name and affiliations of all authors, E-mail address, telephone and fax numbers and full postal address of the corresponding author.

Preparation and Submission of Manuscripts

Authors submitting manuscripts for consideration for publication should follow the following guidelines.

1. Manuscript texts must be written using high-quality language. For non-native English language authors, the article should be proof-read by a language specialist before it is sent to Journal.

2. Manuscript texts should not exceed than 10 pages and the combined number of figures and tables. The inclusion of more figures and tables will reduce the word allowance, and vice versa.

3. The manuscript text and tables should be created using Microsoft Word.

4. Manuscript texts should be prepared single column, with sufficient margins (1.0 inch) for editorial and proof-reader's marks. 15 pt TH Sarabun NEW font should be used throughout and all pages numbered consecutively.

5. Abstracts should not exceed than 200 words. About 5 keywords should also be provided.

6. All measures in the text should be reported in abbreviation

7. Tables and figures should each be numbered consecutively.

8. Acknowledgments should be as brief as possible, in a separate section before the references, not in the text or as footnotes.

9. Citations of published literature in the text should be given in the form of author and year in parentheses; (Hoffmann *et al.*, 2001), or, if the name forms part of a sentence, it should be followed by the year in parenthesis; Hoffmann *et al.* (2001). All references mentioned in the reference list must be cited in the text, and vice versa. The references section at the end of the manuscript should list all and only the references cited in the text in alphabetical order of the first author's surname. The following are examples of reference writing.

Reference to a journal article:

Chowdhury, M.A.H., R. Begum, M.R. Kabit and H.M. Zakir. 2002. Plant and animal residue decomposition and transformation of S and P in soil. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 5: 736-739.

Reference to article or abstract in a conference proceedings:

Coates, J. 2013. Clinical Trial for Canine Degenerative Myelopathy. pp. 29-31. **In Proceedings of ACVIM Specialty Symposium (Pre-forum) 12-15 June 2013**. Seattle: American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM).

Reference to a book:

Rajeshwar, K. and J.G. Ibanez. 1997. **Environmental Electrochemistry**. San Diego: Academic Press. 327 p.

Reference to an edited book:

Hill, S.E. 1996. Emulsions. pp. 153-185. **In** Hall, G.M. (ed.). **Methods of Testing Protein Functionality**. London: Chapman & Hall.

Reference to journal online:

Rodcharoen, E., N.L. Bruce and P. Pholpunthin. 2017. *Cirolana phuketensis*, a new species of

marine isopod (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) from the Andaman sea coast of Thailand. **ZooKeys** 695(2): 1-17. <https://doi.org/10.3897/zookeys.695.13771>.

Hasler, K., S. Bröring, S.W.F. Omta and H.W. Olf. 2015. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. **European Journal of Agronomy** 69: 41-51. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.06.001> (March 20, 2020)

Reference to an electronic data source (used only when unavoidable): Supplier/Database name (Database identifier or number)/Item or accession number (Access date) should be included National Economic and Social Development Board (NESDB). 2001. **Input-output tables of Thailand**. [Online]. Available <http://www.nesdb.go.th> (August 8, 2001).

10. Submission of manuscript must conform to the format of the Journal of Agricultural Research and Extension and cover letter to the editor. All should be directed to the editor at the <http://tc-thaijo.org/index.php/MJUJN/index>

การส่งต้นฉบับ การตรวจสอบเบื้องต้น และการแก้ไข

1) ส่งไฟล์ต้นฉบับ ให้มีรายละเอียดครบตรงตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ และส่งพร้อมใบลงทะเบียนวารสาร โดยส่งผ่านระบบ ThaiJo ของวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร หรือลิงค์ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index> เท่านั้น

2) กองบรรณาธิการจะพิจารณาบทความเบื้องต้น ในกรณีที่ต้องแก้ไขจะแจ้งให้เจ้าของบทความทำการแก้ไขก่อนนำส่งต่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาในลำดับต่อไป สำหรับบทความที่ไม่ได้รับการพิจารณาให้ดำเนินการต่อจะส่งต้นฉบับคืนให้เจ้าของบทความ

3) บทความที่ได้รับการพิจารณาจากกองบรรณาธิการให้ดำเนินการต่อ จะได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ อย่างน้อยบทความละ 3 ท่าน ที่เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับบทความนั้น ๆ และบทความที่ได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะส่งข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ พร้อมทั้งต้นฉบับให้เจ้าของบทความปรับปรุงแก้ไข

4) บทความที่ได้รับการตีพิมพ์จะมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ที่ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index>

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

Honorable Consultants: President of Maejo University
Vice President (Asst. Prof. Dr. Suriyajas Techatunminasakul)
Director, The Office of Agricultural Research and Extension
Vice Director – Academic Service
The Office of Agricultural Research and Extension
Vice Director – Research Affairs
The Office of Agricultural Research and Extension
Vice Director – Administration
The Office of Agricultural Research and Extension

Editor-in Chief: Assoc. Prof. Dr. Kriangsak Sri-Ngernyuang

Associate Editor: Asst. Prof. Dr. Witchaphart Sungpalee

Assistant Editor: Asst. Prof. Dr. Sutteera Hermhuk
Dr. Chuthamat Atnaseo

Editorial Board:	Prof. Emeritus Dr. Savitree	Limtong	Kasetsart University
	Prof. Dr. Dokrak	Marod	Kasetsart University
	Prof. Dr. Uthairat	Na-Nakorn	Kasetsart University
	Prof. Dr. Alissara	Reungsang	Kasetsart University
	Prof. Dr. Chatchai	Ngernsaengsaruy	Kasetsart University
	Assoc. Prof. Dr. Pichai	Tongdeelert	Kasetsart University
	Assoc. Prof. Dr. Skorn	Koonawootrittriron	Kasetsart University
	Prof. Dr. Monchai	Duangjinda	Khon Kaen University
	Assoc. Prof. Dr. Sakkarin	Nonthapot	Khon Kaen University
	Assoc. Prof. Dr. Boonmee	Siri	Khon Kaen University
	Assoc. Prof. Dr. Pongsakorn	Suppakittpaisarn	Chiang Mai University
	Assoc. Prof. Dr. Wallratat	Intaruccomporn	Chiang Mai University
	Asst. Prof. Dr. Piyawan	Suttiprapan	Chiang Mai University
	Assoc. Prof. Dr. Wipharat	Chuachud Chaiyasith	Naresuan University
	Assoc. Prof. Dr. Jaruntorn	Boonyanuphap	Naresuan University
	Assoc. Prof. Dr. Narit	Taochan	Prince of Songkla University
	Prof. Dr. Arnat	Tancho	Maejo University
	Assoc. Prof. Dr. Teeka	Yothapakdee	Maejo University
	Assoc. Prof. Dr. Siriwat	Sakhonwasee	Maejo University
	Assoc. Prof. Dr. Jukkaphong	Poungngamchuen	Maejo University
Assoc. Prof. Dr. Doungporn	Amornlerdpison	Maejo University	
Assoc. Prof. Dr. Jongkon	Promya	Maejo University	
Asst. Prof. Dr. Kanjana	Narkprasom	Maejo University	
Asst. Prof. Dr. Sureewan	Mekkamol	Maejo University	
Asst. Prof. Dr. Piyanuch	Niamsup	Maejo University	

Proofreading and Language Editing Division Mrs. Thipsuda Pookmanee Dr. Junpen Sara

Operation committee: Ms. Ranrana Kayun Ms. Ampar Sansai
Mr. Kiattisak Tasoon

Journal of Agricultural Research and Extension is a scholarly publication of the Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University. It is dedicated to the dissemination of research and academic articles in the fields of agriculture, food, health, and the environment, as well as agricultural innovation and extension. The journal is published three times per year as an online journal, with ISSN 2985-0118 (Online). All submitted manuscripts undergo a rigorous peer-review process by at least three qualified reviewers. Contact with the Journal should be address to:

The Editor, Journal of Agricultural Research and Extension
Academic Services Administration Division, Office of Agricultural Research and Extension
Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

Tel: +66-53-87-3411

E-mail: Mju_journal@gmaejo.mju.ac.th

Web site: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index>



JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

Office of Agricultural Research & Extension
Maejo University

Vol. 42 No. 2 May – August 2025

ISSN 2985-0118 (Online)

Comparison on Growth, Yield and Total Lactone Content of Different <i>Andrographis paniculata</i> Varieties Grown in Lysimeter Tank Parinyawadee Sritontip, Chiti Sritontip, Seksan Wongsiri, Manassawee Wangchailerd and Butsarin Boontem	1-9
Influence of Plastic Film Covering Plant Colored on Growth Quality and Yield of Lettuces Jarinya Rittiram and Arak Tira-umphon	10-24
Seed Physiological Maturity of 3 Varieties of Nakhon Phanom Local Chili Chadchawarn Sangrit and Kitiya Phangyotha	25-35
Correlation between Pollen Viability, Germination and Weather Conditions with Fruit Set in ‘Seedless’ ‘Den Khun Wang’ and ‘Bangkok Apple’ Guavas Thanitsorn Wannasri, Chalerm Sri Nontaswatsri and Theeranuch Jaroenkit	36-49
The Effect of Pretreatment Period and 2,4-D Concentration on Anther Culture of Pepper Hybrid ‘Pak Klong’ Pornpanuch Meekul, Wattananikorn Theppota, Tassanee Duangyam and Sasitron Vorapitirangsi	50-59
Effects of the Shelf Life of Organic Seed Coating Formulations on the Physical Characteristics and Quality of Tomato and Collard Green Seeds Nararat Thawong, Sutteera Hermhuk, Chatsuda Phuakjaiphaeo Jiraporn Inthasarn and Jakkrapong Kangsopa	60-74
Evaluation of Eighteen Thong Lanna Pumpkin Varieties Chanulak Khanobdee, Pattharaporn Srisamattakarn and Pornpana Jinawong	75-84
Guidelines for Evaluating the Efficiency of Biochar in Reducing Soil Acidity Podjane Sangmanee	85-96
The Application of Multispectral Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Evaluating the Yield of Vegetable Soybean at the Chiang Mai Agricultural Research Center Panumas Wetchakorn, Sopit Jaipala, Jongrak Phunchaisri, Preecha Kaphet Jiraporn Inthasarn, Vassana Virunrat and Chackapong Chaiwong	97-105
Application of Near Infrared Spectroscopy to Detect Infestation of Sweet Potato Weevil (<i>Cylas formicarius</i>) in Purple Sweet Potatoes (<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.) Kawinthida Suksai, Panichat Theanjumpol, Phonkrit Mantwara Phuangphet Hemrattakul and Pimjai Seehanam	106-118
Effects of Different Stocking Densities on Growth Performance and Survival Rate of Young Mountain Crab (<i>Potamon</i> sp. V) (Naiyanetr, 1998) Kittisak Puycha, Sakesan Chinwang, Parinya Moonsin, Prakrit Samarkra Khitsada Buranarom and Kitti Wirunpan	119-128
Model of Using New Media for Extension and Development of Marine Shrimp Culture in Thailand Ploypapas Wiriyathadasak, Sineenuch Khrutmuang Sanserm, Bumpen Keowan and Nithi Choocherd	129-146
Stability of Natural Colorants and Qualities of Frozen Tub Tim Grob during Storage Natthapong Mungmueang, Juthawat Uchupaj, Nipada Thothong Panida Phuangninnoi, Wiwat Wangcharoen and Theerapol Senphan	147-160
Development of Grey Hair Coverage Mild Shampoo from Herbal Extracts with <i>Oryza sativa</i> L. and <i>Sesamum indicum</i> L. Extracts Sanipon Chanburee, Pruchyachai Chamchoi, Yanisa Chindaluang and Thanapon Kitpot	161-174
Influence of Whipping Speed on Properties of Natural Rubber Latex Foam Filled with Longan Shell Aroonsri Aiemrum and Darinya Moonchai	175-185
Agricultural Water Resource Risks from Rainfall Variability in the Upper Mae Pae Watershed, Chom Thong District, Chiang Mai Orathai Mingthipol, Yotsarun Srisuk, Wittaya Duangthima, Yutthaphum Phaojinda Phithakphong Baengthid, Kittipong Ruenwong and Surapong Techa	186-198
Risk Assessment of Drought on Mango Planting Areas Using Potential Surface Analysis Technique, Maepang Sub-district, Phrao District, Chiang Mai Province Suttipong Srichattajai, Chackapong Chaiwong, Pariwate Varnakovidia and Wassana Wiroonrat	199-210
Factors Influencing Farmers' Satisfaction towards Printed Media for the Technology Transfer of Turmeric Production in Paphayom District, Phatthalung Province Saowanee Lekbangpong, Apinya Ratanachai and Tassanee Khawniam	211-221
Readiness of Physical Assets for Development in Maejo Agriculture and Food Innovation District Phithakphong Baengthid, Orathai Mingthipol, Yotsarun Srisuk, Wittaya Duangthima and Panawat Sutthigoonchorn	222-236
Guideline for Developing to Upgrade Farmers Producing Safe Agricultural Products to be Smart Farmers Based on the BCG Model Nitipat Pattanachatchai, Petcharat Promatar, Napapan Pattanachatchai Suwannee Sunhrun and Tortrakul Meadnok	237-253

AGRI-RESEARCH
& EXTENSION
JOURNAL