วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีที่ 43 ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม 2569 ISSN 2985-0118 (Online)

Agri. RESEARCH & EXTENSION

ผลของสารกระตุ้นชีวภาพจากสาหร่ายน้ำจืดต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศพันธุ์ราชินีในโรงเรือน
สุรชาติ สินวรณ์ ทิพาวรรณ วรรณชัณห์ และณัฐบดี วิริยาวัฒน์ 1-17

ศักยภาพในการปลูกและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ใบหม่อนของเกษตรกรผู้ปลูกหม่อน จังหวัดมุกดาหาร
ไกรศรี ศรีทัพไทย จันทิมา พรหมเกษ และพิเชษฐ เวชวิฐาน 18-28

อิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแคนนาบิไดออลของกัญชงสายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ที่ปลูกในโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ
วัชรินทร์ จันทวรรณ์ อรพินธุ์ สฤษดิ์นำ ศศิมา คเณชาบริรักษ์ เสกสรร สงจันทึก และวินัย วิริยะอลงกรณ์ 29-42

การส่งเสริมกัญชงเป็นพืชทางเลือกเพื่อบรรเทาปัญหาไฟป่าและเสริมสร้างรายได้: กรอบแนวคิดการออกแบบเชิงนโยบายจังหวัดแม่ฮ่องสอน
สุทัศน์ จารุมณี สุพจน์ บุญแรง วรจิตต์ เศรษฐพรรค์ พันธ์ลพ สินธุยา และอภินันท์ สุวรรณรักษ์ 43-61

องค์ประกอบทางเคมีของผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแลที่ปลูกในประเทศไทย
ดรุณี นาคเสวี พิมพ์ใจ สีหะนาม พลกฤษณ์ มณีวระ และวิมลฉัตร สมนิยาม 62-79

องค์ประกอบทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเมล็ดแตงไทยในจังหวัดเชียงใหม่
นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ ภาวิณี อารีศรีสม และกอบลาภ อารีศรีสม 80-93

การเปรียบเทียบตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดทริปแทนทรินจากใบห้อมสายพันธุ์ *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze
ณัฐพร จันทร์ฉาย ทรงอำนาจ พงษ์สมบูรณ์ และอัญศญา บุญประจวบ 94-104

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โรงเรียนในเมืองสู่การเป็นเมืองสีเขียว กรณีศึกษาเทศบาลเมืองแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ลักษณา สัมมานิธิ สุธีระ เหิมฮึก และพรทิพย์ จันทราช 105-120

ประสิทธิภาพของพลาสมาระดับความดันบรรยากาศในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในพริก
วีรนันท์ ไชยมณี กุลดา ธยาธรรม ต่อลาภ คำโย วันทนีย์ แพงศรี และธรรมนูญ บุญมี 121-136

การพัฒนาต้นแบบสารชีวภัณฑ์ในรูปแบบอัดเม็ดจากวัสดุเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร (ขี้เลื่อยยางพาราและซังข้าวโพด) ผสมเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis*
ฮุสนา ตีมุง อัญรินทร์ ภูมีสุข ซูไฮมิน เจ๊ะมะลี และนริศรา ดารากัย 137-150

การพัฒนาสูตรอาหารจากสาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่ออนุบาลปูนาเชิงพาณิชย์
จงกล พรมยะ ชนกันต์ จิตมนัส จอมสุดา ดวงวงษา อานุภาพ วรรณคนาพล และวาธิณี อินทรพงษ์นุวัฒน์ 151-163

ผลของการแทนที่ไข่ด้วยโปรตีนถั่วเหลืองต่อคุณลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกง
จินตนา สังโสภา สุทธิชัย น้อยช่อ สุชาดา เวที อัจฉริยะกูล พวงเพ็ชร์ พรอริยา ฉิรินัง นราธร สัตย์ซื่อ ศจีมาศ นันตสุคนธ์ และสุภาพร พุ่มรื่ว 164-181

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง
ธิดารัตน์ จุทอง วิศาล อดทน สุปรีย์ยา เทพรักษ์ ศรัณญภัส รักศีล และเสาวณีย์ เล็กบางพง 182-194

การประเมินระดับความรู้และการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหารของเกษตรกรในพื้นที่ 4 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ศุภชัย สุทธิเจริญ จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย เสาวลักษ์ สุทธิเจริญ ชุลีวัลย์ ธัญญศิรินนท์ และนุชนภา ประทุมไชย 195-210

การวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทาน พฤติกรรมผู้บริโภค ส่วนประสมทางการตลาด และแนวทางเชิงกลยุทธ์เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียวของชุมชนคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
สุรินทร์ภรณ์ ศรีอินทร์ นันทิภา พันธุ์สวัสดิ์ ปณิธาน แก้วจันทวี นวพร วรรณวิศาล และชนนิกานต์ หลวงพิทักษ์ 211-225

การประเมินผลโครงการท่องเที่ยวเชิงอาหารของจังหวัดจันทบุรีต่อการยกระดับองค์ความรู้ มาตรฐานการผลิตและโอกาสทางการตลาดของเกษตรกร
พัชรี ปรีเปรมโมทย์ นรินทร์ เจริญพันธ์ กัลยารัตน์ เขี่ยวชาญ ธนพล พุกเส็ง และวศิน ยุวนะเตมีย์ 226-241

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดการผลผลิตยางพาราตามหลักสภาพิทักษ์ป่า (FSC) ของสหกรณ์กองทุนสวนยาง บ้านคลองช้าง จำกัด อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา
ไพร สุดจิตร์ มิลินภัทท์ บุญคงมา บัญชา สมบูรณ์สุข ไชยยะ คงมณี และระวี เจียรวิภา 242-265

โอกาสทางการตลาดของเนื้อไก่พื้นเมืองลูกผสม (ไก่ขาวดอกแค): พฤติกรรมผู้บริโภคและคุณภาพทางประสาทสัมผัส
จิระนาถ รุ่งช่วง ณปภัช ช่วยชูหนู และจรีวรรณ จันทร์คง 266-278

การบูรณาการเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม: กรณีศึกษา ชุมชนบ้านไผ่ขวาง ตำบลเขาพระงาม อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี
ขวัญชัย ชัยอุดม 279-293

การวิเคราะห์การตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปิยะ พละปัญญา จักรพงษ์ พวงงามชื่น และธีรภัทร์ จุ่มปี่ 294-306

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

ที่ปรึกษา อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยจรัส เตชะตันมีนสกุล)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการ

รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย

รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริหาร

บรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง

รองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชญ์ภาส สังพาลี

บรรณาธิการผู้ช่วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหิมฮึก

อาจารย์ ดร.จุฑามาศ อาจนาเสียว

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สาวิตรี	ลิ่มทอง	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	คุณวุฒิฤทธิรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย	ดวงจินดา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ศักรินทร์	นนทพจน์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญมี	ศิริ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.พงศกร	ศุภกิจไพศาล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์	อินทรัคคัมพร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวรรณ	สุทธิประพันธ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์	เชื้อชวด ชัยสิทธิ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.จรัณธร	บุญญานุภาพ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.นริศ	ท้าวจันทร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ศาสตราจารย์ ดร.อานัฐ	ตันโช	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.ทีฆา	โยธาภักดี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์	สาครวาสี	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	เนียมทรัพย์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ฝ่ายตรวจสอบพิสูจน์อักษรและปรับแก้ไขภาษา นางทิพย์สุดา ปุกมณี ดร.จันทร์เพ็ญ สะระ

ฝ่ายจัดทำวารสารฯ นางสาววัญรณา ขยัน นางสาวอัมภา สันทราย

นายเกียรติศักดิ์ ทาสูน

จัดทำโดย กองบริหารงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

โทรศัพท์ 0-5387-3411 **E-mail**: Mju_journal@gmaejo.mju.ac.th

Web site: https://li01.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index

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

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 1-17

ผลของสารกระตุ้นชีวภาพจากสาหร่ายน้ำจืดต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศพันธุ์ราชินีในโรงเรือน

Effects of Bio-stimulants from Freshwater Algae on Growth of Cherry Tomato in Greenhouse

สุรชาติ สินวรณ์ ทิพาวรรณ วรรณขัณฑ์ และณัฐบดี วิริยาวัฒน์*

Surachat Sinworn, Tipawan Wanakun and Nuttabodee Viriyawatana*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพฯ 10700

Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok, Thailand 10700

*Corresponding author: nutta_v@hotmail.com

**ORCID iD: https://orcid.org/0000-0002-0447-943X

Received: *July 21, 2025*

Revised: *May 29, 2026*

Accepted: *June 11, 2026*

Abstract

This study aimed to investigate the effects of freshwater algal extract as a biostimulant on the growth and yield of cherry tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivated under controlled greenhouse conditions subjected to heat stress (35.0–39.0°C). The experiment was conducted in a closed greenhouse with full sunlight exposure and restricted ventilation to simulate high-temperature stress conditions. A randomized complete block design (RCBD) was employed with four treatments and three replications. The treatments consisted of (1) distilled water as the control (T0), (2) 5 mL algal extract per 1,000 mL water (T1), (3) 10 mL algal extract per 1,000 mL water (T2), and (4) 15 mL algal extract per 1,000 mL water (T3). All treatments received a basal chemical fertilizer (15-15-15) at a rate of 15 g per 20 L of water, applied every three days. Growth and yield parameters were recorded, including plant height, root length, number of flower clusters per plant, number of fruits per cluster, and total number of fruits per plant. Data were collected from 20 plants per subplot. Leaf chlorophyll content and leaf nitrogen concentration were measured using six leaves per plant. Observations were conducted at 15-day intervals after transplanting (15, 30, 45, and 60 days). Total soluble solids (TSS) was determined at 80 days after transplanting. At harvest, fruit samples were analyzed for amino acid content using an in-house method based on AOAC (1989), and for essential nutrients (N, P, K) using an in-house method based on AOAC (2019). Foliar application of the algal biostimulant was performed four times: at 20 days after transplanting, at the early flowering stage, at the early fruit set stage, and 10 days after the third application. The results demonstrated that treatment T2 significantly ($p<0.05$) outperformed all other treatments across all measured parameters. The highest mean plant height (103.9±2.7 cm), root length at 45 days after transplanting (26.7±1.1 cm), total fruit number per plant (807.0±3.8 fruits), total soluble solids (9.00±0.00°Brix), and leaf chlorophyll content (39.9±0.4 SPAD) were observed under T2. This was followed by T3 and T1, while the control (T0) showed the lowest performance, with all parameters

being approximately 1.5–1.6 times lower. In conclusion, foliar application of freshwater algal extract at 10 mL per 1,000 mL (T2) represents the optimal concentration for enhancing the growth performance and yield of cherry tomato under heat stress conditions.

Keywords: biostimulants, spirogyra extract, tomato

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากสาหร่ายน้ำจืดในการออกฤทธิ์เป็นสารกระตุ้นชีวภาพในการต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศพันธุ์ราชินีในโรงเรือนปิดที่มีสภาวะความเครียด เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิ 35.0–39.0°ซ) โดยการปลูกในบริเวณโรงเรือนที่มีการเปิดรับแสงแดดเต็มที่ตลอดวันและปิดระบบระบายอากาศในโรงเรือน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) เป็น 4 ตำรับการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) น้ำเปล่า (control) (T0) 2) สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 5 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T1) 3) สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 10 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T2) 4) สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 15 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T3) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 15 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ให้ทุก 3 วันต่อครั้ง โดยบันทึกข้อมูลความสูงของต้นมะเขือเทศพันธุ์ราชินี ความยาวรากของต้นมะเขือเทศ จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนผลต่อช่อ จำนวนผลต่อต้น โดยบันทึกผลจำนวน 20 ต้นต่อแปลงย่อย ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศและปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศ โดยใช้จำนวน 6 ใบต่อต้น จำนวนผลต่อต้น บันทึกผลทุก 15 วันหลังวันย้ายปลูก มะเขือเทศอายุ 15, 30, 45 และ 60 วัน และมีการวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด โดยใช้ผลมะเขือเทศเมื่ออายุ 80 วันหลังย้ายปลูก จากนั้นเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งหมด นำไปวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนตามวิธีการ In-house Method Based on AOAC (1989) และธาตุอาหารสำคัญแก่พืชประกอบด้วยไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ตามวิธี In-house Method Based on AOAC (2019) ผลการทดลองเมื่อฉีดสารกระตุ้นชีวภาพจากการสังเคราะห์สาหร่ายน้ำจืดที่มีการฉีดพ่น จำนวน 4 ครั้ง ในช่วง 20 วันหลังปลูก (การฉีดพ่นครั้งแรก) ฉีดพ่นครั้งที่สองในระยะเริ่มติดดอก ฉีดพ่นครั้งที่สามในระยะเริ่มติดผล และฉีดพ่นครั้งที่สี่ในระยะ 10 วันหลังจากการฉีดพ่นครั้งที่สาม โดยพบว่าตำรับการทดลอง T2 ให้ค่าเฉลี่ยผลการทดลองที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ในส่วนความสูงของต้นเฉลี่ยเท่ากับ 103.9±2.7 ซม. ความยาวรากของต้น 45 วันหลังปลูกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.7±1.1 ซม. จำนวนผลผลิตต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 807.0±3.8 ผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลมะเขือเทศราชินีเฉลี่ยเท่ากับ 9.00±0.0°brix และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเฉลี่ยเท่ากับ 39.9±0.4 SPAD รองลงมาคือ ตำรับการทดลอง T3 ตามมาด้วยตำรับการทดลอง T1 และสูงกว่าตำรับการทดลอง T0 ผลการตอบสนองทุกพารามิเตอร์ต่ำที่สุด อยู่ในช่วง 1.5–1.6 เท่า ดังนั้น การฉีดพ่นตามอัตราส่วนของตำรับการทดลอง T2 สามารถทำให้การเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศและเพิ่มผลผลิตมะเขือเทศพันธุ์ราชินีได้ดี

คำสำคัญ: สารกระตุ้นชีวภาพ สาหร่ายน้ำจืด มะเขือเทศ

บทนำ

การพัฒนาและปรับปรุงสารกระตุ้นชีวภาพเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช กลายเป็นสิ่งสำคัญต่อเกษตรกรที่ต้องใช้ดูแลพืช เนื่องจากสภาพแวดล้อมในปัจจุบันมีปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียดต่าง ๆ จาก

ธรรมชาติซึ่งทำให้การเจริญเติบโตของพืชช้าลง โดยเฉพาะอากาศที่มีความร้อนเพิ่มขึ้นของโลกซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงกับการเกษตรและแหล่งน้ำ ส่งผลเสียหายต่อกิจกรรมทางการเกษตรอย่างมาก เช่น พื้นดินขาดความชุ่มชื้น พืชขาดน้ำ พืชชะงักการเจริญเติบโต ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำ รวมถึงปริมาณลดลง ทำให้ต้องมีการพัฒนาสารที่มีบทบาทเป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตให้พืชยังสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ ภายใต้ตามสภาพแวดล้อมนั้น ๆ โดยมะเขือเทศพันธุ์ราชินีเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกากลางและอเมริกาใต้ โดยแหล่งที่พบมักอยู่บนภูเขาที่สูงกว่า 2,000 เมตร จึงเป็นพืชที่ต้องการอากาศค่อนข้างเย็นในการติดผล (Chetelat *et al.,* 2009) หลังจากนั้นมะเขือเทศแพร่กระจายไปยังเขตอบอุ่นในทวีปยุโรป อเมริกาเหนือและเอเชีย ผ่านการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์จนกลายเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ และปลูกกันอย่างแพร่หลายมาเป็นระยะเวลายาวนาน (Beeby and Evans, 2025) ดังนั้นพันธุ์มะเขือเทศพันธุ์ราชินีที่นำมาปลูกในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ ซึ่งมีอากาศค่อนข้างร้อนเกือบตลอดทั้งปี จึงประสบปัญหาดอกร่วงไม่ติดผลเนื่องจากอุณหภูมิสูงเกินไป และพบการเข้าทำลายของศัตรูพืชอย่างรุนแรง (Furtak and Wolińska, 2023) อย่างไรก็ดี ประเทศไทยโดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีช่วงอากาศเย็นในฤดูหนาวพอที่จะปลูกมะเขือเทศให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีเช่นกัน แต่จะต้องเลือกพันธุ์ปลูกที่สามารถปรับตัวได้ดีและเข้าใจวิธีการจัดการให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นนั้น ๆ (Tepe *et al.,* 2022)

สภาพอากาศในประเทศไทยส่วนใหญ่ค่อนข้างเป็นอากาศที่ร้อนจึงทำให้เป็นปัญหาต่อเกษตรกรในการปลูกมะเขือเทศพันธุ์ราชินี เนื่องจากมะเขือเทศต้องการภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิกลางวันเหมาะสมที่ 25–30°ซ และกลางคืน 16–20°ซ และธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในสัดส่วนที่เหมาะสมตามระยะการเจริญเติบโตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี ถ้าไม่มีการจัดการสภาพแวดล้อมในการปลูกให้เหมาะสมก็อาจเกิดปัญหาความเครียดจากสภาพแวดล้อมต่อมะเขือเทศอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ สารกระตุ้นชีวภาพประเภทต่าง ๆ กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืชผลโดยสามารถลดต้นทุนการผลิตเพื่อสร้างรายได้เสริมสารกระตุ้นชีวภาพ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่ได้จากสาหร่ายทะเล *Ascophyllum modosum* อุดมไปด้วยสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืช เช่น ไซโตไคนิน (ประมาณ 10–200 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) และออกซิน (ประมาณ 5–50 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ ยังมีเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) (ประมาณ 0.5–3.2 ยูนิคต่อมิลลิกรัมโปรตีน) และโปรตีเอส (protease) (ประมาณ 0.2–1.5 ยูนิคต่อมิลลิกรัมโปรตีน) โปรตีนไฮโดรไลซ์ (ประมาณ 2–8% ของน้ำหนักแห้ง) และธาตุขนาดเล็กบางชนิดในระดับ 0.1–2% น้ำหนัก/ปริมาตร สำหรับธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม การฉีดพ่นสารกระตุ้นชีวภาพทางใบช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโตของทรงพุ่ม การสังเคราะห์แสง จำนวนผลต่อต้น และผลผลิตต่อผล การฉีดพ่นไบโอไซม์ซึ่งเป็นสารชีวภาพกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ที่มีองค์ประกอบของเอนไซม์ กรดอะมิโน ฮอร์โมนพืช ออกซิน (Auxin) ไซโตไคนิน (Cytokinin) และจิบเบอเรลลิน (Gibberellin) ใช้กับมะเขือเทศปริมาณ 2 มิลลิลิตรต่อลิตร ธาตุอาหารรองและจุลธาตุร่วมกับปุ๋ยทั่วไปทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Fathi, 2022)

นอกจากนี้ สารกระตุ้นชีวภาพ (bio-stimulants) ที่พัฒนาจากสาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทยก็มีศักยภาพเช่นกันในการลดความเครียดของพืช โดยเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ แม้ในสภาวะความเครียดทั้งทางชีวภาพและอชีวภาพ และยังช่วยลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มความยั่งยืนของระบบการผลิตทางการเกษตรและพืชสวน

รวมถึงปรับปรุงคุณภาพและปริมาณอาหารสำหรับประชากรโลกที่กำลังเติบโตอย่างต่อเนื่อง (Shahrajabian *et al.,* 2021) สาหร่ายน้ำจืดมีสารอาหารหลากหลายชนิด เช่น โพแทสเซียม (1.14% น้ำหนัก/ปริมาตร) โบรอน (0.91%) สังกะสี (1.36%) คลอรีน (1.48% น้ำหนัก/ปริมาตร) และสารควบคุมการเติบโต เช่น ออกซิน ไซโตไคนิน จิบเบอเรลลิน และบีเทน สำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของผักและผลไม้ พร้อมด้วยสารธรรมชาติที่ช่วยคลายเครียด เช่น อัลจิเนต แมนนิทอล พอลีแซ็กคาไรด์จากทะเล เช่น ลามินาริน และโพลีฟีนอล (Carrasco-Gil *et al*., 2021) แนะนำให้ใช้ทางใบในช่วงออกดอกและระยะติดผลต่าง ๆ เพื่อเพิ่มคุณภาพของผลผลิต มีประโยชน์ในการเสริมสร้างความทนทานต่อความเครียดของพืชผล และเพิ่มคุณภาพของผลไม้ ผัก และดอกไม้ เป็นต้น การนำสาหร่ายมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์มีการทำเป็นประจำทุกปี โดยจะถูกใช้เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและเป็นปุย การศึกษาการใช้สาหร่ายน้ำจืด (spirogyra) เป็นสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดียว พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำจืด ลำธาร แม่น้ำ หนอง บึง มีลักษณะเป็นเส้นยาว ๆ พันกันเป็นเกลียว สีเขียวเข้ม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10–20 ไมครอน สาหร่ายน้ำจืดเป็นสาหร่ายที่สามารถสร้างอาหารได้เองจากการสังเคราะห์ด้วยแสง สาหร่ายชนิดนี้จึงมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เป็นแหล่งผลิตออกซิเจนและเป็นแหล่งอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ ประโยชน์ของสาหร่ายน้ำจืดต่อพืช ได้แก่ เป็นแหล่งอาหาร สาหร่ายน้ำจืดสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับพืชได้ โดยมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จึงช่วยบำรุงพืชให้เจริญเติบโตได้ดีช่วยเพิ่มผลผลิต และมีสารอาหารที่จำเป็นต่อพืช เช่น กรดอะมิโน ฮอร์โมนพืช และสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น สารอาหารเหล่านี้มีส่วนช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชมีลำต้นแข็งแรง ใบเขียวเข้ม ออกดอกติดผลดี และสามารถต้านทานโรคและแมลงได้ดี และช่วยปรับปรุงคุณภาพผลผลิต

สาหร่ายน้ำจืดมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด (Ronga *et al*., 2019) สารเหล่านี้มีส่วนสำคัญในปรับปรุงคุณภาพของพืชได้ เช่น ทำให้พืชมีรสชาติหวานกรอบ หอม และอร่อยยิ่งขึ้น ลดต้นทุนการผลิต การใช้สาหร่ายน้ำจืดเป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับพืช อาจช่วยต้นทุนการผลิตได้ เนื่องจากสาหร่ายน้ำจืดเป็นสารธรรมชาติที่มีราคาไม่แพง เมื่อเทียบกับปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตรและยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นปุ๋ยชีวภาพเป็นสารธรรมชาติที่ย่อยสลายได้ง่ายและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ สาหร่ายน้ำจืดยังนิยมนำมาใช้เป็นสารปรับปรุงดินได้อีกด้วย โดยสามารถช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดินร่วนซุย ระบายน้ำได้ดีและสามารถกักเก็บน้ำและธาตุอาหารไว้ได้นานขึ้น (Kabato *et al*., 2025) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากสาหร่ายน้ำจืดในการออกฤทธิ์เป็นสารกระตุ้นชีวภาพ ต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศพันธุ์ราชินีในโรงเรือนปิดที่มีสภาวะความเครียดเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิ 35.0–39.0°ซ) โดยการปลูกในบริเวณโรงเรือนที่มีการเปิดรับแสงแดดเต็มที่ตลอดวันและปิดระบบระบายอากาศในโรงเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองภาคสนามของงานวิจัยนี้ดำเนินการในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2567 ณ ฟาร์มแตะขอบฟ้า วิสาหกิจชุมชนเฟรชฟิน อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี โดยการนำสาหร่ายน้ำจืดในพื้นที่แหล่งน้ำจังหวัดสุพรรณบุรี และทำการสกัดกรดอะมิโน และสังเคราะห์เป็นสารกระตุ้นชีวภาพโดยใช้เอทานอลเป็นตัวสกัด และทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักและรองตามวิธีการ In-house Method Based on AOAC (1989) และวิธี In-house Method Based on AOAC (2019) (Figure 1 and 2) แล้วนำมาทดลองฉีดสารกระตุ้นชีวภาพกับแปลงปลูกมะเขือเทศ โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

(Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ตำรับการทดลอง ได้แก่

ตำรับการทดลองที่ 1 น้ำเปล่า (control) (T0)

ตำรับการทดลองที่ 2 สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 5 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T1)

ตำรับการทดลองที่ 3 สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 10 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T2)

ตำรับการทดลองที่ 4 สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 15 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T3)

โดยตำรับการทดลองละ 3 ซ้ำ จำนวน 20 ต้นต่อแปลงย่อย (Figure 3A, 3B and 3C) โดยทุกตำรับการทดลองจะให้น้ำระบบท่อร่วมกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 และในตำรับการทดลอง T0, T1, T2 และ T3 ฉีดพ่นสารกระตุ้นชีวภาพจำนวน 4 ครั้ง ในช่วง 20 วันหลังย้ายปลูก (การฉีดพ่นครั้งแรก) ฉีดพ่นครั้งที่สองในระยะเริ่มติดดอกระยะ 30–45 วันหลังย้ายปลูก ฉีดพ่นครั้งที่สามในระยะเริ่มติดผล และฉีดพ่นครั้งที่สี่ในระยะ 10 วันหลังจากการฉีดพ่นครั้งที่สาม ปฏิบัติตามแนวทางปฏิบัติมาตรฐานในการจัดการพืชผลโดยสารกระตุ้นชีวภาพจากการสังเคราะห์สาหร่ายน้ำจืดจำนวน 100 มล. มีปริมาณของกรดอะมิโนต่าง ๆ ดัง Figure 1 และปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม แสดงผลการทดลองใน Figure 2

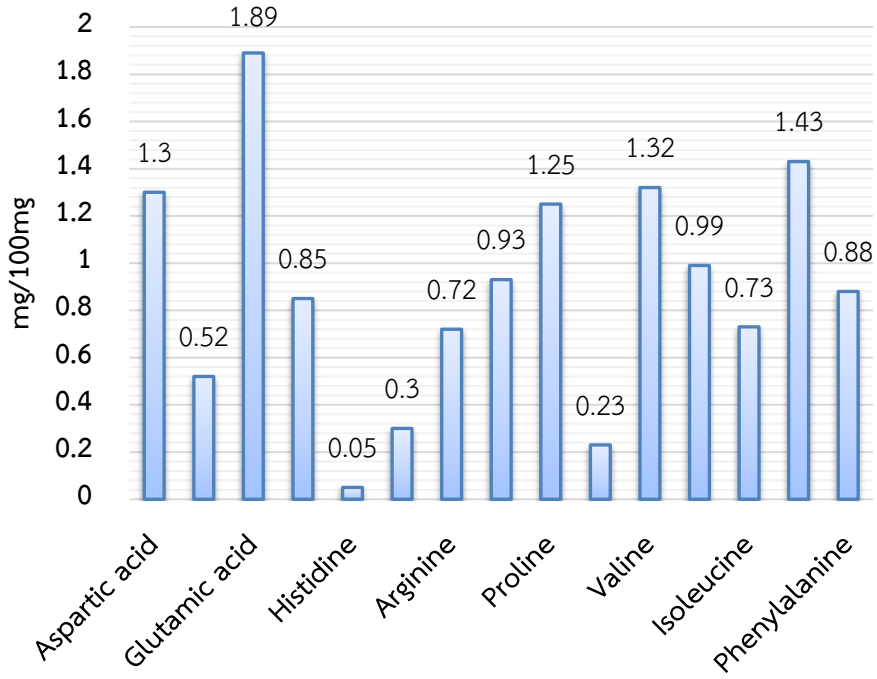


Figure 1 Amino acid composition of freshwater algae extract as determined by AOAC (1989) and AOAC (2019)

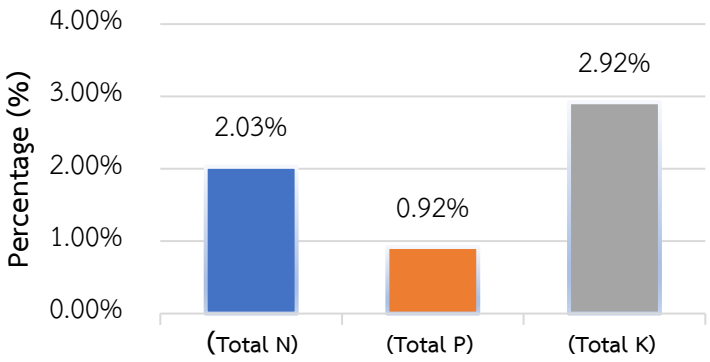


Figure 2 Nitrogen, phosphorus and potassium content of freshwater algae extract as determined by AOAC (1989) and AOAC (2019)

ทำการทดลองบนแปลงทดลองขนาด 4×10 ตารางเมตร ในสภาพโรงเรือน ต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์ราชินี อายุ 1 เดือน แล้วย้ายปลูกในแปลงในรูปแบบกระถางปลูกเพื่อลดอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกอื่น ๆ โดยการสุ่มเลือก 10 ต้นจากแต่ละแปลงย่อย เพื่อบันทึกการสังเกตเกี่ยวกับลักษณะการเจริญเติบโตที่อายุ 15, 30, 45 และ 60 วันหลังย้ายปลูก ได้แก่ ความสูงต้น ความยาวของราก จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนผลต่อช่อ จำนวนผลต่อต้น และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลมะเขือเทศ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศและปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศที่ระยะ 80 วันหลังย้ายปลูกตามวิธีดัดแปลงของ Sadasivam and Manickam (1996) จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์ข้อมูลตามเทคนิคความแปรปรวนตามการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Dancan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05



(A) **(B)** **(C)**

Figure 3 (A) outside of experimental greenhouse; (B) inside the greenhouse and (C) tomato growth measurement

ผลการวิจัย

ความสูงของต้นมะเขือเทศ

จาก Table 1 ผลการตอบสนองของแต่ละตำรับการทดลองต่อสารกระตุ้นชีวภาพที่สังเคราะห์จากสาหร่ายน้ำจืดในด้านความสูงของต้นมะเขือเทศ พบว่าลักษณะความสูงของต้นที่อายุ 30 และ 60 วัน พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และที่อายุ 60 วัน หลังย้ายปลูก ตำรับ T2 ให้ค่าความสูงมากกว่าทุกตำรับเท่ากับ 103.9±2.7 ซม. รองลงมาคือ ตำรับการทดลอง T3 ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.4±0.9 ซม. ตามลำดับ ตามด้วยตำรับการทดลอง T1 ส่วนตำรับการทดลอง T0 ในช่วงเวลา 30 และ 60 วันหลังย้ายปลูก พบว่าให้ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในช่วง 60 วันหลังย้ายปลูกให้ค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 61.9±0.6 ซม. ส่วนในช่วงเวลา 15 และ 45 วันหลังย้ายปลูกให้ค่าเฉลี่ยความสูงในแต่ละตำรับการทดลองไม่แตกต่างกัน โดยตำรับการทดลอง T2 ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.3±1.0 และ 62.7±3.6 ซม. ตามลำดับ ตามด้วยตำรับการทดลอง T3 และ T1 ส่วนตำรับการทดลอง T0 ให้ค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 7.0±0.5 และ 51.3 ±1.3 ซม. ตามลำดับ

Table 1 Effect of biostimulant treatments on the mean height of tomato plants at 15, 30, 45, and 60 days after transplanting

Treatment	Height (cm±SD)			
	15 days	**30 days**	**45 days**	**60 days**
T0	7.0±0.5$^{ns1/}$	31.3 ±1.9$^{c2/}$	51.3 ±1.3^{ns}	61.9±0.6^{d}
T1	11.7±0.6^{ns}	35.3±0.8^{b}	55.3±0.4^{ns}	65.7±1.4^{c}
T2	20.3±1.0^{ns}	39.3±0.3^{a}	62.7±3.6^{ns}	103.9±2.7^{a}
T3	13.5±1.0^{ns}	37.5±0.7^{a}	58.6±0.9^{ns}	78.4±0.9^{b}
CV (%)	**38.4**	**9.1**	**8.2**	**22.9**
t (t-value)	**2.31**	**2.47**	**9.69**	**7.49**

T0 = No bio-stimulant (control); T1= Freshwater algae extract 5 ml: 1,000 ml water; T2= Freshwater algae extract 10 ml: 1,000 ml water; T3 = Freshwater algae extract 15 ml: 1,000 ml water

1/ ns and * : Non significant and significant at the level 0.05, respectively

2/ Means with different letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ by DMRT.

SD = Standard deviation; CV = Coefficient of variation

ความยาวรากของต้นมะเขือเทศ

จาก Table 2 ผลการตอบสนองสารกระตุ้นชีวภาพที่สังเคราะห์จากสาหร่ายน้ำจืดต่อความยาวรากของต้นมะเขือเทศ พบว่าอายุต้นมะเขือเทศที่อายุ 15 และ 45 วันหลังย้ายปลูก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อายุที่ 15 วันหลังย้ายปลูก พบว่าตำรับการทดลอง T1–T3 มีความยาวของรากไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 12.6–13.4 ซม. และแตกต่างกับตำรับการทดลอง T0 อายุที่ 45 วัน หลังย้ายปลูก พบว่าตำรับการทดลอง T2 และ T3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 26.7 และ 24.3 ซม. ตามลำดับ

Table 2 Effect of biostimulant treatments on the mean root length of tomato plants at 15, 30, 45, and 60 days after transplanting

Treatment	Root length (cm±SD)			
	15 days	**30 days**	**45 days**	**60 days**
T0	11.6±0.8$^{a2/}$	16.5±0.5$^{ns1/}$	18.4±0.2^{a}	24.8±0.3^{ns}
T1	12.6±0.6^{b}	17.6±0.3^{ns}	22.1±2.5^{b}	28.8±1.0^{ns}
T2	13.4±0.3^{b}	19.3±0.3^{ns}	26.7±1.1^{c}	36.6±0.3^{ns}
T3	12.7±0.1^{b}	18.1±0.3^{ns}	24.3±0.7^{c}	33.7±1.0^{ns}
CV (%)	**6.3**	**6.1**	**14.8**	**15.3**
t (t-value)	**2.306**	**1.46**	**3.81**	**6.76**

T0 = No bio-stimulant (control); T1= Freshwater algae extract 5 ml: 1,000 ml water; T2= Freshwater algae extract 10 ml: 1,000 ml water; T3 = Freshwater algae extract 15 ml: 1,000 ml water

1/ ns and * : Non significant and significant at the level 0.05, respectively

2/ Means with different letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ by DMRT.

SD = Standard deviation; CV = Coefficient of variation

จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนผลต่อช่อ จำนวนผลต่อต้น และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลมะเขือเทศ

จาก Table 3 พบว่าลักษณะจำนวนผลต่อต้นและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ตำรับการทดลอง T2 มีจำนวนผลต่อต้นและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด และรองลงมา เท่ากับ 807.3 และ 356.9 ผล กับ 9.00 และ 7.66 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ส่วนผลการทดลองจำนวนช่อดอกต่อต้นและจำนวนผลต่อช่อ พบว่าตำรับการทดลอง T2 สูงที่สุด แต่ทุกตำรับการไม่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3 Effect of biostimulant treatments on the mean number of inflorescence, number of fruits inflorescence, number of fruits and °Brix of tomato plants

Treatment	Tomato plants aged 80 days after transplanted (day)			
	number of inflorescence	number of fruits inflorescence	number of fruits	°Brix
T0	2.7±0.6 ns1/	1.0±1.0ns	24.3±1.5a2/	5.67±0.6a
T1	6.3±0.6 ns	4.3±0.6ns	242.0±4.4b	7.33±0.6b
T2	10.0±1.0 ns	9.0±1.0ns	807.0±3.8d	9.00±0.0c
T3	7.7±0.6 ns	5.3±0.6ns	359.0±6.3c	7.66±0.6b
CV (%)	**42.4**	**42.6**	**83.0**	**17.7**
t (t-value)	**3.01**	**3.13**	**269.56**	**1.49**

T0 = No bio-stimulant (control); T1= Freshwater algae extract 5 ml: 1,000 ml water; T2= Freshwater algae extract 10 ml: 1,000 ml water; T3 = Freshwater algae extract 15 ml: 1,000 ml water

1/ ns and * : Non significant and significant at the level 0.05, respectively

2/ Means with different letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ by DMRT.

SD = Standard deviation; CV = Coefficient of variation

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศและปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศ

จาก Table 4 ผลการตอบสนองปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศ และปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศ ต่อสารกระตุ้นชีวภาพที่สังเคราะห์จากสาหร่ายน้ำจืดในแต่ละตำรับการทดลองในระยะ 60 วันหลังปลูก ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์มักจะอยู่ในระดับที่เสถียรและสูง เนื่องจากพืชมีพื้นที่ใบ (leaf area) ขยายเต็มที่เพื่อสะสมอาหารส่งไปยังดอกและผลที่เริ่มก่อตัว (Ali *et al.,* 2021) โดยวัดที่ตำแหน่งใบที่ 3 หรือ 4 จากยอด บริเวณกลางใบ ซึ่งตำรับการทดลองมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ($p<0.05$) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตำรับการทดลองที่ T2 และ T3 ให้ค่าสูงที่สุด และรองลงมา เท่ากับ 39.9±0.4 และ 33.4±0.9 ดัชนีเอสแพด (SPAD) ตามลำดับ ตามมาด้วยตำรับการทดลอง T1 ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.4±0.7 ดัชนีเอสแพด (SPAD) สุดท้ายคือ ตำรับการทดลอง T0 เท่ากับ 12.3±0.7 ดัชนีเอสแพด (SPAD) ส่วนปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศในทุกตำรับการทดลองให้ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยตำรับการทดลอง T2 ให้ค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 16.8±0.6 มก./ก. รองลงมาคือ ตำรับการทดลอง T3 ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.7±0.5 มก./ก. ตำรับการทดลอง T1 ให้ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับตำรับการทดลอง T0 คือ 12.6±0.8 และ 11.3±1.0 มก./ก. ตามลำดับ

Table 4 Effect of biostimulant treatments on the mean Leaf chlorophyll and nitrogen content of tomato plants at 80 days after transplanting

Treatment	Leaf chlorophyll content (SPAD)	Leaf nitrogen content (mg/g)
T0	12.3±0.7[a2/]	11.3±1.0[ns1/]
T1	18.4±0.7[b]	12.6±0.8[ns]
T2	39.9±0.4[d]	16.8±0.6[ns]
T3	33.4±0.9[c]	14.7±0.5[ns]
CV (%)	**44.6**	**17.7**
t (t-value)	**18.27**	**1.20**

T0 = No bio-stimulant (control); T1= Freshwater algae extract 5 ml: 1,000 ml water; T2= Freshwater algae extract 10 ml: 1,000 ml water; T3 = Freshwater algae extract 15 ml: 1,000 ml water

1/ ns and * : Non significant and significant at the level 0.05, respectively

2/ Means with different letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ by DMRT.

SD = Standard deviation; CV = Coefficient of variation

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในด้านความสูงและความยาวของรากของต้นมะเขือเทศ เมื่อมีการพ่นสารกระตุ้นชีวภาพลงบนใบมะเขือเทศ ให้ผลลัพธ์ที่คล้ายคลึงกัน คือ ตำรับการทดลอง T2 ให้ค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด ในช่วงเวลา 15 และ 45 วันหลังปลูก ซึ่งเป็นไปได้ว่าในระยะ 15 วัน (early vegetative) เป็นช่วงที่สารเร่งชีวภาพ (เช่น กลุ่มอะมิโนหรือฮอร์โมนกลุ่มออกซิน/ไซโตไคนิน) เข้าไปกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของข้อปล้องทันทีหลังย้ายปลูก ทำให้ต้นที่ได้รับสารเร่งมีความสูงทิ้งห่างกลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน ซึ่งตำรับการทดลอง T2 สามารถกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าตำรับการทดลอง T1 ซึ่งอาจมีความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ต่ำเกินไป และตำรับการทดลอง T3 ซึ่งอาจมีความเข้มข้นสูงเกินไปจนเกิดภาวะยับยั้งเชิงสรีรวิทยา (hormonal imbalance หรือ feedback inhibition) ส่งผลให้ตำรับการทดลอง T2 มีการเจริญเติบโตทางความสูงเหนือกว่ากลุ่มอื่นตั้งแต่ระยะเริ่มต้น ส่วนระยะ 45 วัน (peak vegetative to flowering) เป็นช่วงที่มะเขือเทศมีการเจริญเติบโตทางลำต้นสูงที่สุด (exponential growth) ก่อนจะเปลี่ยนไปเป็นการสร้างดอก สารเร่งชีวภาพจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง ทำให้การสะสมอาหารเพื่อเพิ่มความสูงทำได้เต็มที่ในระยะนี้ ตำรับการทดลอง T2 ยังคงแสดงศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง การดูดใช้ธาตุอาหาร และการลำเลียงคาร์โบไฮเดรตได้ดีกว่าตำรับการทดลอง T1 และ T3 ส่งผลให้มีการสะสมชีวมวลและการยืดตัวของลำต้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ตำรับการทดลอง T1 ไม่สามารถกระตุ้นกระบวนการทางสรีรวิทยาได้เต็มที่และตำรับการทดลอง T3 อาจเกิดผลกระทบเชิงลบจากความเข้มข้นที่สูงเกินไป เช่น การรบกวนสมดุลฮอร์โมนหรือการสะสมสารที่ก่อให้เกิดความเครียด นอกจากนี้ ในด้านความยาวของรากในช่วงเวลา 30 และ 60 วันหลังปลูกอย่างชัดเจน โดยระยะ 30 วัน (root establishment) หลังจากลำต้นเริ่มตั้งตัวได้ (หลัง 15 วันแรก) พืชจะเริ่มกระจายพลังงาน

ลงสู่รากเพื่อหาอาหารมาเลี้ยงลำต้นที่กำลังเจริญเติบโต สารเร่งชีวภาพกลุ่มฮิวมิคแอซิด (humic acid) หรือสารกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ (microbial inoculants) มักจะแสดงผลชัดเจนในระยะนี้ โดยการกระตุ้นการแตกรากแขนงและรากขนอ่อน (Li *et al*., 2025; Xu *et al*., 2025; Khan *et al*., 2025) ทำให้ความยาวรากในระยะ 30 วัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในระยะ 60 วัน (fruit setting) เป็นช่วงที่พืชต้องการน้ำและธาตุอาหารสูงมากเพื่อส่งต่อไปยังผล รากจึงต้องชอนไชไปได้ไกลและลึกที่สุด สารเร่งชีวภาพจะช่วยรักษาความแข็งแรงของรากไม่ให้เสื่อมสภาพเร็ว (delayed senescence) ทำให้ความยาวรากในกลุ่มที่ได้รับสารเร่งยังคงเพิ่มขึ้นและแตกต่างจากตำรับการทดลอง T0 ชัดเจน (Kumar *et al.,* 2020)

ส่วนอัตราส่วนของสารสกัดสาหร่ายน้ำจืดที่แตกต่างกัน พบว่าตำรับการทดลอง T2 ให้ผลการเจริญเติบโตของพืชดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลอง T1 และ T3 ซึ่งสามารถอธิบายได้ในเชิงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสารที่ให้และการตอบสนอง (dose–response relationship) โดยตำรับการทดลอง T2 เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม (optimal concentration) ต่อการดูดซึมและการใช้ประโยชน์ของสารกระตุ้นชีวภาพในระดับดังกล่าว สารออกฤทธิ์จากสาหร่าย เช่น กรดอะมิโน สารคล้ายฮอร์โมนพืช (Auxin, Cytokinin) และสารอินทรีย์เชิงซ้อน สามารถส่งเสริมประสิทธิภาพของระบบรากและการดูดซึมธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ได้อย่างสมดุล ส่งผลให้พืชมีการนำธาตุอาหารไปใช้ (nutrient use efficiency) ได้สูงที่สุด และในระดับเซลล์ธาตุอาหารหลักดังกล่าวมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการพื้นฐานของการเจริญเติบโต ได้แก่ การแบ่งเซลล์ (cell division) การขยายตัวของเซลล์ (cell expansion) และการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ของเซลล์ (cell differentiation) โดยไนโตรเจนมีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีนและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ ฟอสฟอรัสเกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนพลังงานในรูป ATP ซึ่งจำเป็นต่อกระบวนการ mitosis และการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก ขณะที่โพแทสเซียมมีบทบาทในการควบคุมแรงดันเต่ง (turgor pressure) และการขยายขนาดของเซลล์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ (Mallick *et al.,* 2024) ในทางตรงกันข้าม T1 ซึ่งมีความเข้มข้นต่ำ อาจไม่สามารถกระตุ้นกระบวนการทางสรีรวิทยาได้อย่างเต็มที่ ขณะที่ตำรับการทดลอง T3 ซึ่งมีความเข้มข้นสูงเกินไป อาจก่อให้เกิดความไม่สมดุลของฮอร์โมนหรือเพิ่มความดันออสโมติกในบริเวณราก ส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหารลดลง ดังนั้น ผลการตอบสนองของมะเขือเทศต่อสารกระตุ้นชีวภาพที่เหนือกว่าของตำรับการทดลอง T2 จึงสะท้อนถึงความเหมาะสมของความเข้มข้นของสารสกัดสาหร่ายที่สามารถส่งเสริมทั้งการดูดซึมธาตุอาหารและกระบวนการระดับเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความสูงของต้นมะเขือเทศอย่างชัดเจนในช่วง 30 และ 60 วัน เมื่อเทียบกับควบคุม (T0) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสารดังกล่าวอาจไปกระตุ้นการเจริญเติบโตช่วงต้น-กลางของพืช (vegetative phase)

นอกจากนี้ ยังมีข้อมูลสนับสนุนที่แสดงว่าการใช้สารกระตุ้นชีวภาพจากสาหร่ายน้ำจืดเพื่อช่วยเพิ่มการดูดซึมอาหารของต้นพืช เช่น คลอโรฟิลล์และอัตราการสังเคราะห์แสง (Jame *et al.,* 2025) ทำให้เพิ่มยอดพืชสูงขึ้นได้ในช่วงต้นของการเติบโตในระยะ 15–25 วันหลังปลูก ส่วนระบบรากและการดูดซึมของต้นมะเขือเทศมีการพัฒนายังไม่เต็มที่ทำให้การตอบสนองต่อสารกระตุ้นชีวภาพในช่วงนี้ไม่มีความแตกต่างมากนัก แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงผลทดลองที่ระยะเวลา 60 วันหลังปลูก ซึ่งทำให้มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองทั้ง 4 เด่นชัดที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า ช่วงระยะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative phase) เป็นช่วงที่เห็นผลการใช้สารสาหร่ายที่ชัดเจนที่สุด (Oancea *et al.,* 2013) ส่วนตำรับการทดลองที่ T3 ที่มีความเข้มข้นของสาร

กระตุ้นชีวภาพที่มีปริมาณสารสกัดอะมิโนจากสาหร่ายน้ำจืดสูงกว่าตำรับการทดลอง T2 แต่สัดส่วนการตอบสนองของมะเขือเทศยังต่ำกว่าตำรับการทดลอง T2 ส่งผลให้การเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยสารที่มีอยู่ในสารสกัดชีวภาพมักพบสารพวกไฟโตฮอร์โมน (phytohormones) หรือฮอร์โมนพืชที่มีอยู่ในสารสกัดชีวภาพ ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นเองตามธรรมชาติแต่มีปริมาณน้อยมาก หากแต่มีผลต่อกระบวนการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชสูง

นอกจากนี้ ไฟโตฮอร์โมนยังควบคุมการทำงานหลายอย่างของพืช เช่น การงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของลำต้น การออกดอก การสร้างผล การร่วงของใบ และการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม รวมถึงพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) เป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยโมโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharides) จำนวนมากเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว โดยทั่วไปมีหน่วยย่อยมากกว่า 10 หน่วยขึ้นไป สารกลุ่มนี้ทำหน้าที่สำคัญทั้งในฐานะแหล่งพลังงานสำรองและองค์ประกอบเชิงโครงสร้างของเซลล์สิ่งมีชีวิต อย่างไรก็ตาม ในบริบทของการใช้สารสกัดสาหร่ายเป็นสารกระตุ้นชีวภาพ พบว่าความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์มีผลต่อการตอบสนองของพืช โดยในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดี แต่เมื่อความเข้มข้นสูงเกินไป อาจทำให้ประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสูงของพืชลดลง ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับข้อจำกัดในการดูดซึมหรือการรบกวนสมดุลทางสรีรวิทยาของพืช โดย Rachidi *et al*. (2021) ได้เสนอการวิจัยที่ชี้ว่า ไฟโตฮอร์โมนและพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น ออกซิน (auxins) ไซโตไคนิน (cytokinins) ในสาหร่ายมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาหน่อหรือกิ่งและรากต้นมะเขือเทศ ด้านจำนวนช่อดอกต่อต้นและผลต่อต้นในตำรับการทดลอง T2 มีจำนวนช่อดอกต่อต้นเฉลี่ยสูงที่สุด 10.0±1.0 ช่อดอกต่อต้นและ 9.0±1.0 ผลต่อต้น ตามลำดับ รองลงมาเป็นตำรับการทดลอง T3 มีค่าเท่ากับ 7.7 ช่อดอกต่อต้น และ 5.3 ผลต่อต้น ส่วนตำรับการทดลอง T1 มีค่าเท่ากับ 6.3 ช่อดอกต่อต้น และ 4.3 ผลต่อต้น และตำรับการทดลอง T0 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 2.7 ช่อดอกต่อต้น และ 1.0 ผลต่อต้น ซึ่งชี้ให้เห็นว่าตำรับการทดลอง T2 ถูกกระตุ้นตามกระบวนการสร้างดอกและการติดผลได้ดีที่สุด เนื่องจากการสกัดจากชีวภาพจากสาหร่ายน้ำจืดที่มีไฟโตฮอร์โมน (phytohormones) หรือฮอร์โมนพืช เช่น ออกซินและไซโตไคนิน สามารถกระตุ้นการพัฒนาดอกและเพิ่มการติดผล ซึ่งตำรับการทดลอง T1 และ T3 จะมีไฟโตฮอร์โมนเหมือนกับตำรับการทดลอง T2 แต่ผลทางสรีรวิทยาของพืชไม่ได้ขึ้นอยู่กับ “มีหรือไม่มี” เพียงอย่างเดียว หากขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของฮอร์โมน (hormonal balance) และประสิทธิภาพการดูดซึม (uptake efficiency) ซึ่งอธิบายได้ในลักษณะ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสารที่ให้และการตอบสนอง (dose-dependent response) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้สารชีวภาพที่สังเคราะห์จากสาหร่ายปม หรือ *Ascophyllum nodosum* ซึ่งแสดงผลในการเพิ่มจำนวนช่อดอกและผลต่อต้นพืชอย่างมีนัยสำคัญ (Hussain *et al.,* 2021) ส่วนจำนวนผลต่อต้นตำรับการทดลอง T2 ส่งผลตอบสนองเฉลี่ยสูงที่สุดเช่นกัน 807.00±3.78 ผลต่อต้น เนื่องจากตำรับการทดลอง T2 ส่งผลให้ต้นมีดอกและผลมากขึ้น สะท้อนผ่านผลรวมทั้งหมดอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยที่พบว่าสารกระตุ้นชีวภาพ (bio-stimulants) ช่วยเพิ่มผลรวมของการเจริญเติบโตให้กับพืช

เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ใช้สารสกัดจากสาหร่ายทะเลจากประเทศโมร็อกโก (Moroccan seaweed) (Mzibra *et al.,* 2021) ซึ่งมักถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เพื่อการเกษตร เช่น ปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน ซึ่งสาหร่ายทะเลเหล่านี้มีสารอาหารและฮอร์โมนที่สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มความแข็งแรง และเพิ่มผลผลิตเช่นเดียวกันกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลมะเขือเทศที่ตำรับการทดลอง T2 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 9.0±0.0 องศาบริกซ์ (°brix) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานว่า สารกระตุ้นชีวภาพ (bio-stimulants) ที่สกัดจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล

(*Ascophyllum nodosum*) มีส่วนช่วยเพิ่มค่าความหวานหรือปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและสารต้านอนุมูลอิสระในมะเขือเทศเพิ่มเติมด้วย (Subramaniyan *et al.,* 2023) ส่วน Olaiya (2010) และ Soltys *et al.* (2012) ได้รายงานผลการทดลองที่คล้ายคลึงกันนี้เช่นกัน โดยพบว่าสารกระตุ้นชีวภาพที่มีการใช้เพื่อส่งเสริมการเติบโตที่หลากหลายชนิดมีบทบาทเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อลักษณะการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อความสูงของพืช เนื่องจากมีสารกระตุ้นการเจริญเติบโตหลายชนิด เช่น ฮอร์โมน อาหารเสริม และกรดอินทรีย์ อื่น ๆ ซึ่งส่งเสริมการยืดตัวของลำต้นโดยการเพิ่มอัตราการยืดตัวของเซลล์และกิจกรรมเจริญของปลายยอดของพืช ลักษณะการเจริญเติบโตทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมากกับการผลิตดอกไม้และผลไม้ในพืช ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศและปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศในตำรับการทดลอง T2 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด โดยสารกระตุ้นชีวภาพที่ได้จากการสังเคราะห์สาหร่ายน้ำจืดมีศักยภาพในการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบมะเขือเทศได้สูงอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และโปรตีน (Norrie and Keathley, 2006)

เหตุผลนี้ตำรับการทดลอง T2 เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด (optimum concentration) ในการเสริมประสิทธิภาพการดูดซึมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมผ่านผิวใบเป็นหลัก โดยสารออกฤทธิ์ เช่น กรดอะมิโน ไฟโตฮอร์โมน และพอลิแซ็กคาไรด์ สามารถซึมผ่านชั้นคิวทิเคิล (cuticle) และปากใบ (stomata) ก่อนจะถูกลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช ในทางตรงกันข้ามตำรับการทดลอง T1 ซึ่งมีความเข้มข้นต่ำอาจทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ดูดซึมเข้าสู่ใบไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นกระบวนการทางสรีรวิทยาได้อย่างเต็มที่ ขณะที่ตำรับตำรับการทดลอง T3 ซึ่งมีความเข้มข้นสูงเกินไปอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซึมผ่านผิวใบลดลงเนื่องจากความหนืดหรือการสะสมของสารบนผิวใบ รวมถึงอาจก่อให้เกิดภาวะความไม่สมดุลของฮอร์โมน (hormonal imbalance) เช่น การรบกวนอัตราส่วนของออกซินต่อไซโตไคนิน และกระตุ้นกลไก feedback inhibition ส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลงแทนที่จะเพิ่มขึ้น การใช้สารกระตุ้นชีวภาพในปริมาณที่แนะนำ (ประมาณ 2.5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร หรือ 50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร) ให้ผลดีที่สุดทั้งด้านความสูงของต้นและน้ำหนักผลผลิต โดยการใช้ในระดับที่สูงเกินไป (double the recommended rate) อาจทำให้พืชแคระแกร็นหรือความสูงลดลงถึง 39% (Oliveira *et al.,* 2021) รวมถึงสารกระตุ้นชีวภาพในสาหร่ายสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมไนโตรเจน เช่น ไนเตรทรีดักเทสและการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ทำให้กระบวนการเหล่านี้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ (Stirk and van Staden, 2014) นอกจากนี้ ไซโตไคนินในสารกระตุ้นชีวภาพยังช่วยส่งเสริมการแบ่งเซลล์และการพัฒนาของคลอโรพลาสต์ ซึ่งเป็นโรงงานผลิตคลอโรฟิลล์ในใบ การเพิ่มขึ้นของจำนวนและประสิทธิภาพของคลอโรพลาสต์ย่อมนำไปสู่การสร้างคลอโรฟิลล์ที่สูงขึ้น (Khan *et al.,* 2009) การมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงขึ้นโดยตรงหมายถึงประสิทธิภาพในการดักจับแสงแดดเพื่อสังเคราะห์ด้วยแสงที่เพิ่มขึ้น ทำให้พืชสามารถผลิตพลังงานและสารอินทรีย์ได้มากขึ้น ซึ่งส่งเสริมการเจริญเติบโตโดยรวมและการดูดซึมไนโตรเจนอย่างมีประสิทธิภาพในมะเขือเทศ เนื่องจากเป็นพืชที่ต้องการพลังงานสูงเพื่อใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อและสะสมน้ำตาลในผล (Shukla *et al.,* 2019)

สรุปผลการวิจัย

พบว่าตำรับการทดลอง T2 (สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 10 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล.) ให้ลักษณะความสูงของต้นมะเขือเทศที่อายุ 45 วันหลังปลูก ความยาวรากของต้นมะเขือเทศ จำนวนผลต่อต้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลมะเขือเทศ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ส่วน

ปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศ พบว่าตำรับการทดลอง T2 และตำรับการทดลอง T3 ให้ค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 16.8±0.6 และ 14.7±0.5 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณฟาร์มแตะขอบฟ้า และหอมขจรฟาร์มสำหรับพื้นที่ในการทดลอง และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ในการสนับสนุนทุนวิจัย และคำแนะนำในการทำวิจัยให้ถูกต้อง รวมถึงมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และพื้นที่ดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Ali, K.A., S.S. Noraldeen and A.A. Yaseen. 2021. An evaluation study for chlorophyll estimation techniques. **Sarhad Journal of Agriculture** 37(4): 1458–1465. https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.4.1458.1465

AOAC. 1989. **Official Methods of Analysis.** 4th ed. Washington DC.: Association of Official Analytical Chemists. 1213 p.

AOAC. 2019. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 21st ed. Washington DC.: Association of Official Analytical Chemists. 3750 p.

Beeby, E. and J. Evans. 2025. Reclaiming innovation. **Food and Foodways** 34: 129–143. https://doi.org/10.1080/07409710.2026.2650588

Carrasco-Gil, S., R. Allende-Montalbán, L. Hernández-Apaolaza and J.J. Lucena. 2021. Application of seaweed organic components increases tolerance to Fe deficiency in tomato plants. **Agronomy** 11(3): 1–15. https://doi.org/10.3390/agronomy11030507

Chetelat, R.T., R.A. Pertuzé, L. Faúndez, E.B. Graham, and C.M. Jones. 2009. Distribution, ecology and reproductive biology of wild tomatoes and related nightshades from the Atacama desert region of northern Chile. **Euphytica** 167(1): 77–93. https://doi.org/10.1007/s10681-008-9

Fathi, A. 2022. Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: a review. **Agrisost ISSN 1025-0247** 28: 1–8. https://doi.org/10.5281/zenodo.7438164

Furtak, K., and A. Woliński. 2023. The impact of extreme weather events as a consequence of climate change on the soil moisture and on the quality of the soil environment and agriculture– a review. **Catena** 231: 1–15. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107378

Hussain, H.I., N. Kasinadhuni and T. Arioli. 2021. The effect of seaweed extract on tomato plant growth, productivity and soil. **Journal of Applied Phycology** 33(2): 1305–1314. https://doi.org/10.1007/s10811-021-02387-2

James, V.C.X., A.G.P. Thiraviam, M.A. Al-Dosary, A.A. Hatamleh, N.A. Bukhari, S. Arokiyaraj and M. Kalaiyarasi. 2025. Evaluation of nutrient composition and biostimulant properties of seaweeds for improving soil microbial population and tomato plant growth. **BioResources** 20(1): 1431–1451. https://doi.org/10.15376/biores.20.1.1431-1451

Kabato, W.S., N. Hailegnaw, T.E. Chaffamo, A. Samuel, A.G.S.D. De Silva and Z. Molnár. 2025. Microalgae-based strategies for soil health and crop productivity: mechanisms, challenges, and pathways to climate-resilient agriculture. **Agronomy** 15(11): 1–32. https://doi.org/.3390/agronomy15112669

Khan, I., S. Asaf, S.M. Kang, N.J. Methela, M.Y. Back, B.W. Yun and I. J. Lee. 2025. Synergistic role of *Fusarium solani* IK-105 and humic acid in combating lead stress in tomato plants through physiological, biochemical and molecular modulation. **Plant Stress** 15(1): 1–17. https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.100780

Khan, W., U.P. Rayirath, S. Subramanian, M.N. Jithesh, P. Rayorath, M.D. Hodges and A.T. Critchley. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation** 28(4): 386–399. https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x

Kumar, K.A., P. Jeyakumar, V. Ravichandran, R. Swarnapriya and T. Kalaiselvi. 2020. Effect of bio-stimulants on the morpho-physiological and yield traits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **International Journal of Ecology and Environmental Sciences** 4: 682–686.

Li, Y., R. Zhang, C. Zhang, Q. Li, L. Nie, C. Wang, and X.X. Wang. 2025. Integrative approaches to nutrient management in tomato cultivation for improved sustainability and productivity. **Frontiers in Plant Science** 16: 1–14. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1626136

Mallick, S., C. Karak, B. Roy, B. Chakraborty, P. Das and P. Bhutia. 2024. Effects of bio stimulants on growth, yield and quality of tomato. **International Journal of Economic Plants** 11: 347–352. https://doi.org/10.23910/2/2024.5493b

Mzibra, A., A. Aasfar, M. Khouloud, Y. Farrie, R. Boulif, I.M. Kadmiri and A. Douira. 2021. Improving growth, yield, and quality of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) by the application of Moroccan seaweed-based biostimulants under greenhouse conditions. **Agronomy** 11(7): 1–11. https://doi.org/10.3390/agronomy11071373

Norrie, J. and J.P. Keathley. 2006. Benefits of a seaweed extract on turfgrass. **Applied Turfgrass Science** 3(1): 1–8. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.727.27

Oancea, F., S. Velea, V. Fãtu, C. Mincea and L. Ilie. 2013. Micro-algae-based plant biostimulant and its effect on water stressed tomato plants. **Romanian Journal for Plant Protection** 6: 104–117.

Olaiya, C.O. 2010. Presowing bioregulator seed treatments increase the seedling growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicon*). **Journal of Plant Growth Regulation** 29(3): 349–356. https://doi.org/10.1007/s00344-010-9142

Oliveira, R.C., J.E.R. Silva, D.C.M. Pires, A.S. Aguillar and J.M.Q. Luz. 2021. Biostimulants in the development of tomato and collard greens seedlings. **Comunicata Scientiae** 12: e3657-e3657. https://doi.org/10.14295/cs.v12.3657

Rachidi, F., R. Benhima, Y. Kasmi, L. Sbabou and H.E. Arroussi. 2021. Evaluation of microalgae polysaccharides as biostimulants of tomato plant defense using metabolomics and biochemical approaches. **Scientific Reports** 11(1): 1–16. https://doi.org/10.1038/s41598-020-78820-2

Ronga, D., E. Biazzi, K. Parati, D. Carminati, E. Carminati and A. Tava. 2019. Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions. **Agronomy** 9(4): 1–22. https://doi.org/10.3390/ agronomy 9040192

Ryagi, Y.H. and U.G. Nalwadi. 1996. Effect of plant density and different levels on yield and yield attributing characters of golden rod. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences** 9(1): 173–176.

Sadasivam S. and A. Manickam. 1996. **Biochemical Methods**. New Delhi: New Age International Limited Publisher. 251 p.

Shahrajabian, M.H., C. Chaski, N. Polyzos, N. Tzortzakis and S.A. Petropoulos. 2021. Sustainable agriculture systems in vegetable production using chitin and chitosan as plant biostimulants. **Biomolecules** 11(6): 1–18. https://doi.org/10.3390/biom11060819

Shukla, P.S., E.G. Mantin, M. Adil, S. Bajpai, A.T. Critchley and B. Prithiviraj. 2019. *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. **Frontiers in Plant Science** 10: 1–22. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655

Soltys, D., A. Rudzińska-Langwald, A. Gniazdowska, A. Wiśniewska and R. Bogatek. 2012. Inhibition of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) root growth by cyanamide is due to altered cell division, phytohormone balance and expansin gene expression. **Planta** 236(5): 1629–1638. https://doi.org/10.1007/s00425-012-1722-y

Stirk, W.A. and J. van Staden. 2014. The Effect of Seaweed Extracts on Plant Growth and Development. *In* Stirk P.A. and J. van Staden (Eds.). **Bioactive Compounds from Algae.** Dordrecht: Springer. 59 p.

Subramaniyan, L., R. Veerasamy, J. Prabhakaran, A. Selvaraj, S. Algarswamy, K.M. Karuppasami and S. Nalliappan. 2023. Biostimulation effects of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on phytomorpho-physiological, yield and quality traits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Horticulturae** 9(3): 1–17. https://doi.org/10.3390/horticulturae9030348

Tepe, A., V. Gözen, A. Kabaş, V. Topçu and O. Çınar. 2022. The performances of some tomato pure lines under cold stress in the vegetative and generative stage. **Horticultural Studies** 39(2): 56–62. https://doi.org/10.16882/hortis.1122901

Xu, Y., M. Li, H. Ding, Y. Ma, Y. Yang and L. Feng. 2025. Comparative effects of humic acid biostimulation on soil properties, growth, and fragrance of *Rosa rugosa.* **Industrial Crops and Products** 225(2025): 1–12. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.120444

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 18-28

ศักยภาพในการปลูกและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ใบหม่อนของเกษตรกรผู้ปลูกหม่อน จังหวัดมุกดาหาร

Potential for Mulberry Cultivation and Value Addition of Mulberry Leaf Products among Mulberry Growers in Mukdahan Province

ไกรศรี ศรีทัพไทย* จันทิมา พรหมเกษ และพิเชษฐ เวชวิฐาน

Kraisri Srithupthai*, Chuntima Pomket and Pichet Wechvitan

สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร 47160

Plant Science, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon, Thailand 47160

*Corresponding author: Kraisri.sr@rmuti.ac.th

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0007-7195-7378

Received: *March 31, 2026*

Revised: *June 29, 2026*

Accepted: *July 23, 2026*

Abstract

This study was conducted to address the major challenges faced by mulberry farmers in Mukdahan province, Thailand, including water shortages, inefficient soil management, limited value addition of mulberry leaves, and the need to improve production capacity under local environmental conditions. The objectives were: 1) to transfer appropriate innovations and technologies tailored to local conditions for sustainable mulberry cultivation, and 2) to enhance farmers' income through collaborative capacity-building approaches. The study involved 560 mulberry farmers in Mukdahan province. The research was conducted in three phases. The first phase involved a participatory needs assessment, problem analysis, stakeholder consultation, and collaborative planning for technology transfer. The second phase focused on the transfer of appropriate technologies, including mulberry plantation management, water management systems, soil improvement for nutrient-deficient soils, integrated pest management, value-added processing of mulberry leaves into consumable products such as mulberry leaf powder, and the development of mulberry leaf-based feed for laying ducks to reduce production costs. The third phase consisted of monitoring, evaluation, and knowledge-sharing activities among participating farmers and relevant stakeholders. The results demonstrated that technology transfer and capacity-building interventions significantly improved production and livelihood outcomes. Mulberry leaf production increased by 30%, average household income increased by 54% and farmers' knowledge of mulberry cultivation and value-added product development improved by

50%. In addition, the participatory learning process strengthened farmers' confidence, enhanced their capacity to apply appropriate technologies effectively, and increased their potential to serve as model farmers for scaling up similar initiatives in areas with comparable socio-economic and environmental conditions. The findings suggest that participatory technology transfer combined with value-added product development can substantially improve agricultural productivity, household income, and farmers' capacity, thereby contributing to sustainable rural development.

Keywords: mulberry cultivation, mulberry leaves, mulberry products, potential, value addition

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องศักยภาพในการปลูกและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ใบหม่อนของเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนจังหวัดมุกดาหาร มีที่มาจากปัญหาที่เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนในจังหวัดมุกดาหารประสบ ได้แก่ การขาดแคลนน้ำ การจัดการดินที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ การสร้างมูลค่าเพิ่มจากใบหม่อน และการยกระดับศักยภาพการผลิตให้สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ถ่ายทอดนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่เพื่อพัฒนาอาชีพการปลูกหม่อน 2) ยกระดับรายได้ของเกษตรกร พร้อมทั้งพัฒนารูปแบบความร่วมมือในการเสริมสร้างศักยภาพของผู้ปลูกหม่อนในจังหวัดมุกดาหาร กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนจังหวัดมุกดาหาร จำนวน 560 ราย การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาร่วมกับชุมชน โดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมผ่านการเก็บข้อมูล การประชุมระดมความคิดเห็น และการวางแผนถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ (2) การถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยี ประกอบด้วย การจัดการแปลงปลูก การบริหารจัดการระบบน้ำ การปรับปรุงดินที่ขาดธาตุอาหาร การจัดการศัตรูพืชอย่างเหมาะสม การแปรรูปใบหม่อนเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม เช่น ผงใบหม่อนสำหรับบริโภค และการพัฒนาอาหารเป็ดไข่ที่มีส่วนผสมของใบหม่อนเพื่อลดต้นทุนการผลิต และ (3) การติดตามผลและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันระหว่างเกษตรกรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการพัฒนาศักยภาพเกษตรกรมีผลผลิตใบหม่อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 รายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนเพิ่มขึ้นร้อยละ 54 และมีระดับความรู้เกี่ยวกับการผลิตและการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ใบหม่อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 นอกจากนี้ กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันยังช่วยเสริมสร้างความมั่นใจให้เกษตรกรในการพัฒนาอาชีพ สามารถประยุกต์ใช้องค์ความรู้และเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม และมีศักยภาพในการเป็นต้นแบบเพื่อขยายผลสู่พื้นที่ที่มีบริบทใกล้เคียงต่อไป

คำสำคัญ: การปลูกหม่อน ใบหม่อน ผลิตภัณฑ์ ศักยภาพ การเพิ่มมูลค่า

บทนำ

ปัญหาความยากจนเชิงโครงสร้างในพื้นที่จังหวัดมุกดาหาร ยังคงเป็นประเด็นสำคัญของการพัฒนาเชิงพื้นที่ โดยเฉพาะในกลุ่มครัวเรือนเกษตรกรรายย่อยที่มีข้อจำกัดด้านรายได้ การเข้าถึงทรัพยากร และโอกาสทางเศรษฐกิจ แม้ว่าจังหวัดมุกดาหารจะมีศักยภาพด้านทรัพยากรธรรมชาติ ภูมิปัญญาท้องถิ่น และพืชเศรษฐกิจที่สามารถต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้ แต่ครัวเรือนเกษตรจำนวนมากยังมีรายได้ไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ และมี

ภาระหนี้สินในระดับสูง สะท้อนถึงข้อจำกัดของทุนเพื่อการดำรงชีพ (livelihood assets) ที่ส่งผลต่อความสามารถในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจของครัวเรือน เมื่อพิจารณาตามกรอบแนวคิด Sustainable Livelihoods Framework: SLF พบว่า ครัวเรือนยากจนในพื้นที่จังหวัดมุกดาหารมีข้อจำกัดสำคัญหลายด้าน โดยเฉพาะทุนมนุษย์ (human capital) ซึ่งเกี่ยวข้องกับระดับการศึกษา ทักษะอาชีพ ความสามารถในการเรียนรู้เทคโนโลยี และการเข้าถึงองค์ความรู้สมัยใหม่ ส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถพัฒนาอาชีพหรือเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังพบข้อจำกัดด้านทุนธรรมชาติ (natural capital) เช่น ปัญหาการเข้าถึงแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร ความไม่สมบูรณ์ของดิน และผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตทางการเกษตร ขณะเดียวกันข้อจำกัดด้านทุนเศรษฐกิจ (financial capital) และทุนสังคม (social capital) ยังทำให้เกษตรกรขาดโอกาสในการเข้าถึงแหล่งทุน เทคโนโลยี ตลาด และเครือข่ายความร่วมมือในการพัฒนาอาชีพ (Chambers and Conway, 1992)

ในบริบทดังกล่าว “หม่อน” นับเป็นพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นฐานเศรษฐกิจชุมชนของจังหวัดมุกดาหาร เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายทั้งในรูปแบบผลสด การแปรรูปอาหาร เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์สุขภาพ และผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์ อีกทั้งยังเป็นพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ สามารถปลูกได้ในระดับครัวเรือน และมีศักยภาพในการเชื่อมโยงกับการท่องเที่ยวชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก อย่างไรก็ตาม เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนในพื้นที่ยังประสบปัญหาหลายด้าน ได้แก่ ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ขาดองค์ความรู้ด้านการจัดการแปลงปลูก การใช้น้ำและปุ๋ยอย่างเหมาะสม ขาดเทคโนโลยีการแปรรูปและการเพิ่มมูลค่าสินค้า รวมถึงข้อจำกัดด้านการตลาดและการเชื่อมโยงห่วงโซ่คุณค่าส่งผลให้รายได้จากการปลูกหม่อนยังไม่สามารถยกระดับคุณภาพชีวิตของครัวเรือนได้อย่างยั่งยืน

ดังนั้น การพัฒนาอาชีพของเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนจำเป็นต้องอาศัยแนวทางการพัฒนาเชิงบูรณาการที่เชื่อมโยงองค์ความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรมที่เหมาะสม (appropriate technology) เข้ากับบริบทของพื้นที่ เพื่อเพิ่มผลิตภาพ ลดต้นทุน และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน ตลอดจนพัฒนากลไกการตลาดและการกระจายผลประโยชน์อย่างเป็นธรรมในห่วงโซ่การผลิต (value chain) ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างรายได้และการพึ่งพาตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืน (Porter, 1985; Kaplinsky and Morris, 2001) ในขณะเดียวกัน การถ่ายทอดและขยายผลเทคโนโลยีสู่ชุมชนจำเป็นต้องคำนึงถึงกระบวนการยอมรับนวัตกรรมของเกษตรกรในพื้นที่ โดยแนวคิดการแพร่กระจายนวัตกรรม (diffusion of innovations theory) ของ Rogers (2003) อธิบายว่าการยอมรับเทคโนโลยีขึ้นอยู่กับการรับรู้ประโยชน์ ความเหมาะสมกับวิถีชีวิต และกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันภายในชุมชน ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีหรือรูปแบบการส่งเสริมอาชีพจึงต้องอยู่บนฐานของการมีส่วนร่วม การสร้างต้นแบบการเรียนรู้ และการพัฒนานวัตกรชุมชนที่สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ได้อย่างต่อเนื่อง จากแนวคิดดังกล่าวจึงนำไปสู่การพัฒนา “โมเดลหม่อนแก้จน” ในฐานะนวัตกรรมเชิงสังคม (Social Innovation) ที่มุ่งใช้หม่อนเป็นกลไกในการยกระดับเศรษฐกิจฐานรากของจังหวัดมุกดาหาร ผ่านกระบวนการพัฒนาแบบครบวงจรตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ครอบคลุมการผลิต การแปรรูป การสร้างมูลค่าเพิ่ม การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการเชื่อมโยงตลาดชุมชน โดยเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนและการบูรณาการองค์ความรู้จากหน่วยงานภาครัฐ สถาบันการศึกษา และภาคีเครือข่ายในพื้นที่ เพื่อพัฒนาศักยภาพเกษตรกรและสร้างระบบเศรษฐกิจชุมชนที่เข้มแข็ง แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ-หมุนเวียน-สีเขียว (Bio-

Circular-Green Economy: BCG Economy Model) ซึ่งมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพอย่างคุ้มค่า การสร้างมูลค่าเพิ่มจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเศรษฐกิจที่สมดุลกับสังคมและสิ่งแวดล้อม (Office of the National Economic and Social Development Council [NESDC], 2021) รวมทั้งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากและการลดความเหลื่อมล้ำของประเทศที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาเกษตรมูลค่าสูง การสร้างผู้ประกอบการชุมชน และการพัฒนาศักยภาพคนในพื้นที่ให้สามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน

การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาการพัฒนาระบบการจัดการน้ำ ดิน และการเพิ่มมูลค่าใบหม่อนแบบมีส่วนร่วมเพื่อยกระดับศักยภาพเกษตรกรผู้ปลูกหม่อน จังหวัดมุกดาหาร ด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนในจังหวัดมุกดาหาร เพื่อยกระดับรายได้และคุณภาพชีวิตของครัวเรือนเป้าหมาย รวมทั้งพัฒนากลไกความร่วมมือในการสร้างนวัตกรชุมชนและเครือข่ายการเรียนรู้ที่สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้และขยายผลสู่การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องศักยภาพในการปลูกและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ใบหม่อนของเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนจังหวัดมุกดาหาร แบบมีส่วนร่วมเพื่อยกระดับศักยภาพเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนจังหวัดมุกดาหาร เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) โดยมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของเกษตรกร หน่วยงานภาครัฐ ผู้นำชุมชน และนักวิจัย ในการร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา วางแผน ดำเนินกิจกรรม ติดตามประเมินผล และสรุปบทเรียน เพื่อพัฒนาศักยภาพเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนและยกระดับรายได้ของชุมชนอย่างยั่งยืน พื้นที่ศึกษา ได้แก่ จังหวัดมุกดาหาร ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2566 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 ประชากรในการวิจัย ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนในจังหวัดมุกดาหาร จำนวน 560 ราย มีรายชื่ออยู่ในฐาน TPMAP (Thai People Map and Analytics Platform) โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) คือ เป็นเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนในพื้นที่ศึกษา มีประสบการณ์ปลูกหม่อนไม่น้อยกว่า 1 ปี มีความสมัครใจเข้าร่วมโครงการ และสามารถเข้าร่วมกิจกรรมตลอดระยะเวลาการวิจัย การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและการวางแผนร่วมกับชุมชน โดยผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากชุมชนด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (semi-structured interview) เพื่อศึกษาปัญหาและความต้องการด้านการผลิตหม่อน การจัดการน้ำ ดิน และการเพิ่มมูลค่าผลผลิต จากนั้นจัดเวทีชุมชนและการสนทนากลุ่ม (focus group discussion) เพื่อให้เกษตรกรร่วมสะท้อนปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์ และกำหนดแนวทางแก้ไขร่วมกัน ข้อมูลที่ได้จากเวทีชุมชนถูกนำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis) เพื่อจัดหมวดหมู่ประเด็นปัญหา ความต้องการ และข้อเสนอแนะ ก่อนนำไปออกแบบกิจกรรมส่งเสริมและการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่

ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินกิจกรรมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมตามแนวคิดการถ่ายทอดเทคโนโลยี (technology transfer) และทฤษฎีการเผยแพร่นวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory) เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรเกิดความรู้ ทักษะ และการยอมรับเทคโนโลยี โดยกิจกรรมประกอบด้วย การอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการจัดการน้ำและดิน การผลิตหม่อนคุณภาพ การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากใบหม่อนเพื่อเพิ่มมูลค่า และการพัฒนาสูตรอาหารเป็ดที่มีส่วนผสมของใบหม่อนเพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มคุณภาพของไข่แดง ทั้งนี้ เกษตรกรได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง การทดลองในแปลงสาธิต และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันภายในชุมชน

ขั้นตอนที่ 3 การติดตามและประเมินผล ผู้วิจัยใช้เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ข้อมูลพื้นฐานและต้นทุน–ผลตอบแทน แบบทดสอบวัดความรู้ก่อนและหลังการอบรม แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยี และแบบบันทึกผลผลิต รายได้ และต้นทุนการผลิต โดยเครื่องมือวิจัยได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ก่อนดำเนินกิจกรรม (pre-test) เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ความรู้ด้านการจัดการน้ำและดิน ต้นทุน ผลผลิต รายได้ และระดับการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกร และหลังดำเนินกิจกรรม (post-test) เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงด้านความรู้ ผลผลิต รายได้ ต้นทุน และการนำเทคโนโลยีไปใช้จริง

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมถึงการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยคำนวณต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร ต้นทุนรวม รายได้รวม กำไรสุทธิ และผลตอบแทนจากการลงทุน (Return on Investment: ROI) ตามสูตร

$$ROI = \frac{\text{กำไรสุทธิ}}{\text{ต้นทุนรวมทั้งหมด}} \times 100$$

โดยกำหนดหน่วยการวิเคราะห์ในระดับครัวเรือนเกษตรกร ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์ และการสังเกตภาคสนาม วิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis) เพื่อสังเคราะห์ข้อค้นพบเกี่ยวกับปัญหา ความต้องการ การยอมรับเทคโนโลยี และแนวทางการพัฒนาระบบการจัดการน้ำ ดิน และการเพิ่มมูลค่าใบหม่อนที่เหมาะสมกับบริบทของจังหวัดมุกดาหารต่อไป

ผลการวิจัย

การนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทพื้นที่ในการพัฒนาอาชีพและยกระดับรายได้ของชุมชนผลการวิจัยพบว่า

การทำปุ๋ยเพื่อบำรุงต้นหม่อนในแปลงปลูก และการวางท่อน้ำและการต่อระบบน้ำหยดด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์ในแปลงปลูก พร้อมทั้งวิธีการจัดการวัชพืชในแปลงปลูกหม่อนอย่างถูกวิธี ด้วยการดำเนินงานตามคู่มือการปลูกหม่อนมุกดาหาร และการจัดการดินมีชีวิต เพื่อแก้ปัญหาเรื่องการจัดการน้ำในแปลงรวมด้วยกระบวนการร่วมกันทำคนละไม้คนละมือ ช่วยเหลือกันพร้อมทั้งการจัดการการให้น้ำอย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งแต่งตั้งผู้จัดการการให้น้ำในแปลง เพื่อความเป็นธรรมของทุกแปลง การจัดการดินที่ขาดธาตุอาหารพืชในหม่อน การจัดการศัตรูพืชอย่างถูกวิธีด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมกันในชุมชน Figure 1



Figure 1 Making fertilizer to nourish mulberry trees in planting plots

การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากใบหม่อน การทำผงหม่อน food grade เพื่อเป็นส่วนผสมของเบเกอรี่ เค้ก ด้วยกระบวนการแบบมีส่วนร่วมกับนักวิชาการส่งเสริมอาชีพตำบลกกแดง อำเภอนิคมคำสร้อย จังหวัดมุกดาหาร เพื่อเป็นโอกาสในการสร้างอาชีพให้กับเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนได้อีกทางหนึ่ง พร้อมทั้งเป็นการสร้างรายได้ด้วยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ต้องซื้อบริโภคมาตลอด โดยมีคู่มือการผลิตให้กับเกษตรกรเพื่อง่ายและเข้าใจต่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อขยายผลต่อไปในพื้นที่บริบทที่มีความใกล้เคียงกัน (Figure 2)



Figure 2 Processing products from mulberry leaves

การพัฒนาสูตรอาหารเป็ด ที่มีส่วนผสมของใบหม่อนเพื่อเพิ่มคุณภาพของไข่แดง ด้วยเกษตรกรผู้เลี้ยงเป็ดบ้านด่านมน ที่ขาดการจัดการฟาร์มอย่างเป็นระบบ เพราะคิดว่าไม่มีผลต่อการออกไข่ของเป็ด ในการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ลดเวลา เพิ่มประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเป็ด ลดรายจ่าย ด้วยการนำส่วนเศษเหลือจากใบหม่อนมาหั่น สับหยาบแล้วนำมาผสมกับหัวอาหารเลี้ยงเป็ด พร้อมทั้งใช้ต้นกล้วยเป็นส่วนผสม และการจัดการฟาร์ม การจัดสถานที่ให้เป็ดมาวางไข่ พร้อมเทคนิคการสังเกตสีของไข่แดง และการวางไข่ในถาดเพื่อเป็นการรักษาคุณภาพของไข่เป็ด ในการดำเนินงานแบบมีส่วนร่วม คือ เกษตรอำเภอนิคมคำสร้อยที่มาช่วยในการเสริมสร้างกระบวนการให้กับเกษตรกรได้ยอมรับเทคโนโลยีพร้อมทั้งการปรับใช้เทคโนโลยีและสามารถนำไปขยายผลให้กับพื้นที่ใกล้เคียงได้ (Figure 3)



Figure 3 Development of food recipes for raising ducks

ผลของการยกระดับรายได้ของชุมชนและพัฒนารูปแบบกลไกความร่วมมือในการพัฒนาศักยภาพผู้ปลูกหม่อน การประเมินการเปลี่ยนแปลงของการยกระดับความเป็นอยู่ของชุมชนเป้าหมายถือเป็นกุญแจที่มีความสำคัญที่จะสามารถนำพาไปสู่เป้าหมาย บ่งบอกถึงศักยภาพของการดำเนินงานวิจัย รวมถึงศักยภาพการเปลี่ยนแปลงและพฤติกรรมสังคมของชุมชนเป้าหมายที่เข้าร่วมในกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นจนจบโครงการ และมีการประเมินผลกระทบอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ โดยในแต่ละขั้นตอนจะต้องมีข้อมูลนำเข้าและผลของการดำเนินการที่ชัดเจน ตามทฤษฎีแห่งการเปลี่ยนแปลงทุกมิติ การมีแรงจูงใจ ใช้เป็น ทำเป็น และถ่ายทอดเป็น การชักชวนให้ชุมชนหรือผู้ที่ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมใช้เทคโนโลยีได้ และถ่ายทอดได้ จะต้องใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ชุมชนเกิดความเชื่อมั่นและเห็นประโยชน์ของการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้ในการยกระดับรายได้และความเป็นอยู่ของชุมชน เป้าหมายของผู้เข้าร่วมในการดำเนินการไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ต้องมีการประเมินกิจกรรมที่ได้นำลงไปเผยแพร่กับชุมชน รวมถึงการวิเคราะห์กิจกรรมที่เหมาะสมกับบริบทชุมชนนั้น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์เป็นรายบุคคลให้ได้ว่าอยู่ในสถานภาพใด ระดับยืนยันการยอมรับและการเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องมีข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนในทุกมิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมิติทางเศรษฐศาสตร์ การพัฒนาบุคลากร และมิติทางด้านสิ่งแวดล้อม และต้องมีการประเมินผลกระทบอย่างต่อเนื่องและอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการแสดงถึงการยอมรับที่จะพัฒนศักยภาพดังกล่าวให้เกิดประโยชน์อย่างต่อเนื่อง

Table 1 Results of the cost-benefit analysis before and after

Product	period	Unit	Fixed cost	Variable cost	Total cost	Cash cost	Total	Net profit	Gross margin	Return on invest ment (ROI)	
Mulberry	Before	THB/	0.05	3.59	3.64	2.95	5.00	1.36	2.05	37.50	**93.11**
seedlings	After	plant	5.47	4.17	9.64	2.98	15.00	5.36	12.02	55.61	
Mulberry	Before	THB/kg	0.11	36.37	36.48	16.68	30.00	-6.48	13.32	-17.76	**125.28**
powder	After		136.87	55.88	192.75	28.28	400.00	207.25	371.72	107.52	
Feed	Before	THB/kg	0.06	20.57	20.63	20.18	19.43	-1.20	-0.75	-5.81	**11.18**
	After		2.39	21.33	23.73	20.47	25.00	1.27	4.53	5.37	

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการดำเนินโครงการ พบว่าการพัฒนากระบวนการผลิตและการยกระดับศักยภาพของชุมชนส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ทุกประเภทมีแนวโน้มด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ผงหม่อนซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) สูงที่สุด สำหรับผลิตภัณฑ์ต้นกล้าหม่อน พบว่าก่อนดำเนินโครงการมีต้นทุนรวมทั้งหมดเท่ากับ 3.64 บาทต่อต้น และมีรายได้รวม 5.00 บาทต่อต้น ส่งผลให้มีกำไรสุทธิ 1.36 บาท และค่า ROI เท่ากับร้อยละ 37.50 ภายหลังการดำเนินโครงการ แม้ว่าต้นทุนรวมจะเพิ่มขึ้นเป็น 9.64 บาทต่อต้น แต่รายได้รวมเพิ่มขึ้นเป็น 15.00 บาทต่อต้น ทำให้กำไรสุทธิเพิ่มเป็น 5.36 บาท และมีค่า ROI เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 55.61 หรือเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 18.11 สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการเพิ่มมูลค่าการผลิตต้นกล้าหม่อนภายหลังการพัฒนาโครงการ

ในส่วนของผลิตภัณฑ์ผงหม่อน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจเด่นชัดที่สุด พบว่าก่อนดำเนินโครงการมีต้นทุนรวม 36.48 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่รายได้รวมอยู่ที่ 30.00 บาทต่อกิโลกรัม ส่งผลให้ขาดทุนสุทธิ 6.48 บาท และมีค่า ROI ติดลบร้อยละ 17.76 หลังดำเนินโครงการพบว่ารายได้รวมเพิ่มขึ้นอย่างมากเป็น 400 บาทต่อกิโลกรัม แม้ว่าต้นทุนรวมจะเพิ่มขึ้นเป็น 192.75 บาทต่อกิโลกรัม แต่ยังสามารถสร้างกำไรสุทธิได้สูงถึง 207.25 บาท และมีค่า ROI เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 107.52 หรือเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 125.28 แสดงให้เห็นว่าการพัฒนากระบวนการผลิตและการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์สามารถยกระดับศักยภาพทางเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์ผงหม่อนได้อย่างมีนัยสำคัญ

ด้านผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ พบว่าก่อนดำเนินโครงการมีต้นทุนรวม 20.63 บาทต่อกิโลกรัม และรายได้รวม 19.43 บาทต่อกิโลกรัม ส่งผลให้ขาดทุนสุทธิ 1.20 บาท และมีค่า ROI ติดลบร้อยละ 5.81 หลังดำเนินโครงการ แม้ว่าต้นทุนรวมจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 23.73 บาทต่อกิโลกรัม แต่รายได้รวมเพิ่มขึ้นเป็น 25.00 บาทต่อกิโลกรัม ส่งผลให้สามารถพลิกกลับมามีกำไรสุทธิ 1.27 บาท และมีค่า ROI เป็นบวกร้อยละ 5.37 หรือเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 11.18 การดำเนินโครงการส่งผลให้ทุกผลิตภัณฑ์มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีขึ้น ทั้งในด้านรายได้สุทธิและอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ผงหม่อนที่มีศักยภาพในการสร้างมูลค่าเพิ่มสูงสุด สะท้อนถึงความสำเร็จของการถ่ายทอดเทคโนโลยี การพัฒนากระบวนการผลิต และการยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ของชุมชน ซึ่งสามารถนำไปสู่การเพิ่มรายได้และเสริมสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจในระดับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า การนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทพื้นที่มาใช้ในการพัฒนาอาชีพผู้ปลูกหม่อนในจังหวัดมุกดาหาร สามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในระดับปัจเจกและชุมชน โดยเฉพาะการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (participatory learning) ที่ส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถวิเคราะห์ปัญหา วางแผน และแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Rogers (2003) ที่อธิบายว่าการยอมรับนวัตกรรมจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อผู้ใช้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้และตัดสินใจ รวมถึงสามารถทดลองและเห็นผลลัพธ์ด้วยตนเอง ในมิติของการส่งเสริมการเกษตร ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านการฝึกอบรม การสาธิต และการเรียนรู้จากเกษตรกรต้นแบบ มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการผลิตของเกษตรกร ที่ระบุว่าการส่งเสริมการเกษตรเป็นกระบวนการช่วยให้เกษตรกรสามารถพัฒนาความรู้ ทักษะ และการตัดสินใจในการจัดการทรัพยากรของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการใช้กระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมและการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างเกษตรกร จะช่วยเพิ่มอัตราการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ในชุมชนเกษตรกรรมได้อย่างมีประสิทธิผล

ด้านการจัดการหม่อน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาระบบการจัดการแปลงปลูก การปรับปรุงดิน และการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสม ส่งผลต่อคุณภาพและผลผลิตของใบหม่อนอย่างชัดเจน สอดคล้องกับแนวทางของ Department of Sericulture (2021) ที่ระบุว่าการจัดการหม่อนอย่างเป็นระบบ ทั้งด้านพันธุ์ การบำรุงรักษา และการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนในระยะยาว อีกทั้งยังช่วยยกระดับคุณภาพผลผลิตให้สามารถต่อยอดสู่การแปรรูปเชิงพาณิชย์ได้มากขึ้น ในประเด็นของความเข้มแข็งของชุมชน ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าการรวมกลุ่มและการแก้ไขปัญหาร่วมกัน เช่น ปัญหาดินเสื่อมคุณภาพและระบบน้ำไม่เพียงพอ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดทุนทางสังคม (social capital) ซึ่งเป็นฐานสำคัญของการพัฒนาที่ยั่งยืน สอดคล้องกับ Putnam (993) ที่ชี้ว่าความร่วมมือ ความไว้วางใจ และเครือข่ายทางสังคม เป็นกลไกที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากรของชุมชน นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานของ Pretty (1995) ที่เน้นว่าการมีส่วนร่วมของชุมชนในทุกขั้นตอนของการพัฒนา จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ร่วมและการพึ่งพาตนเองในระยะยาว

ในด้านการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร พบว่าการแปรรูปผลผลิตหม่อนเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ผงหม่อน ชาใบหม่อน และอาหารสัตว์ ช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลผลิตได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ผงหม่อนที่มีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนสูงขึ้นหลังการวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดห่วงโซ่มูลค่า (value chain) ของ Porter (1985) ที่อธิบายว่าการเพิ่มมูลค่าในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตและการแปรรูป จะช่วยสร้างความสามารถในการแข่งขันและเพิ่มรายได้ให้แก่ผู้ผลิต นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Kaplinsky and Morris (2001) ที่เสนอว่าการพัฒนาห่วงโซ่มูลค่าในระดับชุมชน จะช่วยให้เกษตรกรสามารถเชื่อมโยงตลาด สร้างอัตลักษณ์ผลิตภัณฑ์ และยกระดับเศรษฐกิจฐานรากได้อย่างยั่งยืน แม้ว่าผลการวิจัยจะแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการสร้างเครือข่ายและการเพิ่มจำนวนนวัตกรในชุมชนร้อยละ 10 แต่ยังควรพิจารณาในมิติของความยั่งยืนของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว คือ การติดตามผลระยะยาว การรักษาระดับแรงจูงใจของเกษตรกร และการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐหรือเอกชน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Chambers and Conway (1992) ที่เสนอว่าการพัฒนาชนบทควรมุ่งเน้นกระบวนการต่อเนื่อง การสร้างศักยภาพ และการเสริมพลัง (empowerment) ของชุมชน มากกว่าการมุ่งเน้นผลลัพธ์ระยะสั้นเพียงอย่างเดียว ข้อจำกัดที่ควรพิจารณา คือ การเพิ่มขึ้นของนวัตกรแม้จะเป็นตัวชี้วัดที่ดีในระดับ

การนำไปใช้จริงในภาคสนาม และความสามารถในการขยายผลสู่เกษตรกรรายอื่นได้ เพื่อสะท้อนผลสัมฤทธิ์ของการพัฒนาอย่างรอบด้านและยั่งยืนยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ผลการดำเนินโครงการ ศักยภาพในการปลูกและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ใบหม่อนของเกษตรกรผู้ปลูกหม่อน จังหวัดมุกดาหาร พบว่าการถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เหมาะสมสามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจ สังคม และการพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรอย่างชัดเจน โดยเกษตรกรสามารถพัฒนาทักษะการผลิต การแปรรูป การบริหารจัดการต้นทุน และการตลาด จนนำไปสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์จากใบหม่อน และเกิดการยอมรับการใช้เทคโนโลยีในระดับชุมชน การประเมินผลตามแนวคิดทฤษฎีแห่งการเปลี่ยนแปลง (Theory of Change) พบว่าเกษตรกรมีพัฒนาการด้าน “การมีแรงจูงใจ ใช้เป็น ทำเป็น และถ่ายทอดเป็น” ส่งผลให้เกิดการขยายผลการใช้เทคโนโลยีสู่สมาชิกในชุมชนและเครือข่ายวิสาหกิจชุมชน ทั้งยังสามารถเชื่อมโยงการผลิตกับช่องทางตลาดที่หลากหลายมากขึ้น

ทางเศรษฐกิจ มีผลิตภัณฑ์ต้นกล้าหม่อนมีต้นทุนรวมเฉลี่ย 9.64 บาทต่อต้น มีกำไรสุทธิเฉลี่ย 5.36 บาทต่อต้น และมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับร้อยละ 55.61 สะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาระบบการจัดการดินและน้ำช่วยเพิ่มคุณภาพต้นกล้าและลดความสูญเสียในการผลิต ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนดำเนินโครงการ สำหรับผลิตภัณฑ์ผงหม่อน (food grade) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีมูลค่าเพิ่มสูง พบว่ามีต้นทุนรวมเฉลี่ย 192.75 บาทต่อกิโลกรัม มีกำไรสุทธิเฉลี่ย 207.25 บาทต่อกิโลกรัม และมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) สูงถึงร้อยละ 107.52 แสดงให้เห็นว่าการแปรรูปใบหม่อนสามารถเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้มากกว่าสองเท่าของต้นทุนการผลิต และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเชิงพาณิชย์โดยเฉพาะในตลาดสินค้าเพื่อสุขภาพและอาหารฟังก์ชัน ส่วนผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์จากใบหม่อน มีต้นทุนรวมเฉลี่ย 23.73 บาทต่อกิโลกรัม มีกำไรสุทธิเฉลี่ย 1.27 บาทต่อกิโลกรัม และมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับร้อยละ 5.37 แม้จะมีผลตอบแทนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์แปรรูปประเภทอื่น แต่สามารถช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในพื้นที่ ลดต้นทุนด้านอาหารสัตว์ และสร้างรายได้เสริมให้แก่เกษตรกรในชุมชน เกษตรกรมีการพัฒนาศักยภาพด้านการบริหารจัดการกลุ่ม การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ และการตลาดออนไลน์ ส่งผลให้เกิดช่องทางการจำหน่ายเพิ่มขึ้น ทั้งในรูปแบบตลาดชุมชน ตลาดสินค้าเกษตรปลอดภัย ตลาดออนไลน์ และการเชื่อมโยงเครือข่ายกับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน การพัฒนาระบบการจัดการดินและน้ำร่วมกับการเพิ่มมูลค่าใบหม่อน สามารถยกระดับศักยภาพผู้ปลูกหม่อนในจังหวัดมุกดาหารได้อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งในมิติด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มที่มีศักยภาพทางการตลาด โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ผงหม่อน (food grade) ที่มีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนสูงที่สุด ซึ่งสะท้อนถึงความคุ้มค่าของการนำองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ซึ่งได้ให้การสนับสนุนงบประมาณการวิจัย ตลอดจนส่งเสริมการดำเนินงานวิจัยที่มุ่งสร้างองค์ความรู้ นวัตกรรม และการพัฒนาพื้นที่อย่างเป็นรูปธรรม ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิ คณะกรรมการ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา และ

ข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ รวมทั้งติดตามความก้าวหน้าและให้คำแนะนำในการดำเนินโครงการอย่างต่อเนื่องจนทำให้งานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้

ขอขอบคุณหน่วยงานภาคีเครือข่าย ผู้บริหาร บุคลากร เกษตรกร กลุ่มวิสาหกิจชุมชน และผู้ให้ข้อมูลทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินกิจกรรม การเก็บรวบรวมข้อมูล การถ่ายทอดองค์ความรู้ และการขับเคลื่อนงานวิจัยในพื้นที่เป็นอย่างดียิ่ง ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของโครงการ

เอกสารอ้างอิง

Chambers, R. and G.R. Conway. 1992. **Sustainable Rural Livelihoods: Practical Concepts for the 21st Century**. Brighton: Institute of Development Studies, University of Sussex. 33 p.

Department of Sericulture. 2021. **Guidelines for Mulberry Product Value Addition and Community Product Development**. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 44 p. [in Thai]

Kaplinsky, R. and M. Morris. 2001. **A Handbook for Value Chain Research**. Brighton: Institute of Development Studies, University of Sussex. 114 p.

Office of the National Economic and Social Development Council. 2021. **Gross Domestic Product.** Bangkok: Office of the National Economic and Social Development Council. 20 p.

Porter, M.E. 1985. **Competitive Adventage: Creation and Sustaining Superior Performance.** New York: Free Press. 557 p.

Pretty, J.N. 1995. Participatory learning for sustainable agriculture. **World Development** 23(8): 1247–1263.

Putnam, R.D. 1993. Social capital and public life. **The American Prospect** 13(Spring): 35–42.

Rahman, M.M., M.N. Islam and M.A. Rahman. 2018. Value addition of agricultural products and rural livelihood improvement in Bangladesh. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences** 17(1): 96–102.

Rogers, E.M. 2003. **Diffusion of Innovations**. 5th ed. New York: Free Press. 576 p.

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 29-42

อิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแคนนาบิไดออล ของกัญชงสายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ที่ปลูกในโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ

Effect of Plant Spacing on Growth, Yield, and Cannabidiol Content of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Cultivars EHFGP#1, EHFGP#3, and EHFGP#8 in an Evaporative Cooling System Greenhouse

วัชรินทร์ จันทวรรณ์[1,*] อรพินธุ์ สฤษดิ์นำ[1] ศศิมา คเณชาบริรักษ์[1] เสกสรร สงจันทึก[2] และวินัย วิริยะอลงกรณ์[1]

Watcharin Jantawan[1,*], Orapin Saritnum[1], Sasima Ganeshaborirak[1]

Seksan Songchainthuek[2] and Winai Wiriya-Alongkorn[1]

[1]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

[2]The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jantawan16@gmail.com

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0001-2632-6709

Received: *November 20, 2025*

Revised: *February 20, 2026*

Accepted: *March 17, 2026*

Abstract

This study investigated the effects of plant spacing on the growth, yield, and cannabidiol (CBD) content of hemp (*Cannabis sativa* L.) in an evaporative cooling system greenhouse. A 2×3 factorial experiment in a randomized complete block design (RCBD) with five replicates was used, with Factor A consisting of two plant spacings (0.5×1 m and 1×1 m), and Factor B consisting of three hemp varieties (EHFGP#1, EHFGP#3, and EHFGP#8). This study was conducted at the Hemp Research and Development Center, Maejo University, Chiang Mai, Thailand. The results showed that plant spacing significantly affected plant height, stem diameter, number of nodes per plant, number of branches per plant, inflorescence size, fresh flower yield per plant, dry flower yield per plant, and cannabidiol content. In contrast, varieties significantly affected plant height, number of branches per plant, and cannabidiol content. In addition, a significant interaction between plant spacing and varieties was observed for the number of nodes per plant, number of branches per plant, and cannabidiol content. At the narrower plant spacing (0.5×1 m), variety EHFGP#3 achieved the greatest plant height, reaching 226.97 cm. In contrast, the wider spacing (1×1 m) significantly increased stem diameter (27.58–29.48 mm) and resulted in the highest average number of nodes per plant (5 nodes) and the highest average number

of branches per plant (10 branches), particularly in variety EHFGP#1. Conversely, the narrower spacing (0.5×1 m) resulted in lower values for these traits. The 1×1 m spacing produced significantly higher fresh flower yield (0.71–0.84 kg/plant) and dry flower yield (0.15–0.20 kg/plant) than the 0.5×1 m spacing ($p \leq 0.01$). Variety EHFGP#3 grown at 1×1 m spacing showed the highest dry flower yield, reaching 20.81 kg per 160 m² greenhouse, equivalent to approximately 1,300 kg ha^{-1}. A highly significant interaction between variety and plant spacing was observed for CBD content ($p \leq 0.01$). Variety EHFGP#1 at 0.5×1 m had the highest CBD content (15.46%), while EHFGP#8 showed the lowest (10.33–13.48%), indicating that genetic factors play a major role. Growing hemp at 1×1 m spacing in an evaporative cooling system greenhouse maximizes flower yield per plant, while 0.5×1 m spacing produces higher CBD content in variety EHFGP#1. For industrial production prioritizing total biomass, 1×1 m spacing with variety EHFGP#3 is recommended, whereas 0.5×1 m spacing with variety EHFGP#1 is optimal for high-CBD production.

Keywords: cannabidiol, evaporative cooling system greenhouse, hemp, plant spacing, variety

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแคนนาบิไดออล (Cannabidiol: CBD) ของกัญชง (*Cannabis sativa* L.) สายพันธุ์แตกต่างกันที่ปลูกในโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ (evaporative cooling system greenhouse) วางแผนการทดลองแบบ 2×3 Factorial in Randomized Complete Block Design จำนวน 5 ซ้ำ ปัจจัย A ระยะปลูก 2 ระยะ ได้แก่ 0.5x1 และ 1x1 เมตร และปัจจัย B เป็นสายพันธุ์กัญชง 3 สายพันธุ์ คือ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์ทดสอบ วิจัยและพัฒนากัญชง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้ ปัจจัยระยะปลูกมีผลต่อความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนข้อปล้องต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ขนาดของช่อดอก น้ำหนักผลผลิตดอกสดต่อต้น น้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้น และปริมาณสารแคนนาบิไดออล ขณะที่ปัจจัยด้านสายพันธุ์มีผลต่อความสูง จำนวนกิ่งต่อต้น และปริมาณสารแคนนาบิไดออล นอกจากนี้ ยังพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยของระยะปลูกและสายพันธุ์มีผลต่อจำนวนข้อปล้องต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้นและปริมาณสารแคนนาบิไดออล การปลูกในระยะชิด (0.5×1 เมตร) สายพันธุ์ EHFGP#3 มีความสูงของต้นมากที่สุด เท่ากับ 226.97 ซม. ขณะที่ การปลูกในระยะห่าง (1×1 เมตร) ส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (27.58–29.48 มม.) ตลอดจนมีจำนวนข้อปล้องเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 5 ข้อปล้อง และมีจำนวนกิ่งต่อต้นเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 10 กิ่ง ในสายพันธุ์ EHFGP#1 ในขณะที่ ระยะปลูก 0.5x1 เมตร มีจำนวนข้อปล้องและจำนวนกิ่งน้อยที่สุด ส่วนปริมาณผลผลิตพบว่า ระยะปลูกที่กว้าง (1×1 เมตร) ให้ผลผลิตดอกสดต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.71–0.84 กิโลกรัม และน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้นเท่ากับ 0.15–0.20 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าระยะปลูก 0.5×1 เมตร อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) โดยสายพันธุ์ EHFGP#3 ที่ระยะปลูก 1×1 เมตร ให้น้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อโรงเรือนสูงที่สุด เท่ากับ 20.81 กิโลกรัม พบอิทธิพลร่วมระหว่างสายพันธุ์และระยะปลูกที่มีผลต่อปริมาณสารแคนนาบิไดออลอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) โดยสายพันธุ์ EHFGP#1 ที่ระยะปลูก 0.5×1 เมตร มีปริมาณสารแคนนาบิไดออลสูงที่สุด (15.46%) ขณะที่สายพันธุ์ EHFGP#8 มีปริมาณ

สารแคนนาบิไดออลต่ำที่สุด (10.33–13.48%) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยทางพันธุกรรมมีบทบาทสำคัญ นอกจากนี้ การปลูกกัญชงในโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยที่ระยะปลูก 1×1 เมตร ส่งผลให้ได้ผลผลิตดอกต่อต้นสูงที่สุด ขณะที่ ระยะปลูก 0.5×1 เมตร ส่งเสริมการสะสมสารแคนนาบิไดออลสูงกว่า โดยเฉพาะในสายพันธุ์ EHFGP#1 สำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมที่ให้ความสำคัญกับผลผลิตชีวมวลรวม แนะนำให้ใช้ระยะปลูก 1×1 เมตร ร่วมกับสายพันธุ์ EHFGP#3 ในขณะที่ ระยะปลูก 0.5×1 เมตร ร่วมกับสายพันธุ์ EHFGP#1 มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตที่มุ่งเน้นปริมาณสารแคนนาบิไดออลสูง

คำสำคัญ: สารแคนนาบิไดออล โรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ กัญชง ระยะปลูก สายพันธุ์

บทนำ

กัญชง (*Cannabis sativa* L.) เป็นพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจสูงและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน รวมถึงการใช้เส้นใย เมล็ด และสารแคนนาบินอยด์ ซึ่งมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมยา อาหารเสริม และผลิตภัณฑ์สุขภาพ (Hussain *et al.*, 2021) โดยเฉพาะสารแคนนาบิไดออล (Cannabidiol: CBD) ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีรายงานว่ามีคุณสมบัติต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และมีศักยภาพในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ด้านสุขภาพและการแพทย์หลายรูปแบบ (Iffland and Grotenhermen 2017) ส่งผลให้การผลิตกัญชงที่มีปริมาณ CBD สูงและมีคุณภาพเป็นเป้าหมายสำคัญของงานวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์และการจัดการปลูกในปัจจุบัน นอกจากนี้ ตลาดผลิตภัณฑ์ CBD ทั่วโลกมีมูลค่าประมาณ 22.7 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี ค.ศ. 2023 และคาดว่าจะเติบโตด้วยอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีประมาณ 19.21% ในช่วงปี ค.ศ. 2024–2030 (MarkNtel Advisors, 2024) ซึ่งสะท้อนถึงความต้องการวัตถุดิบจากกัญชงที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระดับอุตสาหกรรม

ในประเทศไทย พืชสกุล Cannabis เคยถูกจัดเป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 5 ซึ่งห้ามการปลูกและการใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตาม พระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ (ฉบับที่ 7) พ.ศ. 2562 ได้แก้ไขเพิ่มเติมเพื่อเปิดโอกาสให้นำกัญชาและกัญชงมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และการศึกษาวิจัยได้อย่างถูกกฎหมาย และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศให้พืชสกุล Cannabis เป็นพืชสมุนไพรควบคุมที่มีศักยภาพสูงและได้รับการส่งเสริมให้ปลูกเชิงพาณิชย์ (Ministry of Public Health, (Thailand) 2025) ส่งผลให้กัญชงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางจากเกษตรกร กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ผู้ประกอบการทั้งภาครัฐและภาคเอกชนในฐานะพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ของประเทศ การผลิตกัญชงที่มีคุณภาพสูงและมีปริมาณสารแคนนาบิไดออล (CBD) ในระดับที่เหมาะสมจำเป็นต้องอาศัยการจัดการด้านการเพาะปลูกที่เหมาะสม โดยเฉพาะการควบคุมปัจจัยแวดล้อมและการจัดการประชากรพืชให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการสะสมสารสำคัญ (Sebastian *et al.*, 2023) ระยะปลูกเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความหนาแน่นของประชากรพืช การแข่งขันในการใช้ทรัพยากร เช่น แสง น้ำ และธาตุอาหาร ตลอดจนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ละต้นและผลผลิตรวมต่อพื้นที่

อย่างไรก็ตาม การปลูกกัญชงในสภาพแวดล้อมภายนอกโรงเรือนมักเผชิญกับข้อจำกัดจากความผันผวนของสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอุณหภูมิสูง ความเข้มแสงที่ไม่สม่ำเสมอ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโต และการสะสมสารแคนนาบินอยด์ ส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพไม่สม่ำเสมอ Park *et al.* (2022) รายงานว่าความเครียดจากสภาพแวดล้อม เช่น ความเครียดจากภาวะขาดน้ำและอุณหภูมิสูง สามารถส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการผลิตสารแคนนาบินอยด์ โดยเฉพาะการลดลงของปริมาณ CBD ถึง 70–80% ในระยะ

เริ่มต้นของการออกดอก การผลิตกัญชงคุณภาพสูงและที่ให้ปริมาณแคนนาบิไดออลในระดับที่ดีจำเป็นต้องอาศัยการจัดการด้านการเพาะปลูกที่เหมาะสม Sebastian *et al.* (2023) ด้วยเหตุนี้ การปลูกกัญชงในโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมจึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

โรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ (evaporative cooling system greenhouse) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถช่วยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ลดความเครียดจากอุณหภูมิสูง และเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืช ส่งผลให้พืชสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีขึ้น Chiarakul *et al.* (2024) รายงานว่าโรงเรือนระบบ evaporative cooling สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสงให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับระบบ growth chamber ซึ่งเหมาะสมต่อการเพาะปลูกกัญชงเชิงคุณภาพและสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ภายใต้สภาพโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำจึงมีความสำคัญ เพื่อให้ได้แนวทางการจัดการปลูกที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกัญชงเชิงอุตสาหกรรมที่ให้ผลผลิตและปริมาณสาร CBD สูง รวมถึงสามารถตอบสนองต่อความต้องการของอุตสาหกรรมสารสกัดคุณภาพสูงในระดับสากล

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกกัญชงเพื่อทดสอบระยะปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแคนนาบิไดออล ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์ทดสอบ วิจัยและพัฒนากัญชง สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ พิกัด 18°55'09.1"N 99°03'00.0"E

ทำการปลูกต้นกัญชงในโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ (evaporative cooling system greenhouse) ขนาด 8x20 เมตร เป็นโรงเรือนแบบปิดที่ควบคุมอุณหภูมิภายใน โดยใช้หลักการระเหยน้ำ (fan and pad cooling systems) โดยปลูกในถุงปลูกขนาด 60 ลิตร ใช้วัสดุปลูกเป็นกาบมะพร้าวสับขนาดกลางและขุยมะพร้าวละเอียดอัตราส่วน 1:1 ให้น้ำและสารละลายธาตุอาหารสูตร AB ผ่านระบบน้ำหยด โดยในระยะเริ่มต้นให้น้ำวันละ 1 ครั้ง ปริมาณ 10 ลิตรต่อต้น และมีการปรับเพิ่มความถี่และปริมาณการให้น้ำตามการเจริญเติบโตของต้นกัญชง เป็นวันละ 2 ครั้ง ปริมาณ 20 ลิตรต่อต้นต่อครั้ง สารละลายธาตุอาหารมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) อยู่ในช่วง 0.5–1.8 dS/m และมีค่า pH เท่ากับ 6.5

วางแผนการศึกษาแบบ 2x3 Factorial in Randomized Complete Block Design โดยปัจจัย A คือ ระยะปลูก ได้แก่ ระยะ 0.5x1 เมตร และ ระยะ 1x1 เมตร ปัจจัย B คือ สายพันธุ์กัญชง ได้แก่ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 โดยสายพันธุ์ดังกล่าวได้รับการจดทะเบียนพันธุ์พืชโดยมีเลขทะเบียน ดังนี้ EHFGP#1 (1873/2565) EHFGP#3 (1875/2565) และ EHFGP#8 (1880/2565) รวมทั้งหมด 6 ชุดการทดลอง (treatment combinations) แต่ละชุดมี 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น รวมจำนวนทั้งสิ้น 300 ต้น

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ที่อายุ 90 วันหลังปลูก ดังนี้ 1) ความสูงของต้น สุ่มวัดความสูงของต้นจากระดับถุงปลูกถึงปลายยอดที่สูงที่สุด 2) ความกว้างของทรงพุ่ม วัดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มจากปลายใบด้านหนึ่งไปยังปลายใบอีกด้านหนึ่งตรงบริเวณทรงพุ่มที่กว้างที่สุด 3) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ความสูง 10 ซม. จากระดับวัสดุปลูก 4) จำนวนข้อปล้องต่อต้น นับจำนวนข้อปล้อง (nodes) ของแต่ละต้น โดยนับจากโคนต้นขึ้นไปจนถึงข้อสุดท้าย 5) จำนวนกิ่งต่อต้น นับจำนวนกิ่ง (branches) ของแต่ละต้น โดยนับจากกิ่งที่แตกออกจากลำต้นหลักทั้งหมด

เก็บข้อมูลขนาดของช่อดอก ที่อายุ 100 วันหลังปลูก (หลังจากเข้าสู่ระยะพัฒนาด้านดอกประมาณ 40 วัน ซึ่งช่อดอกมีการพัฒนามากกว่า 70%) โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอกกัญชงในบริเวณที่กว้างที่สุด โดยสุ่มวัดค่าเฉลี่ยจาก 3 ตำแหน่งบนต้น ได้แก่ ส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนล่างของต้นกัญชง ตำแหน่งละ 5 ช่อดอก

เก็บข้อมูลผลผลิตที่อายุ 120 วันหลังปลูก (หลังจากเข้าสู่ระยะพัฒนาด้านดอกประมาณ 60 วัน และมีไตรโครมเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอำพัน) ดังนี้ 1) น้ำหนักผลผลิตดอกสดต่อต้น ทำการเก็บเกี่ยวช่อดอกสดชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตดอกสดต่อต้น 2) น้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้น ทำการลดความชื้นช่อดอกสดโดยการอบด้วยเครื่องอบลมร้อน (heat pump food dehydrator) เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จนความชื้นลดลงต่ำกว่า 10% ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้น 3) น้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อโรงเรือน คำนวณจากน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้น ของแต่ละระยะปลูกในพื้นที่ 1 โรงเรือน

วิเคราะห์ปริมาณสารแคนนาบิไดออลหรือ ซีบีดี (Cannabidiol: CBD) ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ยี่ห้อ Agilent Technologies รุ่น 1260 Infinity II ประเทศผู้ผลิต สหรัฐอเมริกา

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรม Sirichai Statistics V.6.09b และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแคนนาบิไดออลของกัญชง สายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ที่ปลูกระยะ 0.5x1 เมตร และ 1x1 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ความสูงของต้น

ระยะปลูกและสายพันธุ์ส่งผลต่อความสูงของต้นกัญชงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ภายใต้ระยะปลูก 0.5x1 เมตร สายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 มีความสูง 207.43, 226.97 และ 194.40 ซม. ตามลำดับ และที่ระยะปลูก 1x1 เมตร สายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 มีความสูง 161.07, 176.47 และ 166.43 ซม. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยของระยะปลูกและสายพันธุ์พบว่ามีอิทธิพลต่อความสูงของต้นกัญชงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งระยะปลูก 0.5x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#3 มีความสูงของต้นกัญชงมากที่สุดเท่ากับ 226.97 ซม. รองลงมาเป็นสายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#8 เท่ากับ 207.43 และ 194.40 ซม. ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะปลูก 1x1 เมตรร่วมกับสายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ซึ่งมีความสูงอยู่ระหว่าง 161.07–176.47 ซม. (Table 1) การที่ระยะปลูกชิด (0.5x1 เมตร) ส่งผลให้ต้นกัญชงมีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เป็นผลมาจากปรากฏการณ์การหลีกเลี่ยงแสงเงา (shade avoidance response) ซึ่งเกิดจากการลดลงของอัตราส่วนแสงสีแดงแสงสีแดงไกล (R:FR ratio) เมื่อพืชอยู่ใกล้ชิดกัน ทำให้เกิดการสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซินและการยืดเซลล์เพิ่มขึ้น (Franklin, 2008) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Schober *et al.* (2024) ที่รายงานว่ากัญชาที่ปลูกในความหนาแน่นสูง (44 ต้นต่อตารางเมตร) มีความสูงมากกว่าความหนาแน่นต่ำ (16 ต้นต่อตารางเมตร) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และ Danziger and Bernstein (2022) พบว่า ระยะ 2 ต้นต่อตารางเมตร ให้ความสูงมากกว่า 1 ต้นต่อตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญ

ความกว้างของทรงพุ่ม

ปัจจัยด้านระยะปลูก ปัจจัยด้านสายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ ไม่มีอิทธิพลต่อความกว้างของทรงพุ่มต้นกัญชงสายพันธุ์

EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 โดยระยะปลูก 0.5x1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยความกว้างของทรงพุ่ม เท่ากับ 130.70–141.27 ซม. และที่ระยะปลูก 1x1 เมตร มีค่าเฉลี่ยความกว้างของทรงพุ่ม เท่ากับ 131.87–139.20 ซม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) ทั้งนี้ อาจเป็นไปได้ว่าการเจริญเติบโตของต้นกัญชงทั้งสองระยะปลูกไม่ได้มีความแตกต่างกันมาก

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ปัจจัยด้านระยะปลูก พบว่าส่งผลต่อขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) พบว่าที่ปลูกระยะ 1x1 เมตร ส่งผลให้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นใหญ่ที่สุด ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.58–29.48 มม. ส่วนที่ระยะปลูก 0.5x1 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.62–27.89 มม. เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านสายพันธุ์และปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ พบว่าไม่มีอิทธิพลต่อขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Yazici (2022) พบว่าการปลูกระยะชิดทำให้ขนาดของลำต้นลดลง และ Panday *et al.* (2025) พบว่าระยะระหว่างแถวขนาด 19 ซม. ทำให้ลำต้นมีขนาดเล็กลงเมื่อเปรียบเทียบกับระยะระหว่างแถว 38 ซม. และ Amaducci *et al.* (2008) พบว่าการปลูกโดยระยะปลูกที่กว้างทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นใหญ่กว่าการปลูกระยะชิด

Table 1 Effect of plant spacing and variety on plant height (cm), plant canopy diameter (cm) and stem diameter (mm) of hemp grown in evaporative cooling greenhouse

Plant spacing (mxm)	Varieties	Plant height (cm)	Plant canopy diameter (cm)	Stem diameter (mm)
0.5x1	EHFGP#1	207.43±7.10b	130.70±7.83	25.71±2.17
	EHFGP#3	226.97±9.24a	141.27±4.04	27.89±0.52
	EHFGP#8	194.40±8.30b	140.20±6.52	24.62±1.41
1x1	EHFGP#1	161.07±7.95c	131.87±8.76	28.39±0.97
	EHFGP#3	176.47±3.65c	132.70±6.09	29.48±3.55
	EHFGP#8	166.43±10.33c	139.20±6.53	27.58±3.95
Plant spacing (A)		**	ns	**
Varieties (B)		**	ns	ns
A x B		*	ns	ns
CV (%)		**4.62**	**8.93**	**10.06**

ns = non-significant, ** = Mean there was highly a significant difference. There was no significant difference between identical letters in the same column ($p \leq 0.01$) according to the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) at ($p \leq 0.05$).

จำนวนข้อปล้องต่อต้น

ปัจจัยด้านสายพันธุ์ ทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่ส่งผลต่อจำนวนข้อปล้องต่อต้น ในขณะที่ปัจจัยระยะปลูกและอิทธิพลร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ มีผลต่อจำนวนข้อปล้องต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) พบว่าที่ระยะปลูก 1x1 เมตร สายพันธุ์ EHFGP#1 มีค่าเฉลี่ยจำนวนข้อปล้องต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 5 ข้อปล้อง รองลงมาคือ EHFGP#3 และ EHFGP#8 เท่ากับ 4.00–4.40 ข้อปล้อง ส่วนที่ระยะปลูก 0.5x1 เมตร มีค่าเฉลี่ยจำนวนข้อปล้องต่อต้นต่ำกว่า เท่ากับ 2.00–2.60 ข้อปล้อง (Table 2) แสดงให้เห็นว่าระยะปลูกที่เหมาะสมส่งผลต่อการพัฒนาของข้อปล้องกัญชงแต่ละสายพันธุ์ โดยผลการทดลองนี้ต่างจากการรายงานของ Schober (2024) ซึ่งรายงานว่า ระยะปลูกไม่มีนัยสำคัญต่อจำนวนข้อปล้อง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะงานทดลองดังกล่าวปลูกในระยะปลูกที่ชิดมาก คือ 33.33x25, 16.67x16.67, 25x16.67 และ 25x25 ซม. จึงไม่ส่งผลต่อจำนวนข้อปล้องอย่างมีนัยสำคัญ

จำนวนกิ่งต่อต้น

จำนวนกิ่งของกัญชงสายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ที่ปลูกภายใต้ระยะปลูก 0.5x1 เมตร และ 1x1 เมตร หลังปลูก 90 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยของระยะปลูกและสายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เช่นเดียวกัน โดยสายพันธุ์ EHFGP#1 ที่ปลูกในระยะ 1x1 เมตร มีจำนวนกิ่งมากที่สุด คือ 10.00 กิ่ง รองลงมาคือ สายพันธุ์ EHFGP#8 และ EHFGP#3 เท่ากับ 8.60 และ 8.00 กิ่ง ตามลำดับ ส่วนระยะปลูก 0.5x1 เมตร กัญชงทั้ง 3 สายพันธุ์มีจำนวนกิ่งน้อยที่สุด เท่ากับ 4.00 กิ่ง (Table 2) แสดงให้เห็นว่าระยะปลูกที่กว้างมากขึ้นส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาจำนวนกิ่งของกัญชงทุกสายพันธุ์ และ Chandra *et al.* (2012) พบว่าต้นกัญชาที่ปลูกในความหนาแน่นต่ำหรือระยะปลูกที่ห่าง 36–92 ตารางฟุตต่อต้น มีโครงสร้างการแตกกิ่งที่ใหญ่และแข็งแรงเป็นผลจากการที่ต้นพืชได้รับแสงแดด แร่ธาตุในดิน และน้ำในปริมาณมากขึ้น

ขนาดของช่อดอก

ปัจจัยด้านสายพันธุ์และปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ไม่มีอิทธิพลต่อขนาดของช่อดอก แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านระยะปลูก พบว่าส่งผลต่อขนาดของช่อดอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ที่ปลูกระยะ 1x1 เมตร มีขนาดช่อดอกใหญ่ที่สุด คือ 28.39–30.54 มม. ส่วนที่ปลูกระยะ 0.5x1 เมตร มีขนาดช่อดอกกว้างเท่ากับ 24.62–27.89 มม. (Table 2)

Table 2 Effect of plant spacing and variety on nodes per plant, number of branches per plant and inflorescence size (mm) of hemp grown in evaporative cooling greenhouse

Plant spacing (mxm)	Varieties	Number of nodes per plant	Number of branches per plant	inflorescence size (mm)
0.5x1	EHFGP#1	2.00±0.00c	4.00±0.00c	25.71±1.89
	EHFGP#3	2.60±0.00c	4.00±0.00c	27.89±2.86
	EHFGP#8	2.00±0.52c	4.00±0.84c	24.62±2.25
1x1	EHFGP#1	5.00±0.00a	10.00±0.00a	28.39±0.80
	EHFGP#3	4.00±0.52b	8.00±0.00b	29.48±2.72
	EHFGP#8	4.40±0.00b	8.60±0.00b	30.54±2.31
Plant spacing (A)		**	**	**
Varieties (B)		ns	**	ns
A x B		**	**	ns
CV (%)		**9.64**	**5.67**	**10.06**

ns = non-significant, ** = Mean there was highly a significant difference. There was no significant difference between identical letters in the same column ($p \leq 0.01$) according to the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) at ($p \leq 0.05$)

น้ำหนักผลผลิตดอกสดต่อต้น

ปัจจัยด้านระยะปลูกมีอิทธิพลต่อน้ำหนักผลผลิตดอกสดต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร พบว่าเป็นระยะที่มีน้ำหนักผลผลิตดอกสดเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 0.71–0.84 กิโลกรัมต่อต้น สูงกว่าที่ระยะปลูก 0.5x1 เมตร ซึ่งเฉลี่ยเท่ากับ 0.34–0.55 กิโลกรัมต่อต้น เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านสายพันธุ์ และอิทธิพลร่วมระหว่างสายพันธุ์และระยะปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3)

น้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้น

ปัจจัยด้านระยะปลูกมีอิทธิพลต่อน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร พบว่าเป็นระยะที่มีน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 0.15–0.20 กิโลกรัมต่อต้น สูงกว่าที่ระยะปลูก 0.5x1 เมตร ซึ่งเฉลี่ยเท่ากับ 0.08–0.12 กิโลกรัมต่อต้น และเมื่อพิจารณาปัจจัยด้านสายพันธุ์ และอิทธิพลร่วมระหว่างสายพันธุ์และระยะปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) สอดคล้องกับการรายงานของ Vanhove *et al.* (2011) พบว่าการปลูกระยะห่างกว่า คือ มีจำนวนต้น 16 ต้นต่อตารางเมตร ให้ผลผลิตต่อต้นสูงกว่าการปลูกระยะชิดที่มีจำนวนต้น 20 ต้นต่อตารางเมตร เนื่องจากการปลูกระยะชิดทำให้พืชแข่งขันกันมากขึ้น โดยเฉพาะปัจจัยเรื่องแสงและพื้นที่ จึงทำให้ผลผลิตต่อต้นลดลง Schober *et al.* (2024) ระบุว่า การปลูกในระยะกว้างช่วยเพิ่มการพัฒนาช่อดอกของพืชแต่ละต้น โดยเฉพาะบริเวณส่วนล่างของต้น เนื่องจากได้รับแสงเพียงพอและมีการแข่งขันภายในทรงพุ่มน้อยกว่า ในทางกลับกันการปลูกในระยะชิดทำให้เกิดการแย่งแสงในส่วนล่างของต้นส่งผลให้น้ำหนักช่อดอกแห้งของส่วนล่างลดลงอย่างชัดเจน รวมถึง Linder *et al.* (2022) ที่รายงานว่าระยะห่างระหว่างต้นที่มากขึ้น ส่งผลให้มีผลผลิตช่อดอกกัญชงแห้งต่อต้นสูงที่สุด

น้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อโรงเรือน

ปัจจัยด้านระยะปลูกมีอิทธิพลต่อน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร พบว่าเป็นระยะที่มีน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อโรงเรือนเท่ากับ 15.50–20.81 กิโลกรัม มากกว่าระยะ 0.5x1 เมตร เท่ากับ 11.20–16.24 กิโลกรัม (Table 3) สอดคล้องกับการรายงานของ Malik *et al.* (2025) พบว่าการปลูกในห้องที่มีระบบควบคุม (controlled indoor chamber) ที่ปลูกจำนวน 9 ต้นต่อตารางเมตร ให้ผลผลิตช่อดอกแห้งสูงกว่าการปลูกจำนวน 27.5 ต้นต่อตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการแข่งขันด้านแสงน้อยลง ซึ่งนำไปสู่การสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตที่เหมาะสมขึ้น นอกจากนี้ ระยะปลูกที่กว้างกว่าช่วยลดความหนาแน่นของต้นพืช ส่งผลให้การแข่งขันภายในแปลงปลูกลดลงและเอื้อต่อการพัฒนาระบบรากได้ดียิ่งขึ้น เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยของระยะปลูกและสายพันธุ์ พบว่าระยะปลูกและสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ EHFGP#3 ที่ปลูกระยะ 1x1 เมตร ส่งผลให้มีน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อไร่สูงที่สุด คือ 20.81 กิโลกรัมต่อโรงเรือน (Table 3)

ภาพรวมผลการทดลองด้านปริมาณผลผลิตแสดงให้เห็นว่า การปลูกกัญชงในโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ ปัจจัยระยะปลูกมีอิทธิพลต่อผลผลิตดอกกัญชงมากกว่าสายพันธุ์ โดยพบว่าปัจจัยด้านสายพันธุ์และอิทธิพลร่วมระหว่างระยะปลูกกับสายพันธุ์ไม่ส่งผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสายพันธุ์กัญชงที่ใช้ในการทดลอง (สายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8) มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรม เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่พัฒนามาจากแหล่งพันธุกรรมร่วมกันตามข้อมูลการขึ้นทะเบียนพันธุ์พืชของกรมวิชาการเกษตร (Department of Agriculture (Thailand), 2022)

แม้ค่า CV(%) ของน้ำหนักผลผลิตดอกสดต่อต้น น้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้น และน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อโรงเรือน จะอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ซึ่งอาจสะท้อนความแปรปรวนตามธรรมชาติของการแตกกิ่งและการกระจายช่อดอกของกัญชง อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ยังคงแสดงอิทธิพลของระยะปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3 Effect of plant spacing and variety on fresh flower yield per plant (kg), dry flower yield per plant (kg) and Dry flower yield per rai (kg/rai) of hemp grown in evaporative cooling greenhouse

Plant spacing (mxm)	Varieties	Fresh flower yield per plant (kg)	Dry flower yield per plant (kg)	Dry flower yield per greenhouse (kg/160 m^2)
0.5x1	EHFGP#1	0.44±0.13	0.10±0.03	13.44±3.22
	EHFGP#3	0.34±0.19	0.08±0.06	11.20±5.99
	EHFGP#8	0.55±0.11	0.12±0.03	16.24±3.22
1x1	EHFGP#1	0.71±0.18	0.15±0.05	15.50±6.57
	EHFGP#3	0.84±0.13	0.20±0.04	20.81±0.00
	EHFGP#8	0.84±0.15	0.19±0.03	19.58±4.72

Table 3 (Continued)

Plant spacing (mxm)	Varieties	Fresh flower yield per plant (kg)	Dry flower yield per plant (kg)	Dry flower yield per greenhouse (kg/160 m2)
Plant spacing (A)		**	**	*
Varieties (B)		ns	ns	ns
A x B		ns	ns	ns
CV (%)		25.24	28.94	30.41

ns = non-significant, ** = Mean there was highly a significant difference. There was no significant difference between identical letters in the same column ($p \leq 0.01$) according to the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) at ($p \leq 0.05$).

ปริมาณสารแคนนาบิไดออล (Cannabidiol: CBD)

ปัจจัยด้านระยะปลูก ปัจจัยด้านสายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ส่งผลต่อปริมาณสารแคนนาบิไดออลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ปัจจัยด้านระยะปลูก พบว่าที่ระยะปลูก 0.5×1 เมตร สายพันธุ์ EHFGP#1 มีค่าเฉลี่ยปริมาณสารแคนนาบิไดออลสูงที่สุดเท่ากับ 15.46 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ EHFGP#3 เท่ากับ 12.66 เปอร์เซ็นต์ และ EHFGP#8 เท่ากับ 10.33 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 มีค่าเฉลี่ยปริมาณสารแคนนาบิไดออลเท่ากับ 14.56 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ EHFGP#3 เท่ากับ 12.35 เปอร์เซ็นต์ และ EHFGP#8 เท่ากับ 13.48 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 ที่ปลูกระยะ 0.5x1 เมตร มีปริมาณสารแคนนาบิไดออลสูงที่สุดเท่ากับ 15.46 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา สายพันธุ์ EHFGP#1 ที่ปลูกระยะ 1x1 เมตร มีปริมาณสารแคนนาบิไดออลเท่ากับ 14.56 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสายพันธุ์ EHFGP#8 ที่ปลูกระยะ 0.5x1 เมตร มีปริมาณสารแคนนาบิไดออลต่ำที่สุดเท่ากับ 10.33 เปอร์เซ็นต์ (Table 4) สอดคล้องกับรายงาน Sandhu *et al.* (2022) รายงานว่า 83 เปอร์เซ็นต์ของความแปรผันในปริมาณสารแคนนาบิไดออลมาจากพันธุกรรมและมีส่วนน้อยประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์เป็นผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม เช่น การปลูกและการให้น้ำและแร่ธาตุ Salentijn *et al.* (2014) ระบุว่า ปริมาณสารแคนนาบิไดออลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตามสายพันธุ์ ซึ่งมีพื้นฐานจากความแตกต่างทางพันธุกรรม และ de Meijer *et al.* (1992) ระบุว่าความแตกต่างทางพันธุกรรม (genotype differences) มีผลต่อปริมาณและสัดส่วนของสารแคนนาบินอยด์ เช่น CBD, THC อย่างชัดเจน ในขณะที่อีกด้านหนึ่ง พบรายงานว่าปริมาณสารแคนนาบินอยด์เป็นลักษณะเชิงปริมาณที่ซับซ้อน การใช้เมล็ดพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อการผลิตสารแคนนาบินอยด์ในปริมาณสูงยังคงมีความเสี่ยง เนื่องจากยังไม่สามารถอธิบายกลไกทางพันธุกรรมที่ควบคุมปริมาณสารแคนนาบินอยด์ได้อย่างชัดเจน Weiblen *et al.* (2015)

Table 4 Effect of plant spacing and variety on cannabidiol content of hemp grown in evaporative cooling greenhouse

Plant spacing (mxm)	Varieties	Cannabidiol (%)
0.5x1	EHFGP#1	15.46±0.28a
	EHFGP#3	12.66±0.36d
	EHFGP#8	10.33±0.02e
1x1	EHFGP#1	14.56±0.37b
	EHFGP#3	12.35±0.21d
	EHFGP#8	13.48±0.04c
Plant spacing (A)		**
Varieties (B)		**
A x B		**
CV (%)		**2.17**

ns = non-significant, ** = Mean there was highly a significant difference. There was no significant difference between identical letters in the same column ($p \leq 0.01$) according to the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) at ($p \leq 0.05$).

สรุปผลการวิจัย

การปลูกกัญชงสายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ระยะปลูก 0.5x1 และ 1x1 เมตร ในโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ (evaporative cooling system greenhouse) พบว่า ระยะปลูกและสายพันธุ์ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางสัณฐาน ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญแคนนาบิไดออล ปัจจัยด้านระยะปลูกมีอิทธิพลต่อความสูงของต้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พบว่าการปลูกระยะชิด (0.5x1 เมตร) กระตุ้นให้พืชมีการยืดตัวของต้นเพื่อตอบสนองต่อการแข่งขัน ส่งผลให้ต้นกัญชงมีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการปลูกระยะที่กว้างกว่า (1×1 เมตร) ส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นใหญ่กว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การปลูกระยะที่กว้างกว่าช่วยให้พืชพัฒนาโครงสร้างลำต้นได้แข็งแรงยิ่งขึ้น อีกทั้งการลดความหนาแน่นของจำนวนต้นต่อพื้นที่ยังช่วยลดการแข่งขันด้านแสงและพื้นที่ ต้นพืชสามารถสังเคราะห์แสงได้ดีกว่า ช่วยส่งเสริมจำนวนข้อปล้อง จำนวนกิ่งต่อต้น และขนาดของช่อดอกได้มากกว่า ซึ่งส่งผลต่อน้ำหนักผลผลิตดอกสดต่อต้น น้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้น ตลอดจนน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อโรงเรือนที่สูงกว่าอย่างชัดเจน ด้านปริมาณสารแคนนาบิไดออล พบว่าทั้งสายพันธุ์และระยะปลูกมีผลต่อการสะสมสารอย่างมีนัยสำคัญ โดยสายพันธุ์ EHFGP#1 มีปริมาณสารแคนนาบิไดออลสูงที่สุดทั้งสองระยะปลูก คือ 0.5×1 และ 1×1 เมตร เท่ากับ 15.46 และ 14.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ สายพันธุ์ EHFGP#3 และ EHFGP#8 ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการระยะปลูกที่เหมาะสมร่วมกับการคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อปลูกในโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำสามารถเพิ่มทั้งปริมาณผลผลิตและคุณภาพสารสำคัญของช่อดอกกัญชงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ทดสอบ วิจัยและพัฒนากัญชง สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบริษัท ทีเอ็นอาร์ ไบโอไซเอินซ์ จำกัด (TNRBio) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการดำเนินงานวิจัยและขอขอบคุณบริษัท เอฟจีพี (ไทยแลนด์) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนสายพันธุ์กัญชงในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Amaducci, S., A. Zatta, F. Pelatti and G. Venturi. 2008. Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system. **ScienceDirect** 107: 161–169.

Chandra, S., Z. Mehmedic, H. Lata, I.A. Khan and M.A. ElSohly. 2012. Biomass yield studies of field cultivated *Cannabis sativa* L. plants. **Planta Medica** 78(14): 1586–1592.

Chiarakul, P., S. Pinich and A. Sreshthaputra. 2024. Monitoring environmental factors associated with indoor growth chambers and greenhouses for cannabis cultivation. **Journal of Architectural/Planning Research and Studies (JARS)** 21(2): 387–404.

Danziger, N. and N. Bernstein. 2022. Too dense or not too dense: higher planting density reduces cannabinoid uniformity but increases yield/area in drug-type medical cannabis. **Frontiers in Plant Science** 13: 713481.

de Meijer, E.P.M., H.J. van der Kamp and F.A. van Eeuwijk. 1992. Characterisation of *Cannabis* accessions with regard to cannabinoid content in relation to other plant characters. **Euphytica** 62: 187–200.

Department of Agriculture (Thailand). 2022. **Notification of the Department of Agriculture Re: Public Announcement of the Application for the Issuance of a Certificate of Registered Plant Variety Pursuant to the Plant Varieties Act, B.E. 2518 (1975).** Bangkok: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 57 p. [inThai]

Franklin, K.A. 2008. Shade avoidance. **New Phytologist** 179: 930–944.

Hussain, T., G. Jeena, T. Pitakbut, N. Vasilev and O. Kayser. 2021. *Cannabis sativa* research trends, challenges, and new-age perspectives. **iScience** 24: 103391.

Iffland, K and F. Grotenhermen. 2017. An update on safety and side effects of cannabidiol: a review of clinical data and relevant animal studies. **Cannabis and Cannabinoid Research** 2(1): 139–154.

Linder, E.R., S. Young, X. Li, S. Henriquez Inoa and D.H. Suchoff. 2022. The effect of transplant date and plant spacing on biomass production for floral hemp (*Cannabis sativa* L.). **Agronomy** 12: 1856.

Malík, M., L. Praus, A. Kuklina, J. Velechovský, A. Kosmáková-Janatová, P. Klouček, V. Mládek and P. Tlustoš. 2025. Cannabis yield and cannabinoid profile affected by plant nutrition and planting density. **Industrial Crops & Products** 223: 120293.

MarkNtel Advisors. 2024. **Market insights & analysis: global cannabidiol (CBD) market (2024–30)**. Retrieved from https://www.marknteladvisors.com/research-library/cannabidiol-cbd-marketanalysis.html

Ministry of Public Health (Thailand). 2025. Ministerial Notification of the Ministry of Public Health Re: Controlled Herbal Plants (Cannabis), B.E. 2568 (2025). **The Royal Thai Government Gazette** 142(Special Part 229 Ngor): 2 p. [in Thai]

Panday, D., B.S. Acharya, M. Dhakal, T. Caton, C. Lapham, A. Smith and A. Ghalehgolabbehbahani. 2025 Industrial hemp yield and chemical composition as influenced by row spacing, fertilization, and environmental conditions. **Agrosystems, Geosciences & Environment** 8: e70093.

Park, S.-H., C.S. Pauli, E.L. Gostin, S.K. Staples, D. Seifried, C. Kinney and B.D. Vanden Heuvel. 2022. Effects of short-term environmental stresses on the onset of cannabinoid production in young immature flowers of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). **Journal of Cannabis Research** 4: 1–13.

Salentijn, E.M.J., Q. Zhang, S. Amaducci, M. Yang and L.M. Trindade. 2014. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. **Industrial Crops and Products** 68(1): 32–41.

Sandhu, S.S., A. Chiluwal, Z.T. Brym, M. Irey, J.M. McCray, D.C. Odero, S.H. Daroub and H.S. Sandhu. 2022. Evaluating growth, biomass and cannabinoid profiles of floral hemp varieties under different planting dates in organic soils of Florida. **Agronomy** 12: 2845.

Schober, T., A. Präger, J. Hartung and S. Graeff-Hönninger. 2024. The effects of plant density and duration of vegetative growth phase on agronomic traits of medicinal cannabis (*Cannabis sativa* L.): a regression analysis. **PLOS ONE** 19(12): 1–28.

Sebastian, J.S.V., X. Dong, C. Trostle, H. Pham, M.V. Joshi, R.W. Jessup, M.D. Burow and T.L. Provin. 2023. Hemp gronomy: current advances, questions, challenges, and opportunities. **Agronomy** 13(2): 475.

Vanhove, W., P.V. Dammea and N. Meert. 2011. Factors determining yield and quality of illicit indoor cannabis (*Cannabis* spp.) production. **Forensic Science International** 212: 158–163.

Weiblen, G.D., J.P. Wenger, K.J. Craft, M.A. ElSohly, Z. Mehmedic, E.L. Treiber and M.D. Marks. 2015. Gene duplication and divergence affecting drug content in *Cannabis sativa.* **New Phytologist** 208: 1241–1250.

Yazici, L. 2022. Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). **Journal of King Saud University – Science** 35: 102419.

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 43-61

Extension of Hemp as an Alternative Crop to Mitigate Forest Fires and Enhance Incomes: A Policy Design–informed Framework for Mae Hong Son Province

การส่งเสริมกัญชงเป็นพืชทางเลือกเพื่อบรรเทาปัญหาไฟป่าและเสริมสร้างรายได้: กรอบแนวคิดการออกแบบเชิงนโยบายจังหวัดแม่ฮ่องสอน

Sutat Jarumanee[1], Supot Boonraeng[2,*], Worajit Sethapun[1], Punlop Sinthuya[2] and Apinun Suvrnaraksa[3]

สุทัศน์ จารุมณี[1] สุพจน์ บุญแรง[2,*] วรจิตต์ เศรษฐพรรค์[1] พันธ์ลพ สินธุยา[2] และอภินันท์ สุวรรณรักษ์[3]

[1]Asian Development College for Community Economy and Technology, Chiangmai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50330

[2]Faculty of Agricultural Technology, Chiangmai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50330

[3]Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50280

[1]วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม เชียงใหม่ 50330

[2]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม เชียงใหม่ 50330

[3]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50280

*Corresponding author: boonraengs@gmail.com

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0007-8963-6679

Received: *January 05, 2026*

Revised: *May 11, 2026*

Accepted: *June 19, 2026*

Abstract

Mae Hong Son (MHS) Province in northern Thailand constantly faces social and environmental crises caused by forest fires. This study designed policies to integrate hemp into the agricultural extension system to mitigate land preparation burning. A survey of 200 households from three communities, in-depth interviews, focus group discussions (FGDs), and observations were conducted. The results showed that forest fires cause distinct impacts on livelihoods, health, and the environment, while existing control measures are insufficient. Hemp products have significant potential as an inclusive alternative for income enhancement and value-added product development. A Social Return on Investment (SROI) of 2.5:1 illustrated significant economic and social benefits. This framework shifts toward livelihood-based mitigation, demonstrating that integrating a structured hemp value chain into agricultural extension services can effectively reduce burning and enhance community resilience in MHS.

Keywords: BCG model, forest fire mitigation, hemp extension, Mae Hong Son (MHS)

บทคัดย่อ

พื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยโดยเฉพาะจังหวัดแม่ฮ่องสอน ยังคงเผชิญกับภาวะวิกฤตทางสังคมและสิ่งแวดล้อมที่มาจากไฟป่า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบเชิงนโยบาย โดยบูรณาการกัญชงอุตสาหกรรม (*Cannabis sativa* L.) ร่วมกับระบบส่งเสริมการเกษตร สู่มาตรการบรรเทาปัญหาของการเผาเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งได้สำรวจ 200 ครัวเรือนใน 3 ชุมชน มีการสัมภาษณ์ การสนทนากลุ่มผู้มีส่วนได้เสียและการสังเกตชุมชน พบว่าไฟป่าสร้างผลกระทบชัดเจนต่อวิถีการดำรงชีวิต สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม แต่มาตรการควบคุมในระดับจังหวัดยังไม่เพียงพอ ซึ่งผลิตภัณฑ์จากกัญชงมีศักยภาพสูงที่ครอบคลุมหลายมิติ เสริมสร้างรายได้และมูลค่าเพิ่มแก่ชุมชน โดยมีผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนระยะเริ่มต้น (SROI, 2.5:1) ที่ชี้ถึงประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมว่าอยู่ในระดับน่าพึงพอใจ ดังนั้น จึงเป็นแนวทางสนับสนุนการออกแบบเชิงนโยบายของจังหวัด เพื่อการตัดสินใจในงานส่งเสริมการเกษตรให้ตรงเป้าหมาย สามารถเปลี่ยนผ่านได้อย่างยั่งยืนและมีความยืดหยุ่น นำไปสู่เศรษฐกิจฐานชีวภาพระดับชุมชนพื้นที่สูงของจังหวัดแม่ฮ่องสอน

คำสำคัญ: โมเดลเศรษฐกิจ BCG การบรรเทาปัญหาไฟป่า การส่งเสริมปลูกกัญชง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

Introduction

The forest fires in Mae Hong Son (MHS) Province are used to clear land for cultivation (Talukdar *et al*., 2024) and pose a complex crisis that creates a conflict between livelihoods and economic stability. Whereas the perception of fire as a manageable ecological element is evolving towards a “living with fire” approach (Thacker *et al*., 2023). A recent comprehensive review by Singh (2024) highlights that persistent fire disturbances can lead to ecological degradation and potentially irreversible changes in biodiversity, thereby compromising the long-term ecological integrity of the region. In MHS, this concept is implemented through livelihood-based mitigation strategies that use hemp (*Cannabis sativa* L.) to foster fire mitigation and community resilience. Industrial hemp, which has low THC levels, plays a crucial role in the value chain, boosting economic resilience through opportunities in fiber, food, and handicrafts. This approach aligns with the Bio-Circular-Green (BCG) economy model and leverages local cultural assets to create high-value enterprises.

The use of industrial hemp, a high-yield, carbon-negative crop, benefits soil regeneration and has multiple applications, including sustainable textiles and green construction materials, contributing to a circular bioeconomy. In the wellness and functional food sectors, hemp seeds and oils are recognized as an important source of essential fatty acids and plant-based proteins (Farinon *et al*., 2020). The traditions of MHS offer new opportunities for hemp use through applications like data-driven hemp seed oil, next-generation textiles, and green construction (Mistry *et al*., 2025; Yildiz *et al*., 2025). The diverse heritage of the MHS provides a foundation for developing hemp-centered creative tourism and

promoting sustainable economic opportunities. Key indicators for this development include sustainable income, creative industries, market activities, and overall sustainability (UNCTAD, 2022).

MHS can successfully apply sustainable community-based tourism (CBT), which aims to enhance local livelihoods through direct community participation in tourism activities, cultural preservation, and job creation. These policies should be grounded in comprehensive ecological knowledge and social justice relevant to the local context. It is crucial to establish governance structures that empower communities to become active participants. A systems approach using the theory of change helps identify the inputs, stakeholders, and activities needed to enhance a heritage-led circular creative ecosystem (Hussein and Alhebsi, 2025). This study proposes a policy framework for integrating hemp as an alternative crop to reduce forest fire risks and enhance community incomes.

Specifically, this study pursues four objectives: (1) to assess the multidimensional impacts of forest fire smoke on community livelihoods, health, and socioeconomic conditions in MHS; (2) to analyze the causal relationships between drivers, pressures, states, impacts, and responses using the DPSIR framework; (3) to evaluate the potential and value chain of hemp as a flagship crop within the provincial context, incorporating ROI and SROI analyses; and (4) to synthesize an integrated extension framework known as the Hemp-Integrated Fire Mitigation Pathway (HIFMP) to support evidence-based provincial decision-making.

Methodology

1. Study Sites, Population, and Sample Size

The research focused on three communities across two districts—Mueang and Khun Yuam—with a history of hemp cultivation and use. These comprised (1) Ban Huai Makueasom/Ruamthai (Mueang District), located within the Pangtong 2 Royal Project area (Pang-ong); (2) Ban Maesakued (Mueang District); and (3) Ban Pangtong (Khun Yuam District). Household lists were obtained from the MHS Provincial Agriculture Office before data collection. From the total target population of 397 households, the sample size was determined using Cochran's formula at a 95% confidence level (Cochran, 1977), resulting in a minimum of 200 households. A purposive sampling approach was employed, selecting 80 households from Ban Huai Makueasom/Ruamthai, 58 from Ban Maesakued, and 62 from Ban Pangtong.

2. Data Collection

2.1 Quantitative Data Collection

A rapid rural appraisal (RRA) was conducted that included community discussions and structured interviews to ensure the data collected was contextually relevant. Following this, a structured survey was distributed to 200 households to gather baseline information on community perceptions of the impacts of forest fire smoke (FFS) on livelihoods, health, and socioeconomic conditions.

2.2 Qualitative Data Collection

(1) A modified Delphi technique was conducted with policy stakeholders representing the Agriculture Office, Department of Commerce, Community Development Office, Industrial Office, Tourism Office, and Public Health Office of MHS Province. Participants were purposively selected based on their direct involvement in agricultural extension, rural development, public health, and provincial economic planning related to forest fire mitigation and hemp development. The first round involved structured documents distributed to 12 stakeholders, while the second round consisted of a roundtable discussion to validate and refine strategic viewpoints. Additionally, field observations of hemp farming and weaving practices were conducted to complement the interview data.

(2) In-depth interviews with 20 Hmong hemp weavers in Ban Pangtong, focusing on traditional knowledge systems and adaptive livelihood strategies.

(3) Focus group discussions (FGDs) with 12 community leaders from the Hmong, Karen, and Lahu ethnic groups in Ban Huai Makueaom/Ruamthai and Ban Maesakued. These discussions aimed to explore collective fire management strategies.

2.3 SROI Assessment

The primary data for the SROI analysis was collected from key stakeholders across the hemp value chain in MHS and Tak Provinces. Upstream data included fiber yields of 3,800 kg/rai for fresh stems and 280 kg/rai for seeds, sourced from farmers in Phop Phra District (Tak Province), Ban Pangtong, and Ban Maesakued. Midstream metrics on oil extraction ratios and weaving labor costs were gathered through observations with community enterprises. Downstream market valuations for products, such as hemp soft gels and premium textiles, were obtained from retail data from We-Eco Co., Ltd. and the Huai Makhueasom group. The SROI analysis utilized an evaluative approach to quantify the social, environmental, and economic value across the value chain, structured in several steps. (Modified from Basset and Giarè (2021) as (1) stakeholder identification and scope, (2) outcomes mapping and data collection, and (3) financial proxies and impact calculation. The proxy value is based on a study of economic and environmental returns (Pongwiritthon *et al*., 2024; Wongvilarat, 2025).

3. Data Analysis and Analytical Frameworks

(1) The survey data underwent exploratory factor analysis (EFA) with varimax rotation in SPSS. The Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure was 0.915, and Bartlett's test showed significant results (χ^2 (66) = 2132.397, p<0.001). Communalities exceeded 0.7, and internal consistency, assessed with Cronbach's alpha, was above 0.80 (Field, 2018).

(2) Qualitative data from interviews, focus group discussions, and field observations were analyzed using thematic content analysis as outlined by Moore *et al*. (2025) The data were coded and organized into themes that reflect the impacts of forest fires, community adaptive strategies, and enabling environments for hemp products.

(3) The modified Delphi process was analyzed to identify convergent stakeholder perspectives regarding strategic constraints, opportunities, and policy priorities for hemp-based livelihood transition and forest fire mitigation in MHS. The consensus themes derived from the Delphi rounds informed the development of the PESTEL and SOAR strategic dimensions used in the analytical framework.

(4) The use of four complementary frameworks: the DPSIR framework mapped the causal relationships between drivers, pressures, states, impacts, and responses that alter the current state of nature, subsequently affecting ecosystems and human well-being (Yadav *et al*., 2026). The political, economic, social, technological, environmental, and legal conditions that facilitate the promotion of hemp were analyzed using the PESTEL framework (Fragoso, 2018). To design effective policies, the SOAR framework was utilized to synthesize field evidence into strategic strengths, opportunities, aspirations, and results (Sukmawati *et al*., 2025). Finally, ROI (Return on Investment) and SROI (Social Return on Investment) analyses were conducted to evaluate both financial feasibility and broader social, cultural, and environmental returns at the program level. These analytical frameworks were integrated to develop the Hemp-Integrated Fire Mitigation Pathway (HIFMP), aligned with the NBSOIL Theory of Change (Montellano López, 2023). The framework components were synthesized from EFA-derived livelihood impact dimensions, qualitative themes from FGDs and key informant interviews, and valuation outputs from ROI/SROI analyses.

The analytical process followed a sequential systems-design logic, beginning with empirical diagnosis of fire impacts, followed by systems interpretation, strategic stakeholder consensus formation, and socio-economic valuation, ultimately informing the development of a systems-integrated extension policy framework

Table A1 Summary of financial proxies and market values for hemp-based economic outcomes

Outcome category	Specific outcome	Financial proxy	Value (THB/rai)	Source / Reference
Economic / Market outcomes	Raw seed sales	Market price per kg × yield (280 kg/rai)	56,000	Field data
	Fiber – coarse	Market price per kg × yield (stems 3,800 kg/rai × 25% fiber)	93,100	Field data
	Fiber – fine	Market price per kg × yield (stems 3,800 kg/rai × 27% fine fiber)	100,558	Field data
	Seed oil	Market price × oil yield (kg)	187,650	We-Eco Co., Ltd.
	Soft gel/nutraceutical	Retail price × product yield	715,620	We-Eco Co., Ltd.

Table A1 (Connected)

Outcome category	Specific Outcome	Financial Proxy	Value (THB/rai)	Source / Reference
Social / Employment outcomes	Labor income from fiber processing	Local daily wage × labor days	10,500	Wongvilarat (2025) Field data
	Labor income from weaving	Local daily wage × weaving days	8,400	Wongvilarat (2025) Field data
Social / Skill development	Training in processing and weaving	Cost of equivalent vocational training	4,500	Field data
Environmental outcomes	Reduced open burning/soil conservation	Avoided the cost of remediation/air pollution mitigation	6,000	Field data
Household income stability	Reduced income volatility from diversified processing	Proxy via net income increase per rai	7,200	Field data

Table A2 Sensitivity analysis of SROI ratios under alternative assumptions

Scenario	SROI Ratio
Base case (province-level, optimistic)	7.364
Healthcare −50%	5.992
Tourism −30%	6.472
Environment −50%	6.815
All reduced (H−50%, T−30%, E−50%)	4.553
Conservative case (program-aligned)	2.500

Source: Kumar *et al.* (2024)

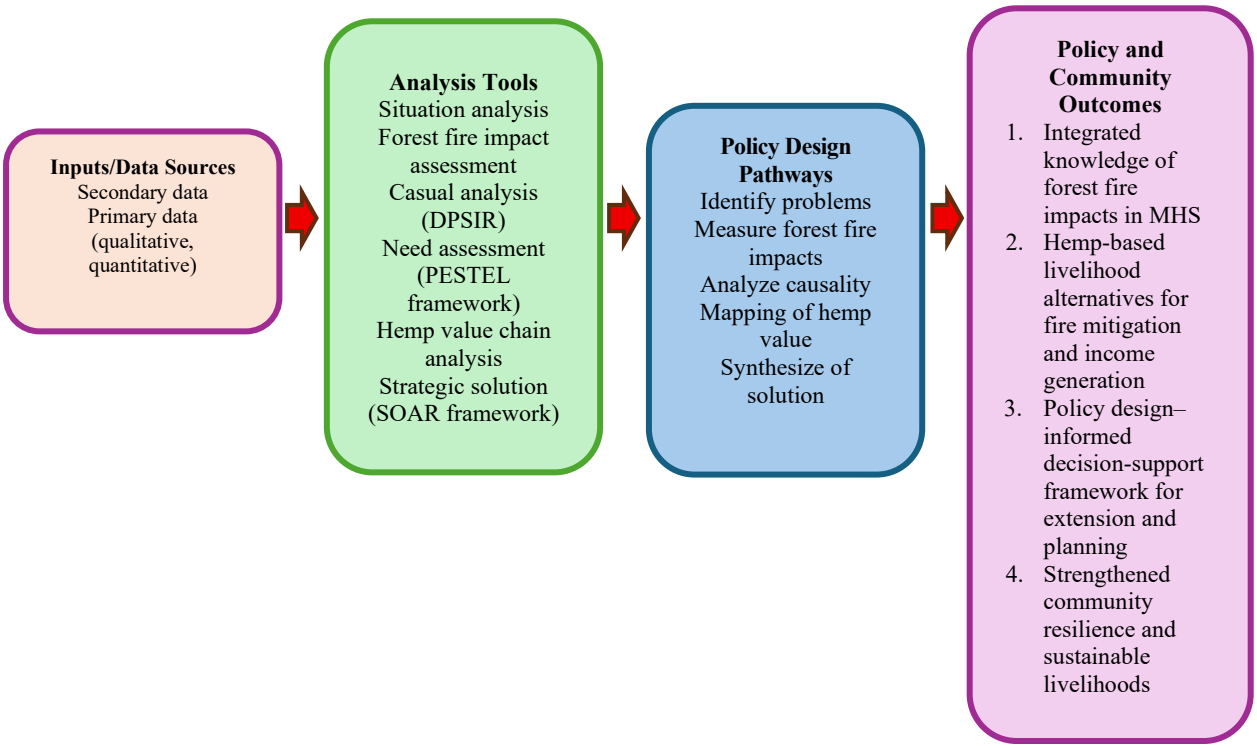


Figure 1 Policy design-informed framework of the study

Results

Forest Fire Impact Assessment

The forest fire management methods in MHS are currently ineffective and reactive, which leads to several negative consequences. Table 1 presents the results from a survey conducted in the target area. Principal Component Analysis (PCA) was used to identify three key components that account for 78.82% of the total variance. Factor 1, labeled "Livelihoods, Health, and Environment," includes eight items (IP-1 to IP-5, IP-8, IP-11, and IP-12) and accounts for 43.84% of the variance. Factor 2 is associated with "Socio-Psychological Distress," comprised of items IP-9 and IP-10, and contributed 20.26% to the variance. Factor 3 is identified as the "Business Environment," which encompasses the impacts on transportation and investor confidence (items IP-6 and IP-7). (Loading factor, see Table 2)

Residents of MHS have confidence that forest fire smoke (FFS) problems most significantly affect health, with an average score of 3.94. Respondents were first screened to survey health-protective behaviors by using a single question about the consistency of their practices in response to FFS. Did their protective behaviors fluctuate or remain consistent? Each group was assessed to determine if they fully followed the recommended practices. Among those who were identified as consistent practitioners, 82% reported full adoption. This research shows that self-reported consistency doesn't guarantee complete protection, which highlights the need for structured, community-level health programming alongside any agricultural policy transition.

Table 1 Descriptive statistics of the evaluation of MHS people's opinions on FFS impacts

Items	Mean	Std.	Level
Daily Life and Community Participation (IP-1)	3.58	1.171	High
Agricultural Livelihoods (IP-2)	3.47	1.075	High
Tourism and Trade Activities (IP-3)	3.45	1.088	High
Household income (IP-4)	3.41	1.095	High
Environmental Visibility/Perception (IP-5)	3.47	1.322	High
Transportation and Communication Accessibility (IP-6)	3.28	1.190	Moderate
Investor Confidence and Business Opportunities (IP-7)	3.03	0.974	Moderate
Physical and Public Health (IP-8)	3.94	1.275	High
Psychological Stress and Anxiety (IP-9)	3.33	1.194	Moderate
Social Tensions and Conflicts (IP-10)	3.02	1.130	Moderate
Forest and Wildlife Degradation (IP-11)	3.82	1.220	High
Heat Accumulation and Atmospheric Discomfort (IP-12)	3.75	1.302	High

Table 2 Rotated component matrix factor loadings for the variables on the three extracted factors

Impact items	Component		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Daily Life and Community Participation (IP-1)	**0.789**	0.414	0.185
Agricultural Livelihoods (IP-2)	**0.706**	0.430	0.238
Tourism and Trade Activities (IP-3)	**0.723**	0.407	0.159
Household Income (IP-4)	**0.728**	0.374	0.289
Environmental Visibility/Perception (IP-5)	**0.825**	0.220	0.302
Transportation and Communication Accessibility (IP-6)	0.492	0.034	**0.775**
Investor Confidence and Business Opportunities (IP-7)	0.170	0.430	**0.801**
Physical and Public Health (IP-8)	**0.777**	0.291	0.194
Psychological Stress and Anxiety (IP-9)	0.450	**0.780**	0.187
Social Tensions and Conflicts (IP-10)	0.192	**0.885**	0.179
Forest and Wildlife Degradation (IP-11)	**0.788**	0.041	0.180
Heat Accumulation and Atmospheric Discomfort (IP-12)	**0.820**	0.242	0.310

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization; A rotation converged in 6 iterations**;** KMO=0.915, Bartlett's test (χ^2 (66)=2132.397, p<0.001, Communalities>0.7

Causal Relationship of FFS

The DPSIR framework provides a comprehensive perspective on the forest fire crisis, effectively connecting administrative policy gaps with the socio-economic realities of the 12 community leaders. As illustrated in the DPSIR model (Figure 2), the crisis is characterized by reinforcing feedback loops that worsen the situation. For example, poor air quality reduces labor productivity and heightens economic vulnerability. The DPSIR model illustrates reinforcing feedback loops linking poor air quality, reduced labor productivity, and economic vulnerability in MHS. By addressing these causal links rather than just the symptoms we can begin to disentangle the cycle of environmental degradation and livelihood insecurity that currently defines the region.

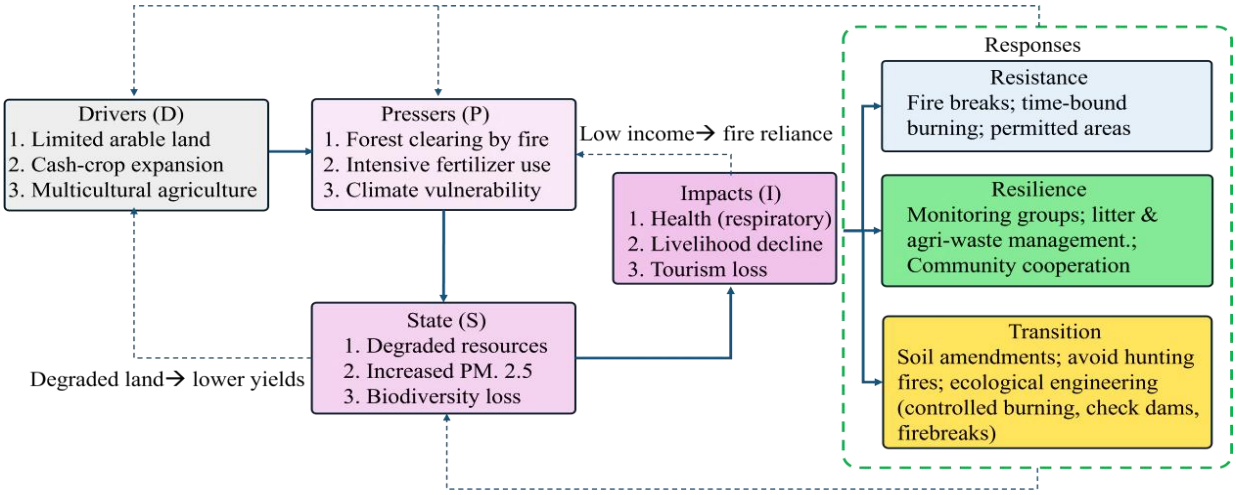


Figure 2 DPSIR causal diagram of the forest-fire smoke crisis in MHS

The results of FGDs with 12 community leaders identified strategies for forest fire management, categorized into 3 progressive adaptation concepts based on community-level practices. (1) Resistance strategies: these focus on preventing and warning against forest fires through the creation of firebreaks, regulating the timing of burning, and limiting activities to designated areas. (2) Resilience strategies: these involve forming fire monitoring groups, managing dry plant biomass and agricultural residues, and enhancing cooperative efforts in fire prevention. (3) Transition strategies: these emphasize long-term change by reducing dependence on fire through implementing ecological engineering measures, including controlled burning, check dams, and firebreak systems

Hemp Functions and Opportunities in MHS's Economy

The findings are drawn from three primary data sources collected in this study:

FGDs with 12 community leaders, in-depth interviews with 20 Hmong hemp weavers in Ban Pangtong, and field observations across MHS. Comparative market data from Tak Province (Phop Phra District) are used as upstream reference benchmarks to assess the value chain potential in MHS, where processing infrastructure remains nascent. In the FGDs, transitioning to hemp is seen as a strategic step toward a creative economy.

(1) Handicrafts and Fabrics: Local artisans need training to enhance their techniques in weaving, embroidery, and dyeing. Market development, including national and international promotion through trade shows, online platforms, and partnerships with designers, is essential.

(2) Healthy Foods from Hemp Seeds: Community entrepreneurs should receive support to develop hemp-based snacks and protein powders.

(3) Hemp-Infused Massage Oils for Traditional Medicine: By integrating local herb wisdom with global wellness trends, hemp-based massage oils can offer natural solutions for relaxation, stress relief, and pain management.

(4) Use of Hemp Fibers in Hmong Rituals and Festivals: Promoting these cultural values is crucial to ensuring that hemp stays deeply rooted in the community's identity.

The results showed four primary needs—textiles, food supplements, massage oils, and rituals—through the DPSIR framework under the BCG model to elevate hemp to the status of a flagship crop as follows: (1) to enable the legal export of hemp seeds and massage oils; (2) to enhance the economic resilience of weavers through building capacity and advanced production techniques; and (3) to create high-value-added products linked to community-based tourism. Field evidence from MHS and Tak Province indicates that hemp is a versatile resource that drives economic development. Table 3 summarizes hemp functions and associated business opportunities identified from field evidence.

Economic and Social Returns

The ROI and SROI figures presented below are derived entirely from primary data collected in this study, including in-depth interview responses of weavers (n=20); enterprise-level cost and revenue data gathered through field observations with We-Eco Co., Ltd. and the Huai Makhueasom community enterprise; and benefit proxies validated through key informant interviews. The financial proxy values for healthcare savings and cultural tourism are grounded in local stakeholder estimates cross-referenced with Pongwiritthon *et al.* (2024); Wongvilarat (2025) as comparative benchmarks.

The results reveal a contrast between localized financial viability and broader social returns. A small-scale pilot project shows a 182% ROI, but when including wider program costs, the overall return drops to -98%, emphasizing the need for institutional support. Despite this, the SROI evaluation reflects hemp's status as a socio-environmental asset, with a conservative SROI of 2.5:1. Hemp's true value lies in its multiple benefits, including fire mitigation, improved respiratory health,

and increased cultural tourism, making it an effective tool for achieving Sustainable Development Goals (SDGs) in fire-prone highland areas. The financial proxies used to calculate SROI include outcome categories, monetary values, and sources (see Table 4).

Table 3 Mapping of hemp functions and business opportunities in Mae Hong Son

Hemp functions	Strategic business opportunities
Crafts & Textiles	Small-scale enterprises producing fabrics, embroidery, fashion accessories, and home decor, and community branding linked to cultural heritage.
Food, Wellness & Traditional Medicine	Foods, oils, massage products, and herbal remedies; integration into health-oriented and sustainable living markets grounded in local knowledge.
Cultural Tourism	Hemp-centered festivals, workshops, and heritage activities that preserve traditions while generating supplementary community income.
Creative Provincial Branding	Linking farmers, artisans, and entrepreneurs, positioning MHS as a hemp-based wellness hub emphasizing authenticity and sustainability.

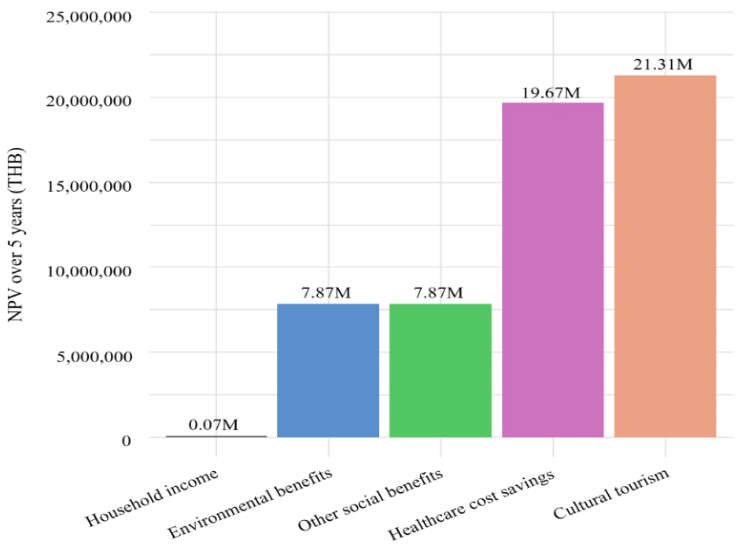


Figure 3 The net present value (NPV) of benefits for hemp-based development in MHS over five years was analyzed by category. The main benefits are cultural tourism and healthcare cost savings, with environmental services and social equity gains also playing significant roles. However, the increase in household income from pilot-level enterprises is relatively low.

Table 4 Summary of ROI and SROI analysis for hemp-based enterprises in Mae Hong Son (aligned with conservative scenario)

Dimension	Indicator / Benefit category	Annual gross (THB)	Adjusted Year-1 (THB)	NPV over 5 years (THB)	Interpretation
ROI (Financial)	Enterprise (pilot) – Total Revenue	83,587	–	–	Pilot-scale revenue across hemp product lines
	Enterprise (pilot) – Total Costs	29,625.5	–	–	Direct production costs (pilot level)
	Enterprise (pilot) – Gross Margin	53,961.5	–	–	ROI = 182% (positive at enterprise level)
	Program-aligned (conservative) – Total Revenue	83,587	–	–	Revenue remains pilot-scale
	Program-aligned (conservative) – Total Costs	5,029,625.5	–	–	Includes programmatic investment (5M THB/year)
	Program-aligned (conservative) – Profit	–4,946,038.5	–	–	ROI = –98% (negative when accounting for program costs)
SROI (Social/ Environmental)	Reduced respiratory healthcare costs	15,000,000	6,300,000	19,666,500	Cost savings from reduced haze-related illness (conservative)
	Increased household income from hemp	53,961.50	22,664	70,749	Net household income uplift from hemp enterprises
	Cultural tourism revenue	16,250,000	6,825,000	21,305,380	Revenue from hemp-linked cultural tourism (conservative)
	Environmental benefits (reduced burning/carbon sequestration)	6,000,000	2,520,000	7,866,602	Value of avoided emissions and carbon credits (conservative)
	Other social benefits (employment, women & youth empowerment)	6,000,000	2,520,000	7,866,602	Employment and social equity gains
Totals	PV of Benefits	–	–	56,775,837	Aggregate net social value over 5 years
	PV of Investment (Program-aligned)	–	–	22,729,753	Discounted program costs over 5 years
	SROI Ratio (Conservative)	–	–	2.5:1	Every 1 THB invested yields ~2.5 THB in social value

Strategic Solution Synthesis

The following synthesis integrates findings from EFA, FGDs, key informants, and valuation analyses into a policy design–informed framework. Integrating PESTEL, SOAR, and SROI analysis, this strategy for MHS's hemp value chain addresses social, economic, and environmental challenges through a systems-based approach. It connects upstream production, midstream processing, and downstream market development, emphasizing value chain upgrading. By enhancing localized processing capacity, the strategy promotes value addition and increases social return on investment. Table 5 presents a PESTEL–SOAR–SROI framework, connecting external factors with strategic responses and impacts. It shows that upgrading the value chain, especially through processing structure, is essential for improving economic returns and achieving a positive social return on investment. This study outlines a strategic framework for hemp development in MHS, focusing on fostering a sustainable cultural-creative economy based on the BCG model and the SDGs.

Table 5 PESTEL–SOAR–SROI, connecting external factors with strategic responses and impacts

Dimension	Key factors	Strategic response (SOAR)	Expected impacts
Political / Legal	Hemp legalization, BCG policy, FDA regulation, and land tenure issues	Leverage policy, licensing, and strengthen institutional coordination	Improved program feasibility, scaling of the hemp value chain
Economic	High-value markets (wellness, textile), limited capital access	Invest in processing, develop the market, and enable SME financing	Increased income, improved ROI, and financial sustainability
Social	Ethnic cultural capital, Community cohesion	Extension-based culture enterprise development	Social equity gains Improved well-being
Technological	Lack of local processing	Establish district-level processing, upgrade local technology	Reduced dependency on external processors
Environmental	Fire-prone landscape, carbon sequestration potential	Integrate hemp into fire mitigation strategies	Environmental services, reduced PM2.5
Strategic vision (SOAR)	Strengths + Opportunities alignment	Hemp-Based Wellness & Cultural Hub	Regional competitiveness, sustainable rural transformation
SROI results	Measured social, economic, and environmental value	Strategy validation through SROI	SROI = 2.5:1 Health NPV 19.67M THB, Social gains 7.87M THB

The findings emphasize that MHS Province has the necessary biophysical and socio-economic factors for hemp development. Favorable climatic conditions in both the highland and lowland zones, along with local farmers' existing expertise in seed production, suggest favorable conditions for hemp-based innovation in the food and healthcare sectors. There is a collective desire to diversify hemp-derived products by combining local wisdom with modern wellness and textile markets. Empirical data from Ban Pantong support this potential, revealing seed yields of 280 kg/rai. This result provides a scientific basis for hemp value-added processing and effective market positioning.

Strategic Policy Levers

To operationalize the hemp value chain as a systemic tool for development, this begins with establishing regulatory standards to streamline licensing and quality certification (Tetrahydrocannabinol, THC<1%), thereby facilitating market entry. The incubation of local enterprises is a leverage point for empowering SMEs through infrastructure investments for seed and fiber processing. Furthermore, these efforts are unified under a strategic provincial brand MHS Hemp, designed to integrate local products with cultural and health tourism. Ultimately, these levers are anchored by comprehensive socio-environmental protections, including measures to mitigate open burning, restore vital soil-water-air ecosystems, and preserve the irreplaceable ethnic cultural heritage of the MHS highlands.

Integrated Monitoring and Evaluation

To ensure accountability, the framework employs ROI to measure micro-level financial viability and SROI to quantify macro-level social, cultural, and environmental returns incorporating rigorous adjustments for attribution, deadweight, and discounting.

Discussion

Forest fires in MHS have significant impacts, with health and livelihoods at 43.84%, economy and infrastructure at 20.26%, and psychosocial effects at 14.72%. These indicate that forest fires have cross-dimensional effects, with physical health being the most critical, reflecting worsening PM2.5 levels in northern Thailand (WHO, 2021). The DPSIR analysis highlights that limited agricultural land in MHS has led to a chemical-fire feedback loop, increasing reliance on burning for forest clearing, which in turn degrades soil health and reduces crop yields. Introducing hemp could disrupt this cycle by improving soil health and decreasing dependence on chemicals and fire (Adom *et al*., 2024). While policies promote a zero-burning strategy, they often fail due to farmers' constraints and costs. Hemp offers a fire-independent alternative that provides more effective solutions. This approach marks a shift towards proactive, livelihood-focused mitigation, turning agricultural waste into an asset and providing economic incentives against burning.

Hemp cultivation aims to strengthen communities in MHS by reducing their dependence on forest income and reducing costs associated with burning land preparation. The We-Eco Company and Maesakued farmers' evidence shows that high-quality hemp fibers can be produced, while farmers in Ban Pangtong have demonstrated the ability to cultivate seed that is rich in oil and protein. The forest fires harm investor confidence and tourism, which highlights local economic vulnerabilities. "Rebranding" MHS as a "Thailand Hemp-based Wellness Hub" could restore investor trust and boost cultural tourism, with a projected SROI of 21.31 million Baht. Among the high-value hemp products are massage oils and superfoods, which combine traditional medicine with wellness product lines. Notably, the "MHS hemp" brand emphasizes Hmong traditions as a luxury asset. The strategic focus is on enhancing uniform decortication to expand downstream applications. Current policies lack local infrastructure for effective biomass management, necessitating policy decoupling to address both environmental and economic challenges.

Integrating ROI and SROI into the analytical framework enhances its power by reconciling micro-level financial feasibility with macro-level social, cultural, and environmental value. The positive SROI ratio observed in this study indicates the project’s potential not only to mitigate direct fire damage but also to alleviate complex indirect economic burdens (Adom *et al*., 2024). The transition to sustainable agriculture in MHS requires a supportive environment. The base-case scenario applies province-level benefit proxies—such as total healthcare cost savings across MHS and region-wide cultural tourism revenue—against a pilot-scale investment of approximately THB 30,000 per enterprise.

Applying broad social benefits to a narrow investment base mechanically inflates the ratio. Economically, the SROI is estimated at 2.5:1, correcting for this by incorporating full programmatic costs (approximately THB 5 million/year), higher deadweight, lower attribution, and steeper drop-off rates, yielding a ratio that more accurately reflects realistic expectations for a scaled provincial program. This coincides with the global market growth projected to reach US$26.6 billion by 2025 (Mistry *et al.,* 2025). Socially, hemp can empower women and youth, preserve Hmong cultural heritage, and differentiate products in the premium market (Yildiz *et al.,* 2025). Moreover, the findings position hemp as a key element that aligns seamlessly with Thailand’s BCG strategy and the SDGs, highlighting the framework's relevance for integrated rural development in fire-prone upland areas (NSTDA, 2021). MHS's hemp policy goes beyond simply changing crops; it's a systemic change following the EU's approach, comprising utilization of hemp knowledge, extension of hemp cultivation as a replacement for corn to reduce burning, improved soil health, and reduced air pollution. (Montellano López, 2023).

Policy and Implementation Implications

As explained below, a comprehensive policy framework is necessary for a successful,

long-term shift to hemp as a strategic crop for forest fire mitigation.

(1) Institutional Governance: Establishing clear regulatory distinctions between industrial hemp and cannabis is a prerequisite for de-risking SME investments (Thai FDA, 2024). Beyond legal clarity, policymakers must shift from traditional financial accounting to an SROI framework. This enables the measurement of intangible elements crucial for sustaining policies over time (Naklungka *et al*., 2023).

(2) Strategic Value Chain Development: To address the negative financial ROI observed in early stages, the government must incentivize the establishment of district-level processing hubs. By investing in small-scale infrastructure for fiber stripping and hemp seed oil extraction.

(3) Cultural Capital and Market Differentiation: The MHS Hemp brand should leverage the unique cultural landscape of ethnic groups as a core marketing asset (Panturee, 2024). Integrating local wisdom with modern innovation, as seen in comparative models like Tak Province (Pongwiritthon *et al*., 2024).

(4) Integrated Policy for Public Health and Environment: Hemp needs to be used as a tool for "integrated fire management" in response to the PM 2.5 crisis. Cross-coordination is necessary for this, which entails coordinating the public health, environmental conservation, and agricultural extension sectors.

These findings support the potential of hemp-based extension programs to generate measurable social and environmental returns under a systems-oriented rural development approach.

Limitations

This study primarily proposes a policy design framework rather than evaluating long-term implementation outcomes. Therefore, the estimated economic and social returns should be interpreted as indicative, context-dependent projections rather than definitive predictions. Future longitudinal studies are required to assess the long-term effectiveness of livelihood transition pathways in reducing fire dependency and strengthening rural resilience.

Conclusion

This study achieved its objectives by demonstrating that forest fire smoke in Mae Hong Son (MHS) causes multidimensional impacts on livelihoods, public health, and local economic stability. The DPSIR analysis revealed that the crisis is driven by interconnected socio-economic and environmental pressures, indicating that reactive fire suppression alone is insufficient. The findings further show that industrial hemp has strong potential as a livelihood-centered alternative crop through its applications in textiles, wellness products, and cultural tourism. Although program-level financial ROI remains limited in the early stage, the conservative SROI ratio of 2.5:1 indicates substantial social and environmental benefits. This study also contributes to the Hemp-Integrated Fire Mitigation Pathway (HIFMP), which integrates DPSIR, PESTEL, SOAR, ROI, and SROI into a systems-oriented extension policy framework. The framework reframes forest fire mitigation

from a prohibition-based approach toward livelihood transition and sustainable rural development under the BCG economy model. Therefore, it depends not only on fire control but also on the transformation of livelihoods.

Acknowledgements

This work was supported by the Program Management Unit for Area-Based Development (PMUA) under Grant No. A11F660148 for the development and testing of hemp-based health products.

References

Adom, R.K., T. Makananisa and M.D. Simatele. 2024. Assessing social, economic and environmental challenges of veld fires in South Africa: a case study of Capricorn District Municipality in Limpopo Province. **Journal of Sustainable Forestry** 43(6–10): 129–152. https://doi.org/10.1080/10549811.2024.2448028

Basset, F. and F. Giarè. 2021. The sustainability of social farming: a study through the Social Return on Investment methodology (SROI). **Rivista Di Economia Agraria** 76(2): 45–55. https://doi.org/10.36253/rea-13096

Cochran, W.G. 1977. **Sampling Techniques**. 3rd Ed. New York: John Wiley & Sons. 428 p.

Farinon, B., R. Molinari, L. Costantini and N. Merendino. 2020. The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition. **Nutrients** 12(7): 1935. https://doi.org/10.3390/nu12071935 PMID: 32610691; PMCID: PMC7400098

Field, A. 2018. **Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics.** 5th ed. Florida: SAGE Publications. 1,070 p.

Fragoso, J. P. 2018. Developing viable, adjustable strategies for planning and management: a methodological approach. **Land Use Policy** 77: 730–737. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.012

Hussein, F. and K. Alhebsi. 2025. Adaptive reuse of cultural heritage sites: a strategy for circular economy. **Sustainability** 17(14): 6403. https://doi.org/10.3390/su17146403

Kumar, I., M. Muhammad and S. Nawaz. 2024. Potential of establishing industrial hemp value chains in Northern Australia. **Electronic Journal of Structural Engineering** 24: 17–22. https://doi.org/10.56748/ejse.24539

Mistry, M., S. Turumella, V. Prajapati and B.Z. Dholakiya. 2025. Harnessing hemp seed oil for a circular bioeconomy: a data-driven exploration of sustainable applications for next-generation industries. **Bioresource Technology Reports** 30: 102126. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2025.102126

Montellano López, J. 2023. **NBSOIL theory of change: initial outline (Deliverable D5.1/7.1). NBSOIL Project, Horizon Europe (Grant Agreement No. 101091246).** Retrieved from https://nbsoil.eu/wp-content/uploads/2025/05/NBSOIL-D7_1.pdf

Moore, V., E. Fratz, D. Baltensperger, S. Ellison, H. Grab, L. Sosnoskie, D. Suchoff and D. Vergara. 2025. Building a resilient organic hemp industry: survey and focus groups assess research, extension, and education needs. **Agrosystems, Geosciences & Environment** 8: e70018. https://doi.org/10.1002/agg2.70018

Naklungka, K., S. Caichompoonoppakul, S. Teersuwan, C. Boonnak and S. Napatalung. 2023. Social return on investment of the biodiversity offset action plan of Khung Bangkachao, Thailand. **Asian Political Science Review** 7(1): 18–26. https://doi.org/10.14456/apsr.2023.2

National Science and Technology Development Agency, NSTDA. 2021. **Strategic plan for driving Thailand's development with the BCG Economy Model 2021–2030**. Retrieved from https://www.nstda.or.th/en/images/pdf/bcg_action_plan.pdf

Panturee, W. 2024. Hemp products development: culture landscape of the Hmong ethnic group, Phop Phra District, Tak Province. **Pathumthani University Academic Journal** 16(1): 54–68.

Pongwiritthon, K., W. Panturee, C. Honglertsakul and P. Asakan. 2024. Assessing the social return on investment of the hemp innovation development project on the cultural capital of the Hmong ethnicity in the Phop Phra District of Tak Province. **Economics and Business Administration Journal, Thaksin University** 16(4): 23–40 https://doi.org/10.55164/ecbajournal.v16i4.267225

Singh, A. 2024. Forest fire causes, impacts and management: a comprehensive review**. Futuristic Trends in Agriculture Engineering & Food Sciences** 3(2023): 5–20. https://www.doi.org/10.58532/V3BCAG8P2CH1

Sukmawati, F., M. Mahsun, M. Shohib, A. Zahroh, and S. Syuhud. 2025. Participatory transformation: SOAR analysis of the learning process in elementary Madrasahs. **At-Thullab Jurnal Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah** 9(2): 216–234. https://doi.org/10.30736/atl.v9i2.2445.

Talukdar, N.R., F. Ahmad, L. Goparaju, P. Choudhury, A. Qayum and J. Rizvi. 2024. Forest fire in Thailand: spatio-temporal distribution and future risk assessment. **Natural Hazards Research** 4(1): 87–96. https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.12.007

Thacker, F.E.N., M.C. Ribau, H. Bartholomeus, and C.R. Stoof. 2023. What is a fire resilient landscape? Towards an integrated definition. **Ambio** 52(10): 1592–1602. https://doi.org/10.1007/s13280-023-01891-8

Thai Food and Drug Administration (Thai FDA). 2024. **Guideline of importation for personal use.** (Note on cannabis/hemp products). Retrieved from https://en.fda.moph.go.th/

UNCTAD. 2022. **Commodities at a glance: special issue on industrial hemp – overview.** Retrieved from https://unctad.org/system/files/official-document/ditctsce2022d1_overview_en.pdf.

Wongvilarat, S. 2025. Developing innovations leveraging the cultural capital of the Hmong ethnic group in Phop Phra District Tak Province. **Journal of Posthumanism** 5(7): 2428–2439. https://doi.org/10.63332/joph.v5i7.3067

World Health Organization. 2021. **WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.** Retrieved from https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/551b515e-2a32-4e1a-a58c-cdaecd395b19/content

Yadav, S., T. Somorin and A. Sikka. 2026. **A DPSIR (drivers, pressures, state, impact, and responses) framework for nature-positive atlas.** Colombo: International Water Management Institute (IWMI). Retrieved from https://cgspace.cgiar.org/items/5155249a-b953-449f-a62f-f82b42bba23c

Yildiz, Y., Y. Duchaine and Z. Ergin. 2025. Analytical methods for determining the peroxide value of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) oil. **Advances in Image and Video Processing** 13(4): 364–369. https://doi.org/10.14738/aivp.1304.19265

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 62-79

Chemical Composition of Durian (*Durio zibethinus*) cv. Long Lab Lae Grown in Thailand

องค์ประกอบทางเคมีของผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแลที่ปลูกในประเทศไทย

ดรุณี นาคเสวี[1] พิมพ์ใจ สีหะนาม[2,3,4] พลกฤษณ์ มณีวระ[3,4] และวิมลฉัตร สมนิยาม[1,*]

Darunee Naksevi[1], Pimjai Seehanam[2,3,4], Phonkrit Maniwara[3,4] and Vimolchat Somniyam[1,*]

[1]คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุตรดิตถ์ 53000

[2]ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[3]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

[4]ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[1]Faculty of Agriculture, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, Thailand 53000

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

[3]Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok, Thailand 10400

[4]Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiangmai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: vimolchat.som@uru.ac.th

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0002-7899-0190

Received: *March 09, 2026*

Revised: *June 05, 2026*

Accepted: *June 11, 2026*

Abstract

This study investigated the chemical composition and nutritional characteristics of Long Lab Lae durian (*Durio zibethinus* Murr.), an economically important Thai fruit cultivar that is officially recognized as a Geographical Indication (GI) product. Fruits were collected from three growing regions, namely Uttaradit Province (UT), Lower Northern Thailand (LN), and Eastern Thailand (ES), and analyzed for proximate composition, mineral content, fatty acid profile, carotenoids, total phenolic content, and antioxidant activity. The growing location significantly influenced the chemical composition and nutritional characteristics of Long Lab Lae durian. Fruits from UT and LN contained higher carbohydrate and fat but lower moisture levels than those from ES. Sucrose was the predominant sugar in all samples, with the highest concentration observed in LN fruit 22.07 g/100 g fresh weight (FW). Potassium was the most abundant mineral, followed by phosphorus, magnesium, and calcium. Monounsaturated fatty acids constituted the major lipid fraction, with elevated oleic acid levels detected in fruits from UT and LN (2.37 and 2.33 g/100 g FW, respectively). In addition, UT fruit exhibited the highest β-carotene content (86.29 µg/100 g FW). In contrast, total phenolic content and antioxidant activity did not differ significantly among growing regions. These findings demonstrate that geographical origin plays an important role in determining the chemical and nutritional attributes of Long Lab Lae durian. The distinctive GI

characteristics of Uttaradit Long Lab Lae durian, including its dry texture, fine flesh, and rich sweet-creamy flavor, are closely linked to variations in the physicochemical properties of the fruit associated with the growing environment. This study provides scientific evidence supporting the unique quality attributes and geographical identity of Long Lab Lae durian and thereby reinforcing its recognition as a geographical indication product.

Keywords: durian, geographical indication, Long Lab Lae, nutritional profile, proximate composition, Uttaradit province,

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางโภชนาการของทุเรียนพันธุ์หลงลับแล (*Durio zibethinus* Murr.) ซึ่งเป็นทุเรียนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยและได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication: GI) โดยเก็บตัวอย่างผลทุเรียนจาก 3 แหล่งปลูก ได้แก่ จังหวัดอุตรดิตถ์ (UT) ภาคเหนือตอนล่าง (LN) และภาคตะวันออก (ES) นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ แร่ธาตุ กรดไขมัน แคโรทีนอยด์ สารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ผลการศึกษาพบว่าแหล่งปลูกมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางโภชนาการของทุเรียนพันธุ์หลงลับแล โดยทุเรียนจากจังหวัดอุตรดิตถ์และภาคเหนือตอนล่างมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันสูงกว่า แต่มีความชื้นต่ำกว่าทุเรียนจากภาคตะวันออก ซูโครสเป็นน้ำตาลหลักที่พบในทุกตัวอย่าง โดยทุเรียนจากภาคเหนือตอนล่างมีปริมาณสูงที่สุด (22.07 g/100 g FW) โพแทสเซียมเป็นแร่ธาตุหลัก รองลงมาคือ ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และแคลเซียม กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวเป็นองค์ประกอบหลักของไขมันทั้งหมด โดยพบกรดโอเลอิกในระดับสูงในตัวอย่างจากจังหวัดอุตรดิตถ์และภาคเหนือตอนล่าง (2.37 และ 2.33 g/100 g FW ตามลำดับ) นอกจากนี้ ทุเรียนจากจังหวัดอุตรดิตถ์มีปริมาณเบตาแคโรทีนสูงที่สุด (86.29 µg/100 g FW) ขณะที่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแหล่งปลูก ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าแหล่งปลูกมีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดคุณลักษณะทางเคมีและโภชนาการของทุเรียนพันธุ์หลงลับแล ลักษณะเด่นตามสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของทุเรียนหลงลับแลจังหวัดอุตรดิตถ์ ได้แก่ เนื้อสัมผัสแห้งละเอียดและรสชาติหวานมันเข้มข้นอันเป็นเอกลักษณ์ โดยลักษณะเด่นดังกล่าวมีความเชื่อมโยงกับความแตกต่างขององค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของผลที่เกิดจากอิทธิพลของพื้นที่ปลูก ผลการศึกษานี้เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคุณลักษณะด้านคุณภาพอันโดดเด่นและอัตลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ของทุเรียนพันธุ์หลงลับแลที่ได้รับการรับรองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์

คำสำคัญ: ทุเรียนหลงลับแล สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ คุณค่าทางโภชนาการ การวิเคราะห์ส่วนประกอบโดยประมาณ จังหวัดอุตรดิตถ์

Introduction

Durian (*Durio zibethinus* L.), commonly known as the "King of Fruits," is one of the most popular fruits in Thailand due to its distinctive aroma and unique flavor. Thailand is the world's leading producer and exporter of high-quality durian, surpassing other major producing countries such as Malaysia and Indonesia. Nearly 200 durian cultivars have been identified in Thailand; however, only approximately 60–80 cultivars are commercially cultivated. Among these, Mon Thong, Chanee, Kan Yao, and Kradum Thong are the most widely grown cultivars. Major production areas are located in the eastern and southern regions of the country, particularly in Chanthaburi, Rayong, Chumphon, Trat, and Nakhon Si Thammarat Provinces (Somsri, 2018). Owing to the economic importance and widespread cultivation of durian, extensive studies have been conducted on the physical characteristics, physiology, chemical composition, and bioactive compounds of major Thai commercial cultivars, particularly Mon Thong, Chanee, Kan Yao, and Kradum Thong (Kongkachuichai *et al*., 2010; Gorinstein *et al*., 2011; Charoenkiatkul *et al*., 2016; Arsa *et al*., 2021; Aschariyaphotha *et al*., 2021).

While most durian cultivars in Thailand are predominantly cultivated in the Eastern and Southern regions, Long Lab Lae durian, originating from Uttaradit Province in Northern Thailand, has gained increasing popularity due to its distinctive fruit quality. The cultivar is characterized by its small round-to-oval fruits, thin rind, thick dark-yellow flesh, mild aroma, creamy texture, and sweet taste, although some fruits may contain aborted seeds. Owing to these unique characteristics, Long Lab Lae durian has been registered as a Geographical Indication (GI) product of Uttaradit Province (Department of Intellectual Property, Ministry of Commerce, 2019). Geographical indications identify products whose quality, reputation, or other distinguishing characteristics are linked to their geographical origin. Environmental conditions and local production practices are considered key factors underlying the distinctive quality of GI products (Cassago *et al*., 2021). Previous studies have shown that geographical origin can influence the composition and quality characteristics of fruit crops. For example, significant differences in the elemental composition of fruits have been observed among production regions, reflecting the influence of environmental and locational factors on fruit characteristics (Debbarma *et al*., 2021). In the case of Long Lab Lae durian, the GI-designated production area comprises Lab Lae, Mueang Uttaradit, and Tha Pla districts, where sandy loam soils, mountainous landscapes, and favorable rainfall distribution are believed to contribute to the characteristic flavor and texture of the fruit (Department of Intellectual Property, Ministry of Commerce, 2019). In recent years, increasing market demand has promoted the cultivation of Long Lab Lae durian beyond the registered GI area to several provinces in Northern and Eastern Thailand, including Sukhothai, Phitsanulok, Chanthaburi, and Rayong. Fruit quality may vary according to differences in growing environments and cultivation practices,

including soil and climatic conditions, irrigation, fertilization, pest management, and tree management (Dichi, 2018).

However, scientific information regarding the chemical composition and nutritional characteristics of Long Lab Lae durian cultivated in different production regions remains limited. Therefore, this study aimed to investigate the chemical composition and nutrient content of Long Lab Lae durian cultivated in different regions of Thailand. The findings are expected to improve our understanding of regional variation in fruit quality and provide scientific evidence supporting the geographical identity and distinctive characteristics of Long Lab Lae durian.

Materials and methods/Methodology

Plant material

Durian fruits, specifically *Durio zibethinus* Murr. cultivar 'Long Lab Lae' (Figure 1), were collected from orchards located in different regions of Thailand during May–June 2018. The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD), in which planting regions were assigned as treatments. Three planting regions were included: Uttaradit Province (UT), the original cultivation area of the cultivar; the Lower Northern region (LN); and the Eastern region (ES). For UT, fruits were collected from four orchards located in Lab Lae and Mueang Districts, Uttaradit Province (soil series no. 62; annual rainfall 842.8 mm; mean temperature 28.0 °C). In LN, fruits were obtained from four orchards, including three orchards in Si Satchanalai District, Sukhothai Province (soil series no. 62; annual rainfall 736.2 mm; mean temperature 28.8°C) and one orchard in Noen Maprang District, Phitsanulok Province (soil series no. 62; annual rainfall 867.6 mm; mean temperature 28.6°C). In ES, fruits were sourced from four orchards, including three orchards in Khao Khitchakut and Khlung Districts, Chanthaburi Province (soil series no. 26; annual rainfall 2,538 mm; mean temperature 28.5°C) and one orchard in Mueang District, Rayong Province (soil series no. 35; annual rainfall 946 mm; mean temperature 28.8°C). All fruits were harvested at 105 days after flowering (DAF). Twelve durian fruits were collected from each orchard, with each orchard considered one replicate. The fruits from each orchard were divided into three subgroups of four fruits each, resulting in a total of 48 fruits per planting area. After harvest, the fruits were transported to the Food Science and Technology Laboratory, Faculty of Agriculture, Uttaradit Rajabhat University, and allowed to ripen at room temperature for 3–5 days prior to chemical and nutritional analyses. The edible pulp was separated and homogenized into a uniform paste. Moisture content was measured immediately after homogenization, while the remaining pulp was vacuum-sealed in aluminium foil and stored at -18°C. For bioactive compound and antioxidant assays, separate aliquots were freeze-dried, vacuum-sealed, and maintained under identical cold storage conditions until analysis.

Nutrient determination

1. Proximate composition

The proximate composition of Long Lab Lae durian pulp including moisture, ash, crude protein, crude fat, total dietary fiber, available carbohydrates, and energy was determined using standardized analytical protocols. Major macronutrients were quantified according to official methods of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). Moisture content was measured by oven drying at 100±2°C to constant weight (Method 952.45), while ash content was determined by incineration in a muffle furnace at 550±5°C (Method 945.46). Total nitrogen content was determined using the Kjeldahl method (AOAC Method 981.10), and crude protein was calculated by applying a standard conversion factor of 6.25 to the measured nitrogen value. Crude fat was extracted following acid digestion and continuous Soxhlet extraction with petroleum ether (Method 945.16). Total dietary fiber was quantified using an enzymatic-gravimetric method (Method 985.29; AOAC, 2016).

Available carbohydrates (percentage) were calculated by difference: Available carbohydrate (%) = 100 – [Moisture + Protein + Fat + Ash + Total dietary fiber (%)]. Total energy (kcal/100 g fresh weight) was then estimated using at water conversion factors: 4 kcal/g for protein and carbohydrates, and 9 kcal/g for fat (FAO, 2003).

Comprehensive sugar profiling including total sugar, glucose, fructose, and sucrose was performed by the Institute of Nutrition, Mahidol University (Nakhon Pathom, Thailand) in accordance with AOAC Method 982.14 (AOAC, 2016).

2. Mineral, fatty acid, and carotenoid

The quantitative profiling of mineral, fatty acid, and carotenoid content was performed at the Institute of Nutrition, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand. Mineral concentrations were quantified using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) and Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES), following AOAC Official Methods 985.35 and 984.27 (AOAC, 2016). Meanwhile, the fatty acid profiles were determined and characterised in accordance with standardised AOAC protocols (Methods 963.22 and 969.33; AOAC, 2016). Carotenoid content was measured based on the method of Speek *et al*. (1986) using high-performance liquid chromatography (HPLC). All procedures adhered to the respective validated standard protocols.

Total phenolic content and antioxidant activity

All chemicals and reagents used in this study were of analytical grade and obtained from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA), including Folin–Ciocalteu reagent, gallic acid, DPPH, Trolox, and TPTZ.

1. Total phenolics

The Folin-Ciocalteau method was used to determine the total phenolic (TP) content (Lu *et al*., 2007). For extraction, a freeze-dried sample was added to 70% ethanol and shaken for two

hours at room temperature. A ten-fold diluted Folin-Ciocalteau reagent (2.5 mL) was reacted with the extract (0.5 mL) for 5 min, followed by the addition of a 7.5% sodium carbonate solution (2 mL). The mixture was measured using a spectrophotometer at 760 nm after being incubated for two hours at room temperature in the dark. Standards of gallic acid at concentrations of 0, 10, 20, 40, 60, and 80 µg/mL were prepared and measured for comparison with the unknown sample.

2. Antioxidant activity assay

2.1 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay. The DPPH assay was performed following established techniques as described by Moreno *et al*. (2002). The ethanolic extract of the sample was combined with 2 mL of DPPH solution in ethanol to obtain a final concentration of 0.05 mM. After being stored at ambient temperature in the absence of light for 30 minutes, the absorbance was measured at a wavelength of 517 nm. The Trolox standards were prepared at concentrations of 0, 0.01, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, and 0.1 mM.

2.2 Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay. The FRAP assay was assessed using a minor adaptation of the methodology developed by Benzie and Strain (1996). An acetate buffer (300 mM, pH 3.6), TPTZ (10 mM) in 40 mM HCl, and ferric chloride in deionized water (20 mM) were combined in a ratio of 10:1:1 to generate the FRAP reagent. Subsequently, the reagent had a reaction with the ethanolic extract of the sample in a 3:1 ratio for four minutes at a temperature of 37°C under dark conditions. The absorbance was thereafter obtained at a wavelength of 595 nm and subsequently compared to the Trolox standard at concentrations of 0, 6.25, 12.5, 25, 50, and 100 µM.

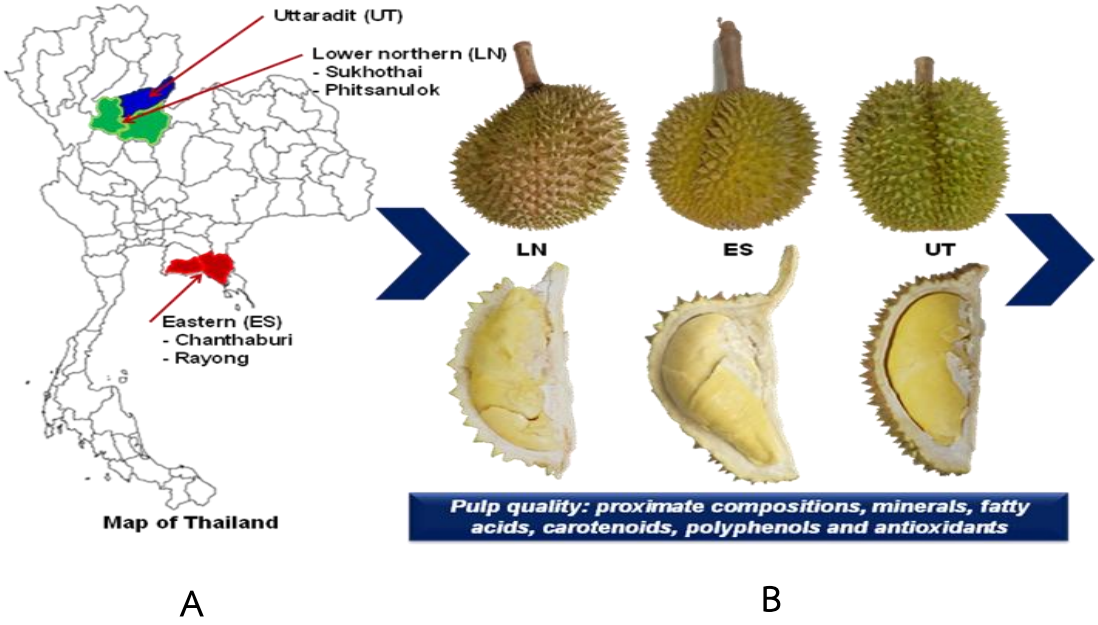


Figure 1 (A) geographic locations of the studied orchards across three regions in Thailand and (B) the physical characteristics of 'Long Lab Lae' durian (*Durio zibethinus* Murr.) harvested from different planting sites

Results and Discussions

Proximate composition

The pulp of Long Lab Lae durian cultivated in UT and the LN had the same energy content but was greater than that of those cultivated in the ES, with values of 175.83±5.23, 178.57±5.56, and 152.24±2.19 kcal/100 g FW, respectively (Table 1). It was reported that the energy content of durian pulp from four Indonesian and four Thai cultivars ranged between 84 and 185 kcal/100 g FW. The energy content of the four Thai durian varieties Monthong, Chanee, Kradum, and Kobtakam were 134–162, 145, 185, and 145 kcal/100 g FW, respectively (Aziz and Jalil, 2019), which corresponded to those of Long Lab Lae durian grown in all three areas in this experiment.

Long Lab Lae durians produced in UT and LN had similar fat content (5.38±0.16 and 5.51±0.01 g/100 g FW, respectively), whereas the fruits produced in the ES had a lower fat content (4.82±0.04 g/100 g FW) (Table 1). The fat content of the pulp of Long Lab Lae durian was higher than the amount found in four Indonesian durian varieties: Ajimah, Hejo, Matahari, and Sukarno, but the values were similar to the fat content of the pulp of four Thai durian varieties: Monthong, Chanee, Kradum, and Kobtakam (Aziz and Jalil, 2019).

The carbohydrate content of durian pulp produced in the LN area was higher than that of durian produced in the ES (26.24±1.60 and 20.89±0.81 g/100 g FW, respectively); however, the value obtained from ES did not differ from that of durian pulp produced in the UT location (25.25±1.75 g/100 g FW). Charoenkiatkul *et al.* (2016) also reported that Monthong, Chanee, Kradum, and Kobtakam cultivars contained 21–29 g/100 g FW of carbohydrates in their pulp. The LN's durian pulp had the highest total sugar concentration, which corresponded to the sucrose content. Durian pulp produced in UT and ES showed similar total sugar and sucrose content. Furthermore, the findings revealed that the fructose content of durian pulp produced in the three areas was not different. Glucose was not detected in all durian pulp (Table 1). A study on sugar composition in four Indonesian durian varieties, six Malaysian varieties, and four Thai varieties discovered that the total sugar content generally ranged between 3.10–14.05, 7.52–16.90, and 14.83–19.97 g/100 g FW, respectively (Aziz and Jalil, 2019). In addition, Thai durian cultivars such as Monthong, Chanee, Kradum, and Kobtakam contain sucrose, fructose, and glucose, with sucrose being the predominant sugar (Charoenkiatkul *et al*., 2016; Aziz and Jalil, 2019). These results indicate that Long Lab Lae durian variety exhibits a higher total sugar content than most other Thai durian cultivars, with sucrose being the main contributor to its distinctive sweetness. The higher sugar accumulation observed in durians from northern Thailand (UT and LN) may be associated with pre-harvest environmental conditions, particularly low rainfall and well-drained hillside orchard systems. Such conditions may induce mild water deficit stress, which can influence carbohydrate allocation

and dry matter accumulation in fruit. In durian, increased dry matter and total soluble solids (TSS) during ripening are strongly associated with perceived sweetness and eating quality (Jerapat and Siriphanich, 2008).

As for protein content in Table 1, fruit from UT contained the highest amount. Meanwhile, the protein level of durian pulp produced in other locations was comparable. The protein content in the pulp of the Long Lab Lae durian variety grown in all three regions ranged from 6.08±0.23 to 6.62±0.11 g/100 g FW, which was higher than that reported for Thai durian cultivars 2.2–3.4 g/100 g FW (Thiyajai *et al*., 2020). The nutritional content, particularly protein, and postharvest quality of horticultural crops are significantly influenced by pre-harvest factors, including genetic, environmental, cultural, and physiological factors (Thokar *et al*., 2022).

The dietary fiber content of durian produced in UT was 3.34±0.19 g/100 g FW, comparable to that of durian produced in the ES (3.67±0.27 g/100 g FW). Table 1 shows that durian pulp from the LN area had the lowest amount of dietary fiber: 2.54±0.02 g/100 g FW. The experiment results showed that the amount of dietary fiber in Long Lab Lae durian was similar to values reported for Monthong, Chanee, Kradum, Kan Yao, Puang Manee, and Kobtakam, which contained dietary fiber between 1.20 and 3.58 g/100 g FW (Aziz and Jalil, 2019). Devalaraja *et al*. (2011) previously found that durian is a high-fiber source, accounting for 3.1% of its total fiber content. This finding aligns with the research conducted by Gorinstein *et al*. (2011), which also indicated that fresh durian pulp is abundant in dietary fiber, including soluble fiber, insoluble dietary fiber, and total dietary fiber. The ash content was highest in durian pulp from the ES region (1.29±0.01g/100 g FW) followed by fruit from the LN area (1.14±0.04 g/100 g FW). Durian pulp from UT had the lowest ash content (1.05±0.02 g/100 g FW) as illustrated in Table 1. The ash content of the Long Lab Lae durian pulp in this study was lower than that reported for Thai durian cultivars (Charoenkiatkul *et al*., 2016). According to Table 1, durian cultivated in the eastern region contained the highest water content in its pulp, measuring 62.69±1.69 g/100 g FW. Conversely, the moisture content of durian pulp from UT and LN did not differ significantly, with values of 58.38±2.56 and 59.06±1.11 g/100 g FW, respectively. These values were slightly lower than those previously reported for Thai durian pulp, which typically ranges from approximately 60 to 65 g/100 g FW (Aziz and Jalil, 2019; Thiyajai *et al*., 2020). Generally, the moisture content of fully ripe durian pulp varies depending on cultivation practices and growing location (Ketsa *et al*., 2020). The higher moisture content observed in durian from the eastern region may be associated with its growing environment, which is characterized by higher rainfall and lower elevation, thereby promoting greater water availability and retention within orchard systems. In contrast, durian orchards in UT and LN are often located in more sloped areas with relatively lower rainfall, which may reduce soil water retention. Pre-harvest environmental conditions, particularly rainfall patterns and orchard-specific microclimate,

have been reported to influence durian pulp dry matter, which is inversely related to moisture content (Jerapat and Siriphanich, 2008). Furthermore, when considered together with the environmental factors that contribute to the elevated sugar content observed in durians from the LN area, this specific agroecological environment appears to play a significant role in producing Long Lab Lae durians cultivated in northern Thailand. These characteristics are consistent with the geographical indication attributes of Long Lab Lae durian, which are characterized by a dry flesh texture and sweet taste.

Mineral contents

The Eastern region provided durian pulp with the highest calcium (7.36±1.62 mg/100 g FW) while the mineral content in durian pulp from UT and LN was similar (3.09±0.1 and 4.01±0.66 mg/100 g FW, respectively) (Table 2). On the contrary, phosphorus in the pulp of durians cultivated in the UT and LN areas was found to be much greater than that of durians grown in the Eastern part of Thailand. The pulp of durian cultivated in the Eastern region contained the highest amount of potassium, followed by that of durian cultivated in LN. Meanwhile, the UT area provided the lowest potassium content in Long Lab Lae pulp. In the case of magnesium, cultivating durians in ES and LN provided a similar amount of the magnesium contents; however, the value was much greater than that from the UT location. Although the pulp of durian grown in the eastern region contained the highest copper level, it contained the lowest amount of zinc. Furthermore, durian grown in the LN area contained the most zinc in its pulp, followed by durian farmed in UT and ES. Nonetheless, durians from the three locations had similar amounts of sodium and iron. Charoenkiatkul *et al*. (2016) determined the mineral content of four types of Thai durians (2 indigenous and 2 commercial cultivars) and discovered that potassium concentration was the greatest in all four types, followed by phosphorus. In addition, all four durian varieties contained significantly high levels of magnesium, sodium, and calcium. The results aligned with our study, which found that Long Lab Lae contained the highest amount of potassium, followed by phosphorus, sodium, magnesium and calcium. The eastern region consisted of several soil series, including soil series 35 in Rayong Province and soil series 26 and 27 in Chanthaburi Province (Land Development Department, n.d.), which are generally characterized as acidic soils with adequate to moderate drainage. Although these soils are commonly classified as having relatively low natural fertility, favorable environmental conditions together with well-drained soil profiles may promote root growth and nutrient uptake in durian trees. Well-drained soils are generally considered favorable for durian cultivation because they support root development and nutrient absorption. Furthermore, potassium plays a critical role in fruit development and quality, and nutrient accumulation in durian fruit has been reported to be influenced by fertilization

practices (Poovarodom and Phanchindawan, 2006). Therefore, the higher concentrations of K, Ca, Mg, and Cu observed in fruits from the eastern region may be associated not only with soil characteristics but also with intensive nutrient management practices commonly employed in commercial durian orchards. In addition, interactions among K, Ca, and Mg can affect nutrient availability, uptake, and translocation within plants, thereby contributing to the mineral composition observed in the fruit (Kitprasong *et al*., 2021). Although soil nutrient concentrations were not directly measured in this study, the characteristics of the soil series present in the eastern region suggest environmental conditions that may support nutrient acquisition by durian trees. Nevertheless, the observed mineral composition is likely influenced by a combination of soil properties, fertilization practices, and orchard management factors.

Table 1 The nutritional value of fully ripe durian cv. Long Lab Lae grown in different areas of Thailand (Uttaradit Province; UT, lower Northern region; LN, and Eastern region; ES)

Nutritional parameter	Planting area			F-test	CV
	Uttaradit Province (UT)	Lower Northern region (LN)	Eastern region (ES)		(%)
Energy (kcal/100 g FW)	175.83±5.23^{a}	178.57±5.56^{a}	152.24±2.19^{b}	*	2.72
Fat (g/100 g FW)	5.38±0.16^{a}	5.51±0.01^{a}	4.82±0.04^{b}	*	1.81
Carbohydrate (g/100 g FW)	25.25±1.75^{ab}	26.24±1.60^{a}	20.89±0.81^{b}	*	6.00
Total sugar (g/100 g FW)	20.49±0.13^{b}	23.27±0.45^{a}	20.07±0.42^{b}	*	1.71
- Sucrose (g/100 g FW)	19.19±0.36^{b}	22.07±0.14^{a}	18.82±0.18^{b}	*	1.24
- Fructose (g/100 g FW)	1.31±0.23	1.21±0.30	1.26±0.23	NS	20.62
- Glucose (g/100 g FW)	ND	ND	ND	-	-
Protein (g/100 g FW)	6.62±0.11^{a}	6.08±0.23^{b}	6.27±0.22^{b}	*	2.55
Fiber (g/100 g FW)	3.34±0.19^{a}	2.54±0.02^{b}	3.67±0.27^{a}	*	5.96
Ash (g/100 g FW)	1.05±0.02^{c}	1.14±0.04^{b}	1.29±0.01^{a}	*	2.73
Moisture content (%)	58.38±2.56^{b}	59.06±1.11^{b}	62.69±1.69^{a}	*	2.02

Different letters within rows indicate significant difference based on Least Significant Difference Test, $p \leq 0.05$.

NS and * mean non-significant or significant at $p \leq 0.05$, respectively

ND, not detected

Fatty acid composition

Table 3 shows the fatty acid compositions of ripe Long Lab Lae durian. Palmitic and oleic acids were the main saturated (16:0) and monounsaturated (18:1) fatty acids, respectively, in the cultivar. Durian cultivated in the LN region contained the highest concentration of palmitic acid in its pulp, with durian from UT coming in second. The ES region exhibited the lowest palmitic acid content in durian pulp (1.34±0.01 g/100 g FW; 34.78±0.26 % of total fatty acids). In the case of oleic acid, the fruit from UT and LN contained comparable amounts; however, the two regions had higher levels than the pulp from ES. Furthermore, the findings indicated that durian pulp from the LN region exhibited the highest concentration of saturated fatty acids. Meanwhile, there was no significant difference in the pulp of durian grown in UT and ES. Nevertheless, the pulp of durian cultivated in all three regions contained a similar composition of various fatty acids, including lauric acid, myristic acid, palmitoleic acid, stearic acid, linoleic acid (omega 6), linolenic acid (omega 3), and polyunsaturated fatty acids, as shown in Table 3. The relatively high oleic acid and total monounsaturated fatty acid contents in durian pulp from Uttaradit may contribute to its fatty mouthfeel. Lipids and unsaturated fatty acids play an important role in oral perception, smoothness arising from oral processing and texture interactions (Stokes *et al*., 2013). In addition, fatty acids have been associated with fat-related taste perception (oleogustus), particularly in relation to creaminess and supporting their role in oral fat sensation (Mattes, 2009). Therefore, the elevated oleic acid content may partially explain the rich and fatty sensory characteristics of this cultivar.

Table 2 Mineral content of fully ripe durian cv. Long Lab Lae grown in different areas of Thailand (Uttaradit Province; UT, lower Northern region; LN, and Eastern region; ES)

Mineral parameter	Planting area			F-test	CV
(mg/100 g FW)	Uttaradit Province (UT)	Lower Northern region (LN)	Eastern region (ES)		(%)
Calcium	3.09±0.10^{b}	4.01±0.66^{b}	7.36±1.62^{a}	*	20.99
Phosphorus	86.62±7.90^{a}	70.17±2.91^{ab}	63.22±3.71^{b}	*	7.25
Sodium	38.51±1.69	35.16±0.45	36.02±1.41	NS	3.55
Potassium	308.30±1.77^{c}	353.92±4.24^{b}	382.84±0.13^{a}	*	0.76
Magnesium	18.98±0.93^{b}	21.75±0.72^{ab}	23.23±1.36^{a}	*	4.87
Iron	0.30±0.01	0.33±0.01	0.29±0.01	NS	0.00
Copper	0.10±0.01^{b}	0.11±0.01^{b}	0.16±0.01^{a}	*	4.68
Zinc	0.31±0.01^{b}	0.39±0.01^{a}	0.19±0.01^{c}	*	0.00

Different letters within rows indicate significant difference based on Least Significant Difference Test, $p \leq 0.05$.

NS and * mean non-significant or significant at $p \leq 0.05$, respectively

Table 3 Fatty acid composition of fully ripe durian cv. Long Lab Lae grown in different areas of Thailand (Uttaradit Province; UT, lower Northern region; LN, and Eastern region; ES)

Fatty acid composition (g/100 g FW)	Planting area			F-test	CV (%)
	Uttaradit Province (UT)	Lower Northern region (LN)	Eastern region (ES)		
Lauric acid	0.01±0.00	0.01±0.00	0.02±0.01	NS	0.00
Myristic acid	0.03±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01	NS	3.96
Palmitic acid	1.44±0.03[b]	1.56±0.04[a]	1.34±0.01[c]	*	1.83
Palmitoleic acid	0.22±0.00	0.24±0.01	0.22±0.01	NS	2.27
Stearic acid	0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01	NS	4.59
Oleic acid	2.37±0.00[a]	2.33±0.06[a]	2.03±0.01[b]	*	1.58
Linoleic acid (omega 6)	0.09±0.01	0.08±0.01	0.07±0.01	NS	13.14
Linolenic acid (omega 3)	0.12±0.00	0.12±0.01	0.11±0.01	NS	2.63
Saturated fatty acids (SFA)	1.52±0.03[b]	1.65±0.05[a]	1.43±0.01[b]	*	1.84
Monounsaturated fatty acids (MUFA)	2.59±0.01[a]	2.57±0.05[a]	2.25±0.01[b]	*	1.30
Polyunsaturated fatty acids (PUFA)	0.21±0.01	0.19±0.01	0.18±0.02	NS	6.86

Different letters within rows indicate significant difference based on Least Significant Difference Test, $p \leq 0.05$.
NS and * mean non-significant or significant at $p \leq 0.05$, respectively

Carotenoid content

The findings indicated that the durian pulp cultivated in UT had the greatest concentration of β-carotene, specifically 86.29±3.77 µg /100 g FW, while the composition in pulp grown in the LN and ES regions showed no significant difference, with values of 74.16±0.22 and 78.13±0.18 µg/100 g FW, respectively. Similarly, α-carotene and lutein contents did not differ significantly among the regions, ranging from 14.64±0.19 to 17.40±1.90 µg/100 g FW and from 24.32±4.67 to 28.70±8.03 µg/100 g FW, respectively (Table 4). Typically, the flesh of the durian fruit has a yellow color. Varying concentrations of carotenoid molecules lead to distinct hue values in the durian pulp (Wisutiamonkul *et al*., 2015). The pulp of durian fruit (cv. Long Lab Lae) is characterized by its dark yellow color derived from its carotenoid component (Namitha and Negi, 2010). The findings of this investigation demonstrated that the pulp of Long Lab Lae durian cultivated in all three regions contained three distinct carotenoid compounds: β-carotene, α-carotene, and lutein. The durian pulp had the greatest quantity of β-carotene, followed by lutein, and a trace amount of α-carotene. The experimental findings aligned with previous reports on the presence of carotenoids in the pulp of durian varieties Chanee and Monthong. The primary carotenoid molecule discovered in the ripe fruit's pulp is β-carotene, with α-carotene following closely behind. Lutein and zeaxanthin are present as minor carotenoid compounds. The

mature Chanee durian pulp exhibited a greater concentration of total carotenoids, including β-carotene and α-carotene, compared to the pulp of Monthong durian. In addition to carotenoid composition, instrumental color analysis further confirmed differences in pulp coloration among growing regions. A previous study by Somniyam *et al*. (2024) reported that durian pulp from Uttaradit exhibited lower L* values compared with those from the eastern and lower northern regions, indicating a darker yellow appearance. In contrast, higher chroma values in pulp from Uttaradit suggested a more vivid and saturated yellow color, while hue angle values indicated subtle differences in color tone among regions. When considered together, L*, chroma, and hue angle values suggest that durian pulp from Uttaradit exhibits a more intense golden-yellow coloration, which is consistent with its higher β-carotene content observed in the present study.

Table 4 Carotenoid content of fully ripe durian cv. Long Lab Lae grown in different areas of Thailand (Uttaradit Province; UT, lower Northern region; LN, and Eastern region; ES)

Carotenoid content	Planting area			F-test	CV
(μg/100 g FW)	Uttaradit Province (UT)	Lower Northern region (LN)	Eastern region (ES)		(%)
β-carotene	86.29±3.77[a]	74.16±0.22[b]	78.13±0.18[b]	*	2.74
α-carotene	17.40±1.90	16.40±1.44	14.64±0.19	NS	8.54
Lutein	24.32±4.67	28.70±8.03	27.75±1.14	NS	20.08
Zeaxanthin	ND	ND	ND	-	-
β-cryptoxanthin	ND	ND	ND	-	-
Lycopene	ND	ND	ND	-	-

Different letters within rows indicate significant difference based on Least Significant Difference Test, $p \leq 0.05$.

NS and * mean non-significant or significant at $p \leq 0.05$, respectively

ND, not detected

Total phenolic content and antioxidant activity

The study found no significant difference in total phenolic content among durians cultivated in three locations, with values ranging from 37.72±3.62 to 38.92±6.06 mg GAE/g FW. Furthermore, the results revealed that the pulp of durian grown in various places showed similar trends in antioxidant activity, as measured by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay and the ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay (Table 5). The antioxidant activities ranged from 22.94±1.67 to 24.00±4.49 μmol TE/g FW for the DPPH assay and from 13.43±0.66 to 14.37±1.59 μmol TE/g FW for the FRAP assay. Phenolic compounds are considered secondary metabolites in plants that include a wide range of chemical compounds. The metabolites with several structures and activities can be classified into two

groups according to water solubility: a water-soluble type (phenolic acids, phenylpropanoids, flavonoids, and quinones) and a water-insoluble type (condensed tannins, lignin, and cell-wall-bound hydroxycinnammic acids) (Rispail *et al*., 2005). Durian is a fruit that is known to be high in phenolics, flavonoids, and carotenoids. The amount and proportion of each type of compound in durian vary depending on its origin, agro-climatic conditions, and genetic diversity, making durian an important fruit in terms of composition and antioxidant properties (Arancibia-Avila *et al.,* 2008; Leontowicz *et al*., 2008; Toledo *et al*., 2008).

Table 5 Phenolic content and antioxidant activity of fully ripe durian cv. Long Lab Lae grown in different areas of Thailand (Uttaradit Province; UT, lower Northern region; LN, and Eastern region; ES)

Phenolic content and Antioxidant activity	Planting area			F-test	CV (%)
	Uttaradit Province(UT)	Lower Northern region (LN)	Eastern region (ES)		
Total phenolic content (mg GAE/g FW)	38.92±6.06	37.72±3.62	38.33±1.68	NS	10.93
Antioxidant activity					
- DPPH^{ns} (µmol TE/g FW)	24.00±4.49	23.77±2.01	22.94±1.67	NS	12.73
- FRAP^{ns}(µmolTE/g FW)	13.43±0.66	14.37±1.59	14.08±0.44	NS	7.35

Different letters within rows indicate significant difference based on Least Significant Difference Test, $p \leq 0.05$.

NS and * mean non-significant or significant at $p \leq 0.05$, respectively

Conclusion

This study investigated the nutritional value, mineral content, fatty acid composition, carotenoid content, phenolic content, and antioxidant activity of fully ripe durian cv. Long Lab Lae cultivated in Uttaradit Province (UT), the lower northern region (LN), and the eastern region (ES). The results showed that the growing region influenced the nutritional composition and mineral levels of the fruit. Slight variations were observed in fatty acid composition and carotenoid content, whereas no significant differences were found in phenolic content and antioxidant activity among regions. These compositional characteristics may be associated with the distinctive quality attributes described in the geographical indication specification of Long Lab Lae durian from Uttaradit, particularly its dry and fine-textured pulp with a rich sweet and creamy flavor. The lower moisture content may be associated with a drier pulp texture, while higher sugar levels may enhance sweetness perception. In addition, the higher oleic acid and monounsaturated fatty acid contents may contribute to a fatty mouthfeel. Collectively, the results highlight the potential influence of regional growing conditions on the physicochemical properties and eating quality of Long Lab Lae durian and may explain the distinctive quality attributes of fruits cultivated in Uttaradit.

Acknowledgement

The research was supported by The Thailand Research Fund (TRF) and Faculty of Agriculture, Uttaradit Rajabhat University, Thailand.

References

AOAC. 2005. **Official Methods of Analysis**. 18th ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists. 1200 p.

AOAC. 2016. **Official Methods of Analysis**, 20th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists. 1400 p.

Arancibia-Avila, P., F. Toledo, Y. Park, S. Jung, S. Kang, B.G. Heo, S. Lee, M. Sajewicz, T. Kowalska and S. Gorinstein. 2008. Antioxidant properties of durian fruit as influenced by ripening. **LWT-Food Science and Technology** 41: 2118–2125. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.12.001.

Arsa, S., A. Wipatanawin, R. Suwapanich, O. Makkerdchoo, N. Chatsuwan, P. Kaewthong, P. Pinsirodom, R. Taprap, R. Haruenkit, S. Poovarodom, M. Lubinska-Szczygeł, E. Katrich and S. Gorinstein. 2021. Properties of different varieties of durian. **Applied Sciences** 11: 5653. https://doi.org/10.3390/app11125653

Aschariyaphotha, W., C. Wongs-Aree, K. Bodhipadma and S. Noichinda. 2021. Fruit volatile fingerprints characterized among four commercial cultivars of Thai durian (*Durio zibethinus*). **Journal of Food Quality** 2021: 1–10. https://doi.org/10.1155/2021/1383927

Aziz, N.A.A. and A.M.M. Jalil. 2019. Bioactive compounds, nutritional value, and potential health benefits of indigenous durian (*Durio zibethinus* Murr.): a review. **Foods** 8(3): 1–18.

Benzie, I.F.F. and J.J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry** 239(1): 70–76. https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292

Cassago, A.L.L., M.M. Artêncio, J.M.E. Giraldi and F.B. Costa. 2021. Metabolomics as a marketing tool for geographical indication products: a literature review. **European Food Research and Technology** 247: 2143–2159. https://doi.org/10.1007/s00217-021-03782-2

Charoenkiatkul, S., P. Thiyajai and K. Judprasong. 2016. Nutrients and bioactive compounds in popular and indigenous durian (*Durio zibethinus* Murr.). **Food Chemistry** 193: 181–186. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.107

Debbarma, N., S. Manivannan, V.R. Muddarsu, P. Umadevi and S. Upadhyay. 2021. Ionome signatures discriminates the geographical origin of jackfruits (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). **Food Chemistry** 339: 127896. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127896

Department of Intellectual Property, Ministry of Commerce. 2019. **Thai Geographical Indication (GI)**. Bangkok: ONPA Co., Ltd. 100 p. [in Thai].

Devalaraja, S., S. Jain and H. Yadav. 2011. Exotic fruits as therapeutic complements for diabetes, obesity and metabolic syndrome. **Food Research International** 44(7): 1856–1865. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.008.

Dichi, D.B. 2018. Review on factors affecting postharvest quality of fruits. **Journal of Plant Science Research** 5(2): 180.

FAO. 2003. Food Energy: Methods of Analysis and Conversion Factors. pp. 1–84. *In* **FAO Food and Nutrition Paper 77.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gorinstein, S., S. Poovarodom, H. Leontowicz, M. Leontowicz, J. Namiesnik, S. Vearasilp, R. Haruenkit, P. Ruamsuke, E. Katrich and Z. Tashma. 2011. Antioxidant properties and bioactive constituents of some rare exotic Thai fruits and comparison with conventional fruits: *In Vitro* and *In Vivo* studies. **Food Research International** 44(7): 2222–2232. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.009

Jerapat, S. and J. Siriphanich. 2008. Effect of irrigation on dry matter of durian pulp cv. Monthong. **Acta Horticulturae** 768: 251–255. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.768.31

Ketsa, S., A. Wisutiamonkul, Y. Palapol and R.E. Paull. 2020. The Durian: Botany, Horticulture, and Utilization. pp. 125–211. *In* Warrington, I. (ed.). **Horticultural Reviews**. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, Inc.

Kitprasong, P., K. Khaowmee, J. Poonpakdee and J. Onthong. 2021. Soil magnesium: status and ratios on potassium and calcium in economic crop planted soils of southern Thailand. **Thai Science and Technology Journal** 29(3): 437–450.

Kongkachuichai, R., R. Charoensiri and P. Sungpuag. 2010. Carotenoid, flavonoid profiles and dietary fiber contents of fruits commonly consumed in Thailand. **International Journal of Food Sciences and Nutrition** 61: 536–548. https://doi.org/10.3109/09637481003677308

Land Development Department. n.d. **Din online: soil and land use information service.** Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. Retrieved from https://dinonline.ldd.go.th [in Thai]

Leontowicz, H., M. Leontowicz, R. Haruenkit, S. Poovarodom, Z. Jastrzebski, J. Drzewiecki, A.L.M. Ayala, I. Jesion, S. Trakhtenberg and S. Gorinstein. 2008. Durian (*Durio zibethinus* Murr.) cultivars as nutritional supplementation to rat's diets. **Food and Chemical Toxicology** 46: 581–589. https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.08.042

Lu, J., H. Zhao, J. Chen, W. Fan, J. Dong, W. Kong, J. Sun, Y. Cao and G. Cai. 2007. Evaluation of phenolic compounds and antioxidant activity during malting. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 55: 10994–11001. https://doi.org/10.1021/jf0722710

Mattes, R.D. 2009. Is there a fatty acid taste? **Annual Review of Nutrition** 29: 305–327.

Moreno, M.I.N., M.I. Isla, A.R. Sampietro and M.A. Vattuone. 2002. Comparison of free radical scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. **Journal of Ethnopharmacology** 71(1–2): 109–114. https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00189-0

Namitha, K.K. and P.S. Negi. 2010. Chemistry and biotechnology of carotenoids. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** 50(8): 728–760. https://doi.org/10.1080/10408398.2010.499811

Poovarodom, S. and N. Phanchindawan. 2006. Effects of chloride and sulfate in various N and K fertilizers on soil chemical properties and nutrient concentrations in durian leaf and fruit. **Acta Horticulturae** 721: 191–197. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.721.25

Rispail, N., P. Morris and K. Webb. 2005. Phenolic Compounds: Extraction and Analysis. pp. 349–354. *In* Márquez, A.J. (ed.). ***Lotus japonicus* Handbook**. Berlin: Springer.

Somniyam, V., P. Seehanam and D. Naksavi. 2024. Physical characteristics of durian fruit cv. Long Lab-Lae produced in different regions. **Kaen Kaset Journal** 52(5): 964–976. [in Thai]

Somsri, S. 2018. **Durian in Thailand**. Bangkok: Asia-Pacific Association of Agricultural Research Institutions (APAARI). 86 p.

Speek, A.J., J. Schrijver and W.H.P. Schreurs. 1986. Vitamin A composition of Indonesian foods: determination of carotene and retinol by high-performance liquid chromatography. **Food Chemistry** 19(1): 65–74.

Stokes, J.R., M.W. Boehm and S.K. Baier. 2013. Oral processing, texture and mouthfeel: from food structure to sensory perception. **Current Opinion in Food Science** 3: 43–49.

Thiyajai, P., S. Charoenkiatkul, K. Kulpradit, S. Swangpol, P. Sridonpai and K. Judprasong. 2020. Nutritional composition of indigenous durian varieties. **Malaysian Journal of Nutrition** 26(1): 93–99. https://doi.org/10.31246/MJN-2019-0083

Thokar, N., D. Kattel and S. Subedi. 2022. Effect of pre-harvest factors on postharvest quality of horticultural products. **Food and Agriculture Economics Review** 2(2): 92–95. http://doi.org/10.26480/faer.02.2022.92.95

Toledo, F., P. Arancibia-Avila, Y.S. Park, S.T. Jung, S.G. Kang, B.G. Heo, J. Drzewiecki, Z. Zachwieja, P. Zagrodzki, P. Pasko and S. Gorinstein. 2008. Screening of the antioxidant and nutritional properties, phenolic contents and proteins of five durian cultivars. **International Journal of Food Sciences and Nutrition** 59(5): 415–427. https://doi.org/10.1080/09637480701603082

Wisutiamonkul, A., S. Promdang, S. Ketsa and W.G. van Doorn. 2015. Carotenoids in durian fruit pulp during growth and postharvest ripening. **Food Chemistry** 180: 301–305. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.129

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 80-93

องค์ประกอบทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเมล็ดแตงไทยในจังหวัดเชียงใหม่
Nutritional Composition and Bioactive Compounds of *Cucumis melo* L. Seeds from Chiang Mai

นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์[1,*] ภาวิณี อารีศรีสม[2] และกอบลาภ อารีศรีสม[2]

Narin Taokaenchan[1,*], Pawinee Areesrisom[2] and Koblap Areesrisom[2]

[1]สาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาการจัดการและพัฒนาทรัพยากร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Division of Medicinal Plant Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Division of Resources Management and Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: Narin_t15@hotmail.com

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0004-0143-7172

Received: *November 03, 2025*

Revised April *22, 2026*

Accepted: *May 14, 2026*

Abstract

Cucumis melo L. *seeds* are a by-product of consumption and are considered agricultural waste, despite reports indicating that seeds in the *Cucurbitaceae* family contain various important phytochemicals. Therefore, this study aimed to investigate the nutritional composition and bioactive compounds of *Cucumis melo* L. seeds obtained from eight commercial samples collected from Chiang Mai province. The analyses included the determination of total phenolic content, total flavonoid content, antioxidant activities using DPPH and ABTS assays, and phenolic compounds (gallic acid, catechin, vanillic acid, caffeic acid, vanillin, and quercetin). In addition, nutritional components such as vitamin E, moisture, protein, fat, ash, and energy were analyzed. The results showed that the *Cucumis melo* L. seeds contained 19–22% protein, 18–20% fat, 2–3% ash, 5–6% moisture, and 49–54% carbohydrates, with an energy value of 450–466 kcal per 100 g. Significant differences ($p<0.05$) were observed among the seed samples. The seed oil contained α-tocopherol (vitamin E) ranging from 20–27 mg kg^{-1} The total phenolic content ranged from 434–490 μgGAE g^{-1} DW, while the total flavonoid content ranged from 1,357–1,420 μg QE g^{-1} DW. The antioxidant activities determined by DPPH assay showed IC_{50} values of 32–38 mg mL^{-1}, whereas the ABTS assay showed IC_{50} values of 6–9 mg mL^{-1}. The phenolic compounds detected were catechin, vanillic acid, vanillin, and quercetin. These findings indicate that *Cucumis melo* L. seeds, which are food-processing waste, have considerable potential as value-added raw materials, such as plant-based protein sources, antioxidant-rich extracts, or functional ingredients in food products and natural cosmetics. The utilization of *Cucumis melo* L. seeds could

contribute to economic value addition, reduction of agricultural waste, and the sustainable use of local biological resources.

Keywords: antioxidant activity, flavonoid, nutrient, phenolic, seed

บทคัดย่อ

เมล็ดแตงไทย เป็นหนึ่งในผลพลอยได้จากการบริโภค และมักถูกทิ้งเป็นของเสียทางการเกษตร ทั้งที่มีการรายงานว่าเมล็ดในตระกูลมีสารพฤกษเคมีสำคัญหลายชนิด ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเมล็ดแตงไทย (*Cucumis melo* L.) จำนวน 8 ตัวอย่าง ที่ปลูกเชิงพาณิชย์จากพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS และสารประกอบฟีนอลิก (กรดแกลลิก คาเทชิน กรดวานิลลิก กรดคาเฟอิก วานิลลิน และเคอร์ซิติน) นอกจากนี้ ยังทำการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ เช่น วิตามินอี ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และพลังงาน ผลการศึกษาพบว่าเมล็ดแตงไทยมีปริมาณโปรตีน 19–22 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 18–20 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 2–3 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 5–6 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 49–54 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าพลังงาน 450–466 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ซึ่งพบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ระหว่างตัวอย่างบางกลุ่มของเมล็ดแตงไทย นอกจากนี้ ในน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดแตงไทยมีอัลฟา-โทโคฟีรอล (วิตามินอี) อยู่ในช่วง 20–27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในเมล็ดมีค่าตั้งแต่ 434–490 ไมโครกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ ปริมาณฟลาโวนอยด์มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1,357–1,420 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจวัดโดยวิธี DPPH มีค่า IC_{50} ระหว่าง 32–38 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร การทดสอบด้วยวิธี ABTS มีค่า IC_{50} ระหว่าง 6-9 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารประกอบฟีนอลิกที่ตรวจพบ ได้แก่ คาเทชิน กรดวานิลลิก วานิลลิน และเคอร์ซิติน ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าเมล็ดแตงไทยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภค มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นวัตถุดิบมูลค่าสูง เช่น แหล่งโปรตีนจากพืช สารสกัดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ หรือส่วนผสมเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางจากธรรมชาติ ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ ลดของเสียทางการเกษตร และสนับสนุนการใช้ทรัพยากรชีวภาพของท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฟลาโวนอยด์ สารอาหาร ฟีนอลิก เมล็ดพืช

บทนำ

แตงไทย (*Cucumis melo* L.) เป็นพืชจัดอยู่ในวงศ์แตง (Cucurbitaceae) มีชื่อเรียกอื่น ๆ ว่า แตงลาย มะแตงลาย มะแตงสุก แตงจิง ดี และซกเซรา เป็นต้น แตงไทยมีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชีย โดยเฉพาะบริเวณเทือกเขาหิมาลัย และเป็นผลไม้ที่สามารถปลูกได้ทุกภาคในประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคเหนือซึ่งมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก (Chansingh, 2020) ลักษณะของผลแตงไทยมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โดยมีรูปทรงกลมหรือรียาว (Figure 1) เปลือกผลอาจเรียบหรือขรุขระ และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อสุก ในด้านโภชนาการของแตงไทยพบว่าเป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญ เช่น วิตามินเอ วิตามินซี โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และแคลเซียม ซึ่งมีบทบาทในการเสริมสร้างสุขภาพ ได้แก่ ช่วยบำรุงสายตา เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ และหลอดเลือด นอกจากนี้ จากภูมิปัญญาพื้นบ้านพบว่าแตงไทยช่วยแก้เลือดกำเดาไหล แก้โรคดีซ่าน ขับปัสสาวะ

แก้อาการไอ เป็นต้น (Siriphat, 1997; Chansingh, 2020) และในงานวิจัยที่ผ่านมายังพบว่าในเมล็ดของตระกูลแตงชนิดต่าง ๆ มีสารพฤกษเคมีหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถช่วยลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรังรวมถึงโรคมะเร็ง (Rolim *et al.,* 2018; Zhang *et al.,* 2020) โดยสารประกอบฟีนอลิกที่ทำการตรวจพบ ได้แก่ กรดแกลลิกและอนุพันธ์ และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น รูทิน ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (Zeb, 2016; Ayadi *et al*., 2019)



a b

Figure 1 (a) characteristic of *Cucumis melo* L. and (b) seed of *Cucumis melo* L.

จากข้อมูลการผลิตทางการเกษตรที่ผ่านมาพบว่าแตงไทยมีแนวโน้มผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Suwannarach *et al*., 2024) อย่างไรก็ตาม เมล็ดแตงไทยซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการบริโภคกลับยังไม่ถูกใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์อย่างเป็นระบบ และมักถูกทิ้งเป็นของเสียทางการเกษตร (Zeb, 2016; Rolim *et al.,* 2019) ทั้งที่มีรายงานว่าเมล็ดในตระกูลแตงไทยมีสารพฤกษเคมีสำคัญหลายชนิด การใช้ประโยชน์จากเมล็ดแตงไทยจึงเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่มมูลค่า ลดของเสีย และส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียนจากทรัพยากรท้องถิ่นได้อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาเชิงพาณิชย์ยังมีข้อจำกัดจากการขาดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เช่น คุณค่าทางโภชนาการ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ของเมล็ดแตงไทย เป็นต้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ และองค์ประกอบของสารสำคัญทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ วิตามินอี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเมล็ดแตงไทยสู่ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และเครื่องสำอางจากธรรมชาติในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง

ซื้อตัวอย่างผลแตงไทยสุกที่ปลูกขาย ในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 8 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 30 กิโลกรัม หลังจากนั้นนำเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อทำการคัดแยกเอาเฉพาะเมล็ด นำส่วนเมล็ดที่คัดได้มาล้างทำความสะอาด และอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักเมล็ดที่ได้ (PGW603e ADAM, UK) และเก็บไว้ในภาชนะปิดสนิททึบแสง และเก็บไว้ในอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์คุณค่าทางสารอาหารของเมล็ดแตงไทย

1. การวิเคราะห์คุณค่าทางสารอาหาร

ในการวิเคราะห์คุณค่าทางสารอาหารของเมล็ดแตงไทยนั้น ทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และพลังงาน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2012)

2. การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอีในน้ำมันจากเมล็ดแตงไทย

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีดัดแปลงจากวิธีของ Tahoun and Shehata (2018) โดยสกัดน้ำมันด้วยเครื่องสกรูเพรส (Screw press YTK-S9S, Nanyang Jingliang Photoelectric, China) จากนั้นชั่งน้ำมันตัวอย่าง 0.5 กรัม เติมเอทานอล 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกที่ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ 7 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 4,000 รอบต่อนาที นาน 7 นาที กรองสารละลายเอทานอลผ่าน syringe filter ขนาด 0.45 ไมโครเมตร และฉีดวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (Alliance e2695, Waters, USA) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร โดยใช้คอลัมน์ C18 (150×4.6 มิลลิเมตร 5 ไมโครเมตร) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เฟสเคลื่อนที่เป็นเมทานอล:อะซีโตไนไตรล์ (50:50) ตรวจวัดด้วย Fluorescence detector (Ex = 290 นาโนเมตร Em = 325 นาโนเมตร) ที่อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที คำนวณปริมาณวิตามินอีเทียบกับกราฟมาตรฐานของ α-tocopherol ช่วงความเข้มข้น 1–100 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร และรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในเมล็ดแตงไทย

ในการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในเมล็ดแตงไทย ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS และสารประกอบฟีนอลิกด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การเตรียมสารสกัดจากเมล็ดแตงไทย

การเตรียมสารสกัดเมล็ดแตงไทยดัดแปลงจากงานวิจัยของ Babbar *et al.* (2014) โดยชั่งผงเมล็ดแตงไทย 1 กรัม เติมเอทานอล 50 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่เตรียมได้ไปสกัดด้วยวิธีแช่หมักที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารสกัดที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารสกัดที่กรองได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศจนแห้ง และชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบ หลังจากนั้นเติมสาร dimethyl sulfoxide (DMSO) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในสารสกัดหยาบ และเก็บสารสกัดที่ได้ไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (TFC)

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดดำเนินการตามวิธี Aluminium Chloride Colorimetric (Chang *et al.,* 2006) โดยปิเปตสารละลายตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับ DMSO 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้ 250 ไมโครลิตร มาผสมกับน้ำกลั่น 1.25 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไนไตรต์ 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 75 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที เติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 275 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S, Thermo Scientific, USA) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบหาปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของเคอร์ซิตินในช่วงความเข้มข้น 0.02–1.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ในหน่วยไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อกรัมเมล็ดแห้ง (μgQE/ g DW)

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) ด้วย Folin-ciocalteu's reagent (Rabeta and Vithyia, 2013; Ueda *et al.,* 2019) โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับ DMSO 0.5 มิลลิลิตร หลังจากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ 0.3 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-ciocaltue ความเข้มข้น 1:10 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที นำสารตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S, Thermo Scientific, USA) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกในช่วงความเข้มข้น 3–100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในหน่วย ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมเมล็ดแห้ง (μgGAE/ g DW)

4. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช (DPPH)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงมาจากวิธีของ Singh *et al.* (2002) โดยเตรียมสารละลายตัวอย่างสารสกัดให้อยู่ในช่วงความเข้มข้น 1.25–10.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วย DMSO ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้มา 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง และเติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S, Thermo Scientific, USA) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารตัวอย่างมาคำนวณร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระดังสมการ หลังจากนั้นนำค่าร้อยละการยับยั้งที่ได้ไปคำนวณหาความสามารถในการยับยั้งที่ระดับการยับยั้งร้อยละ 50 (IC_{50}) จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดตัวอย่าง และร้อยละการยับยั้ง

$$\%\ \text{DPPH radical scavenging activity} = \left(\frac{A_{ctrl} - A_{sample}}{A_{ctrl}}\right) \times 100$$

เมื่อ A_{ctrl} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม
A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

5. ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีเอบีทีเอช (ABTS)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ดัดแปลงมาจากวิธีของ Thaipong *et al*. (2006) โดยเตรียมสารละลายตัวอย่างสารสกัดให้อยู่ในช่วงความเข้มข้น 1.25–10.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วย DMSO ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ความเข้มข้นละ 0.1 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมสารละลาย ABTS ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S, Thermo Scientific, USA) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารตัวอย่างมาคำนวณร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระดังสมการ หลังจากนั้น นำค่าร้อยละการยับยั้งที่ได้ไปคำนวณหาความสามารถในการยับยั้งที่ระดับการยับยั้งร้อยละ 50 (IC_{50}) จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดตัวอย่าง และร้อยละการยับยั้ง

$$\%\text{ABTS radical scavenging activity} = \left(\frac{A_{ctrl} - A_{sample}}{A_{ctrl}}\right) \times 100$$

เมื่อ A_{ctrl} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม
A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

6. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกในเมล็ดแตงไทย

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Rolim *et al.* (2018) โดยชั่งตัวอย่างเมล็ดแตงไทยบดละเอียด 1.0 กรัม สกัดด้วยสารละลายเมทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกที่ความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ 15 นาที จากนั้น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และทำการระเหยสารสกัดด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศจนแห้ง ละลายสารสกัดหยาบ ในเมทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร กรองผ่าน syringe filter ขนาด 0.45 ไมโครเมตร และฉีดวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (Alliance e2695, Waters, USA) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ใช้คอลัมน์ C18 (150×4.6 มิลลิเมตร, 5 ไมโครเมตร) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เฟสเคลื่อนที่เป็นกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ และเมทานอล ด้วยอัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่เริ่มต้นเป็นกรดอะซิติก 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นลดสัดส่วนของกรดอะซิติกมาเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ และเมทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 10 นาที และคงที่ด้วยอัตราส่วนดังกล่าวไว้อีก 5 นาที หลังจากนั้นเพิ่มสัดส่วนของเฟสเคลื่อนที่มาเป็น 100 เปอร์เซ็นต์เมทานอลในระยะเวลา 5 นาที และคงที่ด้วยอัตราส่วนดังกล่าวจนสิ้นสุดการฉีดวิเคราะห์ โดยใช้อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที รวมเวลา 30 นาที ตรวจวัดด้วย DAD detector ที่ความยาวคลื่น 284 นาโนเมตร ปริมาณสารฟีนอลิกคำนวณจากกราฟมาตรฐานของ catechin, vanillic acid, caffeic acid, vanillin, gallic acid และ quercetin ในช่วงความเข้มข้น 1–100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และรายงานผลเป็นไมโครกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง (µg/g DW)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดลองทั้งหมดทำการวิเคราะห์จำนวนสามซ้ำ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สำหรับการวิเคราะห์ผลการทดสอบทางสถิติทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multi Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 17.0 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสารประกอบฟลาโวนอยด์ ต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเมล็ดแตงไทยใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) แบบเพียรสัน (Pearson correlation coefficient) โดยการแปลความหมายของระดับความสัมพันธ์พิจารณาจากค่า (r) ดังนี้ 0.10–0.39 หมายถึง ความสัมพันธ์ระดับต่ำ 0.40–0.69 ระดับปานกลาง 0.70–0.89 ระดับสูง และ 0.90–1.00 ระดับสูงมาก (Schober *et al.,* 2018)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การวิเคราะห์คุณค่าทางสารอาหารของเมล็ดแตงไทย

จากผลการทดลอง (Table 1) พบว่า เมล็ดแตงไทยจากพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ทั้ง 8 ตัวอย่าง มีสัดส่วนเมล็ดคิดเป็นร้อยละ 0.64–1.18 ของน้ำหนักผลสด โดยตัวอย่าง CM3 และ CM4 มีปริมาณเมล็ดสูงสุด (1.18 และ 1.15 เปอร์เซ็นต์) ส่วน CM2 มีค่าต่ำสุด (0.64 เปอร์เซ็นต์) สะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างของอัตราการให้เมล็ดซึ่งอาจได้รับอิทธิพลจากพันธุ์ และปัจจัยแวดล้อม เช่น ปริมาณน้ำ ปุ๋ย และอุณหภูมิ ในช่วงการพัฒนาผล (Gupta *et al*., 2021) เป็นต้น

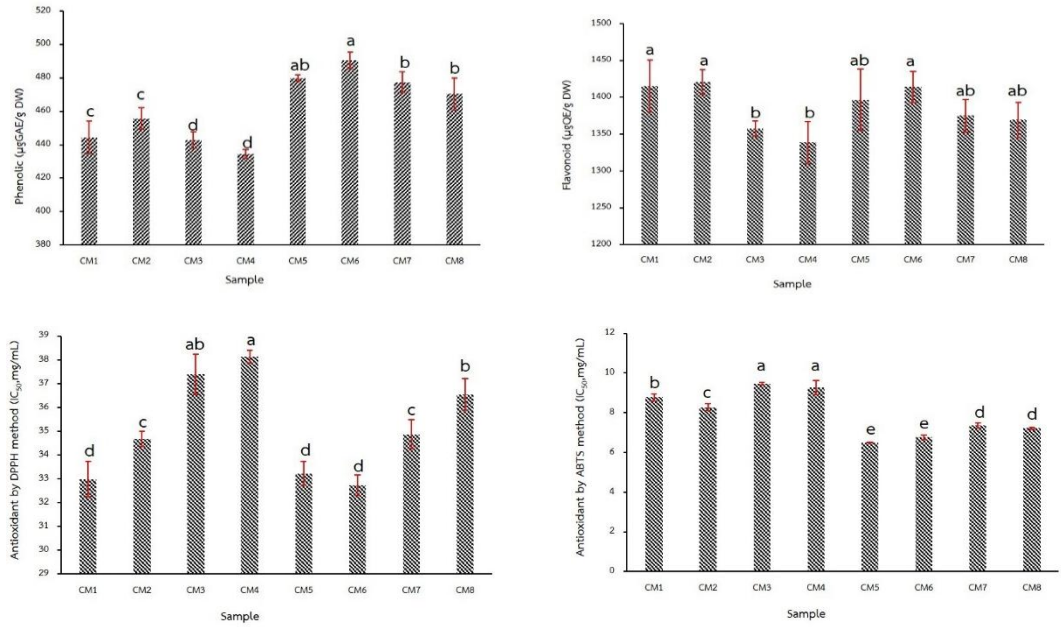
Table 1 Seed percentage and nutritional values of *Cucumis melo* L. seeds collected from different areas in Chiang Mai

Sample	Fruit weight (kg)	Seed weight (%)	Protein (%)	Fat (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%)	Energy (kcal/100g)	α-tocopherol (mg/kg)
CM1	30	0.65	21.41±1.05^{a}	16.72±0.20^{c}	5.40±0.06^{b}	2.85±0.21	53.62±1.76^{ab}	450.55±1.83^{c}	24.80±0.18^{c}
CM2	30	0.64	21.00±1.00^{ab}	16.83±0.29^{c}	5.13±0.23^{c}	2.80±0.17	54.23±3.60^{a}	452.43±3.06^{c}	24.42±0.32^{c}
CM3	30	1.18	19.83±0.41^{c}	19.77±0.11^{a}	5.32±0.34^{bc}	2.93±0.04	52.15±0.99^{c}	465.84±1.18^{a}	26.95±0.11^{a}
CM4	30	1.15	19.93±0.12^{c}	19.60±0.10^{a}	5.37±0.12^{bc}	2.78±0.17	52.32±0.90^{c}	465.43±1.06^{a}	26.17±0.11^{b}
CM5	30	0.85	20.07±0.09^{bc}	18.19±0.28^{b}	5.88±0.04^{a}	2.93±0.16	52.93±2.56^{bc}	455.67±0.73^{b}	26.47±0.74^{ab}
CM6	30	0.83	20.17±0.29^{bc}	18.17±0.29^{b}	5.86±0.06^{a}	2.83±0.15	52.98±2.60^{bc}	456.07±1.84^{b}	26.23±0.63^{ab}
CM7	30	0.74	21.90±0.11^{a}	19.72±0.15^{a}	5.45±0.10^{b}	3.02±0.18	49.92±1.32^{d}	464.70±0.56^{a}	20.42±0.42^{d}
CM8	30	0.67	21.93±0.12^{a}	19.70±0.10^{a}	5.40±0.10^{b}	2.93±0.12	50.03±0.90^{d}	465.17±0.55^{a}	20.67±0.04^{d}
Mean	-	-	**20.78**	**18.58**	**5.48**	**2.88**	**52.27**	**459.48**	**24.51**
CV%	-	-	**4.62**	**6.78**	**4.95**	**5.21**	**3.02**	**1.37**	**10.19**

n=3, Means within a column followed by different alphabets were significantly different at $p<0.05$ by DMRT.

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ พบว่า เมล็ดแตงไทยมีโปรตีนเฉลี่ย 19–22 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 16–20 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 450–466 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม และปริมาณวิตามินอี 20–27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยองค์ประกอบทางโภชนาการมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คือ ในตัวอย่าง CM3, CM4, CM7 และ CM8 มีไขมันสูงสุด (ประมาณ 19.7 เปอร์เซ็นต์) และให้พลังงานมากที่สุด (ประมาณ 466 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม) ในขณะที่ในตัวอย่าง CM1, CM7 และ CM8 มีโปรตีนสูงที่สุด (ประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์) สำหรับปริมาณวิตามินอี (α-tocopherol) ในตัวอย่าง CM3 มีค่าสูงที่สุด 26.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

จากข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางโภชนาการของเมล็ดแตงไทยมีค่าแปรปรวน ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างจากแหล่งที่มาของเมล็ด และปัจจัยทางแวดล้อมทางการเพาะปลูก (Witten *et al.,* 2020) นอกจากนี้ ผลการทดลองที่ได้พบว่า เมล็ดแตงไทยมีปริมาณโปรตีนสูงว่าไข่ไก่ (12.77 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ดทานตะวัน (16.7 เปอร์เซ็นต์) อยู่ในระดับใกล้เคียงกับถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำ และเนื้อไก่ ที่มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 23–24 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็มีปริมาณที่ต่ำว่าเมล็ดฟักทอง แตงโม ถั่วลิสง หรือถั่วเหลือง ที่มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 26–55 เปอร์เซ็นต์ (Food Innovation and Regulation Network (FIRN), 2017, Enujiugha *et al.,* 2023; Singh and Kumar, 2024) นอกจากนี้ ยังมีปริมาณวิตามินอี มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20–27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งใกล้เคียงกันกับข้าวก่ำ งาขาว งาดำ และงาขี้ม้อน (Sangaroon *et al.,* 2011) จากข้อมูลผลการทดสอบของปริมาณวิตามินอี พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณไขมันที่พบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Habila *et al.* (2012) ทั้งนี้ เนื่องจากวิตามินอีเป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน (fat-soluble vitamin) และสะสมอยู่ในน้ำมันจากเมล็ดพืช และมีคุณประโยชน์ในด้าน เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการรวมตัวของเกล็ดเลือด ต้านมะเร็ง ต้านความชรา (Rizvi *et al.,* 2014) เป็นต้น ดังนั้น เมล็ดแตงไทยที่มีปริมาณไขมันสูงจึงมีศักยภาพเป็นแหล่งวิตามินอีตามธรรมชาติที่ดี และข้อมูลจากการทดสอบด้านโภชนาการทั้งหมดที่ได้ อาจสามารถนำเมล็ดแตงไทยมาพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งเป็นแหล่งของสารอาหารโปรตีนจากพืช และสามารถนำมาใช้ทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งได้



Different letters indicate statistically significant differences ($p<0.05$)

Figure 2 The bioactive compounds in *Cucumis melo* L. seeds

การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในเมล็ดแตงไทย

จากการศึกษาปริมาณฟีนอลิกพบว่ามีอยู่ในช่วง 434.36-490.47 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมเมล็ดแห้ง (Figure 2) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยตัวอย่าง CM5 และ CM6 มีปริมาณสารฟีนอลิกมากที่สุดเท่ากับ 479 และ 490 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมเมล็ดแห้งตามลำดับ และมีค่าสูงกว่า 1.25 เท่า เมื่อเทียบกับปริมาณสารฟีนอลิกในเมล็ดของแคนตาลูป (Ismail *et al.*, 2010) สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์พบว่ามีปริมาณอยู่ในช่วง 1,338–1,420 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อกรัมเมล็ดแห้ง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในตัวอย่าง CM2 มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุดเท่ากับ 1,420 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อกรัมเมล็ดแห้ง แต่ไม่แตกต่างกันกับในตัวอย่าง CM1, CM5, CM6, CM7 และ CM8 ในขณะที่ตัวอย่าง CM4 มีค่าฟลาโวนอยด์ต่ำที่สุดเท่ากับ 1,338 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อกรัมเมล็ดแห้ง ตามลำดับ ในส่วนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่าในตัวอย่าง CM5 และ CM6 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดในทั้งสองวิธี โดยมีค่า IC_{50} (DPPH) เท่ากับ 33 และ 32 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS มี IC_{50} เท่ากับ 6 และ 7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในกลุ่มนี้ โดยรวมแล้วในตัวอย่าง CM5 และ CM6 มีฟีนอลิกสูงที่สุด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีในทั้งสองวิธี ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเมล็ดแตงไทยมีปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ที่สูง และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี สามารถนำมาสกัดใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ และช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับแตงไทยได้ในอนาคต

Table 2 Relationship between the total phenolic compounds content and the total flavonoid content on the antioxidant activity by DPPH and ABTS (Pearson correlation coefficients) of the *Cucumis melo* L. seed extract

	TPC	TFC	IC_{50}(DPPH)	IC_{50}(ABTS)
TPC	1			
TFC	0.28	1		
IC_{50}(DPPH)	-0.55**	-0.72**	1	
IC_{50}(ABTS)	-0.91**	-0.28	0.59**	1

** correlation is significant at the 0.01 level (two-tailed)

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Table 2) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์ เป็นความสัมพันธ์เชิงบวกที่มีความสัมพันธ์กันระดับต่ำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.28 มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นความสัมพันธ์เชิงลบที่มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (r=-0.55) และมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS เป็นความสัมพันธ์เชิงลบที่มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก (r=-0.91) โดยความสัมพันธ์เชิงลบดังกล่าว หมายถึง เมื่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น ค่า IC_{50} จะลดลง และเมื่อค่าของ IC_{50} มีค่าน้อยก็จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูง ในขณะที่ ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นความสัมพันธ์เชิงลบที่มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (r=-0.72) และมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS เป็นความสัมพันธ์เชิงลบที่มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ (r=-0.28) ซึ่งหมายถึง สารสกัดเมล็ดแตงไทยที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS มาก ในขณะที่สารสกัดเมล็ดแตงไทยที่มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูง ก็จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มากนั่นเอง ซึ่งสนับสนุนผลการทดลองที่ได้ ที่พบว่าในตัวอย่าง CM5 และ CM6 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูง ก็จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงเช่นกัน

ในส่วนของผลการวิเคราะห์สารกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดแตงไทยโดยมีการวิเคราะห์สาร gallic acid, catechin, vanillic acid, caffeic acid, vanillin และ quercetin (Table 3 and Figure 3) เมื่อนำสารสกัดตัวอย่างเมล็ดแตงไทย และสารมาตรฐานของ gallic acid, catechin, vanillic acid, caffeic acid, vanillin และ quercetin ไปฉีดวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC พบว่ามีค่า retention time (tr) เท่ากับ 6.1, 11.1, 13.4, 13.8, 14.9 และ 22.6 นาที ตามลำดับ และมีค่าตรงกันในตัวอย่างของสารสกัดเมล็ดแตงไทยที่นำมาตรวจวิเคราะห์

Table 3 Phenolic compound in *Cucumis melo* L. seeds from Chiang Mai province

Sample	Phenolic compound (µg/g)					
	Gallic acid	Catechin	Vanilic acid	Caffeic acid	Vanillin	Quercetin
CM1	nd	35.23±0.37^{a}	5.58±0.08^{a}	nd	1.41±0.03^{a}	1.20±0.03^{f}
CM2	nd	28.83±0.58^{b}	3.49±0.10^{c}	nd	1.20±0.03^{c}	0.85±0.01^{g}
CM3	nd	23.30±0.59^{c}	3.40±0.08^{c}	nd	1.06±0.01^{d}	7.23±0.15^{a}
CM4	nd	21.89±1.21^{d}	3.16±0.11^{d}	nd	1.05±0.02^{d}	6.04±0.06^{b}
CM5	nd	12.05±0.08^{f}	4.08±0.14^{b}	nd	1.39±0.02^{a}	1.51±0.02^{d}
CM6	nd	13.96±0.85^{e}	3.44±0.09^{c}	nd	1.33±0.04^{b}	1.31±0.01^{ef}
CM7	nd	14.14±0.26^{e}	3.57±0.22^{c}	nd	1.19±0.02^{c}	2.13±0.06^{c}
CM8	nd	10.27±0.09^{g}	2.05±0.12^{f}	nd	0.98±0.05^{f}	1.42±0.07^{de}
Mean	**-**	**19.96**	**3.60**	**-**	**1.20**	**2.71**
CV(%)	**-**	**42.64**	**26.41**	**-**	**13.32**	**86.67**

nd = not detected; n=3; Means within a column followed by different alphabets were significantly different at $p<0.05$ by DMRT.

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าทั้ง 8 ตัวอย่าง ตรวจพบสาร catechin (10–35 ไมโครกรัมต่อกรัม) vanillic acid (2-6 ไมโครกรัมต่อกรัม) vanillin (0.9–1.4 ไมโครกรัมต่อกรัม) และ quercetin (0.8–7 ไมโครกรัมต่อกรัม) ตามลำดับ โดยพบว่าสาร catechin ตรวจพบมากที่สุด สำหรับสาร gallic acid และ caffeic acid ตรวจไม่พบในสารสกัดเมล็ดแตงไทย จากผลการวิเคราะห์ตรวจพบสาร catechin เป็นสารหลักที่พบในปริมาณสูงที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยตัวอย่าง CM1 มีปริมาณ catechin สูงที่สุด ขณะที่ CM8 มีค่าต่ำที่สุด มีความแปรปรวนระหว่างตัวอย่างในระดับค่อนข้างสูง (เปอร์เซ็นต์ CV = 42.64) ส่วน vanillic acid และ vanillin พบรองลงมา ในขณะที่ quercetin ตรวจพบปริมาณสารมีช่วงค่ากว้าง (0.8–7 ไมโครกรัมต่อกรัม) โดยตัวอย่าง CM3 มีปริมาณ quercetin สูงที่สุด และมีความแปรปรวนระหว่างตัวอย่างสูงมาก (เปอร์เซ็นต์ CV = 86.67) โดยรวมจากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเมล็ดแตงไทยมีองค์ประกอบสารฟีนอลิก โดยมี catechin เป็นสารสำคัญหลัก ซึ่งสาร catechin ที่ตรวจพบในปริมาณมากที่สุดในงานวิจัยนี้ เป็นสารประกอบชนิดเดียวกับ catechin ที่พบในชาเขียว ซึ่งเป็นสารธรรมชาติที่มีรายงานว่ามีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ โดยอาจมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดความเครียดออกซิเดชันในร่างกาย จากการศึกษาที่ผ่านมามีรายงานว่า catechin มีความเกี่ยวข้องกับการชะลอกระบวนการเสื่อมของเซลล์ และอาจมีศักยภาพในการลดการเกิด oxidised low-density lipoprotein (oxidised LDL) ซึ่งเป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับการสะสมของคอเลสเทอรอลในหลอดเลือด และการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด (Bae *et al.*, 2020) ดังนั้นเมล็ดแตงไทยจึงอาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งมีบทบาทเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ และอาจมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดภาวะเครียดออกซิเดชันที่เกี่ยวข้องกับโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น

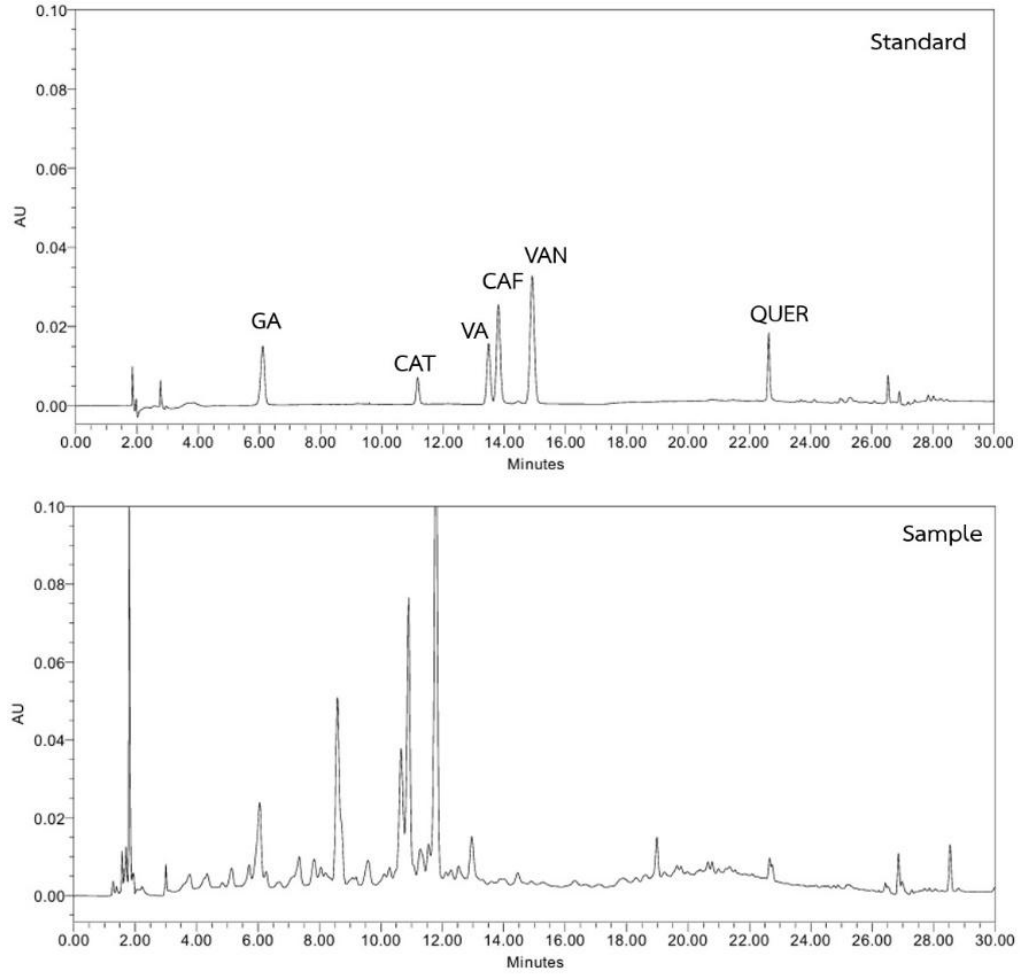


Figure 3 Chromatograms of the standards gallic acid (GA), catechin (CAT), vanillic acid (VA), caffeic acid (CAF), vanillin (VAN), and quercetin (QUER) of the *Cucumis melo* L. seed samples

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่า เมล็ดแตงไทยจากพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ที่ทำการสุ่มตรวจ จำนวน 8 ตัวอย่าง มีคุณค่าทางโภชนาการที่น่าสนใจ โดยมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 20.78 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 18.59 เปอร์เซ็นต์ และให้พลังงาน 459.48 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม รวมทั้งมีปริมาณวิตามินอีในรูปของ α-tocopherol เฉลี่ย 24.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในด้านสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เมล็ดแตงไทยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกระหว่าง 434–490 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมเมล็ดแห้ง และฟลาโวนอยด์ระหว่าง 1,357–1,420 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อกรัมเมล็ดแห้ง โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 32–38 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และวิธี ABTS อยู่ในช่วง 6–9 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ ยังตรวจพบสารสำคัญ ได้แก่ catechin, vanillic acid, vanillin และ quercetin โดยเฉพาะตัวอย่าง CM5 และ CM6 ที่มีองค์ประกอบของสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (อพ.สธ.-มจ.) ประจำปี พ.ศ. 2565 (อพ.สธ.-66-001) และสาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2012. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. Maryland: AOAC International. 3000 p.

Ayadi, S.M., N. Bahloul and N. Kechaou. 2019. *Cucumis melo* L. seeds as a promising source of oil naturally rich in biologically active substances: compositional characteristics, phenolic compounds and thermal properties. **Grasas y Aceites** 70(1): 1–10.

Babbar, N., H.S. Oberoi, S.K. Sandhu and V.K. Bhargav. 2014. Influence of different solvents in extraction of phenolic compounds from vegetable residues and their evaluation as natural sources of antioxidants. **Journal of Food Science and Technology** 51(10): 2568–2575.

Bae, J., N. Kim, Y. Shin, S.Y. Kim and Y.J. Kim. 2020. Activity of catechins and their applications. **Biomedical Dermatology** 4(8): 1–10.

Chang, C.H., H.Y. Lin, C.Y. Chang and Y.C. Liua. 2006. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. **Journal of Food Engineering** 77: 478–485.

Chansingh, K. 2020. ***Cucumis melo* L.** Retrieved from https://arit.kpru.ac.th/ap2/1ocal/?nu=pages&page_id=1633&code_db-610010&code_type=01 [in Thai]

Enujiugha, V.N., M.b. Adeyemo and A.M. Adisa. 2023. Nutritional and safety implications of consuming melon seeds and impacts on international trade: a review. **Food and Humanity** 1: 241–249.

Food Innovation and Regulation Network (FIRN). 2017. **Database on functional ingredients & functional food.** Retrieved from https://firn.or.th/ [in Thai]

Gupta, N., S. Kumar, S.K. Jain, B.S. Tomar, J. Singh and V. Sharma. 2021. Challenges and opportunities in cucumber seed production. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 10(01): 2135–2144.

Habila, N., H.M. Inuwa, I.A. Aimola, A.S. Agbaji, Z. Ladan, R. Shangodare, I.S. Williams, O.B. Odjobo and E. Ogabiela. 2012. Variation of fatty acids and vitamin E composition in seed oils of some plant species. **Journal of Plant Studies** 1(2): 55–60.

Ismail, H.I., K.W. Chan, A.A. Mariod and M. Ismail. 2010. Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*cucumis melo*) methanolic extracts. **Food Chemistry** 119: 643–647.

Rabeta, M.S. and M. Vithyia. 2013. Effect of different drying methods on the antioxidant properties of *Vitex negundo* Linn. tea. **International Food Research Journal** 20(6): 3171–3176.

Rizvi, S., S.T. Raza, F. Ahmed, A. Ahmad, S. Abbas and F. Mahdi. 2014. The role of vitamin E in human health and some diseases. **Sultan Qaboos University Medical Journal** 14(2): 157–165.

Rolim, P.M., G.P. Fidelis, C.E.A. Padilha, E.S. Santos, H.A.O. Rocha and G.R. Macedo. 2018. Phenolic profile and antioxidant activity from peels and seeds of melon (*Cucumis melo* L. var. reticulatus) and their antiproliferative effect in cancer cells. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research** 51(4): 1–14.

Rolim, P.M., L.M.A.J. Seabra and G.R. Macedo. 2019. Melon by-products: biopotential in human health and food processing. **Food Reviews International** 36(1): 15–38.

Sangaroon, T., K. Sringarm and D. Karladee. 2011. Vitamin E in post-harvested grains of purple rice white sesame black sesame and perilla. **Agricultural Science Journal** 3(Suppl.): 408–411. [in Thai]

Schober, P., C. Boer and L.A. Schwarte. 2018. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. **ANESTHESIA & ANALGESIA** 126(5): 1763–1768.

Singh, A. and V. Kumar. 2024. Pumpkin seeds as nutraceutical and functional food ingredient for future: a review. **Grain & Oil Science and Technology** 7(1): 12–29.

Singh, R.P., K.N.C. Murty and G.K. Jayaprakasha. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica ranatum*) peel and seed extracts using in vitro models. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 50(1): 81–86.

Siriphat, D. 1997. ***Cucumis melo* L.** Retrieved from https://www.doctor.or.th/article/detail/3941 [in Thai]

Suwannarach, N., S. Khuna, T. Thitla, C. Senwanna, W. Nuangmek, J. Kumla and S. Lumyong. 2024. Morpho-phylogenetic identification and characterization of new causal agents of Fusarium species for postharvest fruit rot disease of muskmelon in northern Thailand and their sensitivity to fungicides. **Frontiers in Plant Science** 15: 1–19.

Tahoun, I.F. and A.B. Shehata. 2018. Development and validation of simple reversed phase method for separation and quantification of tocopherols in edible oils. **Egyptian Journal of Chemistry** 61(3): 461–468.

Thaipong, K., U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos and D.H. Byrne. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis** 19: 669–675.

Ueda, Y., N. Apiphuwasukcharoen, S. Tsutsumi, Y. Matsuda, V. Areekul and S. Yasuda. 2019. Optimization of hot-water extraction of dried yacon herbal tea leaves: enhanced antioxidant activities and total phenolic content by response surface methodology. **Journal of Food Science and Technology** 25(1): 131–139.

Witten, S., H. Böhm and K. Aulrich. 2020. Effect of variety and environment on the contents of crude nutrients and amino acids in organically produced cereal and legume grains. **Organic Agriculture** 10: 119–219.

Zeb, A. 2016. Phenolic profile and antioxidant activity of melon (*Cucumis Melo* L.) seeds from Pakistan. **Foods** 5(67): 1–7.

Zhang, X., Y. Bai, Y. Wang, C. Wang, J. Fu, L. Gao, Y. Liu, J. Feng, M.K. Swamy, M. Yogi, G.R. Rudramurthy, B. Purushotham and Y. Deng. 2020. Anticancer properties of different solvent extracts of *cucumis melo* L. seeds and whole fruit and their metabolite profiling using HPLC and GC-MS. **BioMed Research International** 2020: 1–9.

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 94-104

การเปรียบเทียบตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดทริปแทนทรินจากใบห้อม สายพันธุ์ *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze

Comparative Study of Organic Solvents for the Extraction of Tryptanthrin from *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze Leaves

ณัฐพร จันทร์ฉาย[1,*] ทรงอำนาจ พงษ์สมบูรณ์[2] และอัญศญา บุญประจวบ[1]

Nuttaporn Chanchay[1,*], Songamnat Pongsomboon[2] and Ansaya Boonpajaub[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

[1]Department of Agro-Industrial Biotechnology, Maejo University Phare Campus, Phare, Thailand 54140

[2]Department of Biological Science, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand 34190

*Corresponding author: nuttapornchanchay@gmail.com

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0009-9323-8299

Received: *December, 27, 2024*

Revised February *09, 2026*

Accepted: *March 11, 2026*

Abstract

This study aimed to compare the extraction efficiency of organic solvents with different polarities, specifically ethanol and dichloromethane, for the extraction of tryptanthrin from the leaves of *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze collected from five locations in Phrae Province, Thailand. The samples were extracted by maceration, and the tryptanthrin content was quantified using high-performance liquid chromatography (HPLC). The results demonstrated that both the extraction solvent and sampling location significantly affected the amount of tryptanthrin obtained. Overall, dichloromethane yielded higher tryptanthrin contents than ethanol at all sampling sites, and the sample collected from Ban Natong exhibited the highest tryptanthrin content (4.332 mg g^{-1} crude extract). These findings support the suitability of dichloromethane as an effective solvent for the extraction of tryptanthrin from *S. cusia* leaves and highlight the importance of raw material origin in determining the level of bioactive compounds. The results provide baseline information for selecting appropriate plant sources and optimizing extraction conditions for future industrial applications.

Keywords: dichloromethane, HPLC, solvent extraction, *Strobilanthes cusia,* tryptanthrin

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีความมีขั้วแตกต่างกัน ได้แก่ เอทานอลและไดคลอโรมีเทน ในการสกัดสารทริปแทนทรินจากใบห้อม (*Strobilanthes cusia* (Nees.) Kuntze) ที่เก็บจาก 5 พื้นที่ในจังหวัดแพร่ โดยทำการสกัดด้วยวิธีการแช่ตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) ผลการศึกษาพบว่า ชนิดของตัวทำละลายและพื้นที่เก็บตัวอย่างมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณทริปแทนทรินที่สกัดได้ โดยไดคลอโรมีเทนให้ปริมาณสารสูงกว่าเอทานอลในทุกพื้นที่ศึกษา และตัวอย่างจากพื้นที่บ้านนาตองให้ปริมาณทริปแทนทรินสูงที่สุด (4.332 มก./กรัมของสารสกัดหยาบ) ผลการศึกษานี้สนับสนุนความเหมาะสมของไดคลอโรมีเทนในการใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับการสกัดทริปแทนทรินจากใบห้อม และสะท้อนถึงความสำคัญของแหล่งที่มาของวัตถุดิบต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกวัตถุดิบและพัฒนาเงื่อนไขการสกัดเพื่อการประยุกต์ใช้เชิงอุตสาหกรรมในอนาคต

คำสำคัญ: การสกัดด้วยตัวทำละลาย HPLC ทริปแทนทริน ใบห้อม *Strobilanthes cusia*

คำนำ

ห้อม (*Strobilanthes cusia* (Nees.) Kuntze) เป็นพืชในสกุล Strobilanthes วงศ์ Acanthaceae ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ป่าดิบเขาที่ระดับความสูง 500–1,800 เมตรจากระดับน้ำทะเล (Eiadthong, 2011) และเป็นพืชท้องถิ่นที่พบได้ทั่วไปในพื้นที่ชุ่มชื้นของภาคเหนือประเทศไทย เช่น บ้านนาคูหา บ้านนาตอง และบ้านแม่ลัว อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ (Chanchay, 2021a) ในอดีตห้อมถูกใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้าน โดยเฉพาะส่วนใบและรากเพื่อบรรเทาอาการไข้ อาการอักเสบ และอาการที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของพืชชนิดนี้ในด้านการแพทย์แผนไทย ขณะเดียวกันในปัจจุบันห้อมยังถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการย้อมสีธรรมชาติ (Chanchay, 2021b) จากการใช้ประโยชน์ดังกล่าว ทำให้ห้อมเป็นพืชที่ได้รับความสนใจในการศึกษาทั้งด้านองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพอย่างต่อเนื่อง

จากองค์ความรู้ด้านแพทย์แผนไทยและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าห้อมประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายกลุ่ม ได้แก่ สารกลุ่มอัลคาลอยด์ เทอร์ปีนส์ กลัยโคไซด์ และฟลาโวนอยด์ นอกจากนี้ยังพบสารให้สีและสารประกอบสำคัญหลายชนิด เช่น อินดิรูบิน (indirubin) อินดิโก (indigo) อินดิกอยด์ (indigoid) อินโดลแอลคาลอยด์ (indole alkaloids) ควินาโซลินอนแอลคาลอยด์ (quinazolinone alkaloids) และสารในกลุ่มไตรเทอร์ปีน ได้แก่ ลูพีออล (lupeol) บีทูลิน (betulin) และลูพินอน (lupenone) รวมถึงซิโตสเตอรอล (sitosterols) (Honda and Tabata, 1979; Li *et al*., 1993; Hou and Liang, 2006; Liau *et al*., 2007) ในบรรดาสารดังกล่าว สารทริปแทนทริน (tryptanthrin) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสารอินโดลควินาโซลีน (indole quinazoline) ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ เนื่องจากมีรายงานฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่สำคัญ เช่น ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านมะเร็ง และการยับยั้งการแสดงออกของยีนและโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบ ได้แก่ NOS1, COX-2 และ NF-**K**B รวมถึงไซโตไคน์บางชนิด เช่น IL-2, IL-10 และ TNF-**α** (Tsai *et al*., 2020) ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของสารทริปแทนทรินในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพร

เมื่อพิจารณาถึงการนำทริปแทนทรินไปใช้ประโยชน์เชิงผลิตภัณฑ์ กระบวนการสกัดจึงมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพและคุณภาพของสารสกัด วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการแยกสารสำคัญจากพืชสมุนไพร โดยอาศัยหลักการความมีขั้ว

(polarity) ของการละลายระหว่างตัวทำละลายและสารสำคัญตามแนวคิด “like dissolves like” งานวิจัยก่อนหน้าชี้ให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารสกัด ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลาย ระยะเวลา และอุณหภูมิของการสกัด (Wanichphongphan *et al*., 2017; Soiklom, 2020) อ้างโดย Wanichphongphan *et al*. (2017) รายงานว่าการสกัดด้วยเอทานอลทั้งแบบปกติและร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงให้ปริมาณสารสำคัญสูงกว่าวิธี Soxhlet ขณะที่ Soiklom (2020) ชี้ให้เห็นว่าการเลือกตัวทำละลายและการควบคุมเงื่อนไขการสกัดอย่างเหมาะสมมีผลต่อคุณภาพและปริมาณสารสกัดจากพืชสมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับสารทริปแทนทรินซึ่งมีสมบัติกึ่งมีขั้ว ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีความเป็นขั้วต่ำถึงปานกลาง เช่น ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane; DCM) มักถูกใช้เป็นตัวทำละลายมาตรฐานในงานวิจัยด้านเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม DCM มีข้อจำกัดด้านความปลอดภัยและไม่เหมาะสมต่อการใช้โดยตรงในผลิตภัณฑ์สำหรับมนุษย์ ในทางตรงกันข้าม เอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีความปลอดภัยสูงกว่าและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้

ดังนั้น ในการศึกษานี้ DCM ถูกเลือกใช้เป็นตัวทำละลายเชิงทดลอง (experimental solvent) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดสารทริปแทนทรินกับเอทานอลซึ่งเป็นตัวทำละลายเชิงประยุกต์ (application-oriented solvent) โดยสารสกัดที่ได้จาก DCM จัดเป็นสารสกัดเชิงวิเคราะห์เพื่อการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ มิได้มีวัตถุประสงค์ให้นำไปใช้โดยตรงเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพร การนำสารทริปแทนทรินไปใช้เชิงผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ การกำจัดตัวทำละลายตกค้าง และการประเมินความปลอดภัยก่อนการนำไปใช้จริง

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของชนิดตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วแตกต่างกัน ได้แก่ เอทานอลและไดคลอโรมีเทน ต่อประสิทธิภาพการสกัดสารทริปแทนทรินจากใบห้อม (*Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze) ที่เก็บจากพื้นที่ต่าง ๆ ในจังหวัดแพร่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกเงื่อนไขการสกัดที่เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรในลำดับถัดไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างพืช

1) เก็บตัวอย่างใบห้อม (*Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze) จาก 5 พื้นที่ในจังหวัดแพร่ ได้แก่ บ้านนาตอง (NT; ตำบลช่อแฮ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่; 18.087° N, 100.170° E), บ้านนาคูหา (NKH; ตำบลสวนเขื่อน อำเภอเมือง จังหวัดแพร่; 18° 7' 41.36"N, 100° 19' 8.41"E), บ้านแม่ลัว (ML; ตำบลป่าแดง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่; 18.168° N, 100.171° E), บ้านน้ำจ้อม (NJ; ตำบลช่อแฮ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่; 18.14°N, 100.14°E) และบ้านนาแคม (NK; ตำบลสวนเขื่อน อำเภอเมือง จังหวัดแพร่; 18.13° N, 100.13° E) โดยเก็บตัวอย่างพื้นที่ละ 5 กิโลกรัม

ตัวอย่างพืชได้รับการตรวจสอบชนิดทางอนุกรมวิธาน และทำการฝากตัวอย่างพรรณไม้ไว้ ณ Herbarium มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้หมายเลขตัวอย่างอ้างอิง (voucher specimen number) ได้แก่ NT (NC-PH-NT-01), NKH (NC-PH-NKH-01), ML (NC-PH-ML-01), NJ (NC-PH-NJ-01) และ NK (NC-PH-NK-01)

2) นำมาอบในตู้อบความร้อน Hot air oven 60°ซ นาน 24 ชม. และนำมาบดละเอียด (1 mesh) ด้วยเครื่องบดสมุนไพร แล้วนำมาบรรจุใส่ถุงซิปและเก็บไว้ใน Desiccator

การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์

นำห้อมที่บด (50 กรัม) มาแช่ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด (300 มล.) คือ ตัวทำละลายเอทานอล (C_2H_5OH, 95% v/v, analytical grade) และไดคลอโรมีเทน (CH_2Cl_2, ≥99%, analytical grade) ซึ่ง

เป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วแตกต่างกัน จากนั้นบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน โดยทำการเขย่าตัวอย่าง ความเร็วรอบ 120 rpm วันละ 1-2 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ระยะเวลา 15 นาที/ครั้ง เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการสกัด นำสารละลายที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรองหมายเลข 1 (whatman-CW-SCI) แล้วนำสารกรองไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง rotary evaporator (รุ่น B-100, Buchi, Japan) จนเหลือปริมาตร 10 มล. หลังจากนั้นสารสกัดจะถูกทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ ในตู้อบความร้อน Hot air oven จนสารตัวทำละลายระเหยไปจนหมด สุดท้ายคำนวณร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบและนำไปวิเคราะห์สารสำคัญด้วยเครื่อง High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)

วิธีการเตรียมสารมาตรฐานสำหรับ HPLC

ชั่งสารมาตรฐานทริปแทนทริน (tryptanthrin, ความบริสุทธิ์ ≥98%) จัดซื้อจากบริษัท Sigma-Aldrich (Merck, Germany) 0.005xg ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลบริสุทธิ์ 99% 20 มล. จะได้ความเข้มข้นของทริปแทนทริน 250 ppm จากนั้นนำสารมาตรฐานที่ได้มาเตรียม standard curve ที่ความเข้มข้น 2.5, 5, 10, 20 และ 40 ppm ปรับปริมาตรเป็น 5 มล. ด้วยเอทานอลบริสุทธิ์ 99% และนำไปวิเคราะห์ ด้วยเครื่อง HPLC

วิธีการวิเคราะห์สารสำคัญด้วยเครื่อง High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)

วิธีการวิเคราะห์สารสำคัญด้วยเครื่อง High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) เพื่อหาปริมาณสารทริปแทนทรินในสารสกัดหยาบ โดยเตรียมสารสกัดที่ความเข้มข้น 1 มก./ก. ที่ละลายในตัวทำละลายเอทานอล และไดคลอโรมีเทน จากนั้นกรองสารละลายผ่านแผ่นกรอง (membrane) ขนาด 0.45 มม. ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

การวิเคราะห์ปริมาณทริปแทนทรินดำเนินการโดยวิธี HPLC เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานทริปแทนทริน (external standard method) โดยใช้คอลัมน์ Zorbax SB-C18 (3.5 µm, 80 Å, 2.1 × 100 mm) และใช้ mobile phase เป็นสารผสมระหว่างอะซีโตไนไตรล์และน้ำ (70:30, v/v) ที่อัตราการไหล 0.3 มล./นาที ปริมาตรฉีดตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร ตรวจวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร เป็นเวลา 10 นาที โดยปรับวิธีการจาก Susawaengsup *et al*. (2023)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3) วิเคราะห์ผลของชนิดตัวทำละลายและพื้นที่เก็บตัวอย่างต่อปริมาณสารสกัดด้วยสถิติแบบ two-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p<0.05$

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการสกัดสารสำคัญทริปแทนทรินจากใบห้อมใน 5 พื้นที่จังหวัดแพร่ (treatments) ได้แก่บ้านนาตอง (NT) บ้านนาคูหา (NKH) บ้านแม่ลัว (ML) บ้านน้ำจ้อม (NJ) บ้านนาแคม (NK) ด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย เอทานอล และไดคลอโรมีเทน โดยใช้อัตราส่วนของผงใบห้อมต่อตัวทำละลาย 50 กรัมต่อตัวทำละลาย 300 มล. โดยชนิดตัวทำละลายอินทรีย์คือ เอทานอล และไดคลอโรมีเทน วิเคราะห์หาปริมาณทริปแทนทริน ด้วย High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) ผลการทดลองพบว่า พีคจำเพาะของสารทริปแทนทริน สามารถตรวจพบได้ที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร และ retention time ประมาณ 18-20 นาที โดยสารทริปแทนทรินที่สกัดจากใบห้อม (ที่เก็บจากทั้ง 5 พื้นที่ศึกษา) ด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน แสดงลักษณะรูปร่างพีคที่แคบ และสมมาตร

โดยไม่เกิดพีคหาง (symmetrical peak with no tailing) ดีกว่าการสกัดด้วยเอทานอล (Figure 1) ผลดังกล่าวบ่งชี้ว่าไดคลอโรมีเทนมีความเหมาะสมมากกว่าในการสกัดสารทริปแทนทริน เนื่องจากช่วยลดการรบกวนจากสารสกัดอื่น ๆ และให้การแยกสารที่มีประสิทธิภาพ และความบริสุทธิ์สูง

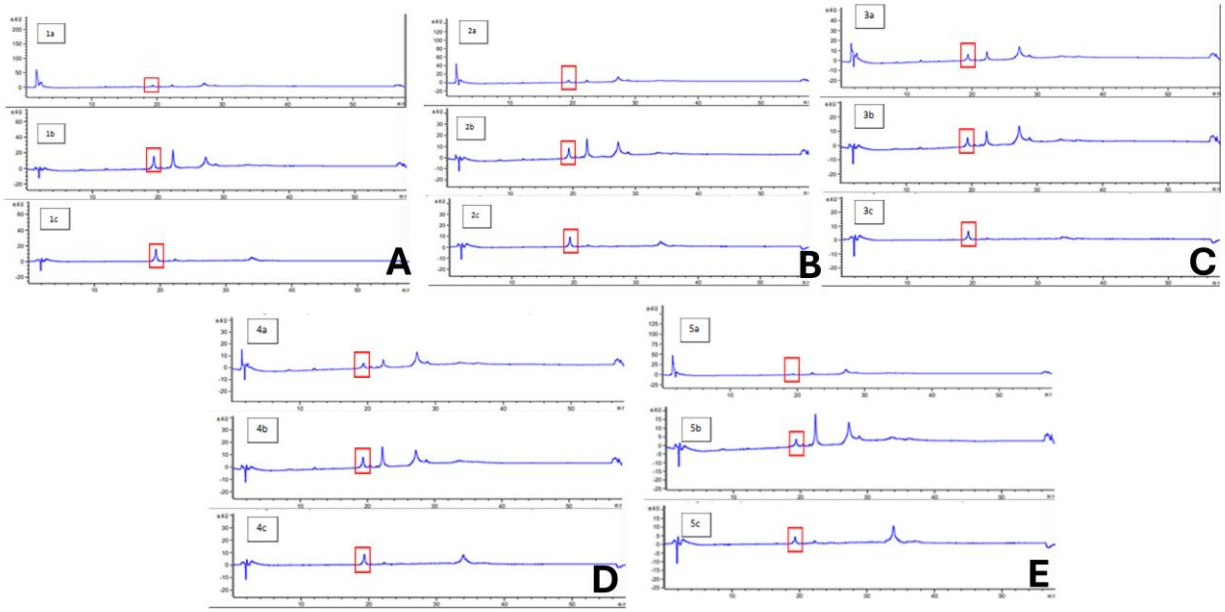


Figure 1 HPLC chromatograms of tryptanthrin in *Strobilanthes cusia* leaf extracts from different sampling sites; (A) Ban Natong (NT), (B) Ban Nakhuha (NKH), (C) Ban Namjom (NJ), (D) Ban Maelua (ML), and (E) Ban Nakham (NK). For each site; (a) ethanol extract, (b) dichloromethane extract, and (c) tryptanthrin standard. The red boxes indicate the retention time of tryptanthrin.

จากการศึกษาปริมาณสารสกัดหยาบและปริมาณสารทริปแทนทรินจากใบ *Strobilanthes cusia* ที่เก็บจากพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 แห่ง โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล (EtOH) และไดคลอโรมีเทน (DCN) พบว่า การสกัดด้วยคลอโรมีเทนให้ค่าร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบ (% yield) สูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลในทุกพื้นที่ศึกษา โดยค่าผลผลิตของสารสกัดหยาบจากการสกัดด้วย DCM อยู่ในช่วง 2.10–2.60% ขณะที่การสกัดด้วย EtOH ให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 1.00–2.58% (Table 1)

นอกจากนี้ การสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนให้ปริมาณสารทริปแทนทรินต่อกรัมของสารสกัดหยาบสูงกว่าเอทานอล โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.424–4.332 mg/g crude ขณะที่การสกัดด้วยเอทานอลให้ค่าอยู่ในช่วง 0.977–1.904 mg/g crude ใน 4 จาก 5 พื้นที่ศึกษา (ยกเว้นพื้นที่ ML) โดยเฉพาะตัวอย่างจากพื้นที่ NT ซึ่งการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนให้ปริมาณ ทริปแทนทรินสูงที่สุด (4.332 mg/g crude) เมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยเอทานอล (1.977 mg/g crude) มีค่าใกล้เคียงกับการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน (1.933 mg/g crude) (Table 1; Figure 2)

โดยภาพรวม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ไดคลอโรมีเทนเป็นตัวทำละลายมีแนวโน้มให้ทั้งปริมาณ

สารสกัดหยาบและปริมาณสารทริปแทนทรินสูงกว่าเอทานอล สะท้อนถึงประสิทธิภาพของตัวทำละลายที่มีความเหมาะสมต่อการสกัดสารทริปแทนทรินจากใบห้อม

Table 1 Crude extract yield of *Strobilanthes cusia* leaves extracted with different solvents from various locations

Location	Yield (%) EtOH	Yield (%) DCM
NT	1.84±0.04^{b}	2.10±0.03^{a}
NKH	1.00±0.02c	2.12±0.04^{a}
ML	2.58±0.03^{a}	2.60±0.04^{a}
NJ	2.00±0.05^{b}	2.12±0.03^{a}
NK	1.26±0.03^{c}	2.20±0.02^{a}

Data are presented as mean±SD (n=3). Data were analyzed using two-way ANOVA to evaluate the effects of extraction solvent and sampling location on extraction yield, followed by Tukey's multiple comparison test (p<0.05). Different superscript letters indicate significant differences among means.

ผลผลิตของสารสกัดที่มีทริปแทนทรินจากใบ *Strobilanthes cusia* ได้รับอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญจากทั้งชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและพื้นที่เก็บตัวอย่าง (p<0.05) โดยภาพรวม การใช้ไดคลอโรมีเทน (DCM) เป็นตัวทำละลายให้ผลผลิตของสารสกัดที่มีทริปแทนทรินสูงกว่าเอทานอล (EtOH) ในทุกพื้นที่ศึกษา แสดงถึงความเหมาะสมของตัวทำละลายที่มีความมีขั้วน้อยต่อการสกัดสารทริปแทนทรินซึ่งมีลักษณะกึ่งไม่ขั้ว จาก Table 1 เมื่อพิจารณาจำแนกตามพื้นที่ พบว่าตัวอย่างจากพื้นที่ ML ให้ผลผลิตของสารสกัดที่มีทริปแทนทรินสูงสุดเมื่อสกัดด้วยเอทานอล (2.58±0.03%) ในขณะที่ตัวอย่างจากพื้นที่ NKH และ NK ให้ผลผลิตต่ำสุด (1.00±0.02% และ 1.26±0.03% ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้ไดคลอโรมีเทนเป็นตัวทำละลาย ไม่พบความแตกต่างของผลผลิตระหว่างพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งบ่งชี้ว่าตัวทำละลายชนิดนี้สามารถสกัดทริปแทนทรินจากใบ *S. cusia* ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความสม่ำเสมอในตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน

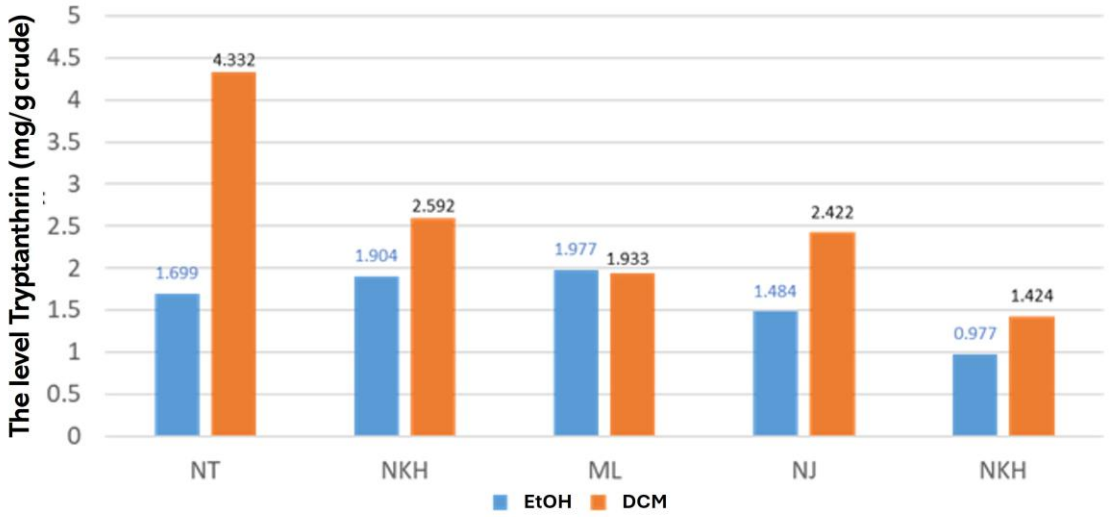


Figure 2 Tryptanthrin content in *Strobilanthes cusia* leaf extracts obtained using ethanol and dichloromethane from different sampling sites.

NT = Ban Natong; NKH = Ban Nakhuha; ML = Ban Maelua; NJ = Ban Namjom; NK = Ban Nakham; EtOH = ethanol; DCM = dichloromethane

จากการเปรียบเทียบปริมาณทริปแทนทรินที่สกัดได้จากใบห้อมซึ่งเก็บจาก 5 พื้นที่ (Figure 2) ศึกษาโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลและไดคลอโรมีเทน พบว่าโดยรวมการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนให้ปริมาณทริปแทนทรินสูงกว่าเอทานอลในพื้นที่ส่วนใหญ่ ยกเว้นพื้นที่ ML ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าที่พบว่าไดคลอโรมีเทนมีประสิทธิภาพสูงในการสกัดทริปแทนทรินจากพืชในกลุ่มให้สีคราม เช่น *Radix Isatidis* และ *Isatis tinctoria* เมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลายหรือเทคนิคอื่น (Mohn *et al.*, 2007; Zhou *et al.*, 2011) ทั้งนี้ อาจอธิบายได้จากคุณสมบัติของไดคลอโรมีเทนซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วน้อยถึงปานกลาง สอดคล้องกับลักษณะทางเคมีของทริปแทนทรินซึ่งเป็นสารในกลุ่ม indole quinazoline alkaloid ที่มีลักษณะค่อนข้างไม่ชอบน้ำ ส่งผลให้เกิดการถ่ายโอนมวลจากเนื้อเยื่อพืชสู่ตัวทำละลายได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าเอทานอลซึ่งมีความเป็นขั้วสูงกว่า (Xu *et al.*, 2021; Mohn *et al.*, 2007) นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC ยังพบว่าสารสกัดที่ได้จากไดคลอโรมีเทนให้ลักษณะพีคที่แคบและมีความสมมาตรโดยไม่เกิด tailing ซึ่งสะท้อนถึงการรบกวนจากสารร่วมสกัดที่น้อยลงและความเหมาะสมของตัวทำละลายดังกล่าวต่อการสกัดสารเป้าหมาย

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยพร้อมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณทริปแทนทรินในแต่ละพื้นที่ พบว่าตัวอย่างจากพื้นที่ NT ที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทนให้ปริมาณทริปแทนทรินสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลและสูงกว่าตัวอย่างจากพื้นที่อื่นอย่างเด่นชัด ขณะที่ตัวอย่างจากพื้นที่อื่นให้ปริมาณสารจากตัวทำละลายทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน ผลดังกล่าวบ่งชี้ว่าประสิทธิภาพการสกัดไม่ได้ขึ้นกับชนิดของตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว แต่มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะของวัตถุดิบจากแต่ละแหล่งผลิต ความแตกต่างของปริมาณสารทุติยภูมิในพืชสมุนไพรสามารถอธิบายได้จากปัจจัยทางพันธุกรรมร่วมกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูก เช่น ความสูงจากระดับน้ำทะเล ปริมาณน้ำฝน ความชื้น และชนิดของดิน ซึ่งล้วนมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์สารในพืช (Gobbo-

Neto and Lopes, 2007; Yang *et al.,* 2018) โดยเฉพาะสารในกลุ่มอัลคาลอยด์และอนุพันธ์อินโดลควินาโซลีน ซึ่งมีรายงานว่ามีความแปรผันตามแหล่งที่ปลูกและสภาวะความเครียดของพืช (Hu *et al.,* 2021) ในกรณีของพื้นที่ NT ปริมาณทริปแทนทรินที่สูงเมื่อสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนอาจสะท้อนถึงองค์ประกอบทางเคมีของใบห้อมจากพื้นที่ดังกล่าวที่มีสัดส่วนของสารที่มีความเป็นขั้วต่ำสูงกว่าแหล่งอื่น ส่งผลให้ตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วต่ำสามารถสกัดสารเป้าหมายได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเทียบกับเอทานอล

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าไดคลอโรมีเทนมีความเหมาะสมในฐานะตัวทำละลายเชิงทดลองสำหรับการสกัดและการเปรียบเทียบปริมาณทริปแทนทรินจากใบห้อม (*Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze) ที่มาจากต่างพื้นที่ ขณะเดียวกันยังสะท้อนถึงความสำคัญของแหล่งที่มาของวัตถุดิบต่อปริมาณสารเป้าหมายในกระบวนการสกัด อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มุ่งเน้นเฉพาะกระบวนการสกัดและการตรวจวัดปริมาณทริปแทนทรินยังไม่ได้ประเมินฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัด ดังนั้น การอภิปรายผลจึงควรจำกัดอยู่ในกรอบของประสิทธิภาพการสกัดและความแตกต่างของวัตถุดิบจากแหล่งผลิตมากกว่าการเชื่อมโยงไปถึงคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาของสาร

ความแตกต่างของประสิทธิภาพการสกัดทริปแทนทรินระหว่างเอทานอลและไดคลอโรมีเทนสามารถอธิบายได้จากลักษณะโครงสร้างทางเคมีของทริปแทนทรินและสมบัติด้านความมีขั้วของตัวทำละลาย โดยทริปแทนทรินเป็นสารในกลุ่มอินโดโลควิโนโซลิน (indoloquinazoline alkaloid) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นวงอะโรมาติกควบหลายวงและมีหมู่ฟังก์ชันหลักเป็นคาร์บอนิล (-C=O) เพียงสองตำแหน่ง ส่งผลให้โมเลกุลโดยรวมมีลักษณะกึ่งไม่ขั้วและมีความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับตัวทำละลายจำกัด ด้วยเหตุนี้ ตัวทำละลายที่มีความมีขั้วน้อยถึงปานกลาง เช่น ไดคลอโรมีเทน จึงสามารถละลายและดึงทริปแทนทรินออกจากเมทริกซ์ของใบพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าตัวทำละลายที่มีความมีขั้วสูงอย่างเอทานอล ซึ่งมีแนวโน้มละลายสารโพลาร์ร่วมสกัด เช่น ฟีนอลิกและน้ำตาล ส่งผลให้ความสามารถในการละลายทริปแทนทรินลดลง

นอกจากนี้ ความสม่ำเสมอของผลผลิตเมื่อใช้ไดคลอโรมีเทนในตัวอย่างจากพื้นที่ต่าง ๆ สะท้อนว่ากลไกการละลายของทริปแทนทรินขึ้นกับสมบัติทางฟิสิกส์เคมีของตัวทำละลายมากกว่าความแปรผันขององค์ประกอบชีวเคมีในวัตถุดิบ ขณะที่การใช้เอทานอลซึ่งมีความมีขั้วสูงกว่าอาจก่อให้เกิดผลกระทบจากเมทริกซ์ของพืช (matrix effect) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการสกัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่

ในด้านความปลอดภัย ไดคลอโรมีเทนจัดเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่อาจก่อให้เกิดสารตกค้างในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายและมีความเสี่ยงต่อสุขภาพหากใช้ในปริมาณสูง โดย International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use (ICH) ได้จัดไดคลอโรมีเทนไว้ในกลุ่ม Class 2 residual solvents ซึ่งต้องควบคุมปริมาณให้อยู่ภายใต้ขีดจำกัดที่ยอมรับได้ตามค่า permitted daily exposure (PDE) และ concentration limit (ICH, 2021) ดังนั้น การเลือกใช้ไดคลอโรมีเทนในงานวิจัยนี้จึงเหมาะสมในฐานะตัวทำละลายเชิงทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดและการแยกสารเป้าหมาย ในขณะที่การนำไปประยุกต์ใช้เชิงผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องมีขั้นตอนการกำจัดตัวทำละลายและการตรวจสอบปริมาณสารตกค้างอย่างเข้มงวดตามแนวทางด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์สมุนไพร (ICH, 2021; WHO, 2018)

ในเชิงอุตสาหกรรม ผลการศึกษานี้มีนัยสำคัญต่อการออกแบบกระบวนการสกัดทริปแทนทรินจากใบ *S. cusia* เพื่อการผลิตเชิงพาณิชย์ เนื่องจากการเลือกตัวทำละลายที่มีสมบัติความมีขั้วเหมาะสมกับโครงสร้างของสารเป้าหมายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด ลดปริมาณ

วัตถุดิบที่ต้องใช้ และลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสารออกฤทธิ์ได้ การที่ไดคลอโรมีเทนให้ผลผลิตของสารสกัดที่มีทริปแทนทรินสูงและมีความสม่ำเสมอในตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาเป็นกระบวนการมาตรฐานสำหรับการผลิตสารทริปแทนทรินในระดับกึ่งอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม การพัฒนากระบวนการดังกล่าวควรควบคู่กับการออกแบบระบบปิด การนำตัวทำละลายกลับมาใช้ซ้ำ และการจัดการของเสียอย่างเหมาะสม เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดเคมีสีเขียวและความยั่งยืนของกระบวนการผลิต

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าทั้งชนิดของตัวทำละลายและพื้นที่เก็บตัวอย่างมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการสกัดสารทริปแทนทรินจากใบห้อม (*Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze) โดยภาพรวม ไดคลอโรมีเทนให้ปริมาณสารทริปแทนทรินสูงกว่าเอทานอลในทุกพื้นที่ศึกษา สอดคล้องกับความเหมาะสมของตัวทำละลายที่มีความมีขั้วต่ำต่อการสกัดสารเป้าหมายชนิดนี้

เมื่อพิจารณาจำแนกตามพื้นที่ พบว่าตัวอย่างจากพื้นที่บ้านนาตอง (NT) ให้ปริมาณสารทริปแทนทรินสูงที่สุด (4.332 มก./กรัม) แสดงถึงศักยภาพของแหล่งวัตถุดิบดังกล่าวในการใช้เป็นแหล่งผลิตสารออกฤทธิ์

ผลการศึกษานี้จึงสนับสนุนว่าการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมกับโครงสร้างของทริปแทนทรินควบคู่กับการคัดเลือกแหล่งวัตถุดิบที่มีคุณภาพ เป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนากระบวนการสกัดทริปแทนทรินทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตาม การพิจารณาทางเลือกของตัวทำละลายที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมควรเป็นประเด็นในการศึกษาต่อไป เพื่อพัฒนากระบวนการสกัดทริปแทนทรินที่มีประสิทธิภาพควบคู่กับความยั่งยืนของกระบวนการผลิต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การสกัดสารพร้อมใช้ทริปแทนทริน (Tryptanthrin) จากใบห้อมสายพันธุ์ *Strobilanthes cusia* (Nees.) Kuntze ในพื้นที่จังหวัดแพร่ โดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย” ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (อพ.สธ.–มจ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chanchay, N. 2021a. **Mor Hom Phrae: Wisdom and Innovation for Sustainable Development.** Phrae: Smart Coating and Service Company Limited. 350 p. [in Thai]

Chanchay, N. 2021b. **Commercial Natural Dye Pot Hom Phrae.** Phrae: Smart Coating and Service Coating Limied. 202 p. [in Thai]

Eiadthong, W. 2011. Species diversity and their distributions of incense woods in Thailand. **Journal of Tropical Plants Research** 4: 45–62. [in Thai]

Gobbo Neto, L., and N.P. Lopes. 2007. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova** 30(2): 374–381.

Honda, G. and M. Tabata. 1979. Isolation of antifungual principle tryptanthrin, from *Strobilanthes cusia* O. Kuntze. **Planta Med** 36: 85–90.

Hou, H.C. and S.Z. Liang. 2006. Determination of indirubin and indigo in *Baphicacanthus curia* by HPLC. **Zhong Yao Cai** 29(7): 681–682.

Hu, Y., D. Ma, S. Ning, Q. Ye, X. Zhao Q. Ding, P. Liang, G. Cai, X. Ma, X. Qin and D. Wei. 2021. High-quality genome of the medicinal plant *Strobilanthes cusia* provides insights into the biosynthesis of indole alkaloids. **Frontiers in Plant Science** 12: 742420.

International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use. 2021. **ICH guideline Q3C (R8): impurities: guideline for residual solvents**. Retrieved from https://www.ich.org

Liau, B.C., TT. Jong, MR. Lee and SS. Chen. 2007. LC-APCI-MS method for detection and analysis of tryptanthrin, indigo and indirubin in daqingye and banlangen**. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis** 4(43): 346–351.

Li, L., H.Q. Liang, S.X. Liao, C.Z. Qiao, G.J. Yang and T.Y. Dong. 1993. Chemical studied of *Strobilanthes cusia.* **Acta Pharm** 28(3): 238–240.

Mohn, T., O. Potterat and M. Hamburger. 2007. Quantification of active principles and pigments in leaf extracts of *Isatis tinctoria* by HPLC/UV/MS. **Planta Medica** 73(2): 151–156.

Soiklom, S. 2020. **Extraction of substances. Important from herbs: extraction with solvent.** Retrieved from https://www3.rdi.ku.ac.th/cl/knowledge/2564solvent_extraction.pdf [in Thai]

Susawaengsup, C., K. Choengpanya, J. Sornsakdanuphap, L. Tabtimmai, M. Chaiharn and P. Bhuyar. 2023. Phytochemical and pharmacological properties of a traditional herb, *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze. **Molecular Biotechnology** 66: 2860–2871. https://doi.org/10.1007/s12033-023-00897-7

Tsai, Y.C., C.L. Lee, H.R. Yen, Y.S. Chang, Y.P. Lin, S.H. Huang and C.W. Lin. 2020. Antiviral action of tryptanthrin isolated from *Strobilanthes cusia* leaf against human coronavirus NL6 3**. Biomolecules** 10(366): 1–18.

Wanichphongphan, P., P. Chutichaicharat, W. WirotBunamnuay, S. Chomya and W. Asawakitwiri. 2017. Study of extraction methods and quantity of essential substances in Khao Phae grass herb. **KMUTT Research and Development Journal** 40(4): 533–541. [in Thai]

WHO. 2018. **Guidelines on good herbal processing practices for herbal medicines (WHO Technical Report Series No. 1010).** Retrieved from https://www.who.int

Xu, Z., Y. Cai, Q. Ma, Z. Zhao, D. Yang and X. Xu. 2021. Optimization of extraction of bioactive compounds from *Baphicacanthus cusia* Leaves by hydrophobic deep eutectic solvents. **Molecules (Basel, Switzerland)** 26(6): 1729.

Yang, L., K.S. Wen, X. Ruan, Y.X. Zhao, F. Wei and Q. Wang. 2018. Response of plant secondary metabolites to environmental factors. **Molecules (Basel, Switzerland)** 23(4) :762.

Zhou, W., M.F. Xie, X.Y. Zhang, T.T. Liu, Y.J. Yu and G.L. Duan. 2011. Improved liquid chromatography fingerprint of fat-soluble *Radix isatidis* extract using multi-wavelength combination technique. **Journal of Separation Science** 34(10): 1123–1132.

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 105-120

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โรงเรียนในเมืองสู่การเป็นเมืองสีเขียว กรณีศึกษาเทศบาลเมืองแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

Carbon Sequestration Assessment in School Areas towards Green City: A Case Study Maejo Municipality, Chiang Mai

ลักษณา สัมมานิธิ[1,*] สุธีระ เหิมฮึก[2] และพรทิพย์ จันทราช[3]

Luxana Summaniti[1,*], Sutheera Hermhuk[2] and Porntip Chanrat[3]

[1]สาขาวิชาการวางผังเมืองและสภาพแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีภูมิทัศน์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Program in Urban and Environmental Planning, Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[3]Program in Landscape Technology, Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: Luxsana@mju.ac.th

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0006-6557-4170

Received: *March, 17, 2026*

Revised: August *07, 2026*

Accepted: *August 07, 2026*

Abstract

This study assessed the carbon sequestration capacity and developed a comprehensive tree database for eight school sites in Maejo Municipality, Chiang Mai province, Thailand, with a total area of 97.55 rai (15.60 ha). The research employed field inventory methods. The diameter at breast height (DBH) and height of the trees were recorded from January to April 2025. Then biomass (both aboveground and belowground) and carbon storage were evaluated based on allometric equations and carbon fraction. A geographic Information System (GIS) database was developed, and stakeholder interviews were conducted to evaluate carbon storage potential and identify management challenges. The inventory documented 1,802 trees comprising 1,383 common trees, 408 palms, and 11 bamboo clumps. Total carbon storage across all eight school sites was 427.70 tonnes of carbon (equivalent to 1,568.22 tonnes of CO_2eq), yielding a carbon density of 4.38 tonnes C/rai (27.38 tonnes C/ha). This value aligns well with the international benchmark for urban educational institutions of primary and secondary schools. The study identified key management challenges, including structural risks to buildings, allergen concerns, pest management, and debris handling. The findings emphasize the need

for integrated urban planning that coordinates educational institutions, municipal authorities, and community networks initiatives to optimize carbon sequestration.

Keywords: carbon sequestration, climate mitigation, GIS, school green space, urban trees

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนและพัฒนาฐานข้อมูลต้นไม้ของพื้นที่โรงเรียน 8 แห่ง ในเทศบาลเมืองแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่รวม 97.55 ไร่ (15.60 เฮกตาร์) ใช้วิธีสำรวจภาคสนาม เก็บข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงต้นไม้ในเดือนมกราคม-เมษายน พ.ศ. 2568) คำนวณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยใช้สมการแอลโลเมตรี คำนวณการกักเก็บคาร์บอนรวมของต้นไม้เหนือดินและใต้ดินโดยใช้สัดส่วนของคาร์บอนในมวลชีวภาพ พัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ สัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนและระบุความท้าทายการจัดการต้นไม้ในโรงเรียน ผลการศึกษาพบต้นไม้ 1,802 ต้น พรรณไม้ทั่วไป 1,383 ต้น ปาล์ม 408 ต้น และไผ่ 11 กอ ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บไว้ทั้งหมดในพื้นที่โรงเรียนอยู่ที่ 427.70 ตัน (เทียบเท่ากับคาร์บอนไดออกไซด์ 1,568.22 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของการกักเก็บคาร์บอน 4.38 ตันคาร์บอนต่อไร่ (27.38 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) สอดคล้องกับค่าความหนาแน่นสากลสำหรับสถาบันการศึกษาในเมืองของโรงเรียนประถมและมัธยมศึกษา มีแนวทางการจัดการที่สำคัญ ได้แก่ ความเสี่ยงต่อโครงสร้างของอาคาร สารก่อภูมิแพ้จากพืชและแมลง การจัดการศัตรูพืช และการจัดการกิ่งและใบไม้แห้ง และความจำเป็นในการวางแผนเมืองแบบบูรณาการที่ประสานงานระหว่างสถาบันการศึกษา หน่วยงานเทศบาล เครือข่ายชุมชน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนของสถานศึกษา

คำสำคัญ: การประเมินการกักเก็บคาร์บอน การบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พื้นที่สีเขียวในโรงเรียน ต้นไม้ในเมือง

บทนำ

สถานการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทุกประเทศทั่วโลกที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2567 (GHG Emission of All World Countries 2025 Report) พบว่าทั่วโลกปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด 53,200 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.3 จากปี พ.ศ. 2566 โดยร้อยละ 75.4 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและอุตสาหกรรมพลังงาน สำหรับประเทศไทยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเป็นอันดับที่ 21 ของโลก มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 422 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.90 จากปี พ.ศ. 2566 โดยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่ร้อยละ 67.20 เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากภาคอุตสาหกรรมพลังงานเป็นหลัก (European Union, 2025) ความสำคัญของต้นไม้ในเมือง ต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม ด้วยแนวคิดเมืองสีเขียวของการวางแผนการใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ มุ่งเน้นการลดขนาดรอยเท้านิเวศ ลดผลกระทบจากมลพิษต่าง ๆ ในเมืองให้อยู่ในระดับต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และการบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาทิ แนวคิดการพัฒนาเมืองสีเขียวประกอบด้วยสามส่วนสำคัญ คือ การศึกษาและประเมินผลกระทบ

สีเขียว ยุทธศาสตร์การวางแผนและพัฒนา การออกแบบ การจัดหาแหล่งทุน และดำเนินการ (The Global Green Growth Institute, 2019)

เทศบาลเมืองแม่โจ้ เป็นชุมชนเมืองขนาดกลาง มีพื้นที่ 19.64 ตร.กม. บริบทเมืองการศึกษา ของการศึกษาขั้นพื้นฐาน และการศึกษาระดับอุดมศึกษา พื้นที่สถานศึกษามีศักยภาพส่งเสริมเมืองสีเขียวภายใต้ยุทธศาสตร์พัฒนาเมืองด้านการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ด้วยยุทธศาสตร์การบริหารจัดการบ้านเมืองที่ดี ยุทธศาสตร์การพัฒนา การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อขับเคลื่อนเมืองสีเขียวสู่วาระโลกเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ของ SDGs 11 เมืองและถิ่นฐานมนุษย์ที่ยั่งยืน และ SDGs 13 การรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปฏิบัติการอย่างเร่งด่วนเพื่อต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบที่เกิดขึ้น (Maejo Municipality, 2023) ด้วยแนวคิดประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้มาจากหลักพื้นฐานการสร้างอาหารโดยการสังเคราะห์แสงและนำมาสะสมไว้ในรูปแบบมวลชีวภาพ (biomass) ในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ เพื่อใช้ประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ของกลุ่มพรรณไม้ยืนต้นทั่วไป กลุ่มไม้ป่าชายเลน กลุ่มปาล์ม กลุ่มไผ่ และกลุ่มเถาวัลย์ โดยหลักการของ Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) (2023) ศักยภาพของต้นไม้ต่อการลดอุณหภูมิพื้นผิว โดยบริเวณที่มีร่มเงาจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณที่ไม่มีร่มเงาในช่วงเวลาร้อนจัด 11–25°ซ เช่น พื้นผิว ผนังอาคาร และหลังคา เช่นเดียวกับการคายน้ำของต้นไม้ช่วยลดอุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูร้อนได้ประมาณ 1–5°ซ (U.S. Environmental Protection Agency, 2020) พื้นที่สีเขียวในสถานศึกษาและโรงเรียนในเมืองจัดอยู่ในหมวดหมู่นิเวศวิทยาป่าในเมือง (urban forest) ที่ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้เกี่ยวข้องกับปัจจัยขนาดพื้นที่ ชนิดพันธุ์ไม้ โครงสร้างเรือนยอด ผลการศึกษาความหนาแน่นของการกักเก็บคาร์บอนของในป่าเมือง (ค่าเฉลี่ยทั้งประเทศของสหรัฐอเมริกา) พบว่ามีค่าเฉลี่ยมาตรฐาน 25.1 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (4.016 ตันคาร์บอนต่อไร่) นำไปใช้เพื่อช่วยประเมินศักยภาพของป่าในเมืองได้ต่อไป (Nowak and Crane, 2002) สำหรับบริบทสถาบันการศึกษาขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ที่มีการจัดการพื้นที่สีเขียวอย่างเป็นระบบ ค่าความหนาแน่นของการกักเก็บคาร์บอนอยู่ระหว่าง 10.0–35.0 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (1.6–5.6 ตันคาร์บอนต่อไร่) (Lafia *et al*., 2025)

Mazon (2025) ศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่เมืองต่อระบบนิเวศบริการสู่เมืองที่เป็นกลางทางสภาพภูมิอากาศ ณ เมืองวิลาเดกันส์ (Viladecans) กรุงบาร์เซโลนา ประเทศสเปน ใช้การสำรวจมุ่งเน้นภาคประชาชนอย่างมีส่วนร่วมในการเก็บและประมวลผลข้อมูล การสำรวจวัดเส้นรอบวง ความสูง และรัศมีทรงพุ่มของต้นไม้ คำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ จำนวนต้นไม้ที่สำรวจได้ 1,274 ต้น พบว่าต้นไม้ขนาดใหญ่มีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ โดยต้นไม้ในชุมชนเมืองกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 10 ถึง 20 กิโลกรัม ในช่วงปี ค.ศ. 2024–2025 Nualsri *et al.* (2024) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นของสวนสาธารณะในเขตเทศบาลเมืองตาก จังหวัดตาก 3 สวนสาธารณะ พื้นที่รวม 33.125 ไร่ โดยสมการแอลโลเมตรี พบต้นไม้ที่สำรวจได้ 423 ต้น 52 ชนิด 24 วงศ์ พรรณไม้ที่พบมากที่สุด ได้แก่ ลั่นทมขาว ราชพฤกษ์ และประดู่ป่า สวนสาธารณะทั้งหมดมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนประมาณ 129 ตัน ความหนาแน่นของคาร์บอนเฉลี่ย 3.9 ตันคาร์บอนต่อไร่ แนวทางการเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่สวนสาธารณะต่อการปลูกต้นไม้ มีข้อพิจารณาที่เกี่ยวกับหน้าที่ใช้สอยของกิจกรรมและองค์ประกอบสิ่งก่อสร้างสวนสาธารณะ เช่นเดียวกันการศึกษาที่เพื่อสำรวจและประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่สถาบันอุดมศึกษากรุงเทพมหานคร 17 แห่ง โดย Anantsuksomsri *et al*.

(2024) ศึกษาโอกาสของพื้นที่สีเขียวต่อศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่สถาบันการศึกษา ใช้การสำรวจระยะไกลของภาพถ่ายดาวเทียม และอากาศยานไร้คน ตรวจสอบความถูกต้องร่วมกับการสำรวจต้นไม้ภาคสนาม 2 กลุ่มตัวอย่างพื้นที่สถาบันการศึกษา พบว่าพื้นที่สถาบันการศึกษาทั้งหมดมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม 22,546.97 ตัน อัตราการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ 1,402.78 ตันต่อปี มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องของที่ตั้ง ขนาดพื้นที่ ความเก่าแก่ของมหาวิทยาลัย และการจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวและความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมระดับโลก (UI Green Metric World University Rankings) ผลการทบทวนวรรณกรรมต่อโอกาสของโรงเรียนในเมืองจึงเป็นอีกทางเลือกของการศึกษา เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในโรงเรียน ร่วมกับการบริหารจัดการต้นไม้ เพื่อเป็นพื้นที่ส่งเสริมการเรียนรู้ บรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และเพื่อเป็นแนวทางการปลูกและดูแลรักษาต้นไม้ในโรงเรียนในเมืองต่อไป โดยการศึกษานี้เชื่อมโยงกับแนวคิดการพัฒนาฐานข้อมูลระบบภูมิสารสนเทศของต้นไม้และผลประเมินการกักเก็บคาร์บอนของข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และข้อมูลคุณลักษณะ (attribute data) ถูกรวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ สืบค้น แสดงผล และปรับปรุงข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ ช่วยประกอบการตัดสินใจ อธิบายรายละเอียดของสถานการณ์ (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), 2013) ใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการเมืองเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว การดูแลรักษาต้นไม้ การติดตามตรวจสอบ ปรับปรุงการประเมินผลตามรอบระยะเวลา ต่อการป้องกัน ลดผลกระทบ รับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และขยายผลสู่พื้นที่อื่น ๆ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอน การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ในพื้นที่โรงเรียน การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศต้นไม้เพื่อเป็นแนวทางปรับปรุงและส่งเสริมประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในโรงเรียน กรอบแนวคิดการศึกษาจำแนกเป็นสองระดับสี่ส่วน คือ ระดับพื้นที่เมืองของบริบทพื้นที่โรงเรียนในชุมชนเมืองที่ส่งเสริมเมืองสีเขียว ระดับพื้นที่โรงเรียนของการสำรวจและจัดทำฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศต้นไม้ สถานการณ์ของต้นไม้ในโรงเรียน เมือง และโรงเรียนต่อการบริหารจัดการต้นไม้ (Figure 1)

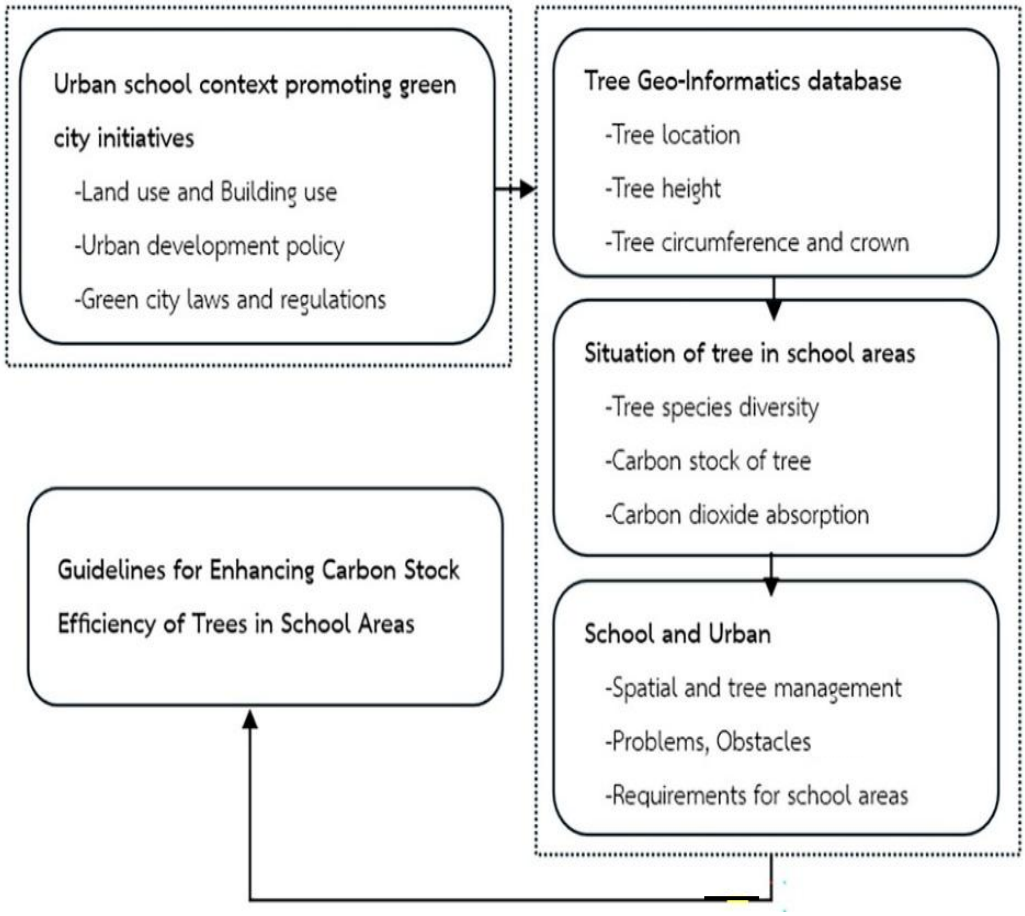


Figure 1 Conceptual framework

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ใช้วิธีการแบบผสมผสาน (mixed method) เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ หน่วยวิเคราะห์ คือ พื้นที่โรงเรียนในเทศบาลเมืองแม่โจ้ ด้วยแนวคิดเมืองสีเขียว แนวคิดประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ แนวคิดฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ ของพื้นที่ชุมชนเมือง 19.46 ตร.กม. และโรงเรียน 8 พื้นที่ (97.55 ไร่) ได้แก่ ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลเมืองแม่โจ้ ศูนย์แม่เตาไห และศูนย์ทุ่งป่าเก็ด โรงเรียนบ้านป่าบง โรงเรียนบ้านห้วยเกี๋ยง โรงเรียนบ้านแม่โจ้ โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย โรงเรียนสันทรายวิทยาคม และโรงเรียนศรีสังวาลย์เชียงใหม่

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ โรงเรียนในพื้นที่เทศบาลเมืองแม่โจ้ ใช้การสุ่มตัวอย่างเฉพาะเจาะจง (purposive selection) ตรงตามประเด็นวิจัย (intensity sampling) จำแนกเป็น 1) กลุ่มตัวอย่างพื้นที่โรงเรียนทั้งหมดในการสำรวจไม้ยืนต้น ตำแหน่ง ความสูง เส้นรอบวงลำต้น และรัศมีทรงพุ่ม โดยเกณฑ์องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (มหาชน) (Thailand Voluntary Emission Reduction Program [T-VER], 2023; 2025) เพื่อนำมาประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ และพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศต้นไม้ 2) สัมภาษณ์เชิงลึกผู้เกี่ยวข้องต่อนโยบายต้นไม้ของเมืองและโรงเรียน เพื่อทำความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ ใช้เครื่องมือและวิธีการเก็บข้อมูล ดังนี้

1) แผนที่พื้นฐานจากภาพถ่ายดาวเทียมกูเกิ้ลเอิร์ธ (Google Earth) นำมากำหนดตำแหน่งเชิงพื้นที่ (geo-rectification) ใช่ร่วมกับฐานข้อมูลชุมชนเมืองที่สำรวจได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตรวจสอบข้อมูล นำไปเป็นแผนที่พื้นฐาน (based map) ในการสำรวจภาคสนามร่วมกับระบบการกำหนดตำแหน่งบนพื้นที่ การถ่ายภาพและการจดบันทึกภาคสนาม เพื่อปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน รวมถึงการสำรวจข้อมูลทุติยภูมิของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับบริบทของโรงเรียนและชุมชนเมือง ของการใช้ที่ดิน อาคาร แผนงาน ข้อกำหนดและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

2) เครื่องมือภาคสนามประกอบด้วย เทปวัดระยะ เครื่องมือวัดความสูง (clinometer) และเครื่องมือสำรวจตำแหน่งเชิงพื้นที่ (Global Navigation Satellite System) สำรวจภาคสนาม 8 พื้นที่ (มกราคม-เมษายน พ.ศ. 2568) ประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพของต้นไม้ที่ปลูกหรือขึ้นตามธรรมชาติในโรงเรียน โดยวางแผนการเก็บข้อมูลด้วยวิธีสำมะโนประชากรของต้นไม้ (tree census survey) สำรวจพื้นที่ด้วยการเก็บข้อมูลตำแหน่งต้นไม้ ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ในวิสัยไม้ต้น (tree) ที่มีความสูงตั้งแต่ 1.30 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ตั้งแต่ 4.50 ซม. ขึ้นไป (diameter at breast height, DBH≥4.5 cm) และไม้หนุ่ม (sapling) ที่มีความสูงเกิน 1.30 เมตร แต่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร น้อยกว่า 4.50 ซม. (DBH<4.5 cm) และความสูงทั้งหมด (total height, H) จากนั้น นำข้อมูลมาประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (aboveground biomass) น้ำหนักแห้งของต้นไม้ทุกส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน (ลำต้น กิ่ง ดอก และใบ) มวลชีวภาพใต้ดิน (belowground biomass) น้ำหนักแห้งของส่วนต้นไม้ที่อยู่ใต้ดิน โดยใช้สมการแอลโลเมตรี (allometric equation) หาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลาง และ/หรือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ ซึ่งใช้คำนวณน้ำหนักแห้งของต้นไม้ ทำการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ในพื้นที่ ตามการจำแนกตามกลุ่มชนิด 3 กลุ่ม ที่สำรวจได้ของการศึกษาครั้งนี้เป็นไปตามระเบียบวิธีวิจัยและเกณฑ์มาตรฐานการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย (T-VER, 2023; 2025)

3) การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินกลุ่มพรรณไม้ทั่วไป ซึ่งเป็นพรรณไม้ผลัดใบทั่วไปของภาคเหนือ เลือกใช้สมการของ Ogawa *et al.* (1965)

มวลชีวภาพของลำต้น $W_S = 0.0396\ (DBH^2H)^{0.933}$

มวลชีวภาพของกิ่ง $W_B = 0.00349\ (DBH^2H)^{1.030}$

มวลชีวภาพของใบ $W_L = (28/W_S + W_B + 0.025))^{-1}$

มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน $W_T = W_S + W_B + W_L$

3.2) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินกลุ่มปาล์ม (Peason *et al.,* 2005)

มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน $W_T = 6.666 + 12.826\ (H)^{0.5}(\ln H)$

3.3) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินกลุ่มไผ่

-ไผ่บงป่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

$W_T = 0.1466\ (DBH)^{0.7187}$ (Wannalangka, 2015)

-ไผ่บงดำ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

$W_T = 0.49522\ (DBH)^{0.8726}$ (Kutintara, 1995)

-ไผ่ข้าวหลาม มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

$W_T = 0.17446\ (DBH)^{1.0437}$ (Kutintara, 1995)

-ไผ่ไร่ และไผ่ผาก มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

$W_T = 0.2425\ (DBH)^{1.0751}$ (Kutintara, 1995)

หมายเหตุ:

W_S = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กก.)

W_B = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กก.)

W_L = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กก.)

W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กก.)

DBH = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 ม. (ซม.)

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (ม.)

โดย DBH มาจาก เส้นรอบวงที่ความสูงเพียงอก (girth at breast height, GBH) / **π**

คำนวณมวลชีวภาพรวม (ส่วนเหนือพื้นดินและใต้ดิน) ของต้นไม้ ดังนี้

$$W_T = W_A + (W_A B)$$

หมายเหตุ:

W_A คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กก./ตัน)

B คือ อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพใต้พื้นดินและมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (root/shoot ratio) โดยพรรณไม้ในเขตเมือง เท่ากับ 0.28 พรรณไม้วงศ์ปาล์ม 0.41 และกลุ่มไผ่ 0.27

3.4) การประเมินการกักเก็บคาร์บอนรวมของต้นไม้ทั้งหมดโดยใช้สัดส่วนของคาร์บอนในมวลชีวภาพ ดังที่ คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กำหนด คือ 0.47 (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2006)

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (กก.) = มวลชีวภาพของต้นไม้ (กก.) x 0.47

3.5) การคำนวณปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของระบบนิเวศเป็นการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 absorption) เป็นผลรวมของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศ (ecosystem carbon stock)

$$CO_{2\ absorption} = EC_{stock} \times CO_2CF$$

หมายเหตุ:

$CO_{2\ absorption}$ คือ ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบนิเวศ (tCO_2/ไร่)

EC_{stock} คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศ (tC/ไร่)

CO_2 CF คือ ค่าสัดส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอน หรือ 3.67

4) โปรแกรมระบบภูมิสารสนเทศ ออกแบบพจนานุกรมข้อมูล (data dictionary) นำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ข้อมูลคุณลักษณะ (attribute data) ตำแหน่งต้นไม้ ข้อมูลต้นไม้ (ชื่อ ความสูง รัศมีทรงพุ่ม ผลประเมินการกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์) เพื่อวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่

5) แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริหารโรงเรียน 8 พื้นที่หน่วยงานเมือง (กองช่าง และกองการศึกษา) รวม 10 ตัวอย่าง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับบริบทโรงเรียนและต้นไม้ การดูแลรักษาต้นไม้ (ความถี่ในการดูแล วิธีการ การจัดการเศษกิ่ง ใบ) การบริหารจัดการพื้นที่และต้นไม้ ปัญหาและอุปสรรคของต้นไม้ (อันตราย ความเสียหายจากกิ่ง/ก้าน/ลำต้น หัก/ร่วง และความต้องการต่อการส่งเสริมต้นไม้ในโรงเรียน ตามแนวทางหลักจริยธรรมวิจัยในคน (MJUIRB no.ST009/68)

6) ประมวลผลวิเคราะห์สถานการณ์ต้นไม้ในโรงเรียนของความหลากหลายของต้นไม้ การกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ เชื่อมโยงฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ วิเคราะห์โดยการซ้อนทับชั้นข้อมูล (overlay analysis) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องผลวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาจากการสัมภาษณ์ เพื่อเป็นแนวทางปรับปรุงส่งเสริมประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในโรงเรียน

ผลการวิจัย

บริบทพื้นที่โรงเรียนในชุมชนเมือง เทศบาลเมืองแม่โจ้ เมืองในบริบทการศึกษา โรงเรียนเป็นการใช้ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษามีพื้นที่รวม 1.35 ตร.กม. (6.95%) ของพื้นที่เมือง อาคารในเมืองส่วนใหญ่เป็นการอยู่อาศัย ร้อยละ 70.81 รองลงมาเป็นอาคารประเภทสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ ของย่านสถานที่ราชการ สถาบันการศึกษา สถานพยาบาล และที่เกี่ยวข้อง ร้อยละ 11.42 นโยบายพัฒนาเมืองโดยแผนพัฒนาท้องถิ่น

วิสัยทัศน์ “แม่โจ้เมืองน่าอยู่ ร่วมใจพัฒนา คู่วิถีชีวิตชุมชนยั่งยืน” ยุทธศาสตร์เมืองสีเขียวด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พื้นที่ชุมชนเมืองอยู่ในเขตผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ (ปรับปรุงครั้งที่ 4) พ.ศ. 2565 กำหนดการใช้ที่ดิน ได้แก่ ที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรม สาธารณูปโภคและสาธารณูปการ สถาบันการศึกษาและศาสนสถาน คุณภาพของพื้นที่สีเขียวมีศักยภาพอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวต่อการพัฒนาเมือง เป็นพื้นที่หนึ่งในหกกลุ่มพื้นที่เป้าหมายของพื้นที่สีเขียว ในแผนลดก๊าซเรือนกระจก จังหวัดเชียงใหม่ พ.ศ. 2562–2573 โครงการเชียงใหม่เมืองคาร์บอนต่ำ (Chiang Mai low carbon city) ประเภทพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว (urban green forest) มีเป้าหมายลดก๊าซเรือนกระจก 59,500 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เช่นเดียวกันมีโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ (อพ.สธ.) เพื่อการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช ปกปักษ์รักษา โดยเทศบาลเมืองแม่โจ้ และโรงเรียนจำนวน 5 แห่ง เข้าร่วมเป็นภาคีเครือข่ายโครงการดังกล่าว

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศต้นไม้ ผลสำรวจไม้ยืนต้นในพื้นที่โรงเรียน 8 พื้นที่ พบไม้ยืนต้น 1,802 ต้น จำแนกเป็นกลุ่มพรรณไม้ทั่วไป 1,383 ต้น (76.75%) มีค่าความสูงเฉลี่ย 9.79 เมตร ค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงลำต้น 0.85 เมตร ค่าเฉลี่ยรัศมีทรงพุ่ม 3.14 เมตร กลุ่มปาล์ม จำนวน 408 ต้น (22.64%) มีค่าความสูงเฉลี่ย 6.64 เมตร ค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงลำต้น 0.41 เมตร ค่าเฉลี่ยรัศมีทรงพุ่ม 2.03 เมตร และกลุ่มไผ่ 11 กอ (0.61%) มีค่าความสูงเฉลี่ย 10.88 เมตร ค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงลำต้น 0.19 เมตร ค่าเฉลี่ยรัศมีทรงพุ่ม 3.34 เมตร ผลสำรวจต้นไม้รายต้นมาพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ ข้อมูลเชิงพื้นที่ของตำแหน่งต้นไม้ และข้อมูลคุณลักษณะ ได้แก่ ชื่อต้นไม้ ความสูง เส้นรอบวง รัศมีทรงพุ่ม ผลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (Table 1)

สถานการณ์ต้นไม้ในโรงเรียน โรงเรียนสันทรายวิทยาคมมีความหลากหลายพรรณไม้มากที่สุด 31 วงศ์ 75 ชนิด รองลงมา คือ โรงเรียนศรีสังวาลย์เชียงใหม่ 30 วงศ์ 53 ชนิด โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย 26 วงศ์ 46 ชนิด โรงเรียนบ้านห้วยเกี๋ยง 24 วงศ์ 45 ชนิด กลุ่มพรรณไม้ทั่วไปที่พบมาก ได้แก่ วงศ์ SAPOTACEAE (พิกุล สตาร์แอปเปิ้ล) LEGUMINOSAE-CEASALPINOIDEAE (ขี้เหล็ก มะขาม ราชพฤกษ์ หางนกยูงฝรั่ง หางนกยูงไทย ชงโค) LAMIACEAE (สัก) LYTHRACEAE (ตะแบก อินทนิลบก อินทนิลน้ำ เสลา) LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDADE (ประดู่ ทองกวาว) ANNONACEAE (อโศกอินเดีย) APOCYNACEAE (พญาสัตบรรณ ลีลาวดี) COMBRETACEAE (หูกวาง) CASUARIMACEAE (สนประดิพัทธ์) CUPRESSACEAE (สนมังกร) และวงศ์ MELIACEAE (มะฮอกกะนี) กลุ่มปาล์ม คือ วงศ์ ARECACEAE (หมากนวล หมากเขียว หมากเหลือง ปาล์มหางจิ้งจอก ปาล์มเต่าร้าง ปาล์มขวด ปาล์มสิบสองปันนา หมากสง) กลุ่มไผ่ที่พบ คือ วงศ์ POACEAE (ไผ่บง) พรรณไม้กระจายตัว ให้ร่มเงาตามขอบพื้นที่สนามกีฬา ลานโล่ง แนวถนน/รั้ว/อาคาร แนวถนน และขอบเขตพื้นที่โรงเรียน กิ่งก้าน ระบบราก ส่งผลต่อความเสียหายของอาคาร โครงสร้างรั้วและกำแพง กิ่งและใบแห้งร่วงหล่นในฤดูแล้ง ขุยใบ กลิ่นละอองเกษร และแมลง ส่งผลต่อสุขภาวะ (Table 1 and Figure 2)

ผลประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา 97.55 ไร่ มีมวลชีวภาพรวมเหนือพื้นดิน 713.54 ตัน มวลชีวภาพรวมใต้พื้นดิน 196.45 ตัน มวลชีวภาพรวมทั้งสิ้น 910.00 ตัน สามารถกักเก็บคาร์บอนรวมได้ 427.70 ตันคาร์บอน (tC) คิดเป็นปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์รวมสะสมทั้งหมด 1,568.22 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2eq) โดยโรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อยเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด คือ 602.67 tCO_2eq รองลงมาคือ โรงเรียนสันทรายวิทยาคม 368.87 tCO_2eq ตามลำดับ ขณะที่โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อยมีค่าเฉลี่ยการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่หนาแน่นที่สุด คิดเป็นร้อยละ 120.53 tCO_2 eq/ไร่ และหนาแน่นน้อยที่สุด

คือ ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลเมืองแม่โจ้ (ศูนย์แม่เตาไห) คิดเป็นร้อยละ 120.53 tCO_2eq/ไร่ ผลวิเคราะห์พบความผันแปรของมวลชีวภาพรวมเฉลี่ยสูง ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลเมืองแม่โจ้ (ศูนย์แม่เตาไห) มีค่ามวลชีวภาพต่ำที่สุด 3.47 ตัน โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย มีค่ามวลชีวภาพรวมสูงที่สุด 349.71 ตัน เช่นเดียวกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมที่มีค่าอยู่ระหว่าง 1.63–164.36 tC เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม มีค่าสูงถึง 56.16 tC และค่า SD ของความหนาแน่นการกักเก็บคาร์บอนต่อพื้นที่เท่ากับ 18.82 tC/ไร่ แสดงถึงความแตกต่างและกระจุกตัวข้อมูลสูง ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของสถานศึกษามีความแตกต่างกันมากจากขนาดพื้นที่ อาคารสิ่งก่อสร้าง พื้นที่กิจกรรม และรูปแบบการเรียนการสอน (ปฐมวัย ประถม มัธยมต้น มัธยมปลาย และโรงเรียนการศึกษาพิเศษสำหรับผู้พิการ) และอายุของต้นไม้ในพื้นที่ (Table 2)

Table 1 Tree Species Diversity in School Area

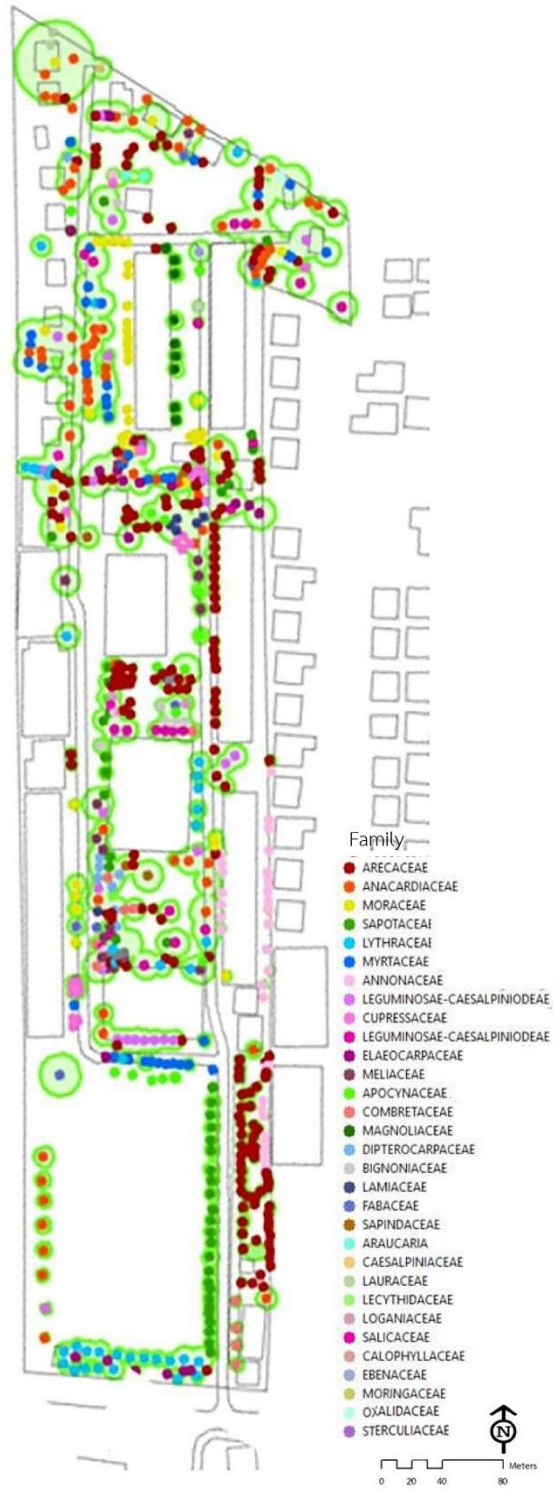
School name	Area	Species Group								
		General Tree Species			Palm Group			Bamboo Group		
		Family	Species	No.	Family	Species	No.	Family	Species	No.
	(rai)						(tree)			(tree)
Child Development Center (Mae Tao Hai)	2.23	4	4	15	-	-	-	-	-	-
Child Development Center (Thung Pa Ket)	1.60	5	5	10	1	1	6	-	-	-
Ban Pa Bong	7.00	9	11	69	1	4	9	-	-	-
Ban Huay Kiang	13.24	21	35	161	2	9	61	1	1	8
Ban Maejo	8.00	21	32	95	1	3	8	-	-	-
Wat Mae Kad Noi	5.00	25	39	205	1	7	28	-	-	-
San Sai Wittayakom	35.51	30	63	453	1	12	182	-	-	-
Srisangwan Chiang Mai	24.97	27	43	375	2	9	114	1	1	3
Total	**97.55**	**-**	**-**	**1,383**	**-**	**-**	**408**	**-**	**-**	**11**

Table 2 Summary of biomass and carbon storage assessment

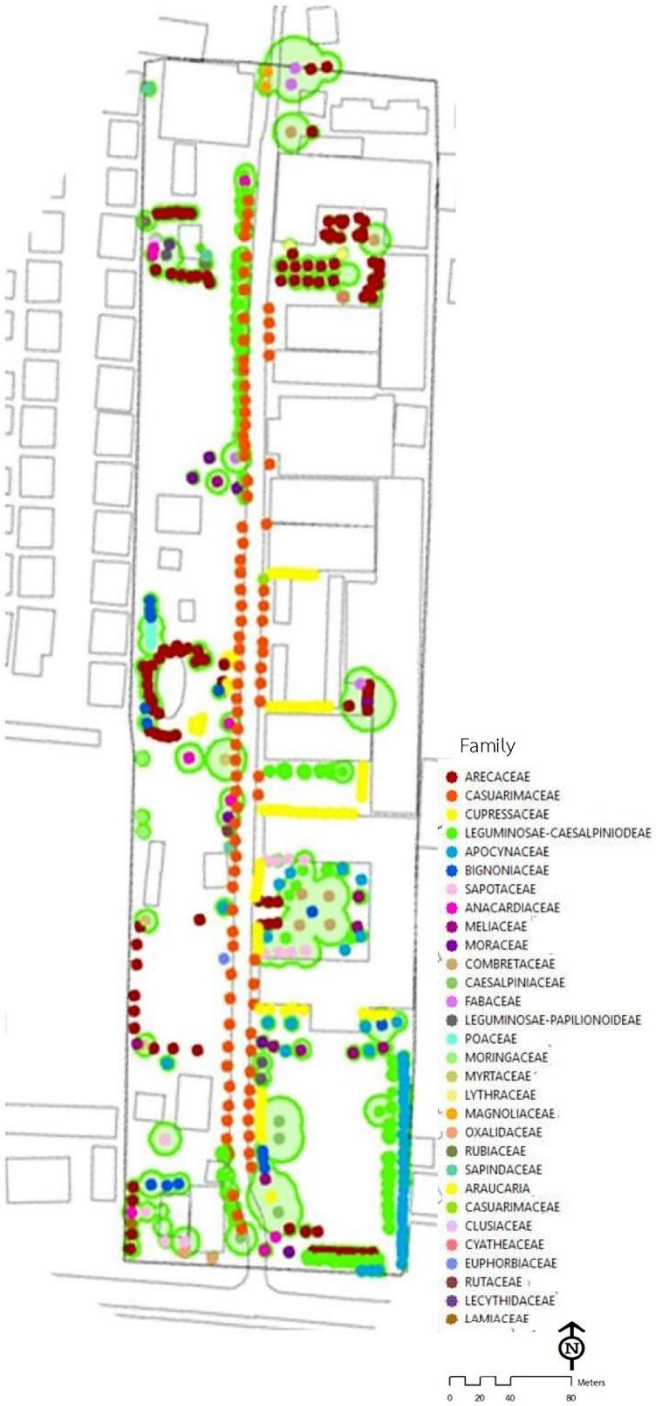
School name	AGB	BGB	Total Biomass	Carbon Storage		CO_2 Absorption		Density	
	(t)	(t)	(t)	tC	tC/rai	tCO_2eq	tCO_2eq/rai	Tree/rai	tC/rai
Child Development Center (Mae Tao Hai)	2.73	0.74	3.47	1.63	0.73	5.98	2.68	18.26	1.42
Child Development Center (Thung Pa Ket)	24.92	6.78	31.70	14.90	9.32	54.63	34.14	20.43	16.02
Ban Pa Bong	35.21	9.58	44.79	21.05	3.00	77.18	11.02	24.76	4.01
Ban Huay Kiang	129.31	35.55	164.86	77.48	5.85	284.11	21.45	25.84	11.31
Ban Maejo	39.56	10.78	50.34	23.66	2.97	86.75	10.84	23.88	4.59
Wat Mae Kad Noi	275.16	74.55	349.71	164.36	32.87	602.67	120.53	44.60	32.87
San Sai Wittayakom	167.13	46.91	214.04	100.60	2.83	368.87	10.38	27.11	4.30
Srisangwan Chiangmai	39.52	11.56	51.08	24.01	0.96	88.03	3.52	9.52	0.48
Total	**713.54**	**196.45**	**910.00**	**427.70**	**-**	**1,568.22**	**-**	**18.47**	**4.38**
Min.	**2.73**	**0.74**	**3.47**	**1.63**	**0.73**	**5.98**	**2.68**	**9.52**	**0.48**
Max.	**275.16**	**74.55**	**349.71**	**164.36**	**32.87**	**602.67**	**120.53**	**44.60**	**32.87**
SD	**93.90**	**25.60**	**119.49**	**56.16**	**10.69**	**205.92**	**39.22**	**9.95**	**18.82**



Figure 2 Diversity of families of trees in the school area (1-8)



7) Sansaiwittayakom School



8) Srisangwal Chiang Mai School

Figure 2 (Continued)

เมืองและโรงเรียนต่อการบริหารจัดการต้นไม้
การบริหารจัดการต้นไม้ที่เกี่ยวข้องกับโรงเรียน หน่วยงานเมือง (กองช่าง กองการศึกษา) วัด (เจ้าของพื้นที่โรงเรียน) และชุมชนภาคีเครือข่าย โดยการดูแลรักษาต้นไม้โรงเรียนดำเนินการเอง ขอความอนุเคราะห์จากเทศบาลฯ และร่วมมือกับวัดและชุมชนโดยรอบ ปัญหาการบริหารจัดการต้นไม้ในพื้นที่ ได้แก่ การกำจัดเศษใบ กิ่ง ก้าน ลำต้น ปัญหาสุขภาวะจากขุยละออง กลิ่น และแมลงตัวอ่อนจากต้นไม้ ปัญหาความเสียหายต่อโครงสร้างอาคารและสิ่งก่อสร้างจากต้นไม้ การจัดการต้นไม้ในโรงเรียนมีข้อจำกัดจากบุคลากร งบประมาณ เครื่องมือ เทคนิคและวิธีการ กระบวนการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ กฎหมายห้ามเผาของประกาศจังหวัดเชียงใหม่ เรื่องกำหนดเขตบริหารจัดการเชื้อเพลิงและเขตควบคุมการเผาของจังหวัดเชียงใหม่ โรงเรียนมีความต้องการส่งเสริมต้นไม้ ความช่วยเหลือตามหลักรุกขกรรม การปลูก การตัดแต่ง การดูแลรักษา โรคและแมลง การประเมินความเสี่ยง การวางแผนจัดการต้นไม้ไปจนถึงการตัด/โค่นต้นไม้ การส่งเสริมกระบวนการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ และภาคีเครือข่ายส่งเสริมสนับสนุนต่อการจัดการต้นไม้ในพื้นที่โรงเรียน

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษามีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของการกักเก็บคาร์บอน 4.38 tC/ไร่ (27.38 tC/ha) สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยมาตรฐานสากลความหนาแน่นของการกักเก็บคาร์บอนของป่าในเมืองสำหรับสถาบันการศึกษาในเมืองของโรงเรียนประถมและมัธยมศึกษาที่ 25.1 tC/ha (Nowak and Crane, 2002) อย่างไรก็ดีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาณคาร์บอนที่สูงถึง 56.16 tC และความหนาแน่นที่ 18.82 tC/ไร่ แสดงถึงการกระจุกตัวของข้อมูล ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนนอกจากขนาดพื้นที่โรงเรียนแล้ว ยังมีความสัมพันธ์กับประเภทสถานศึกษาและอายุของต้นไม้ โดยโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสันทรายวิทยาคม มีพื้นที่ขนาดใหญ่และมีต้นไม้ขนาดใหญ่ที่สะสมมวลชีวภาพมาเป็นเวลานาน เช่นเดียวกับโรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย เป็นการใช้ที่ดินเดิมจากวัดแม่แก้ดน้อย มีต้นไม้เดิมจำนวนมากที่สะสมมวลชีวภาพมาเป็นเวลานาน แตกต่างจากศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก (แม่เตาไห และทุ่งป่าเก็ด) ที่พื้นที่กิจกรรม อาคาร สิ่งก่อสร้าง และเครื่องเล่นเพื่อความปลอดภัยของเด็กปฐมวัย ทำให้มีสัดส่วนไม้ยืนต้นน้อยและมีต้นไม้ขนาดเล็ก นอกจากนั้น โรงเรียนศรีสังวาลย์เชียงใหม่ เป็นโรงเรียนประเภทการศึกษาพิเศษเฉพาะความพิการ ที่พื้นที่กิจกรรมและต้นไม้ทั้งหมดจำเป็นต้องได้รับการดูแลตัดแต่งให้เหมาะสมกับกิจกรรม สอดคล้องกับแนวคิดของ Lafia *et al*. (2025) ที่ระบุว่าพรรณไม้ในพื้นที่สถานศึกษาที่ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนที่ผันแปรตามสถาปัตยกรรมและการจัดการพื้นที่เฉพาะของแต่ละโรงเรียน เมื่อพิจารณาร่วมกับบริบทพื้นที่สีเขียวประเภทสวนสาธารณะ จากการศึกษาของ Nualsri *et al* (2024) พบว่าศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่สวนสาธารณะและโรงเรียนในเมืองใกล้เคียงกันที่ประมาณ 3.90–4.38 tC/ไร่ โดยมีข้อจำกัดด้านกายภาพของสิ่งก่อสร้างและการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยร่วม ที่ส่งผลต่อการบริหารจัดการพื้นที่สีเขียวให้สอดคล้องกับกิจกรรมการใช้งานพื้นที่ การคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้ และศักยภาพของต้นไม้ในการกักเก็บคาร์บอน

ในแนวทางเมืองสีเขียวแม้ว่าพื้นที่โรงเรียนของการศึกษานี้มีสัดส่วนเพียง 97.55 ไร่ ของโครงสร้างการใช้ที่ดินในพื้นที่เมือง แต่ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สะสมรวม 1,568.22 tCO_2eq แสดงถึงบทบาทป่าไม้ในเมืองของสถาบันการศึกษา ต่อการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนของเมืองที่มีประสิทธิภาพสูง ต่อบริบทเมืองการศึกษาและอยู่อาศัย ที่มีสัดส่วนการใช้ที่ดินถึงร้อยละ 70.81 และเป็นโอกาสต่อการขยายผลสู่พื้นที่อื่น ๆ ในเมือง การขับเคลื่อนโครงการเชียงใหม่เมืองคาร์บอนต่ำ (Chiang Mai low carbon city) ตลอดจนการบูรณาการงานปกปักษ์ทรัพยากรท้องถิ่นร่วมกับ

เครือข่าย อพ.สธ. อย่างไรก็ดี การศึกษานี้เป็นการสำรวจและประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในโรงเรียนพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ ณ ช่วงเวลาที่สำรวจ ยังมีข้อพิจารณาพลวัตต้นไม้ เครื่องมือ เทคนิควิธีการ ต่อการวิจัยต่อในอนาคต ด้วยเครื่องมือและวิธีการที่ทันสมัย การศึกษาเชื่อมโยงมิติเชิงลึกของพลวัตรป่าไม้ในเมือง ชนิดพันธุ์ไม้ เพื่อประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอน และนิเวศวิทยาป่าไม้ในเมืองอย่างยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการศึกษาการประเมินการกักเก็บคาร์บอน การดูดซับคาร์บอนได้ออกไซด์ของต้นไม้ในพื้นที่โรงเรียน 8 แห่ง มีมวลชีวภาพรวม 910.00 ตัน กักเก็บคาร์บอนรวมได้ 427.70 ตันคาร์บอน (tC) คิดเป็นปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สะสมทั้งหมด 1,568.22 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2eq) โดยโรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย มีศักยภาพสูงที่สุดในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์รวม 602.67 tCO_2eq และมีความหนาแน่นต่อพื้นที่สูงที่สุด 120.53 tCO_2eq/ไร่ ขณะที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลเมืองแม่โจ้ (ศูนย์แม่เตาไห) มีความหนาแน่นต่ำที่สุด (2.68 tCO_2eq/ไร่) ร่วมกับการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศต้นไม้ (GIS) ในพื้นที่โรงเรียน 8 แห่ง ของเทศบาลเมืองแม่โจ้ ครอบคลุมพื้นที่ 97.55 ไร่ พบไม้ยืนต้นรวมทั้งสิ้น 1,802 ต้น โดยกลุ่มพรรณไม้ทั่วไปมีสัดส่วนสูงที่สุด (76.75%) มีค่าเฉลี่ยความสูง 9.79 เมตร และเส้นรอบวงลำต้น 0.85 เมตร รองลงมาคือ กลุ่มปาล์ม (22.64%) และกลุ่มไผ่ (0.61%) ตามลำดับ โรงเรียนสันทรายวิทยาคม มีความหลากหลายของพรรณไม้สูงที่สุด จำนวน 31 วงศ์ 75 ชนิด วงศ์พรรณไม้ทั่วไปที่พบกระจายตัวมากที่สุด ได้แก่ SAPOTACEAE, LEGUMINOSAE และ LAMIACEAE ส่วนใหญ่ปลูกกระจายตัวตามแนวขอบสนามกีฬา อาคาร แนวถนน และรั้วขอบเขตพื้นที่โรงเรียน โรงเรียนประสบปัญหาการดูแลรักษาต้นไม้ การตัดแต่ง การจัดการเศษกิ่ง/ใบ การหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ และปัญหาขุยละออง กลิ่นเกสร แมลงตัวอ่อนต่อสุขภาวะ โดยเฉพาะโรงเรียนขนาดเล็กมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ บุคลากร และองค์ความรู้ ตลอดจนมีความต้องการความช่วยเหลือจากภาคีเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง

สำหรับแนวทางปรับปรุงส่งเสริมประสิทธิภาพกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในโรงเรียนมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1) การจัดการการเรียนรู้ของโรงเรียน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงโรงเรียนที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง เช่น โรงเรียนสันทรายวิทยาคม โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย โรงเรียนศรีสังวาลย์เชียงใหม่ และโรงเรียนบ้านห้วยเกี๋ยง บูรณาการจัดการเรียนแหล่งเรียนรู้ทางพฤกษศาสตร์และการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชในท้องถิ่น ขยายผลการทำงานร่วมกันระหว่างเครือข่ายโรงเรียนและหน่วยงานเมืองภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ และที่เกี่ยวข้อง

2) การมีส่วนร่วมของชุมชน หน่วยงานเมืองและภาคีเครือข่าย ต่อการส่งเสริมศูนย์การจัดการชีวมวลและปุ๋ยหมักอินทรีย์ ดินอินทรีย์ หรือผลิตภัณฑ์คาร์บอนต่ำอาทิ ถ่านไบโอชาร์ (biochar) ต่อนโยบายปลอดการเผาของเมืองเชียงใหม่ ผ่านสร้างกระบวนการเศรษฐกิจหมุนเวียน

3) การสร้างภาคีเครือข่ายสนับสนุน ผ่านข้อตกลงความร่วมมือ ระหว่างหน่วยงานเมือง สถาบันการศึกษา ชุมชน วัด และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สร้างกลไกการดูแลต้นไม้และพื้นที่สีเขียวอย่างมีส่วนร่วมต่อการส่งเสริมรักษาป่าไม้ในเมืองของสถานศึกษา การสนับสนุนด้านงบประมาณ บุคลากร เครื่องมือ การให้ความรู้ความเข้าใจต่อโรงเรียนในการจัดการดูแลรักษาต้นไม้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ร่วมกับการสร้างกลไก การให้ความรู้เกี่ยวกับการเลือกพรรณไม้ตามบริบทพื้นที่ การจัดทำคู่มือหรือแนวปฏิบัติพันธุ์ไม้สำหรับสถานศึกษา ต่อสุขภาวะ และข้อจำกัดทางกายภาพของโรงเรียน และความเหมาะสมต่อบทบาทของโรงเรียนการศึกษาก่อนวัยเรียน ประถมศึกษา มัธยมศึกษา และโรงเรียนการศึกษาพิเศษเฉพาะความพิการ

4) การบูรณาการเชิงนโยบายของแผนพัฒนาท้องถิ่น และกลไกเมืองคาร์บอนต่ำ จากผลการศึกษาการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่โรงเรียนรวม 1,568.22 tCO_2eq เป็นข้อมูลปีฐาน (baseline data) ในการจัดทำแผนพัฒนาท้องถิ่น รองรับยุทธศาสตร์เมืองสีเขียว ขับเคลื่อนเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจาก สถาบันการศึกษาขยายผลสู่พื้นที่อื่น ๆ เพื่อรักษาแหล่งกักเก็บคาร์บอนในเมือง สนับสนุนดัชนีชี้วัดโครงการเชียงใหม่เมืองคาร์บอนต่ำ ในภาคป่าไม้และพื้นที่สีเขียวเมือง ให้บรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก การพัฒนาข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อติดตามประเมินผล พัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลร่วมกันระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สถาบันการศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อติดตามการเจริญเติบโตและประเมินพลวัตการกักเก็บคาร์บอนในระยะยาวได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Anantsuksomsri, S., K. Positlimpakul, P. Chatakul, D. Janpathompong, G. Chen and N. Tontisirin. 2024. Carbon sequestration analysis of the university campuses in the Bangkok Metropolitan Region. **Journal of Infrastructure, Policy and Development**. 8(6): 1–22.

European Union. 2025. **GHG emissions of all world countries - 2025 Report**. Retrieved from https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/09f00a92-8df7-11f0-bfe2-01aa75ed71a1/language-en

Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization). 2013. **Textbook of Space Technology and Geo-Informatics.** Bangkok: Amarin Printing and Publishing Public Company Limited. 331 p. [in Thai]

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. 2006. Generic methodologies applicable to multiple land-use categories. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories** 4(2): 2.11-2.14.

Kutintara, U., D. Marod, M. Takahashi and T. Nakashizuka. 1995. Growth and Dynamics of Bamboos in a Tropical Seasonal Forest. pp. 125–139. *In* **The International Workshop on The Changes of Tropical Forest Ecosystems by El Niño and Others**. Bangkok: National Research Council of Thailand.

Lafia, A.M., M. Bello and S. Ibrahim. 2025. Woody plant diversity and carbon storage assessments in urban secondary schools, Lafia, Nasarawa State, Nigeria. **Journal of Urban Forestry and Environmental Sustainability** 13(1): 45–58.

Maejo Municipality. 2023. **Maejo municipality local development plan**. Retrieved from https://www.maejocity.go.th/about.php?id=88 [in Thai]

Mazon, J. 2025. Integrating urban tree carbon sequestration into metropolitan ecosystem services for climate-neutral cities: a citizen science-based methodology. **Urban Science** 9: 1–12.

Nualsri, C., C. Na Takuathung and S. Maelim. 2024. Trees carbon storage potential of Tak municipal parks, Tak province. **Thai Journal of Forestry** 43(1): 152–166. [in Thai]

Nowak, D.J. and D.E. Crane. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. **Environmental Pollution** 116(3): 381–389.

Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II. Plant biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 49–80.

Pearson, T., S. Walker and S. Brown. 2005. **Sourcebook for Land Use, Land-Use Change and Forestry Projects**. Virginia: Winrock International, Arlington. 64 p.

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 2023. **Provincial greenhouse gas data reporting.** Retrieved from https://www.tgo.or.th/2023/index.php/th [in Thai]

Thailand Voluntary Emission Reduction Program. 2023. **Calculation for carbon sequestration in tree version 1**. Retrieved from https://www.tgo.or.th/2023/index.php/th/# [in Thai]

Thailand Voluntary Emission Reduction Program. 2025. **Calculation for carbon sequestration in tree version 2**. Retrieved from https://www.tgo.or.th/2023/index.php/th/# [in Thai]

The Global Green Growth Institute. 2019. **GGGI strategy 2030 a low carbon, resilient world of strong, inclusive, and sustainable growth**. Retrieved from https://gggi.org/wp-content/uploads/2019/12/Strategy-2030-EXTERNAL-191212_FINAL.pdf

U.S. Environmental Protection Agency. 2020. **Using trees and vegetation to reduce heat islands**. Retrieved from https://www.epa.gov/heatislands/using-trees-and-vegetation-reduce-heat- Islands

Wannalangka, I., R. Poolsiri and L. Puangchit. 2015. Aboveground biomass in four bamboo plantations with different culm ages at Angkhang Royal Agricultural Station, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry** 34(1): 65–75. [in Thai]

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 121-136

ประสิทธิภาพของพลาสมาระดับความดันบรรยากาศในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในพริก

Efficacy of Non-thermal Atmospheric Pressure Plasma for Inhibiting *Colletotrichum* spp. the Causal Agent of Chili Anthracnose

วีรนันท์ ไชยมณี[1,*] กุลดา ธยาธรรม[1] ต่อลาภ คำโย[2] วันทนีย์ แพงศรี[3] และธรรมนูญ บุญมี[1]

Veeranan Chaimanee[1,*], Kunlada thayatham[1], Torlarp Kamyo[2]

Wanthani Paengsri[3] and Thummanoon Boonmee[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

[2]สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

[3]วิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

[1]Program in Agro-Industrial Biotechnology, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

[2]Program in Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

[3]Basic Science, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: chveeranan@gmail.com

**ORCID iD: https://orcid.org/0000-0002-8095-5717

Received: *November, 18, 2025*

Revised: April *13, 2026*

Accepted: *June 11, 2026*

Abstract

Non-thermal atmospheric pressure plasma is a promising alternative technology for microbial inactivation in food and agricultural applications, as it generates reactive species that play a crucial role in damaging microbial cells. This study aimed to evaluate the efficacy of an argon-based plasma jet in inhibiting *Colletotrichum* spp., the causal agent of anthracnose disease in chili. The effects of plasma treatment at gas flow rates of 0.25 and 0.5 L min^{-1} for 1, 3, and 5 min on fungal mycelial growth on PDA were examined. The results showed that argon plasma significantly inhibited mycelial growth (p<0.05). For isolate 1, plasma treatment at 0.25 L min^{-1} for 5 min resulted in the smallest colony diameter (5.08±0.16 mm) on day 8, corresponding to a growth rate 8.31-fold lower than that of the control. For isolate 3, plasma treatment at 0.5 L min^{-1} for 5 min demonstrated the highest inhibitory effect, reducing mycelial growth by 9.4-fold compared to the control on day 8. *In Vivo* assays on chili fruits further demonstrated that plasma jet treatment at 0.25 L min^{-1} for 5 min completely suppressed anthracnose development caused by isolate 1 on day 7 and achieved 89.09% inhibition on day 14.

These findings indicated that an argon-based plasma jet has a strong potential to inhibit the growth of *Colletotrichum* spp. and may serve as an effective, environmentally friendly, and safe alternative for postharvest anthracnose control.

Keywords: anthracnose, atmospheric-pressure plasma, chili, *Colletotrichum* spp., disease control

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีพลาสมาระดับความดันบรรยากาศแบบไม่ใช้ความร้อนเป็นเทคโนโลยีทางเลือกที่มีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในด้านอาหารและการเกษตร โดยสามารถผลิตสารออกฤทธิ์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการทำลายเซลล์จุลินทรีย์ได้ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของพลาสมาเจ็ตที่ผลิตด้วยก๊าซอาร์กอนต่อการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสในพริก โดยศึกษาผลของพลาสมาที่อัตราการไหลของก๊าซ 0.25 และ 0.5 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที ต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จากผลการทดลองพบว่า อาร์กอนพลาสมาสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยเชื้อราไอโซเลต 1 เมื่อผ่านการฉายพลาสมาที่อัตราการไหลของก๊าซ 0.25 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีน้อยสุด (5.08±0.16 มม.) ในวันที่ 8 ของการทดลอง ซึ่งมีการเจริญช้ากว่ากลุ่มควบคุม 8.31 เท่า และเชื้อราไอโซเลต 3 พบว่าการฉายพลาสมาที่อัตราการไหลของก๊าซ 0.5 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ให้ผลยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด โดยมีการเจริญของเส้นใยเชื้อราช้ากว่ากลุ่มควบคุมเท่ากับ 9.4 เท่าในวันที่ 8 ของการทดลอง และเมื่อทำการทดสอบการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลพริก พบว่าการฉายพลาสมาเจ็ตที่อัตราการไหล 0.25 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที สามารถยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสจากเส้นใยเชื้อราไอโซเลต 1 ได้ 100 และ 89.09% ในวันที่ 7 และ 14 ของการทดลอง ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าพลาสมาเจ็ตที่มีอาร์กอนเป็นก๊าซตั้งต้นมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ได้ ซึ่งอาจจะเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นเทคโนโลยีทางเลือกสำหรับการควบคุมโรคแอนแทรคโนสหลังการเก็บเกี่ยวได้อย่างปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: แอนแทรคโนส พลาสมาความดันบรรยากาศ พริก *Colletotrichum* spp. การควบคุมโรค

บทนำ

พริก (*Capsicum* spp.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการปลูกอย่างแพร่หลายทั้งเพื่อการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก โดยผลพริกเป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมอาหารหลายประเภท อย่างไรก็ตาม การสูญเสียผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวมักเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อราก่อโรค โดยเฉพาะโรคแอนแทรคโนส ซึ่งมีสาเหตุจากเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* spp. ถือเป็นโรคสำคัญที่สร้างความเสียหายต่อผลผลิตพริกอย่างรุนแรง โดยอาจก่อให้เกิดความสูญเสียมากถึง 10–80% ของผลผลิตในประเทศไทย (Poonpolgul and Kumphai, 2007) โรคแอนแทรคโนสสามารถเกิดได้ทั้งในระยะก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเชื้อราสามารถเข้าทำลายผลพริกได้ตั้งแต่ระยะผลอ่อนจนถึงผลสุก (Hadden and Black, 1989; Bosland and Votava, 2003) ทำให้เกิดจุดสีน้ำตาลดำหรือรอยเน่าบนผิวผล (Pakdeevaraporn *et al.,* 2005; Than *et al.,* 2008; Saxena *et al.,* 2016a) การระบาดของโรคจะรุนแรง

ในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง และสามารถเข้าทำลายได้ทุกส่วนของพืช เช่น ลำต้น ใบ ดอก ก้าน ผล และเมล็ด (Saxena *et al.,* 2016a) ปัจจุบันมีวิธีการควบคุมโรคนี้หลายรูปแบบ ได้แก่ การควบคุมทางกายภาพ เช่น การคัดเลือกสายพันธุ์พริกที่ต้านทานโรค การใช้เมล็ดพันธุ์ปลอดเชื้อ และการปลูกพืชหมุนเวียน รวมถึงการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรา เช่น แมนโคเซบ (mancozeb) และคาร์เบนดาซิม (carbendazim) (Hegde and Anahosur, 2001; Suwan and Na-Lampang, 2013) แม้ว่าวิธีดังกล่าวจะช่วยลดความรุนแรงของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่องอาจก่อให้เกิดการตกค้างในผลผลิต การดื้อยาของเชื้อรา ตลอดจนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของผู้บริโภค นอกจากนี้ ยังมีการใช้วิธีการควบคุมทางชีวภาพ โดยอาศัยจุลินทรีย์ที่มีฤทธิ์ปฏิปักษ์ต่อเชื้อ *Colletotrichum* spp. เช่น *Trichoderma* spp. (Kaur *et al.,* 2006; Rahman *et al.,* 2013; Saxena *et al.,* 2016b) รวมถึงการใช้สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อรา เช่น สารสกัดจากสะเดา กระเทียม และพลู (Ngullie *et al.,* 2010; Johnny *et al.,* 2011) อย่างไรก็ตาม สารสกัดจากพืชหรือสารน้ำมันหอมระเหยมักมีความคงตัวต่ำ ระเหยง่าย และมีระยะเวลาในการออกฤทธิ์สั้น จึงยังมีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม

เทคโนโลยีพลาสมาระดับความดันบรรยากาศแบบไม่ใช้ความร้อน (Non-Thermal Atmospheric Pressure Plasma: NTP) ได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้สารเคมีและมีศักยภาพสูงในการยับยั้งจุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมอาหารและการเกษตร พลาสมาประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุและอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น อิเล็กตรอน ไอออน รวมถึง reactive oxygen species (ROS) และ reactive nitrogen species (RNS) ได้แก่ O, O_2^+, O_3, OH, NO และ NO_2 (Cullen and Milosavljevic, 2015) ซึ่งสามารถทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ ก่อให้เกิดการออกซิเดชันของโปรตีน และความเสียหายต่อดีเอ็นเอ (Dobrynin *et al.,* 2009; Joshi *et al.,* 2011; Nicol *et al.,* 2020; Zhang *et al.,* 2023) ประสิทธิภาพของพลาสมาในการยับยั้งเชื้อขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของพลาสมา แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ ระยะห่าง ระยะเวลาการสัมผัส ชนิดของก๊าซ และลักษณะของจุลินทรีย์เป้าหมาย (Misra *et al.,* 2011; Galvin *et al.,* 2013; Subrahmanyam *et al.,* 2024) อย่างไรก็ตาม Sawangrat *et al.* (2022) รายงานว่า น้ำกระตุ้นพลาสมา (Plasma-Activated Water: PAW) ที่ผลิตจากก๊าซผสมระหว่างอาร์กอนและออกซิเจน 2% สามารถลดความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสในพริกได้ถึง 83% นอกจากนี้ Boonmee *et al.* (2026) พบว่า พลาสมาชนิดเจ็ตที่ใช้ก๊าซอาร์กอนหรือฮีเลียม รวมถึงน้ำ PAW ที่ได้จากก๊าซทั้งสองชนิด มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum siamense* ในมะม่วง โดยสามารถลดจำนวนสปอร์และการมีชีวิตรอดของเชื้อราได้อย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของพลาสมาที่ผลิตด้วยก๊าซอาร์กอนในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคแอนแทรคโนสในพริก เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลาสมาสำหรับควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวอย่างปลอดภัยและยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

การแยกเชื้อราและการจำแนกลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เชื้อรา *Colletotrichum* spp. ถูกแยกจากผลพริกที่แสดงอาการโรคแอนแทรคโนสจากตัวอย่างที่แตกต่างกัน ตามวิธีของ Thinh and Kunasakdakul (2013) โดยตัดชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อบริเวณที่เป็นโรคขนาดประมาณ 0.5×0.5 ซม. แล้วนำไปฆ่าเชื้อพื้นผิวด้วยเอทานอล 95% (v/v) เป็นเวลา 1–2 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ และทำให้แห้งบนกระดาษทิชชูปลอดเชื้อ แล้วย้ายชิ้นส่วนเนื้อเยื่อลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ที่เติม streptomycin sulfate

(0.1g L^{-1}) เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย นำจานเพาะเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นระยะเวลา 2–3 วัน จากนั้นทำการแยกปลายเส้นใยเชื้อราไปเลี้ยงบนอาหาร PDA ใหม่ และบ่มต่อเป็นเวลา 10–14 วัน ภายหลังการแยกเชื้อเบื้องต้น ได้ทำการเลี้ยงซ้ำบนอาหาร PDA อย่างน้อย 2–3 ครั้ง เพื่อให้ได้เชื้อราบริสุทธิ์ก่อนนำไปใช้ในการทดลอง การจำแนกเชื้อราอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ ลักษณะโคโลนี สี รูปร่างของโคนิเดียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และเปรียบเทียบกับเอกสารอ้างอิงของเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* (Liu *et al.,* 2016; Li *et al.,* 2019; Boonmee *et al.,* 2026)

ระบบพลาสมาความดันบรรยากาศชนิดเจ็ต

โครงสร้างของระบบพลาสมาความดันบรรยากาศแบบเจ็ตที่ใช้สำหรับงานวิจัย แสดงดัง Figure 1 พลาสมาถูกสร้างขึ้นโดยใช้อาร์กอนเป็นก๊าซตั้งต้นภายใต้แรงดันไฟฟ้าขาเข้า 6.46 กิโลโวลต์ และความถี่ 1.58 เมกะเฮิร์ต การวัดแรงดันไฟฟ้าและรูปคลื่นของสัญญาณความถี่สูงดำเนินการโดยใช้หัววัดแรงดันไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Probe; Tektronix P6015A, USA) ที่เชื่อมต่อกับออสซิลโลสโคป (Oscilloscope; TBS 1000C Series, Tektronix, USA) เพื่อบันทึกและวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้า คุณลักษณะทางสเปกตรัมของพลาสมาถูกตรวจสอบด้วยเครื่อง Optical Emission Spectroscopy (OES; AVANTES, USA) โดยวางหัววัดแสง (reflection probe) ห่างจากหัวเจ็ตประมาณ 5.0 ซม. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของสายสเปกตรัมที่เกิดจากชนิดของอนุภาคและอะตอมในพลาสมา

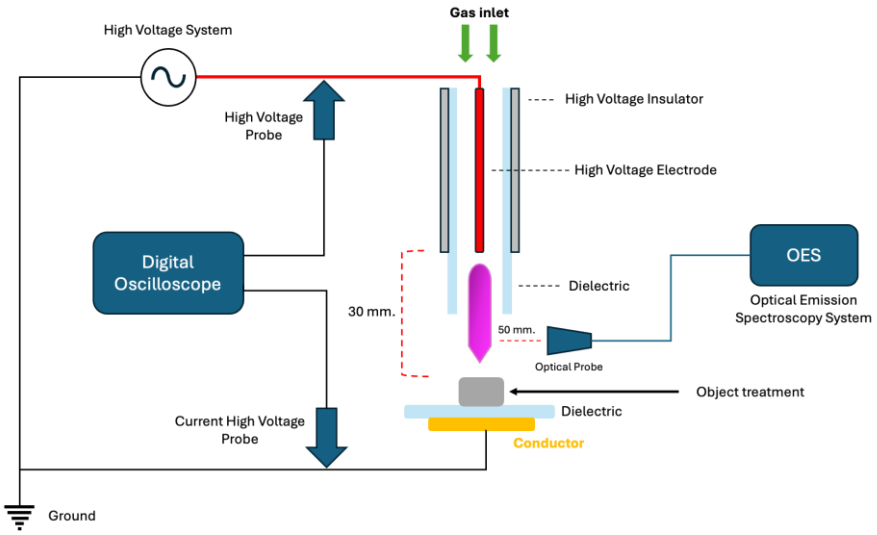


Figure 1 Schematic diagram of the atmospheric-pressure plasma jet system used in this study

การทดสอบประสิทธิภาพของพลาสมาความดันบรรยากาศชนิดเจ็ตต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* spp.

นำเส้นใยเชื้อราบริสุทธิ์ *Colletotrichum* spp. จำนวน 3 ไอโซเลต ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างผลพริกที่แตกต่างกันมาตัดเป็นชิ้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. จากบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อราที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA (pH 5.6) ที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 5 วัน โดยใช้ cork borer จากนั้นนำชิ้นเส้นใยเชื้อรามาผ่านการปฏิบัติด้วยพลาสมาเจ็ตภายใต้สภาวะ ดังนี้ อัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน 0.25 ลิตรต่อนาที และ 0.5 ลิตรต่อนาที และระยะเวลาในการฉายพลาสมาเป็น 1, 3, และ 5 นาที กำหนดระยะห่างระหว่างหัวเจ็ตถึงผิวตัวอย่างเท่ากับ 3.0 ซม. ภายหลังการปฏิบัติย้ายชิ้นส่วนเชื้อราไปเพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ใหม่ บ่มที่อุณหภูมิ 25°ซ ทำการวัดการเจริญของเส้นใยเชื้อราทุกวัน โดยวัดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราทั้งสองแนว (แกน x, y) จนกว่าโคโลนีเชื้อราจะเจริญเต็มจานเพาะเชื้อ (Weitz *et al.,* 2001) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำต่อกลุ่มการทดลอง

การเกิดโรคของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* spp. หลังการผ่านพลาสมาในพริก

นำพริกชี้ฟ้าที่มีลักษณะสมบูรณ์และปราศจากอาการของโรคมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา ผึ่งให้แห้ง และแช่ในเอทานอล 95% (v/v) เป็นเวลา 5 นาที เพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผิวพริก จากนั้นปล่อยให้แห้งภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ แล้วใช้มีดปลอดเชื้อกรีดผิวพริกให้เป็นแผล ยาวประมาณ 1 ซม. นำชิ้นส่วนของเส้นใยเชื้อราที่กำลังเจริญจากขอบโคโลนีของเชื้อราที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 5 วัน (ความยาวประมาณ 10 มม.) วางลงบนบริเวณบาดแผลโดยใช้เข็มปลอดเชื้อ ควบคุมขนาดความยาวของเชื้อให้สม่ำเสมอในทุกตัวอย่าง เพื่อให้การติดเชื้อมีความใกล้เคียงกัน จากนั้นนำตัวอย่างพริกที่ได้รับเชื้อไปผ่านการปฏิบัติด้วยพลาสมาภายใต้สภาวะที่ให้ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราสูงที่สุดจากการทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าอัตราการไหลของก๊าซอาร์กอนที่ 0.25 และ 0.5 ลิตรต่อนาที ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในบางไอโซเลต ดังนั้น จึงเลือกใช้อัตราการไหลที่ต่ำกว่าเพื่อความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้และลดผลกระทบต่อเนื้อเยื่อของผลผลิตหลังการปฏิบัติ นำตัวอย่างไปบ่มและสังเกตการเกิดโรคเป็นระยะเวลา 14 วัน โดยบันทึกข้อมูลในวันที่ 7 และ 14 หลังการปฏิบัติพลาสมา เพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการปฏิบัติพลาสมา (positive control) ทำการทดลองจำนวน 10 ซ้ำ ในแต่ละกลุ่มการทดลอง บันทึกการเกิดโรคบนผิวพริก โดยประเมินจากลักษณะรอยแผลสีน้ำตาลหรือรอยดำที่เกิดขึ้น และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรคตามสมการ [(A–B)/A] × 100 โดยที่ A คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางแผลในกลุ่มควบคุม และ B คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางแผลในกลุ่มที่ได้รับการปฏิบัติพลาสมา (Zygaflo *et al.,* 1994; Ebadzadsahrai *et al.,* 2020) นอกจากนี้ ยังมีการใช้กลุ่มควบคุมที่ไม่ติดเชื้อ (negative control) เพื่อยืนยันการเกิดโรคจากเชื้อราที่ใช้ในการทดลอง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม JMP® เวอร์ชัน 11.2 สำหรับ Mac (SAS Institute Inc.) ใช้วิธี Shapiro-Wilk test เพื่อทดสอบการแจกแจงปกติของชุดข้อมูล โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ One-way ANOVA และ Tukey-HSD สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ และใช้ Non-parametric test (Kruskal-Wallis test) และ Steel-Dwass posthoc multiple comparison test สำหรับข้อมูลที่แจกแจงไม่ปกติ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ $p<0.05$

ผลการวิจัย

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Colletotrichum* spp.

จากการแยกเชื้อราบนผิวผลพริกที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส พบว่าสามารถแยกเชื้อราได้ทั้งหมด 3 ไอโซเลต (Figure 2a–c) เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นเวลา 8 วัน พบว่าเชื้อรามีการสร้างโคโลนีที่มีลักษณะสีขาวและเริ่มสร้างสปอร์สีดำบริเวณผิวโคโลนี เมื่อนำตัวอย่างไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าสปอร์ของเชื้อราที่แยกได้มีลักษณะเป็น conidiospore มีรูปร่างรีคล้ายเมล็ดข้าว และไม่มีผนังกั้นภายในเซลล์ (Figure 2d) จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาดังกล่าว จึงสันนิษฐานได้ว่าเชื้อราที่แยกได้จากพริกที่แสดงอาการของโรคดังกล่าวเป็นเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* spp.

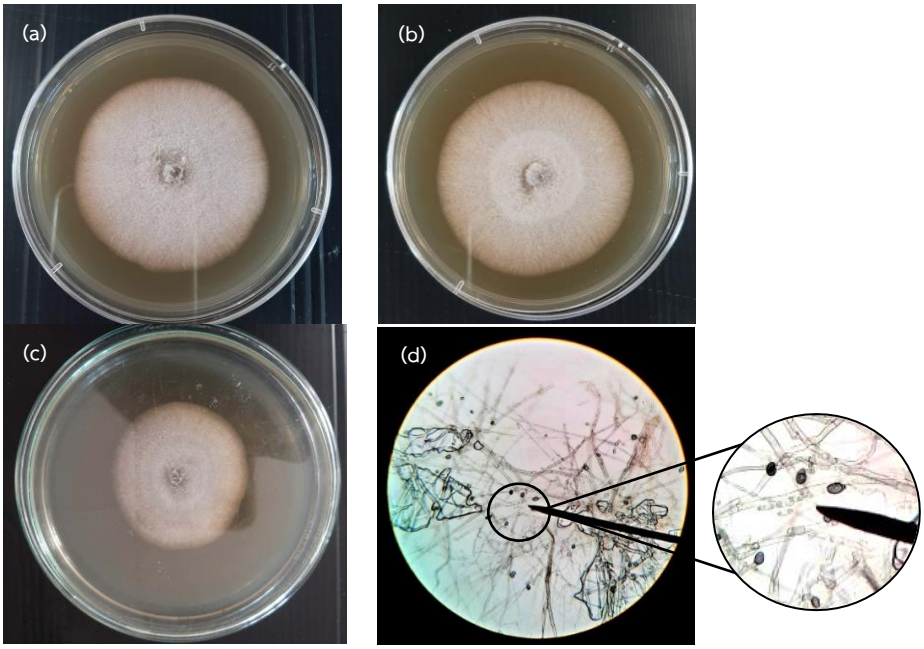


Figure 2 Morphological characteristics of *Colletotrichum* spp. isolated from chili pepper showing anthracnose symptoms. (a–c) colony morphology of three isolates grown on PDA, and (d) hyphal characteristics observed under a light microscope at 400× magnification. The microscopic image represents a representative isolate, as all isolates exhibited similar morphological features.

สภาวะของพลาสมาระดับความดันบรรยากาศและองค์ประกอบทางเคมีของธาตุในพลาสมา

พลาสมาที่ใช้ในการวิจัยเกิดจากสร้างสนามไฟฟ้าแรงสูงบนสภาวะดังต่อไปนี้ แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย 6.46 กิโลโวลต์ มีความถี่ 1.58 เมกะเฮิร์ต สร้างกระแสไฟฟ้า 33.68 มิลลิแอมแปร์ (Figure 3) และจากการสร้างพลาสมาด้วยก๊าซอาร์กอน พบว่ามีทั้ง ROS และ RNS คือ ไฮดรอกซิล (OH^-) โอโซน (O_3) ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจน (N_2) (Figure 4)

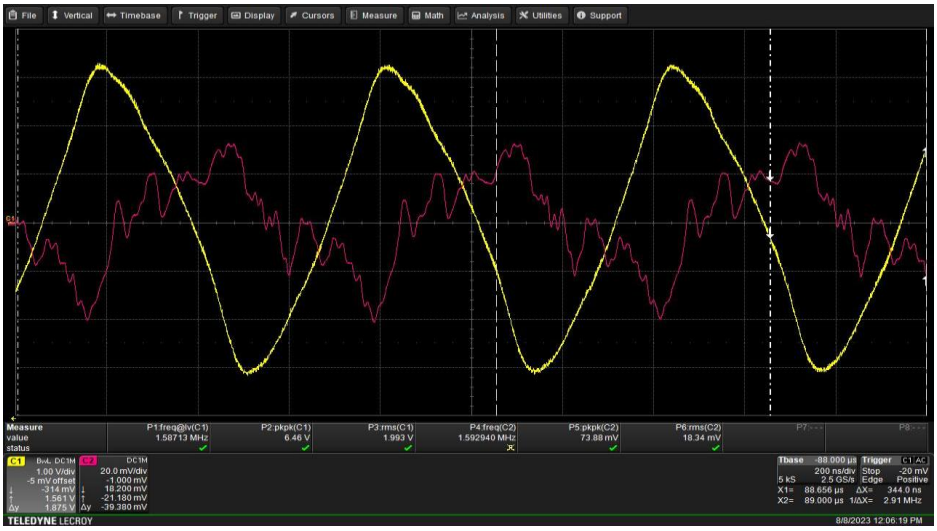


Figure 3 Current-voltage waveforms of the atmospheric-pressure argon plasma jet

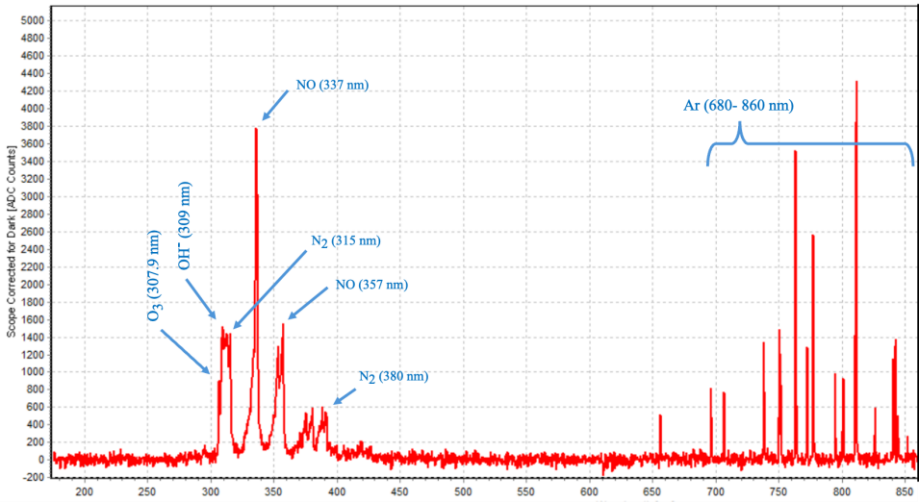


Figure 4 OES spectra of the atmospheric-pressure argon plasma jet at a gas flow rate of 0.5 L min^{-1}

ประสิทธิภาพของพลาสมาเจ็ตต่อการยับยั้งเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* spp.

จากการทดสอบประสิทธิภาพของการฉายพลาสมาต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ทั้ง 3 ไอโซเลต พบว่าเชื้อราไอโซเลตที่ 1 แสดงผลการยับยั้งที่ดีที่สุดเมื่อได้รับการฉายพลาสมาด้วยก๊าซอาร์กอนที่อัตราการไหล 0.25 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที โดยสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้อย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการทดลอง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราในวันที่ 8 เท่ากับ 5.08±0.16 มม. (Kruskal-Wallis test, p=0.0394) รองลงมาคือ กลุ่มเชื้อราที่ได้รับการฉายพลาสมาที่อัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที มีการเจริญของเส้นใยเชื้อราเท่ากับ 13.63±9.26 มม. (Table 1) ซึ่งช้ากว่ากลุ่มควบคุม 8.31 และ 3.10 เท่าตามลำดับ สำหรับเชื้อราไอโซเลตที่ 2 พบว่าการฉายอาร์กอนพลาสมาที่อัตราการไหลของก๊าซ 0.25 และ 0.5 ลิตรต่อนาที เป็นระยะเวลา 3 และ 5 นาที สามารถชะลอการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ในช่วงวันแรกถึงวันที่ 4 ของการทดลอง อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่วันที่ 5 เป็นต้นไป เชื้อราแต่ละกลุ่มการทดลองมีการเจริญไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเชื้อราที่ผ่านพลาสมาที่อัตราการไหล 0.25 ลิตรต่อนาที นาน 3 นาที มีการเจริญของเส้นใยช้าที่สุดเท่ากับ 13.07±8.64 มม. ในวันที่ 8 ของการทดลอง ในส่วนของเชื้อราไอโซเลตที่ 3 พบว่า การฉายอาร์กอนพลาสมาที่อัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ให้ผลยับยั้งดีที่สุด (Kruskal-Wallis test, p=0.0171) โดยเส้นใยเชื้อรามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 4.22±0.14 มม. ในวันที่ 8 ของการทดลอง ซึ่งช้ากว่ากลุ่มควบคุม 9.4 เท่า

Table 1 Effect of argon plasma treatment on the mycelial growth (colony diameter) of *Colletotrichum* spp. (isolates 1–3) at different gas flow rates (0.25 and 0.5 L min^{-1}) and exposure times (1, 3, and 5 min)

Isolate	Treatment	*Colletotrichum* spp. mycelial growth (mm)*							
		Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7	Day 8
1	0.25 Lpm/1 min	5.20±0.25^{ab}	7.57±0.19^{ab}	11.08±0.82^{bc}	15.12±0.57^{ab}	21.40±0.52^{ab}	25.20±0.38^{ab}	29.00±0.53^{ab}	34.37±1.56^{ab}
	0.25 Lpm/3 min	4.32±0.15^{b}	5.25±0.63^{bc}	7.18±1.20^{bc}	14.40±1.19^{ab}	18.78±1.40^{ab}	24.72±1.42^{ab}	29.72±2.04^{ab}	31.52±1.23^{ab}
	0.25 Lpm/5 min	5.08±0.16^{ab}	5.08±0.16^{bc}	5.08±0.16^{c}	5.08±0.16^{b}	5.08±0.16^{c}	5.08±0.16^{c}	5.08±0.16^{c}	5.08±0.16^{c}
	0.50 Lpm/1 min	5.28±0.07^{ab}	8.20±0.36^{a}	13.67±0.71^{ab}	17.87±0.97^{a}	22.40±0.97^{a}	25.00±0.71^{ab}	28.83±1.10^{ab}	31.83±1.09^{ab}
	0.50 Lpm/3 min	4.53±0.11^{b}	6.60±1.08^{abc}	10.17±3.21^{bc}	13.22±4.41^{ab}	16.02±5.79^{abc}	19.02±7.18^{abc}	21.97±8.61^{abc}	24.90±10.08^{abc}
	0.50 Lpm/5 min	4.42±0.04^{b}	4.42±0.04^{c}	5.10±0.73^{c}	7.07±2.69^{b}	8.72±4.34^{bc}	9.85±5.47^{bc}	11.10±6.72^{bc}	13.63±9.26^{bc}
	Control	6.05±0.44^{a}	8.27±0.51^{a}	17.97±0.82^{a}	22.33±0.93^{a}	25.48±0.66^{a}	29.50±0.70^{a}	34.57±1.00^{a}	42.22±1.56^{a}
2	0.25 Lpm/1 min	5.35±0.18^{ab}	8.48±0.64^{ab}	15.25±0.18^{a}	18.10±0.61^{a}	21.93±0.09^{a}	25.83±0.58^{a}	29.17±0.53^{a}	31.80±1.63^{a}
	0.25 Lpm/3 min	4.28±0.14^{b}	4.82±0.39^{bc}	6.13±1.71^{b}	7.52±3.09^{ab}	9.03±4.61^{a}	10.83±6.41^{a}	12.03±7.61^{a}	13.07±8.64^{a}
	0.25 Lpm/5 min	4.15±0.06^{b}	4.22±0.09^{c}	4.22±0.09^{b}	4.22±0.09^{b}	10.20±3.00^{a}	13.33±4.58^{a}	16.03±5.91^{a}	19.30±7.56^{a}
	0.50 Lpm/1 min	5.00±0.23^{ab}	7.92±0.72^{abc}	12.32±1.67^{ab}	16.90±1.83^{a}	21.95±1.97^{a}	26.65±1.30^{a}	31.38±0.33^{a}	33.93±0.66^{a}
	0.50 Lpm/3 min	4.52±0.19^{b}	6.23±1.08^{bc}	9.47±2.68^{ab}	11.22±3.55^{ab}	13.45±4.68^{a}	16.07±5.99^{a}	19.83±7.86^{a}	23.22±9.55^{a}
	0.50 Lpm/5 min	4.07±0.21^{b}	4.87±0.96^{bc}	6.55±2.63^{b}	8.32±4.39^{ab}	9.48±5.56^{a}	11.10±7.18^{a}	12.75±8.83^{a}	13.52±9.59^{a}
	Control	6.07±0.62^{a}	10.77±1.24^{a}	15.55±1.03^{a}	19.55±0.76^{a}	23.13±1.23^{a}	28.77±1.88^{a}	32.72±1.55^{a}	37.72±1.79^{a}
3	0.25 Lpm/1 min	5.45±0.05^{ab}	7.40±0.16^{b}	9.82±0.37^{bc}	14.62±0.61^{abc}	19.15±0.98^{ab}	22.48±1.95^{ab}	26.40±2.52^{ab}	29.07±2.77^{ab}
	0.25 Lpm/3 min	4.38±0.22^{cd}	4.52±0.08^{c}	4.52±0.08^{d}	5.80±1.20^{bc}	7.23±2.63^{bc}	9.02±4.42^{bc}	10.83±6.23^{bc}	12.03±7.43^{bc}
	0.25 Lpm/5 min	3.73±0.09^{d}	4.38±0.71^{c}	5.70±0.98^{cd}	11.97±4.22^{abc}	11.98±4.23^{bc}	12.33±4.49^{bc}	12.85±4.63^{bc}	12.92±4.67^{bc}
	0.50 Lpm/1 min	4.88±0.22^{bc}	7.53±0.56^{b}	11.55±1.43^{b}	15.80±1.86^{ab}	20.23±2.25^{ab}	24.55±2.88^{ab}	28.70±3.22^{ab}	32.22±3.47^{ab}
	0.50 Lpm/3 min	4.47±0.13^{cd}	4.98±0.59^{bc}	7.15±1.28^{bcd}	10.22±2.86^{bc}	13.42±4.49^{abc}	15.85±5.91^{abc}	17.37±6.40^{abc}	20.30±7.85^{abc}
	0.50 Lpm/5 min	4.22±0.14^{cd}	4.22±0.14^{c}	4.22±0.14^{d}	4.22±0.14^{c}	4.22±0.14^{c}	4.22±0.14^{c}	4.22±0.14^{c}	4.22±0.14^{c}
	Control	6.30±0.35^{a}	11.75±1.07^{a}	18.43±1.11^{a}	22.08±1.78^{a}	26.88±1.85^{a}	30.88±1.24^{a}	34.77±1.04^{a}	39.73±1.16^{a}

* Values are expressed as mean±standard error (SE). Different lowercase letters indicate significant differences among treatments within each isolate at each observation day (p<0.05).

ประสิทธิภาพของพลาสมาเจ็ตต่อการยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพริก

จากการประเมินประสิทธิภาพของอาร์กอนพลาสมาที่อัตราการไหล 0.25 ลิตรต่อนาที เป็นระยะเวลา 3 และ 5 นาที ต่อการยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพริก พบว่าการฉายพลาสมานาน 5 นาที ให้ผลยับยั้งการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยสามารถยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกได้ 100 และ 89.09% ในวันที่ 7 และวันที่ 14 ของการทดลอง ตามลำดับ ขณะที่การฉายพลาสมานาน 3 นาที สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ 53.22 และ 31.06% ในช่วงเวลาเดียวกัน (Table 2) ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการฉายพลาสมามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพริก โดยระยะเวลาการฉายที่นานขึ้นสามารถเพิ่มความสามารถในการยับยั้งการเกิดโรคได้อย่างชัดเจน

Table 2 Effect of argon plasma treatment on the inhibition of anthracnose disease caused by *Colletotrichum* spp. (isolate 1) at a gas flow rate of 0.25 L min^{-1} and exposure times of 3 and 5 min

Treatment	% Disease inhibition	
	Day 7	Day 14
FR 0.25 L min^{-1}_3 min	53.22	31.06
FR 0.25 Lmin^{-1}_5 min	100.00	89.09

วิจารณ์ผลการวิจัย

เทคโนโลยีพลาสมาถือเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการควบคุมโรคแอนแทรคโนสซึ่งเป็นโรคหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ใช้พลังงานต่ำ และมีผลกระทบต่ำทางด้านเคมี-กายภาพต่อผลไม้ ซึ่งจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าอาร์กอนพลาสมามีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ทั้ง 3 ไอโซเลตบนอาหาร PDA โดยเชื้อราที่แยกได้จากพริกแต่ละไอโซเลตมีการตอบสนองต่อการฉายพลาสมาแตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่าเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ไอโซเลตที่ 2 มีความไวต่อการยับยั้งด้วยพลาสมาน้อยกว่าเชื้อราไอโซเลตที่ 1 และ 3 ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างทางชีวภาพระหว่างแต่ละไอโซเลต โดยความแตกต่างดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของผนังเซลล์ ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการต้านทานต่ออนุมูลอิสระ ส่งผลให้เชื้อราไอโซเลตที่ 2 สามารถลดความเสียหายจาก ROS และ RNS ที่เกิดจากพลาสมาได้ดีกว่า อีกทั้งความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างไอโซเลตอาจมีผลต่อความไวต่อพลาสมา รวมถึงลักษณะการเจริญของเส้นใยและความหนาแน่นของโคโลนี ซึ่งอาจมีผลต่อการแพร่กระจายและการเข้าถึงของอนุมูลอิสระต่อเซลล์เชื้อรา ดังนั้น ความแตกต่างของประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราในแต่ละไอโซเลตอาจเกิดจากทั้งปัจจัยภายในของเชื้อรา (Lacombe *et al.,* 2015) และปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการฉายพลาสมา เช่น ระยะเวลาในการฉาย ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดพลาสมากับตัวอย่าง รวมถึงสภาพแวดล้อมระหว่างการทดลอง เช่น อุณหภูมิและความชื้น (Das *et al.,* 2022) และเมื่อนำเส้นใยเชื้อราหลังการผ่านอาร์กอนพลาสมาไปทดสอบการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพริก พบว่าพลาสมาที่อัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน 0.25 ลิตร/นาที นาน 5 นาที สามารถยับยั้งการเกิดโรคของเส้นใยเชื้อราได้ 100%

ในช่วง 7 วันแรก และยังคงประสิทธิภาพการยับยั้งมากกว่า 89% ในวันที่ 14 อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Misra *et al.* (2014) ซึ่งรายงานว่าการใช้พลาสมาที่มีอากาศเป็นก๊าซตั้งต้นในสตรอเบอร์รี่สามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์หลังการบรรจุได้โดยไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลผลิต นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าพลาสมาชนิด dielectric barrier discharge (DBD) ที่ใช้อากาศเป็นก๊าซตั้งต้นสามารถลดการงอกของสปอร์และความมีชีวิตของเชื้อรา *C. asianum* ในมะม่วงได้ (Wu *et al.,* 2022) และการใช้น้ำ PAW ร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wu *et al.,* 2023) อีกทั้งพลาสมาที่ใช้อากาศยังสามารถยับยั้งเชื้อรา *Botrytis cinerea* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคราเทาในบลูเบอรี่ได้ (Hu *et al.,* 2021) ในขณะเดียวกัน พลาสมาที่ใช้อาร์กอนเป็นก๊าซตั้งต้น แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถลดการเจริญของเส้นใย การอยู่รอดของสปอร์ และความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ (Phan *et al.,* 2019) รวมถึงการใช้พลาสมาเจ็ทร่วมกับอาร์กอนผสมออกซิเจนยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสลายสารกำจัดศัตรูพืช และลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* และ *C. gloeosporioides* ในพริกได้ (Sawangrat *et al.,* 2022) สอดคล้องกับรายงานล่าสุดของ Boonmee *et al.* (2026) ที่พบว่าว่าอาร์กอนและฮีเลียมพลาสมาสามารถยับยั้ง เชื้อรา *C. siamense* ในมะม่วงได้ โดยกลไกการออกฤทธิ์ของพลาสมาในการยับยั้งเชื้อรานั้นเกี่ยวข้องกับการสร้างอนุมูลอิสระที่มีปฏิกิริยาสูง (ROS และ RNS) ซึ่งสามารถทำลายโครงสร้างของเซลล์เชื้อราได้โดยตรง โดยอนุมูลอิสระเหล่านี้จะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียหาย โปรตีนเกิดการออกซิเดชัน และดีเอ็นเอถูกทำลาย ส่งผลให้การทำงานของไมโตคอนเดรียซึ่งเป็นออร์กาเนลล์สำคัญในการเจริญของสปอร์หยุดชะงัก และทำให้เชื้อราตายในที่สุด (Xu *et al.,* 2017; Dobrynin *et al.,* 2009; Joshi *et al.,* 2011; Zhang *et al.,* 2023; Boonmee *et al.,* 2026) นอกจากนี้ การฉายพลาสมายังอาจทำให้เกิดการปลดปล่อยดีเอ็นเอของจุลินทรีย์ออกจากเซลล์ ซึ่งสัมพันธ์กับกระบวนการออกซิเดชันที่ส่งผลให้โปรตีนเกิดการรวมตัวหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง นำไปสู่การสูญเสียความสมบูรณ์ของเซลล์และการตายในที่สุด (Joshi *et al.,* 2011; Zhang *et al.,* 2023) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของพลาสมาในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ไม่ได้ขึ้นอยู่เฉพาะชนิดของก๊าซหรือระยะเวลาในการฉายเท่านั้น แต่ยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายในของเชื้อจุลินทรีย์ด้วย เช่น ปริมาณโปรตีน ไขมัน รวมถึงลักษณะทางพันธุกรรมของเชื้อจุลินทรีย์นั้น ๆ (Lacombe *et al.,* 2015) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจมีผลต่อการแพร่กระจายและความเข้มข้นของอนุมูลอิสระที่สัมผัสกับเชื้อราโดยตรง

ดังนั้น ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้พลาสมามีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวิธีควบคุมโรคแอนแทรคโนสในพริกหลังการเก็บเกี่ยวได้ อย่างไรก็ตาม การจำแนกเชื้อราในงานวิจัยนี้อาศัยเพียงลักษณะทางสัณฐานวิทยา ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในการจำแนกในระดับสปีชีส์ ดังนั้น การใช้เทคนิคทางอณูชีววิทยา เช่น การวิเคราะห์ลำดับเบสของ Internal Transcribed Spacer (ITS) ควรถูกนำมาใช้ในการศึกษาต่อไปเพื่อยืนยันชนิดของเชื้อราให้แม่นยำยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรมีการศึกษาผลของพลาสมาต่อการงอกของสปอร์เชื้อรา รวมถึงการศึกษากลไกการยับยั้งในระดับโครงสร้างเซลล์ เช่น การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เพื่ออธิบายผลการทดลองในเชิงลึกมากยิ่งขึ้น อีกทั้งควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของพลาสมาเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุมโรคแบบดั้งเดิม ตลอดจนการประเมินผลต่อคุณภาพของผลผลิต เพื่อให้ได้แนวทางที่เหมาะสม ปลอดภัย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้ในอนาคต

สรุปผลการทดลอง

การฉายอาร์กอนพลาสมามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ได้อย่างชัดเจน โดยสภาวะที่ให้ผลดีที่สุด คือ อัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน 0.25 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งสามารถยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนพริกได้สูงที่สุดถึง 100% ในวันที่ 7 หลังการฉายพลาสมา แสดงให้เห็นว่าพลาสมาสามารถลดความรุนแรงของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น งานวิจัยนี้อาจจะเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ต้องพึ่งสารเคมีได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 (รหัสโครงการวิจัย มจ.1-65-007)

เอกสารอ้างอิง

Boonmee, T., T. Disayathanoowat, L. Wongthaveethong, S. Nakpla, C. Sinpoo, K. Panngom and V. Chaimanee. 2026. Antifungal activity of non-thermal atmospheric pressure plasma against postharvest mango anthracnose, *Colletotrichum siamense*. **Postharvest Biology and Technology** 232: 113994.

Bosland, P.W. and E.J. Votava. 2003. **Peppers: Vegetable and Spice Capsicums.** England: CAB International. 233 p.

Cullen, P.J. and V. Milosavljevic. 2015. Spectroscopic charcaterization of a radio-frequency argon plasma jet discharge in ambient air. **Progress of Theoretical and Experimental Physics** 2015: 063J01.

Das, S., V.P. Gajula, S. Mohapatra, G. Singh and S. Kar. 2022. Role of cold atmospheric plasma in microbial inactivation and the factors affecting its efficacy. **Health Sciences Review** 4: 100037.

Dobrynin, D., G. Fridman, G. Friedman and A. Fridman. 2009. Physical and biological mechanisms of direst plasma interaction with living tissue. **New Journal of Physics** 11: 115020.

Ebadzadsahrai, G., E.A.H Keppler, S.D. Soby and H.D. Bean. 2020. Inhibition of fungal growth and induction od a novel volatilome in response to *Chromobacterium vaccinii* volatile organic compounds. **Frontiers in Microbiology** 11: 1035.

Galvin, S., O. Cahill, N. O'Connor, A.A. Cafolla, S. Daniels and H. Humphreys. 2013. The antimicrobial effects of helium and helium-air plasma on *Staphylococcus aureus* and *Clostridium difficile*. **Letters in Applied Microbiology** 57: 83–90.

Hadden, J.F. and L.L. Black. 1989. Anthracnose of Pepper Caused by *Colletotrichum* spp. pp. 189–199. *In* **Proceedings of the International Symposium on Integrated Management Practices: Tomato and Pepper Production in the Tropics.** Tainan,Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Centre.

Hegde, G.M. and K.H. Anahosur. 2001. Evaluation of fungitoxicants against fruit rot of chilli and their effect on biochemical constituents. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences** 14: 836–838.

Hu, X., H. Sun, X. Yang, D. Cui, Y. Wang, J. Zhuang, X. Wang, R. Ma and Z. Jiao. 2021. Potential use of atmospheric cold plasma for postharvest preservation of blueberries. **Postharvest Biology and Technology** 179: 111564.

Johnny, L., U.K. Yusuf and R. Nulit. 2011. Antifungal activity of selected plant leaves crude extracts against a pepper anthracnose fungus, *Colletotrichum capsica* (Sydow) butler and bisby (Ascomycota: Phyllachorales). **African Journal of Biotechnology** 10: 4157–4165.

Joshi, S.G., M. Cooper, A. Yost, M. Paff, U.K. Ercan, G. Fridman, G. Friedman, A. Fridman and A.D. Brooks. 2011. Nonthermal dielectric-barrier discharge plasma-induced inactivation involves oxidative DNA damage and membrane lipid peroxidation in *Escherichia coli*. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy** 55: 1053–1062.

Kaur, M., O.P. Sharma and P. Sharma. 2006. *In Vitro* effect of *Trichoderma* species on *Colletotrichum capsica* causing fruit rot of chilli (*Capsicum annuum* L.). **Indian Phytopathology** 59: 243–245.

Lacombe, A., B.A. Niemira, J.B. Gurtler, X. Fan, J. Sites, G. Boyd and H. Chen. 2015. Atmospheric cold plasma inactivation of aerobic microorganisms on blueberries and effects on quality attributes. **Food Microbiology** 46: 479–484.

Li, Q., J. Bu, J. Shu, Z. Yu, L. Tang, S. Huang, T. Guo, J. Mo, S. Luo, G.S. Solangi and T. Hsiang. 2019. Colletotrichum species associated with mango in southern China. **Scientific Reports** 9: 18891.

Liu, F., G. Tang, X. Zheng, Y. Li, X. Sun, X. Qi, Y. Zhou, J. Xu, H. Chen, X. Chang, S. Zhang and G. Gong. 2016. Molecular and phenotypic characterization of Colletotrichum species associated with anthracnose disease in peppers from Sichuan Province, China. **Scientific Reports** 6: 32761.

Misra, N., B. Tiwari, K. Raghavarao and P. Cullen. 2011. Nonthernal plasma inactivation of food-borne pathogens. **Food Engineering Reviews** 3: 159–170.

Misra, N.N., S. Patil, T. Moiseev, P. Bourke, J.P. Mosnier, K.M. Keener and P.J. Cullen. 2014. In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of strawberries. **Journal of Food Engineering** 125: 131–138.

Ngullie, M., L. Daiho and D.N. Upadhyay. 2010. Biological management of fruit rot in the world's hottest chilli (*Capicum chinense* jacq.). **Journal of Plant Protection Research** 50: 269–273.

Nicol, M.J., T.R. Brubaker, B.J. Honish II, A.N. Simmons, A. Kazemi, M.A. Geissel, C.T. Whalen, C.A. Siedlecki, S.G. Bilen, S.D. Knecht and G.S. Kirimanjeswara. 2020. Antibacterial effects of low-temperature plasma generated by atmospheric-pressure plasma jet are mediated by reactive oxygen species. **Scientific Reports** 10: 3066.

Pakdeevaraporn, P., S. Wasee, P.W.J. Taylor and O. Mongkolporn. 2005. Inheritance of resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum capsici* in Capsicum. **Plant Breeding** 124: 206–208.

Phan, K.T.K., H.T. Phan, C.S. Brennan, J.M. Regenstein, K. Jantanasakulwong, D. Boonyawan and Y. Phimolsiripol. 2019. Gliding arc discharge non-thermal plasma for retardation of mango anthracnose. **LWT-Food Science and Technology** 105: 142–148.

Poonpolgul, S. and S. Kumphai. 2007. Chilli Pepper Anthracnose in Thailand. Country Report. p. 23. *In* **Abstracts of the First International Symposium on Chilli Anthracnose.** Suwon, South Korea: National Horticultural Research Institute, Rural Development of Administration.

Rahman, M.A., M.A. Razvy and M.F. Alam. 2013. Antagonistic activities of *Trichoderma* strains against chili anthracnose pathogen. **International Journal of Microbiology and Mycology** 1: 7–22.

Sawangrat, C., Y. Phimolsiripol, K. Leksakul, S. Thanapornpoonpong, P. Sojithamporn, M. Lavilla, J.M. Castagnini, F.J. Barba and D. Boonyawan. 2022. Application of pinhole plasma jet activated water against *Escherichia coli*, *Colletothichum gloeosporioides*, and decontamination of pesticide residues on chili (*Capsicum annuum* L.). **Foods** 11: 2859.

Saxena, A., R. Raghuwanshi, V.K. Gupta and H.B. Singh. 2016a. Chilli anthracnose: the epidemiology and management. **Frontiers in Microbiology** 7: 1527.

Saxena, A., R. Raghuwanshi and H.B. Singh. 2016b. Elevation of defense network in chilli against *Collectotrichum capsica* by phyllospheric *Trichoderma* strain. **Journal of Plant Growth Regulation** 35: 377–389.

Subrahmanyam, K., K. Gul, R. Sehrawat, B.K. Tiwari and S. Sahoo. 2024. Cold plasma-mediated inactivation of microorganisms for the shelf-life extension of animal-based foods: efficiency, mechanism of inactivation, and impact on quality attributes. **Food Control** 162: 110464.

Suwan, N. and S. Na-Lampang. 2013. Characterization and evaluation of carbendazim resistance response of *Colletotrichum* species. **Journal of Agricultural Science and Technology** 9: 1883–1894.

Than, P.P., H. Prihastuti, S. Phoulivong, P.W.J. Taylor and K.D. Hyde. 2008. Chilli anthracnose disease caused by *Colletotrichum* species. **Journal of Zhejiang University SCIENCE B** 9: 764–778.

Thinh, D.C. and K. Kunasakdakul. 2013. Inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides* and control of postharvest anthracnose disease on mango fruit using propionic acid combined with bee-carnauba wax emulsion. **Journal of Agricultural Science** 5: 110–116.

Weitz, H.J., A.L. Ballard, C.D. Campbell and K. Killham. 2001. The effect of culture conditions on the mycelial growth and luminescence of naturally bioluminescent fungi. **FEMS Microbiology Letters** 202: 165–170.

Wu, Y., J.-H. Cheng and D.-W. Sun. 2022. Subcellular damages of *Colletothichum asianum* and inhibition of mango anthracnose by dielectric barrier discharge plasma. **Food Chemistry** 381: 132197.

Wu, Y., J.-H. Cheng, K.M. Keener and D.-W. Sun. 2023. Inhibitory effects of dielectric barrier discharge cold plasma on pathogenic enzymes and anthracnose for mango postharvest preservation. **Postharvest Biology and Technology** 196: 112181.

Xu, X., H. Lei, X. Ma, T. Lai, H. Song, X. Shi and J. Li. 2017. Antifungal activity of 1-methylcyclopropene (1-MCP) against anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in postharvest mango fruit and it's possible mechanisms of action. **International Journal of Food Microbiology** 241: 1–6.

Zhang, H., C. Zhang and Q. Han. 2023. Mechanisms of bacterial inhibition and tolerance around cold atmospheric plasma. **Applied Microbiology and Biotechnology** 107: 5301–5316.

Zygaflo, J., C. Guzman and N. Grosso. 1994. Antifungal properties of the leaf oils of *Tagets minuta* L. and *T. fifolia* lag. **Journal of Essential Oil Research** 6: 617–621.

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 137-150

การพัฒนาต้นแบบสารชีวภัณฑ์ในรูปแบบอัดเม็ดจากวัสดุเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร (ขี้เลื่อยยางพาราและซังข้าวโพด) ผสมเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis*

Development of a Prototype Bio-product in Pellet Form from Agricultural Residues (Rubber Wood Sawdust and CornCobs) Incorporated with *Bacillus subtilis*

ฮุสนา ตีมุง[1,*] อัญรินทร์ ภู่มีสุข[2] ซูไฮมิน เจ๊ะมะลี[3] และนริศรา ดารากัย[4]

Husna Teemung[1,*], Anyarin Phumeesuk[2], Suhaimin Chehmalee[3] and Narissara Darakai[4]

[1]สำนักวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยฟาฏอนี ปัตตานี 94160

[2]สาขาเคมี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟาฏอนี ปัตตานี 94160

[3]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาฏอนี ปัตตานี 94160

[4]บริษัท กาตีนา เนเชอรัล โปรดักส์ นครศรีธรรมราช 80000

[1]Research and Innovation Institute, Fatoni University, Pattani, Thailand 94160

[2]Department of Chemistry, Faculty of Education, Fatoni University, Pattani, Thailand 94160

[3]Faculty of Science and Technology, Fatoni University, Pattani, Thailand 94160

[4]KATINA NATURAL PRODUCT Co., LTD, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80000

*Corresponding author: Husnateemung@gmail.com

**ORCID iD: https://orcid.org/0009-0007-7019-5674

Received: *September 16, 2026*

Revised: March *10, 2026*

Accepted: *June 11, 2026*

Abstract

At present, the production of agricultural bio-products has become increasingly diverse in both powder and liquid forms. However, limitations in user convenience remain, as most products require mixing or microbial activation prior to application. This study aimed to develop a pelletized bio-product using *Bacillus subtilis* in combination with agricultural residues, namely, rubberwood sawdust and corn cobs, which serve as carrier materials and nutrient sources. The prototype product was evaluated for bacterial growth efficiency and hydrogel coating performance. The hydrogel coating was prepared from corncob extract mixed with maltodextrin at a ratio of 1:1, which demonstrated effective coating properties using an encapsulation technique to delay the degradation of the pelletized bio-product. The pelletized bio-product exhibited an initial microbial concentration of 1.52×10^8 CFU g^{-1}. After a storage period of 3 months, the survival rate of *Bacillus subtilis* remained at 6.3×10^6 CFU g^{-1}. Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis revealed a clearly defined coating layer, which effectively prevented a reduction in bacterial performance. Biodegradation tests conducted through soil burial demonstrated that the hydrogel-coated pellets degraded within 3–4 months, whereas uncoated pellets degraded within 2 days. In distilled water, the coated product maintained its structural stability for more than 2 months.

Furthermore, the hydrogel-coated pellets extended the shelf life to more than 6 months, with a microbial survival level of 1.84×10^5 CFU g^{-1}. Toxicity and contamination assessments confirmed the absence of harmful residues, highlighting the strong potential of the developed pelletized bio-product for sustainable application in organic agricultural systems.

Keywords: agricultural waste, *Bacillus subtilis*, bioformulation, corn cobs, rubberwood sawdust

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การผลิตสารชีวภัณฑ์เพื่อการเกษตรมีความหลากหลายมากขึ้นทั้งในรูปแบบผงและของเหลว อย่างไรก็ตาม ยังคงมีข้อจำกัดด้านความสะดวกในการใช้งาน เนื่องจากต้องมีการผสมหรือขยายเชื้อก่อนนำไปใช้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสารชีวภัณฑ์ในรูปแบบอัดเม็ด โดยใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ขี้เลื่อยยางพารา และซังข้าวโพด เป็นวัสดุตัวกลางและแหล่งอาหาร ผลิตภัณฑ์ต้นแบบได้รับการทดสอบด้านประสิทธิภาพการเจริญของเชื้อ และการเคลือบสารไฮโดรเจลจากสารสกัดซังข้าวโพดที่มีการผสมสารมอลโทเดกซ์ทรินในอัตราส่วน 1:1 ที่มีประสิทธิภาพในการเคลือบ โดยใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชัน (encapsulation) เพื่อชะลอการย่อยสลายสารชีวภัณฑ์อัดเม็ดโดยมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 1.52×10^8 โคโลนีต่อกรัม และทดสอบการเก็บรักษา 3 เดือน พบว่าอัตราการรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ยังคงอยู่ที่ 6.3×10^6 โคโลนีต่อกรัม การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบชั้นสารเคลือบอย่างชัดเจน ซึ่งช่วยป้องกันการลดลงของประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดสอบการย่อยสลายโดยการฝังดินพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีการเคลือบย่อยสลายภายใน 3–4 เดือน ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเคลือบสารไฮโดรเจลย่อยสลายภายในระยะเวลา 2 วัน การทดสอบในน้ำกลั่นพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีการเคลือบคงสภาพได้นานมากกว่า 2 เดือน และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานมากกว่า 6 เดือน โดยมีอัตราการรอดชีวิต 1.84×10^5 โคโลนีต่อกรัม ทั้งนี้ ไม่พบสารตกค้างที่เป็นอันตราย สะท้อนศักยภาพการประยุกต์ใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร บาซิลลัส ซับทิลิส สารชีวภัณฑ์ ซังข้าวโพด ขี้เลื่อยยางพารา

บทนำ

ในปัจจุบันการใช้ปุ๋ยเคมีในระบบการเกษตรมีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตพืช โดยเฉพาะในระบบปลูกข้าวและพืชชนิดต่าง ๆ เพื่อชดเชยการสูญเสียธาตุอาหารจากดิน และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ต้องการสารอาหารอย่างมาก อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องและมีการใช้เป็นจำนวนมาก ส่งผลทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น การเสื่อมสภาพของดิน การปนเปื้อนของสารอาหารในน้ำ และการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ดินลดลง ซึ่งมีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาว (Krasilnokov *et al*., 2022) ข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในสกุล *Oryza* และเป็นอาหารหลักของประชากรกว่า 3 พันล้านคน ส่วนใหญ่ในประเทศกำลังพัฒนา โดย 90% ของผลผลิตข้าวโลกอยู่ในทวีปเอเชีย ประเทศไทยใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมาก โดยปี พ.ศ. 2568 คาดว่ายอดขายปุ๋ยเคมีจะอยู่ที่ 94,602 ล้านบาท เติบโตชะลอลงจากปี พ.ศ. 2567 เนื่องจากความต้องการและราคาที่ลดลง (Kasikorn Research, 2025) ไทยมุ่งสู่เศรษฐกิจสีเขียว ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม แต่เกษตรกรยังพึ่งพาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชสูง (Pearvongnukul *et al*., 2023) ซึ่งส่งผลเสีย

ต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพ การใช้ชีววิธี เช่น ตัวห้ำ สารสกัดจากพืช และสารชีวภัณฑ์ จึงได้รับความสนใจ (Department of Agricultural Extension, 2020) โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรค และส่งเสริมการเจริญเติบโตพืช (Kawicha *et al*., 2020) ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์ปัจจุบันยังมีรูปแบบที่ซับซ้อน และจากการศึกษางานวิจัยหลายฉบับพบว่า การใช้สารชีวภัณฑ์สามารถลดการพึ่งพาปุ๋ยเคมี โดยยังคงรักษาหรือเพิ่มผลผลิตได้ นอกจากนี้ การใช้สารชีวภัณฑ์ยังช่วยฟื้นฟูโครงสร้างดิน เพิ่มความหลากหลายของจุลินทรีย์ในดิน และลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการใช้ปุ๋ยปริมาณสูงอีกด้วย (Ali *et al*., 2024) ทีมวิจัยจึงพัฒนาสารชีวภัณฑ์อัดเม็ดโดยตรึง *B. subtilis* บนวัสดุตัวกลางจากเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ขี้เลื่อยยางพารา และซังข้าวโพด และมีปริมาณมากในประเทศไทย การใช้ซังข้าวโพดซึ่งส่วนใหญ่จะนำทำเป็นอาหารสัตว์ และส่วนหนึ่งของชีวมวลเหล่านี้สามารถนำมาใช้ ประโยชน์เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มได้ แทนการเผาทิ้งกองรวมที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและดิน เนื่องจากสิ่งดังกล่าวประกอบด้วยเซลลูโลสและลิกนิน ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำเป็นวัตถุดิบต่าง ๆ อาทิเช่น ไบโอเฟอร์ทิลไลเซอร์และไฮโดรเจล เพื่อใช้งานทางการเกษตร ซึ่งการนำชีวมวลเหล่านี้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สามารถเชื่อมโยงให้เกิดระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างยั่งยืน (Almeida *et al*., 2025)

การนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเป็นตัวกลางในการตรึงเชื้อแบคทีเรียสามารถช่วยรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น เนื่องจากเศษเหลือทิ้งดังกล่าวเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ และปรับปรุงดินได้ดีขึ้น (Randima *et al*., 2023) นอกจากนี้ ยังเคลือบสารสกัดซังข้าวโพดในรูปไฮโดรเจลด้วยเทคโนโลยีเอนแคปซูเลชัน (encapsulation) สามารถปกป้องสารสำคัญและควบคุมการปล่อยสารในสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน (Rithmanee and Phonpannawi, 2018) สารไฮโดรเจลสามารถกักเก็บน้ำและสารอาหารไว้ภายในโครงสร้าง และค่อย ๆ ปล่อยออกมาเมื่ออยู่ในดิน ซึ่งจะช่วยลดการชะล้างไนโตรเจน และเพิ่มการใช้ธาตุอาหารโดยพืชได้ดีกว่าวัสดุตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบสารไฮโดรเจล (E *at el*., 2024) สารไฮโดรเจลมีคุณสมบัติการคงความชื้นสูง และสามารถควบคุมการปล่อยสารจึงเหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์อัดเม็ด เพื่อเพิ่มการรอดชีวิตของเชื้อและประสิทธิภาพการใช้งาน ทั้งนี้ การใช้ชีวมวลทางการเกษตรและสารไฮโดรเจลร่วมกัน ช่วยสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความยั่งยืน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหาร ลดการปล่อยก๊าซ และเสริมสร้างคุณภาพดินในระบบการเกษตรในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างวัสดุตัวกลางในการตรึงเชื้อแบคทีเรีย

การเตรียมวัสดุตัวกลาง

วัสดุตัวอย่างขี้เลื่อยยางพารา และซังข้าวโพดได้รับการผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มม. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 100 กรัม จำนวน 3 ชุด (replicates) บรรจุในขวดชมพู่ขนาด 250 มล. ปิดฝาโดยใช้แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ และนำไปฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิ 121°ซ ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที จำนวน 2 รอบ โดยดัดแปลงวิธีการของ Han *et al*. (2020)

การเตรียมตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ

นำเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ซึ่งอยู่ในกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยการเตรียมเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวให้มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^8 โคโลนี/มล. จากนั้นทำการเจือจางเชื้อเป็น 10 เท่า ในปริมาตร 40 มล. บรรจุในขวดฝาเกลียว ขนาด 500 มล.

เติมน้ำกลั่น 360 มล. ในขวดเดียวกัน และผสมให้เข้ากัน เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป โดยดัดแปลงจากวิธีของ Saengsanga and Rattana (2017)

การผสมแบคทีเรียในตัววัสดุตัวกลาง และการศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่เหมาะสมต่อการตรึงเชื้อบนวัสดุตัวกลาง

ดำเนินการผสมเชื้อแบคทีเรียความเข้มข้น 10^8 โคโลนี/มล. กับวัสดุตัวกลาง 2 ชนิด ได้แก่ ขี้เลื่อยยางพารา และซังข้าวโพดที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ในอัตราส่วน 20 มล. ต่อวัสดุตัวกลาง 100 กรัม ตามวิธีดัดแปลงของ Crouzet *et al*. (2014) โดยคลุกเคล้าให้เข้ากันสม่ำเสมอ และทำการบ่มเชื้อแบคทีเรียที่อุณหภูมิ 37°ซ เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการตรึงเชื้อแบคทีเรียบนวัสดุตัวกลาง (Table 1)

Table 1 Appropriate ratio of carrier material and bacterial suspension volume for immobilization on the carrier

Method	Bacterial suspension volume (ml)	Carrier material ration (sawdust : corncob)
1	20	50:50
2	40	50:50
3	60	50:50
4	80	50:50
5	100	50:50
6	120	50:50

การทดสอบอัตราการรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียบนวัสดุตัวกลาง

ศึกษาการรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียที่ตรึงบนวัสดุตัวกลางโดยดัดแปลงวิธี Kouam *et al*. (2024) นำวัสดุตัวกลางผสม (ขี้เลื่อยยางพาราและซังข้าวโพด) 1 กรัม ใส่ในหลอดเซนทริฟิวจ์ เติมน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 9 มล. เซนติฟิวจ์ที่ 5,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที เก็บส่วนใสเจือจาง 10 เท่า และใช้เทคนิค pour plate นำตัวอย่าง 1 มล. บ่มที่ 37°ซ นาน 24 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณปริมาณเชื้อ (โคโลนี/กรัม) = (จำนวนโคโลนีที่นับได้) / ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ในจานเพาะเชื้อ (มล.) x (ค่าความเจือจางของจานนั้น)

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์

การศึกษาอัตราที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์โดยการทำการผสมส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ ขี้เลื่อยยางพารา ซังข้าวโพดบดละเอียด ซังข้างโพดบดหยาบ แป้งข้าวโพด สารมอลโทเดกซ์ทริน เชื้อแบคทีเรีย และน้ำกลั่น ตามลำดับ โดยการดัดแปลวิธีการของ Kumar *et al*. (2022) โดยอัตราส่วนดัง Table 2 ด้วยการนำส่วนผสมทุกส่วนผสมรวมกันจนเป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นทำการบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 37°ซ เป็นระยะเวลา 30 วัน เพื่อให้เชื้อแบคทีเรียที่เติมลงไปเจริญได้ดี จึงจะสามารถนำไปใช้ในกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้

Table 2 Study of the optimal ratio for forming biological product formulations

Ingredients (g)	Method		
	1	2	3
Rubber wood sawdust	50	30	30
Finely ground corncob	25	30	25
Coarsely ground corncob	25	30	25
Cornstarch	30	30	20
Maltodextric	43	30	20
Bacterial culture + distilled water	200	150	300
Total	**373**	**300**	**420**

การผลิตสารไฮโดรเจลจากซังข้าวโพด

การเตรียมสารสกัดซังข้าวโพดโดยการชั่งซังข้าวโพดจำนวน 50 กรัมต่อน้ำกลั่น 500 มล. ทำการสกัดโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำกรองตัวอย่างซึ่งเป็นสารสกัดที่ได้จากซังข้าวโพด หลังจากนั้นนำสารสกัดซังข้าวโพดมาผสมมอลโทเดกซ์ทริน โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 โดยการให้ความร้อนที่ 800 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้เกิดเจลสำหรับการเคลือบผลิตภัณฑ์ โดยดัดแปลงวิธีของ Enawgaw *et al*. (2021)

การวิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลด้วย Scanning Electron Microscope (SEM)

ศึกษาการยึดเกาะของเชื้อแบคทีเรียบนวัสดุตัวกลางโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างเคลือบและไม่เคลือบสารเอนแคปซูเลชัน (ดัดแปลงจาก Gamez *et al*., 2019)

การทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ

ทดสอบการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์โดยวิธีฝังกลบ (ดัดแปลงจาก Hazrol *et al*., 2023) ใช้ตัวอย่าง 6 สูตรผสมแตกต่างกัน ตากแห้ง 1 สัปดาห์ ผสมดินและน้ำให้มีความชื้น 40 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบในขวดแก้วฝาเกลียวพร้อมระบบให้อากาศนาน 45 วัน เก็บตัวอย่างทุก 15 วัน รายงานเปอร์เซ็นต์น้ำหนักลดลง นอกจากนี้ทดสอบการย่อยสลายในน้ำและดินของสารชีวภัณฑ์ 3 แบบ ได้แก่ เคลือบไฮโดรเจลจากซังข้าวโพด เคลือบไฮโดรเจลจากน้ำกลั่นและไม่เคลือบ โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\text{Weight loss (\%)} = (Wi - Wf) / Wi \times 100$$

Wi = น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างก่อนการทดสอบการย่อยสลาย

Wf = น้ำหนักสุดท้ายของตัวอย่างหลังการทดสอบการย่อยสลาย

การทดสอบสารพิษตกค้าง

ทดสอบสารตกค้างกลุ่ม Organochlorine, Organophosphate, Pyrethroid และ Carbamate โดยวิธี In-house based on QuEChERS และเทคนิค GC-FPD, GC/μ-ECD, LC-MS ตามลำดับ รวมถึงการทดสอบโลหะหนัก Arsenic, Cadmium, Lead และ Mercury ตามวิธี Manual for Organic Fertilizer Analysis (APSRDO, DOA:4/2551)

การทดสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

เก็บตัวอย่างสารชีวภัณฑ์ (1 กก.) ในถุงพลาสติกปิดผนึก จำนวน 3 ซ้ำ ที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน วิเคราะห์โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ CRD ทดสอบการปล่อยเชื้อแบคทีเรีย โดยเจือจางตัวอย่างชีวภัณฑ์ให้มีระดับความเข้มข้นเท่ากับ 10^{-3}, 10^{-4} และ 10^{-5} จากสารละลาย 10 กรัมในน้ำกลั่น 90 มล. ทำการปั่นและตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ตกตะกอน

ผลการวิจัย

การศึกษาอัตราการรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียบนวัสดุตัวกลางของเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร (ขี้เลื่อยยางพาราและซังข้าวโพด)

การเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบตัวกลางที่เป็นเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร (ขี้เลื่อยยางพาราและซังข้าวโพด) เพื่อใช้เป็นตัวตรึงเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* พบว่าขนาดของวัสดุตัวกลางที่เหมาะสมในการอัดเม็ดเป็นสารชีวภัณฑ์มีขนาด 80 mesh (Figure 1A) และเมื่อทำการทดสอบอัตราการรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวโดยการเติมเชื้อแบคทีเรียเริ่มต้นที่ระดับความเข้มข้น 1.52×10^{8} โคโลนี/กรัม โดยการนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°ซ เป็นระยะเวลา 3 เดือน ทำการทดสอบจำนวน 6 กรรมวิธี ทำมีการเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลทดสอบปริมาณการรอดชีวิตของเชื้อทุก 7 วัน พบว่า อัตราการรอดชีวิตของเชื้อมีการลดลงเพียงเล็กน้อย ทั้ง 6 กรรมวิธี และมีกรรมวิธีที่มีอัตราการรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียได้น้อยที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1.65×10^{4} โคโลนี /กรัม และกรรมวิธีที่มีอัตราการรอดชีวิตมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 3 มีค่าเท่ากับ 6.3×10^{6} โคโลนี/กรัม (Table 3)

การทดสอบอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการอัดเม็ดของสารชีวภัณฑ์

การทดสอบปริมาณอัตราของส่วนผสมการอัดเม็ดของสารชีวภัณฑ์จำนวน 3 กรรมวิธี Table 2 พบว่าปริมาณการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์อัดเม็ดที่ดีที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 1 เนื่องจากปริมาณสัดส่วนของน้ำ 373 มล. ส่งผลทำให้การขึ้นรูปอัดเม็ดที่ดีและมีความชื้นที่เหมาะสม ทำให้การขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์เหมาะสมที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ ลักษณะของสารชีวภัณฑ์ทางกายภาพที่ผ่านการอัดเม็ดมีลักษณะรูปร่างเม็ดทรงกระบอกสั้นหรือแท่งเล็ก ๆ ขนาดสม่ำเสมอ ลักษณะสีน้ำตาลอ่อนเทา เกิดจากการผสมของขี้เลื่อยยางพารา (สีน้ำตาลอ่อน) และซังข้าวโพด (สีเหลืองนวล) และลักษณะกลิ่นเป็นกลิ่นไม้ธรรมชาติหรือกลิ่นขี้เลื่อยอ่อน ๆ และกลิ่นหมักอ่อน ๆ คล้ายดินหรือฟางหมัก (Figure 1B)



Figure 1 Size and appearance of corncob and rubberwood sawdust sample and pellet formation of Bioformulation using agricultural waste materials; (A) rubberwood sawdust and (B) corn cobs

Table 3 Bacterial survival rate on carrier materials over a 3-month period

Method	7 Day (cfu/g)	30 Day (cfu/g)	60 Day (cfu/g)	90 Day (cfu/g)
1	$1.52x10^8$	$7.89x10^6$	$8.94x10^5$	$1.65x10^4$
2	$1.52x10^8$	$7.20x10^6$	$4.65x10^5$	$5.30x10^4$
3	$1.52x10^8$	$1.20x10^6$	$1.20x10^5$	$2.08x10^4$
4	$1.52x10^8$	$2.25x10^6$	$6.40x10^5$	$4.40x10^4$
5	$1.52x10^8$	$3.82x10^6$	$3.52x10^5$	$3.82x10^4$
6	$1.52x10^8$	$8.95x10^7$	$2.89x10^7$	$6.30x10^6$

การผลิตสารไฮโดรเจลจากซังข้าวโพดเพื่อใช้ในการเคลือบเอนแคปซูเลชั่นของสารชีวภัณฑ์อัดเม็ด

การผลิตสารไฮโดรเจลจากซังข้าวโพด โดยชั่ง 250 กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 80°ซ เป็นเวลา 30 นาที นำส่วนน้ำที่สกัดได้ผสมกับสารมอลโทเดกซ์ทริน อัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 โดยการให้ความร้อนที่ 800 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเกิดเจล คือ 1:1 ทำให้เกิดเจลได้ดีที่สุดเหมาะสมต่อนำไปใช้ในการเคลือบสารไฮโดรเจลโดยเทคนิคเอนแคปซูเลชั่น เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าสี L*, a* และ b* ค่าสีของอัตราส่วนที่เหมาะสม 1:1 มีค่าเท่ากับ 21.750±1.100, 2.477±0.565 และ 7.813±1.272 (Table 4)

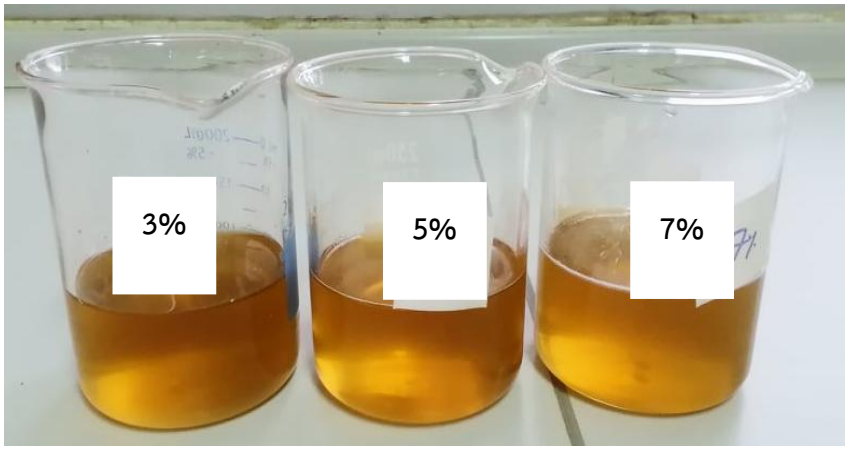


Figure 2 Evaluation of the optimal maltodextrin concentration for hydrogel production from corncob

Table 4 Color measurement values of corncob samples and corn extract

Sample	Color analysis values (mean±SD)			
	L*	a*	b*	ΔE
Corn starch extract	22.177±1.431	2.267±1.434	7.957±1.832	12.037±1.431
1:1 maltodextrin	21.750±1.100	2.477±0.565	7.813±1.272	13.120±1.715
1:2 maltodextrin	22.107±1.381	2.253±0.660	6.943±1.023	14.087±1.644
1:3 maltodextrin	21.233±1.222	2.867±0.617	7.900±1.000	12.690±1.558

การวิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลด้วย Scanning Electron Microscope (SEM)

เมื่อทำการศึกษาลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียในการยึดเกาะบนวัสดุตัวกลางโดยการส่องกล้องจุลทรรศอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) ในรูปแบบไม่มีการเคลือบสารพบลักษณะของโครงสร้างเป็นรูพรุน ทำให้เกิดการแตกได้ง่ายเมื่อมีความชื้น และการเคลือบสารไฮโดรเจลบนวัสดุตัวกลางจะช่วยในเรื่องการปลดปล่อยสารแบบช้า ๆ จากการเคลือบชั้นไฮโดรเจลที่เตรียมจากซังข้าวโพดที่มีส่วนที่เกิดจากโครงสร้างพอลิเมอร์จากธรรมชาติ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งเป็นโครงสร้างสามมิติที่ช่วยให้มีรูพรุนและกึ่งซึมผ่านได้ ส่งผลทำให้การแพร่ของน้ำและสารออกฤทธิ์ถูกควบคุมทำให้สารถูกปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง และที่สำคัญการเคลือบสารไฮโดรเจลมีกลไกการปลดปล่อยของสาร เกิดจากซึมผ่านของน้ำเข้าสู่โครงสร้างไฮโดรเจลทำให้พองตัว และเปิดช่องว่างระดับไมโคร-นาโน ส่งผลให้สารค่อย ๆ แพร่ออกมาตามความหนาแน่นและขนาดรูพรุนของผลิตภัณฑ์

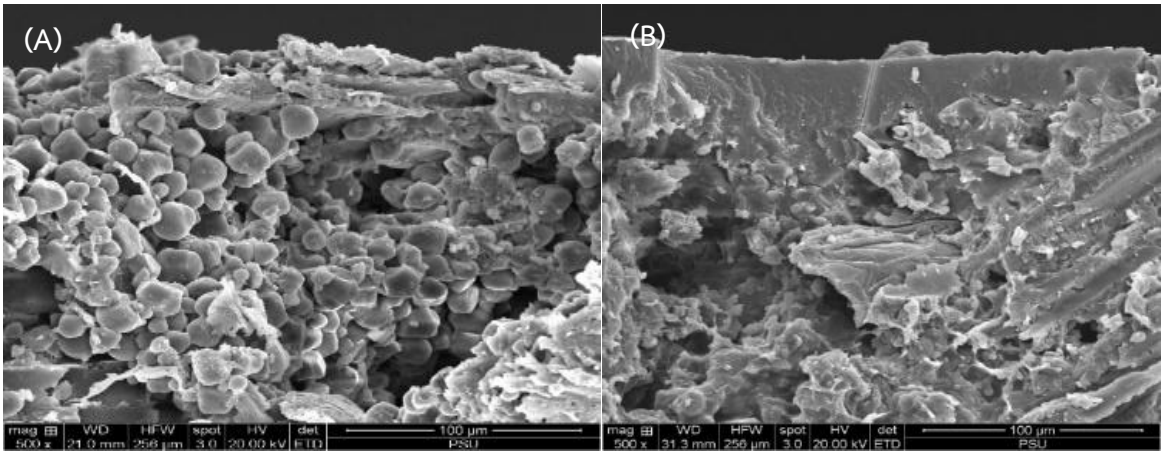


Figure 3 Structure of pelletized biological products; (A) pelletized biological product without hydrogel coating and (B) pelletized biological product with hydrogel coating

การทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ

การทดสอบการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์โดยทำการทดสอบจำนวน 2 แบบด้วยกัน คือ การทดสอบการย่อยสลายในน้ำ และการทดสอบการย่อยสลายในรูปแบบการฝังดิน พบว่าสารชีวภัณฑ์ที่มีการเคลือบสารไฮโดรเจลจากซังข้าวโพดมีความสามารถในการย่อยสลายในน้ำเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ และการทดสอบการย่อยสลายในดินใช้ระยะเวลาประมาณ 3–4 เดือน และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับสารชีวภัณฑ์ที่ไม่มีการเคลือบสารไฮโดรเจลเมื่อทำการทดสอบการย่อยในน้ำเกิดการย่อยสลายเป็นระยะเวลา 2 นาที และเมื่อทำการทดสอบการย่อยสลายในดินมีความสามารถในการย่อยได้ 2 วัน (Table 5)

การทดสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

การทดสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างสารชีวภัณฑ์อัดเม็ดในรูปแบบที่มีการเคลือบสารไฮโดรเจลจากซังข้าวโพด ผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ที่มีการเคลือบสารไฮโดรเจลจากน้ำกลั่น และผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ที่ไม่มีการเคลือบสารไฮโดรเจลพบว่า อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีระยะเวลาเป็น 6 เดือน 10 วัน และ 7 วัน ตามลำดับ (Table5)

Table 5 Degradation test results of pelletized biological products and shelf life test results of pelletized biological products

Sample	Degradation time		Shelf life
	in water	in soil	
Biological product coated with corncob hydrogel	More than 1 week	More than 3-4 months	More than 6 months
Biological product coated with hydrogel from distilled water	21 hours	7 day	10 day
Biological product without hydrogel coating	2 mins	2 day	7 day

การทดสอบสารพิษตกค้าง

ทดสอบสารตกค้างกลุ่ม Organochlorine, Organophosphate, Pyrethroid และ Carbamate โดยวิธี In-house based on QuEChERS และเทคนิค GC-FPD, GC/μ-ECD, LC-MS ตามลำดับ รวมถึงการทดสอบโลหะหนัก Arsenic, Cadmium, Lead และ Mercury ตามวิธี Manual for Organic Fertilizer Analysis (APSRDO, DOA:4/2551) ไม่มีการปนเปื้อนของสารตกค้างดังกล่าว

วิจารณ์ผลการวิจัย

การพัฒนาสารชีวภัณฑ์อัดเม็ดจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ขี้เลื่อยยางพาราและซังข้าวโพดผสมเชื้อ *Bacillus subtilis* ลงในวัสดุอัดเม็ดถือเป็นการตรึงจุลินทรีย์ (immobilization) ในเมทริกซ์ของแข็ง (Bashan *et al*., 2024) และการเคลือบสารไฮโดรเจลจากซังข้าวโพดในรูปแบบเอนแคปซูเลชัน จะช่วยในการลดการปลดปล่อยของจุลินทรีย์ ป้องกันการย่อยสลาย

รวดเร็วของเม็ดชีวภัณฑ์ในธรรมชาติ เนื่องจากสารไฮโดรเจลจากซังข้าวโพดเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่สามารถสร้างโครงข่ายสามมิติ มีคุณสมบัติการพองตัวเมื่อสัมผัสน้ำ และมีโครงสร้างรูพรุนระดับไมโคร-นาโน ทำให้เกิดการควบคุมการแพร่ของน้ำ ออกซิเจน และสารอาหารเข้าสู่เม็ดชีวภัณฑ์ ส่งผลทำให้ช่วยลดการย่อยสลายเร็วในธรรมชาติ และควบคุมการปลดปล่อยสารชีวภัณฑ์ไม่ให้เกินความจำเป็นต่อพืช (Mikhailidi *et al*., 2024) โดยพบว่าเชื้อแบคทีเรียสามารถรอดชีวิตบนวัสดุดังกล่าวได้นานถึง 3 เดือน เนื่องจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรดังกล่าวเป็นวัสดุลิกโนเซลลูโลส ที่เป็นประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งมีรูพรุน และพื้นที่ผิวสูง ทำให้เอื้อต่อการทำหน้าที่เป็นวัสดุตัวกลาง จึงมีความเหมาะสมต่อการยึดเกาะ และมีผลต่อการอัตรารอดของเชื้อจุลินทรีย์ (Cruz-Barrera *et al*., 2025) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Phiromatan *et al.* (2013) ที่ศึกษาการรอดชีวิตของ *Azotobacter vinelandii* NDD-CK-1 บนวัสดุตัวกลาง 4 ชนิด ได้แก่ พีท พีทผสมปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพด ใบทองกวาว และเศษเห็ด โดยพบว่าพีทผสมปุ๋ยใบทองกวาวให้ผลดีที่สุดในระยะเวลา 90 วัน (6.41 log cfu/g) ซึ่ง Parveen *et al.* (2023) ศึกษาการตรึงเชื้อบนวัสดุ 5 ชนิด ได้แก่ กลูเตน ทัลก์ ถ่าน เบนโทไนต์ และน้ำเลี้ยงเชื้อ พบว่าทัลก์ผสมกลูเตนให้ผลการเก็บรักษาเชื้อดีที่สุด (9.03×10^{10} cfu/g) นานถึง 360 วัน โดยความชื้นที่เหมาะสม (53.6%) มีผลต่อการเจริญและการขึ้นรูปเม็ดอย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับงานของ Hettiarachchi *et al.* (2019) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารช่วยยึดเกาะ (แป้งข้าวเจ้า ปูนขาว ฟอสเฟตหิน) ในสัดส่วน 1–3% ช่วยเพิ่มความสามารถในการแตกตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารในดินได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ การเคลือบด้วยสารไฮโดรเจลยังช่วยควบคุมการปลดปล่อยสารชีวภัณฑ์ได้ดีขึ้น ตามผลวิจัยของ Skrzypczak *et al.* (2022) ซึ่งใช้แคปซูลไฮโดรเจลแบบหลายชั้นที่ประกอบด้วยโซเดียมอัลจิเนต 0.79% คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.24% และแป้ง 8.07% โดยวิธีจุ่มและพ่นสามารถควบคุมการปลดปล่อยไอออนของปุ๋ยและยืดอายุผลิตภัณฑ์ได้ถึง 6 เดือน สอดคล้องกับงาน ของ Sattar *et al*. (2024) ที่พัฒนาปุ๋ยนาโนเคลือบไฮโดรเจล จาก LNR/AAc/pectin ซึ่งสามารถย่อยสลายในดินได้ถึง 96.3% ภายใน 120 วัน

สรุปผลการทดลอง

การศึกษานี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาสารชีวภัณฑ์อัดเม็ดจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ขี้เลื่อยยางพารา และซังข้าวโพด โดยใช้เชื้อ *Bacillus subtilis* และเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการเคลือบไฮโดรเจลจากซังข้าวโพดในรูปแบบเอนแคปซูเลชัน ผลการทดสอบพบว่าวัสดุตัวกลางขนาด 80 mesh เหมาะสมต่อการอัดเม็ดและการตรึงเชื้อ สามารถรักษาอัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ได้ดีตลอด 3 เดือน โดยคงจำนวนเชื้อในระดับสูงสุด 6.3×10^{6} โคโลนี/กรัม การใช้น้ำ 373 มล. ให้การขึ้นรูปเม็ดที่มีคุณภาพและสม่ำเสมอ ขณะที่การเคลือบไฮโดรเจลจากซังข้าวโพดที่อัตราส่วนสารสกัดต่อสารมอลโทเดกซ์ทริน 1:1 ให้เจลที่มีเสถียรภาพ และเหมาะสมต่อการควบคุมการปลดปล่อยสาร จากการวิเคราะห์ SEM พบว่าไฮโดรเจลช่วยสร้างโครงข่ายพอลิเมอร์กึ่งซึมผ่านได้ ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยสารชีวภัณฑ์อย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบไฮโดรเจลมีการย่อยสลายในน้ำและดินช้าลงอย่างมีนัยสำคัญ ยืดอายุการเก็บรักษาได้มากกว่า 6 เดือน และไม่พบสารพิษตกค้างหรือโลหะหนัก โดยสรุปแนวทางดังกล่าวช่วยเพิ่มเสถียรภาพ ควบคุมการปลดปล่อยและยืดอายุการใช้งานของสารชีวภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ทางการเกษตรอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) ที่ให้ทุนวิจัยในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 และขอขอบคุณบริษัทกาตีนา เนเซอรัล โปรดักส์ ที่เป็นบริษัทร่วมวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยฟาฏอนี ที่ให้การอนุเคราะห์ด้านสถานที่ และวัสดุอุปกรณ์ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

Ali, A., X. Liu, W. Yang, W. Li, J. Chen, Y. Qiao, Z. Gao and Z. Yang. 2024. Impact of bio-organic fertilizer incorporation on soil nutrients, enzymatic activity and microbial community in wheat-maixe rotation system. **Journal Agronomy** 14(1942): 1–18. https://doi.org/10.3390/agronomy 14091942

Almeida, B.P., L.F.S. Pavao, M.S.D. Farias, N.M. Nicolodi, M.T. Petry, M.M. Leal, P.C. Coradi, V.L. Souza, M.D.S. Queiros and G.L. Zabot. 2025. Agricutural biomass as a resource for biomaterials biofertilizers and bioproducts: a systematic review. **Journal Agrochemicals** 4(23): 1–27. https://doi.org/10.3390/agrochemicals 4040023

Bashan, Y., L.E. De-Bashan, S.R. Prabhu and J.P. Hernandez. 2024. Advances: in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998-2013). **Plant Soil** 214(378): 1–33. https://doi10.1007/s11104-013-1956-x

Crouzet, M., C.L. Senechal, V.S. Brozel, P. Costaglioli, C. Barthe, M. Bonneu, B. Garbay and S. Vilain. 2014. Exploring early steps in biofilm formation: set-up of an experimental system for molecular studies. **BMC Microbiology** 14(253): 1–12. https://doi.org/10.1186/s12866-014-0253

Cruz-barrera, M., M. Chaparro, J. Mendoza, D. Torres-Cuesta, M. Gomez and G.A. Estrada-Bonilla. 2025. Hydrogel capsules as carriers for PGPB consortia enhance compost efficacy and nuytrient uptake in oat (*Avena sativa*) fertilization. **Plant and Soil** 500(2): 245–260. https://doi.org/10.1007/s11104 -025-0754-y

Department of Agricultural Extension. 2020. **Application of Microbial Agents (Biological Products) for Pest Control.** Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 1 p. [in Thai]

Enawgaw, H., T. Tesfaye, K.T. Yilma and D.Y. Limeneh. 2021. Synthesis of a cellulose – Co-AMPS hydrogel for personal hygienen applications using cellulose extracted from corncobs. **Gels** 7(236): 1–10. https://doi.org/10.3390/gels7040236

E, P., S. Sarkar and P.K. Maji. 2024. A review on slow-release fertilizer: nutrient release mechanism and agricultural sustainability. **Journal of Environmental Chemical Engineering** 12(4): 113211. https://doi.ord/10.1016/j.jece.2024.113211

Gamez, R., M. Cardinale, M. Montes, S. Ramirez, S. Schnell and F. Rodriguez. 2019. Screening, plant growth promotion and root colonization pattern of two rhizobacteria (*Pseudomonas fluorescens* Ps006 and *Bacillus amyloliquefaciens* Bs006) on banana cv. williams (*Musa acumunata* colla). **Microbiological Research** 220: 1–20.

Han, M.L., Q. An, S.F. He, X.L. Zhang, M.H. Zhang, X.H. Gao, Q. Wu and L.S. Bian. 2020. Solid-state fermentation on poplar sawdust and corncob wastes for lignocellulolytic enzymes by different *Pleurotus ostreatus* strains. **BioResources** 15(3): 4982–4995.

Hazrol, M.D., S.M. Sapuan, R.A. Ilyas, E.S. Zainudin, M.Y.M. Zuhri and N.I. Abdul. 2023. Effect of corn husk fibre loading on thermal and biodegradable properties of kenaf/cornhusk fibre reinforced corn starch-based hybrid composites. **Heliyon** 9(4): e15153.

Hettiarachchi, L., N. Jayathilake, S. Fernando and S. Gunawardena. 2019. Effects of compost particle size, moisture content and binding agents on co-compost pellet properties. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering** 12(4): 184–191. https://doi.org/10.25465/j.ijabe.20191204.4354

Kasikorn Research. 2025. **Thai chemical fertilizer business outlook**. Retrieved from https://media.setgroup.or.th/setlink/Documents/2025/May/Accessed [in Thai]

Kawicha, P., W. Natino and W. Phatthanasan. 2020. Development of encapsulated granule of trichoderma-based bioproduct for tomato fusarium wilt disease control. **Thai Journal of Science and Technology** 9(6): 832–843. [in Thai]

Kouam, I.D., L. Tchamani, G. Ntsoli, M.A. Bedine, R.W. Titti and A. Yaouba. 2024. Effect of different carriers and storage temperatires on the viability of *bacillus thuringiensis* B9 and *Bacillus pacificus* B11 isolated from tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Rhizosphere. **Biology and Life Sciences Forum** 30(27): 1–6. https://doi.org/10.3390/loCAG2023-17337

Krasilnikov, P., M.A. Taboada and Amanullah. 2022. Fertizer use , soil health and agricultural sustainability. **Journal Agricuture** 12(462): 1–5. https://doi.org/10.3390/agriculuve 12040462

Kumar, T., A. Kumar, V. Anshumali, B.L. Bruno and M. Rajkumar. 2022. Synergism of industrial and agricultural waste as a suitable carrier material for developing potential biofertolizer for sustainable agricultural production of eggplant. **Harticulturae** 8(444): 1–13. https://doi.org/10.3390/horticurae 8080444

Mikhailidi, A., E. Ungureanu, B.M. Tofanica, O.C. Ungureanu, M.E. Fortuna, D. Belosinschi and I. Volf. 2024. Agiculture 4.0: polymer hydrogels as delivery agents of active ingredients. **Journal MDPI** 10(368): 1–25.

Parveen, N., R. Mishra. D.V. Singh. P. Kumer and R.P. Singh. 2023. Preparation of microbial formulations to enhance the shelf life and its efficacy on the growth of spinach (*Spinacia oleracea* L.). **World Journal Microbiology & Biotechnology**. 39(180): 1–12. https://doi.org/10.1007/s11274-023-03594-4

Pearvongnukul, S., K. Tunkananurk and A. Amnuaykanjanasin. 2023. Effects of biocontrol agents and pesticides on pest and disease management in green oak lettuce (*Lactuca sativa* L. var crispa) in greenhouses. **Khon Kaen Agriculture Journal** 51(4): 702–718. [in Thai]

Phiromtan, M., T. Mala and P. Srinives. 2013. Effect of various carriers and storage temperatures on survival of *Azotobacter vinelandii* NDD-CK-1 in powder inoculant. **Modern Applied Science** 7(6): 81–89.

Randima, G.W. A. P., Y.M.A.L.W. Yapa, K. Masakorala and W.G.S.M. Kumari. 2023. Evaluation of locally-available agicultural and industrial waste materials as effective carriers for bacterial inocula in freshwater bioremediation. **International Journal of Advanced and Applied Sciences** 10(7): 165–177 https://doi.org/10.21833/ijaas.2023.07.018

Rithmanee, T. and A. Phonpannawit. 2018. Anthocyanin encapsulation from purple corncob by spray drying. **EAU HERITAGE Journal Science and Technology** 12(2): 169–180. [in Thai]

Sattar, O.D.A., R.M. Khaild and S.F.M. Yusoff. 2024. Eco-friendiy natural rubber-based hydrogel loaded with nana-fertilizer as soil conditioner and improved plant growth. **International Journal of Biological Macromolecules** 280(1): 135555. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.1 35555

Saengsanga, T. and T. Rattana. 2017. Role of phosphate-solubilizing bacteria in enhancing phytoremediation efficiency of heavy-metal -contaminated soils. **Khon Kaen University Science Journal**. 46(4): 643–653. [in Thai]

Skrzypczak, D., F. Gil, G. Izydorczyk, K. Mikula, A. Gersz, V. Hoppe, K. Chojnacka and A. Witek-krowiak. 2022. Innovative bio-waste-based multilayer hydrogel fertilizers as a new solution for precision agriculture. **Journal of Environmental Management** 321(1): 1–15. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116002

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 151-163

การพัฒนาสูตรอาหารจากสาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่ออนุบาลปูนาเชิงพาณิชย์

Development of *Spirulina*-based Diet for the Commercial Nursery Culture of Rice-field Crab (*Sayamia germaini*)

จงกล พรมยะ* ชนกันต์ จิตมนัส จอมสุดา ดวงวงษา อานุภาพ วรรณคนาพล และวาธิณี อินทรพงษ์นุวัฒน์

Jongkon Promya*, Chanagun Chitmanat, Jomsuda Duangwongsa, Anupap Wannakhanapol and Watinee Intharapongnuwat

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

*Corresponding author: jongkolpy@gmail.com

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0002-7832-282X

Received: *November 11, 2025*

Revised: April *28, 2026*

Accepted: *May 14, 2026*

Abstract

This study aimed to develop a *Spirulina*-based feed formula for commercial nursery culture of rice field crab (*Sayamia germaini*) by evaluating the growth performance, cost, and economic return of different feeding treatments. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with four treatments and three replications each, as follows: T_1 pellet feed (PF, Control); T_2 pellet feed+2% *Spirulina* powder (PFPS2%); T_3 pellet feed+5% *Spirulina* powder (PFPS5%); and T_4 pellet feed+8% *Spirulina* powder (PFPS8%). Crab juveniles were reared in circular cement ponds lined with plastic sheets, with a pond area of 0.79 m²/pond. Feeding and water quality were controlled regularly. The initial average body weight was 0.007±0.0001 g/crab. The juveniles were stocked at a density of 158 crabs/pond (200 crabs/m²) and fed daily at 10% of body weight. Growth and water quality data were collected every 30 days for 90 days. The results showed that growth rate, weight gain rate, specific growth rate, and survival rate in T_4 and T_3 were significantly higher than in T_2 and T_1 (p<0.05). However, the feed conversion ratio of T_4 at 0.470±0.013 was significantly better than that of T_3, T_2, and T_1, respectively (p<0.05). Regarding costs, T_1 exhibited the lowest value at 191.22±1.50 THB/m². However, T_3 yielded the highest return of 155.74±0.87 THB/m², which was significantly higher than the other treatments (p<0.05). Water quality parameters in all treatments were within the acceptable range for

aquaculture. It was concluded that diets supplemented with 5 and 8% *Spirulina* powder significantly enhanced the growth performance of rice field crab. Furthermore, the 5% Spirulina inclusion level provided the highest economic return.

Keywords: economic return, growth performance, nursing, rice field crab, *Spirulina*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารจากสาหร่ายสไปรูลิน่า ในการอนุบาลปูนาเชิงพาณิชย์ โดยเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ต้นทุน และผลตอบแทนในการอนุบาลปูนา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มี 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้ T_1: อาหารผสมสไปรูลิน่าผง 0 เปอร์เซ็นต์ (PF, control), T_2: อาหารผสมสไปรูลิน่าผง 2 เปอร์เซ็นต์ (2%PFPS), T_3: อาหารผสมสไปรูลิน่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (5%PFPS), T_4: อาหารผสมสไปรูลิน่าผง 8 เปอร์เซ็นต์ (8%PFPS) นำลูกปูนาอนุบาลในบ่อซีเมนต์กลมปูพลาสติก พื้นที่บ่อ 0.79 ตร.ม./บ่อ ควบคุมอาหาร และคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ น้ำหนักลูกปูนาเริ่มทดลองเฉลี่ย 0.007±0.0001 กรัม/ตัว อัตราการปล่อย 158 ตัว/บ่อ (200 ตัว/ตร.ม.) และให้อาหารวันละ 10 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำทุก 30 วัน ระยะเวลา 90 วัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโต อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอด T_4 และ T_3 มากกว่า T_2 และ T_1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่อัตราการแลกเนื้อ T_4 เท่ากับ 0.470±0.013 ดีกว่า T_3, T_2 และ T_1 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ต้นทุนการอนุบาลปูนา T_1 เท่ากับ 191.22±1.50 บาท/ตร.ม. ดีกว่าชุดการทดลองอื่น แต่ผลตอบแทน T_3 เท่ากับ 155.74 บาท/ตร.ม. มากกว่าชุดการทดลองอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไป จากการทดลองสรุปได้ว่า การใช้อาหารผสมสไปรูลิน่าผง 5 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของลูกปูนาได้ดี ส่วนอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูง

คำสำคัญ: ผลตอบแทน การเจริญเติบโต การอนุบาลปูนา สาหร่ายสไปรูลิน่า

บทนำ

ปูนาในสกุล *Sayamia* ชนิด *Sayamia germaini* เป็นสิ่งมีชีวิตประเภทปูนาน้ำจืดในวงศ์ Gecarcinucidae (เดิมอยู่ Parathelphusidae) ลักษณะเด่นบริเวณก้ามมักมีสีม่วงหรือสีเข้ม มีขนาดกระดองกว้างได้ถึง 55 มิลลิเมตรในตัวเต็มวัย และพบกระจายพันธุ์ทั่วไปในประเทศไทย กัมพูชา และเวียดนามตอนใต้ โดยมักอาศัยอยู่ในนาข้าว คลอง และบริเวณที่ลุ่มที่มีน้ำขังหรือเป็นที่ชุ่มน้ำทั่วไป โดยชอบขุดรูอาศัยตามแปลงนา คันนา คันคู และคันคลอง ปูนาเป็นวัตถุดิบที่หาได้ตามธรรมชาติมีโปรตีนสูง ปูนาถูกนำมาใช้ในการประกอบอาหารตามวิถีชีวิตของผู้คนทางภาคเหนือและภาคอีสานของประเทศไทยมาแต่โบราณกาล เนื่องจากปูนามีรสชาติดีเป็นเอกลักษณ์อาหารที่มีความนิยมอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่น อ่องปูนา น้ำปู และปูนาดอง นอกจากนี้ปูนายังมีไคตินสูงถึงร้อยละ 19 ในขณะที่ปูทะเลมีเพียงร้อยละ 14.14 ซึ่งไคตินเป็นสารตั้งต้นในการผลิตไคโตซาน จะเห็นว่าปูนามีประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่ปัจจุบันปริมาณประชากรปูนาตามธรรมชาติลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้สารเคมีในการปลูกข้าว ประกอบกับความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม และการคุกคามจากการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรม

อุตสาหกรรมและชุมชน ทำให้อัตราการเพิ่มจำนวนปูนาลดลงอย่างรวดเร็ว และถูกกำจัดไปทั้งทางตรงและทางอ้อม (Pintasiri and Promya, 2019) ในทางกลับกันความต้องการบริโภคปูนายังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

การเพาะเลี้ยงปูนาเพื่อการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ให้ประสบความสำเร็จ และมีความยั่งยืนนั้น ปัจจัยสำคัญ คือ การจัดการอนุบาลลูกปูนา โดยเฉพาะการเลือกใช้อาหารที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปูนา ทั้งนี้จากการทดลองของ Pintasiri and Promya (2019) พบว่าการเสริม *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) ในอาหารสำเร็จรูปที่ระดับ 3-5 เปอร์เซ็นต์ ช่วยส่งเสริมสมรรถนะการผลิตปูนาอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต (น้ำหนักและความยาว) อัตรารอด เร่งการเจริญพันธุ์และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ซึ่งให้ผลผลิตรวมสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้ผสม *A. platensis* อย่างชัดเจน สาหร่าย *A. platensis* จัดเป็นไซยาโนแบคทีเรียในดิวิชัน Cyanophyta ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (nutraceutical value) เนื่องจากอุดมด้วยโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ โดยมีรายงานการวิจัยรองรับว่าสารประกอบกลุ่มไฟโคบิลิโปรตีน (phycobiliproteins) เช่น ไฟโคไซยานิน (phycocyanin) ไฟโคเออริธริน (phycoerythrin) และอัลโลไฟโคไซยานิน (allophycocyanin) มีคุณสมบัติในการต้านจุลชีพ ต้านมะเร็ง และกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน (Costa *et al*., 2019) และจากงานทดลองของ Promya (2019) เรื่องการใช้สาหร่าย *A. platensis* ผง ผสมในอาหาร อัตราส่วน 3-5 เปอร์เซ็นต์ ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อดิน น้ำหนักลูกกุ้งเริ่มต้น 2 กรัม/ตัว ระยะเวลาเลี้ยง 150 วัน อาหารผสมดังกล่าว ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตสูง ทั้งเพศผู้และเพศเมียมีขนาดใกล้เคียงกัน เนื้อกุ้งมีคุณภาพดี มีสีแดงเข้ม ให้ผลผลิตสูงถึง 450 กก./ไร่ และช่วยร่นระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงดำเนินการพัฒนาสูตรอาหารสำเร็จรูปจากสาหร่ายสไปรูลิน่าเชิงพาณิชย์ สำหรับการอนุบาลปูนา เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต ต้นทุน และผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจ โดยมุ่งเน้นการผลิตปูนาคุณภาพ ตามมาตรฐานความปลอดภัยทางอาหาร และเกษตรอินทรีย์ เพื่อเสริมสร้างศักยภาพในการประกอบอาชีพให้แก่เกษตรกร พร้อมทั้งยกระดับมูลค่าทรัพยากรทางน้ำภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นำไปสู่การพัฒนาภาคการประมงอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมบ่อทดลอง และการวางแผนการทดลอง ใช้บ่อซีเมนต์กลมปูพลาสติกในบ่อดังกล่าว เส้นผ่านศูนย์กลางบ่อ 1 เมตร ระดับน้ำลึก 10 ซม. ปริมาตรน้ำในบ่อ 7.85 ลิตร/บ่อ และพื้นที่บ่อทดลองเท่ากับ 0.79 ตร.ม./บ่อ จำนวน 12 บ่อ และมีระบบบ่อกรองน้ำ 1 บ่อ แต่ละบ่อระบบน้ำเชื่อมต่อกันทั้ง 12 บ่อ ใส่ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว เป็นที่หลบซ่อนให้ลูกปูนาในเวลาลอกคราบ และระบบให้อาหารอัตโนมัติ (Figure 1a) นำลูกปูนาอายุ 7 วัน น้ำหนัก 0.007±0.0001 กรัม/ตัว (Figure 1b) หลังจากที่หลุดจากท้องแม่ โดยปล่อยลูกปูนาลงบ่อทดลองที่เตรียมไว้ ในอัตราการปล่อย 158 ตัว/บ่อ หรือต่อหน่วยพื้นที่ 200 ตัว/ตร.ม. (Atsasan *et al*., 2023) ทั้ง 4 ชุดการทดลองให้อาหารเสริมเป็นผำ (ไข่น้ำ) และให้อาหารหลักแก่ลูกปูนาตามแผนการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design: CRD) มี 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ระยะเวลาการทดลอง 90 วัน ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลปูนาด้วยสูตรอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 0 เปอร์เซ็นต์ อัดเม็ดชนิดจมน้ำ (pellet feed (PF, control)) โปรตีน 35%

ชุดการทดลองที่ 2 อนุบาลปูนาด้วยสูตรอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 2 เปอร์เซ็นต์ อัดเม็ดชนิดจมน้ำ (pellet feed + 2% powder *Spirulina*: 2% PFPS) โปรตีน 35%

ชุดการทดลองที่ 3 อนุบาลปูนาด้วยสูตรอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ อัดเม็ดชนิดจมน้ำ (pellet feed + 5% powder *Spirulina*: 5% PFPS) โปรตีน 35%

ชุดการทดลองที่ 4 อนุบาลปูนาด้วยสูตรอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 8 เปอร์เซ็นต์ อัดเม็ดชนิดจมน้ำ (pellet feed + 8% powder *Spirulina*: 8% PFPS) โปรตีน 35%

2. การเตรียมอาหาร อนุบาลลูกปูนาอายุ 7 วัน หลังจากที่หลุดจากท้องแม่ มีขั้นตอนการเตรียมอาหาร ดังนี้

2.1 เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า ในบ่อซีเมนต์ระบบ raceway ponds (Promya, 2019) เก็บผลผลิตในรูปสาหร่ายสด นำไปตากแห้งบดผง (ราคาต้นทุนสาหร่ายสไปรูลิน่าผง 350 บาท/กก. ราคาขาย 600 บาท/กก.) และนำสไปรูลิน่าผงผสมอาหารตามแผนการทดลองข้อที่ 1 และอาหารมีส่วนผสมของวัตถุดิบ (Table 1)

Table 1 Dietary composition of the four experimental groups

Ingredients	T_1 (PF, control)	T_2 (2% PFPS)	T_3 (5% PFPS)	T_4 (8% PFPS)
Fish meal (%)	24	21	21	20
Soybean meal (%)	23	23	24	22
Peanut meal (%)	23	23	19	19
Rice polish (%)	14	14	14	14
Broken rice (%)	14	15	15	15
Spirulina powder (%)	-	2	5	8
Vitamins and minerals (%)	2	2	2	2
Total (%)	**100**	**100**	**100**	**100**

2.2 นำส่วนผสมของวัตถุดิบในอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง ในข้อ 2.1 ไปอัดเม็ดชนิดอาหารเม็ดจม ขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1–0.2 มม. (Figure 1c) นำอาหารดังกล่าวไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร และต้นทุนราคาอาหารดังกล่าว ได้ผลการวิเคราะห์ (Table 2) และนำไปอนุบาลลูกปูในการวิจัยต่อไป

Table 2 Nutritional value and prices of each feed formula

Nutritional value	T_1 (PF, control)	T_2 (2% PFPS)	T_3 (5% PFPS)	T_4 (8% PFPS)
Moisture (%)	9.07±0.03 ^{b}	9.06±0.06 ^{b}	9.10±0.01^{a}	9.18±0.02^{a}
Ash (%)	12.34±0.01 ^{ns}	12.40±0.02 ^{ns}	12.36±0.03 ^{ns}	12.22±0.02 ^{ns}
Protein (%)	35.02±0.01^{ns}	35.06±0.01^{ns}	35.10±0.04^{ns}	35.20±0.05^{ns}
Fat (%)	6.27±0.00^{b}	6.60±0.00^{a}	6.33±0.01^{b}	6.20±0.02^{b}
Fiber (%)	6.42±0.01^{a}	6.31±0.02^{b}	6.43±0.04^{a}	6.46±0.05^{a}
Carbohydrate (%)	30.88±0.01^{ns}	30.57±0.02^{ns}	30.68±0.04^{ns}	30.74±0.06^{ns}
Energy (kcal/kg)	2,886.56±50^{ns}	2,851.75±30^{ns}	2,766.75±60^{ns}	2,720.65±60^{ns}
Calcium (%)	1.27±0.01^{d}	3.10±0.02^{c}	6.12±0.04^{b}	9.03±0.04^{a}
Phycocyanin (mg/g)	0.05±0.01^{d}	0.32±0.01^{c}	0.40±0.01^{b}	0.52±0.01^{a}
Feed prices (THB/kg)	26.30±0.01^{d}	30.10±0.01^{c}	40.20±0.01^{b}	50.10±0.01^{a}

Mean±SE followed by different english letters horizontally indicate statistical difference at (p<0.05).

3. การติดตามประสิทธิภาพของอาหารในการอนุบาลลูกปูนา มีวิธีการดำเนินการทดลอง ดังนี้

3.1 ในบ่อทดลองอนุบาลลูกปูนา มีระบบบ่อกรองน้ำ 1 บ่อ และเชื่อมต่อบ่อทดลอง ทั้ง 12 บ่อ นำน้ำจากบ่อทดลองมากรองผ่านระบบในบ่อกรองน้ำดังกล่าว และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อทดลอง ล้างระบบบ่อกรองน้ำทุกอาทิตย์ และมีการติดตามคุมคุณภาพน้ำ เช่น ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ให้มากกว่า 3 มก./ลิตร ค่าอุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 23-30°ซ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 7.2–8.5 และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ให้ต่ำกว่า 0.05 มก./ลิตร โดยตรวจวัดทุกวัน (Department of Fisheries, 2021)

3.2 การให้อาหารลูกปูนา แต่ละชุดการทดลองใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ขนาดบรรจุ 200 กรัม ซึ่งการให้อาหารลูกปูนาในงานวิจัยครั้งนี้ ให้อาหารในอัตรา 10 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน (Department of Fisheries, 2021) โดยตั้งเวลาให้อาหาร 12 ชั่วโมง/มื้อ และตั้งขนาดช่อง feed อาหาร เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ให้อาหาร feed ได้ 0.20 กรัม/ลูกปู 158 ตัว/มื้อ ใน 1 วัน ให้อาหาร 2 มื้อ

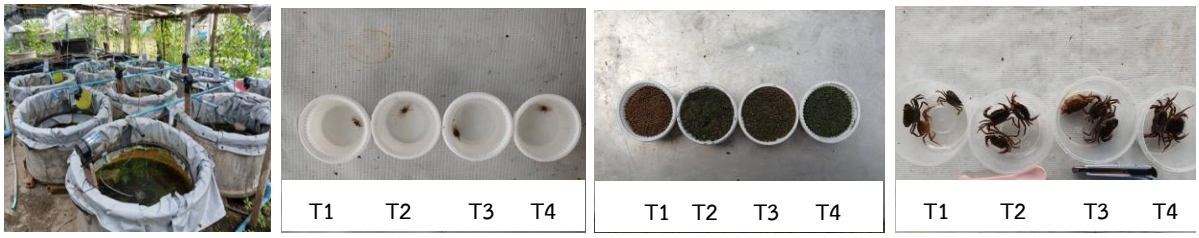


Figure 1 (a) rice field crab nursery ponds, (b) 7-day-old rice field crab, (c) rice field crab nursery and (d) feed and 90-day-old rice field crab

3.3 เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของลูกปูนาตามวิธีของ Goddard (1996) จนลูกปูนาอายุครบ 90 วัน (Figure 1d) โดยการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตดังกล่าวมีการชั่งน้ำหนักลูกปูนา ทุก 30 วัน โดยการสุ่มลูกปูนา 30 เปอร์เซ็นต์/ซ้ำ เพื่อทราบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น แล้วหาค่าเฉลี่ย เก็บข้อมูลนำไปประเมินค่าอัตราการเจริญเติบโต (growth rate) น้ำหนักเพิ่มขึ้น (weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate) อัตราการรอด (survival rate) อัตราการแลกเนื้อ (feed conversion ratio) และต้นทุน/ผลตอบแทนการอนุบาลลูกปูนาตามวิธีของ Chucheep (2001) มีรายละเอียดดังนี้

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight Gain: WG) กรัม/ตัว
= น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเมื่อเริ่มการทดลอง

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Diary Growth: ADG) กรัม/ตัว/วัน

$$= \frac{\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate: SGR) เปอร์เซ็นต์/วัน

$$SGR = \frac{(\ln \text{น้ำหนักสุดท้าย} - \ln \text{น้ำหนักเริ่มต้น}) \times 100}{\text{ระยะเวลาการทดลอง}}$$

อัตราการรอดตาย (Survival Rate: SR) เปอร์เซ็นต์

$$= \frac{\text{จำนวนสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนเมื่อเริ่มการทดลอง}}$$

อัตราการแลกเนื้อ (Feed Conversion Rate: FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ใช้}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}$$

ต้นทุน และผลตอบแทน ในการอนุบาลลูกปู ต้นทุนจะแบ่งออก 2 ส่วน ได้แก่ 1) ต้นทุนคงที่ คิดค่าเสื่อมราคาของสินทรัพย์ในการลงทุนเริ่มแรกจะเท่ากับ 5 ปี 2) ต้นทุนผันแปร และรายได้จากการจำหน่ายลูกปูนา ได้ผลตอบแทนในการอนุบาลลูกปูนา ผลตอบแทนหรือกำไรในการอนุบาลปูนาสามารถคำนวณได้จาก รายได้รวมในการอนุบาลลูกปูนา หักด้วยต้นทุนรวม (ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร) ในการอนุบาลลูกปูนา จะได้ผลตอบแทนหรือกำไรในการอนุบาลลูกปูนา

การวิเคราะห์ทางสถิติ นำข้อมูลในแต่ละชุดการทดลอง มาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างทางสถิติโดยทำการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way Analysis of Variance; One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองตามวิธีของ Tukey's HSD multiple comparisons test ที่ระดับความเชื่อมั่น ($p<0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตในระยะการอนุบาลลูกปูนา

น้ำหนักเฉลี่ย (average weight; กรัม/ตัว) จากกราฟน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูนา เริ่มต้นทั้ง 4 ชุดการทดลอง เท่ากับ 0.007±0.0001 กรัม/ตัว และน้ำหนักเฉลี่ย ในวันที่ 90 ของการอนุบาล พบว่า T_4, T_3 และ T_2 เท่ากับ 6.750±0.050, 6.500±0.050 และ 6.127±0.025 กรัม/ตัว ตามลำดับ และ T_4, T_3 และ T_2 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่มากกว่า T_1 (5.103±0.021 กรัม/ตัว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (Figure 2)

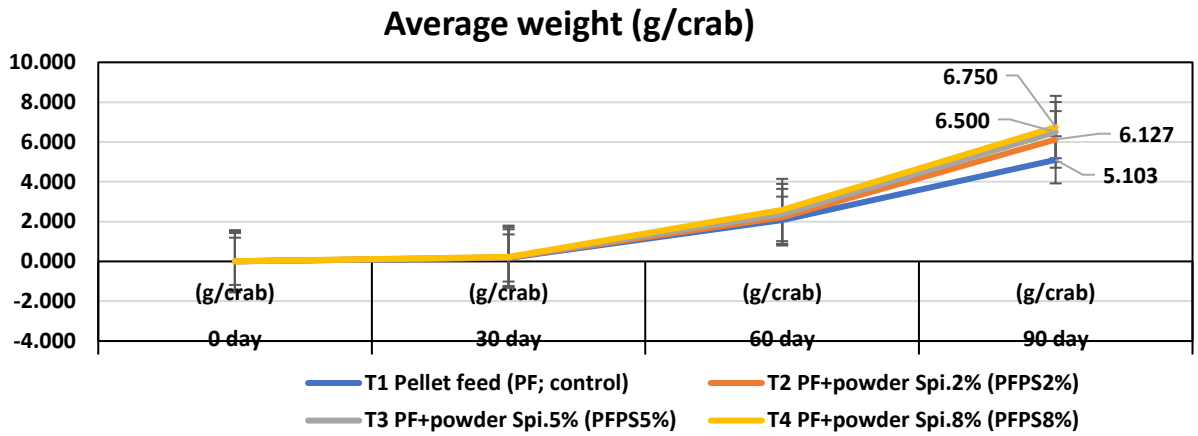


Figure 2 Average weight (g/crab) of rice field crab four treatments for 90-day nursery period

อัตราการเจริญเติบโต (average diary growth) ของลูกปูนา พบว่า T_4 และ T_3 เท่ากับ 0.075±0.001 และ 0.074±0.001 กรัม/ตัว/วัน อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) T_4 และ T_3 เท่ากับ 6.740±0.050 และ 6.490±0.050 กรัม/ตัว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate) T_4 และ T_3 เท่ากับ 7.520±0.010 และ 7.480±0.010 เปอร์เซ็นต์/วัน และอัตราการรอด (survival rate) T_3 และ T_4 เท่ากับ 59.00±1.00 และ 55.00±1.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอัตราการเจริญเติบโต อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอด T_4 และ T_3 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่มากกว่า T_2 และ T_1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ส่วนอัตราการแลกเนื้อ (feed conversion rate) T_4 เท่ากับ 0.470±0.013 ดีกว่า T_3, T_2 และ T_1 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดัง Table 3

Table 3 Growth of rice field crab nursery four treatments for 90-days

Treatment	Average diary growth (g/crab/day)	Weight gain (g/crab)	Specific growth rate (%/day)	Survival rate (%)	Feed conversion rate
T_1 (PF, Control)	0.057±0.001^{d}	5.093±0.021^{d}	7.240±0.000^{d}	43.33±2.10^{d}	0.670±0.016^{d}
T_2 (PFPS2%)	0.068±0.000^{c}	6.117±0.025^{c}	7.373±0.042^{c}	51.67±1.80^{c}	0.530±0.015^{c}
T_3 (PFPS5%)	0.074±0.001^{b}	6.490±0.050^{b}	7.480±0.010^{b}	59.00±2.30^{ab}	0.530±0.014^{b}
T_4 (PFPS8%)	0.075±0.001^{ab}	6.740±0.050^{ab}	7.520±0.010^{ab}	55.00±1.15^{b}	0.470±0.013^{a}

Mean±SE in a same column followed by the different letters are significantly difference by LSD (p<0.05).

ต้นทุนและผลตอบแทนในการอนุบาลลูกปูนา ต้นทุนในการอนุบาลลูกปูนา จะแบ่งการประมาณการออกเป็น 2 ส่วนย่อย ได้แก่ ต้นทุนในการลงทุนเริ่มแรกเป็นต้นทุนคงที่ และต้นทุนในการดำเนินการอนุบาลปูนาเป็นต้นทุนผันแปร โดยในการประมาณการต้นทุนจะมีการนำระยะเวลาในการอนุบาล ปูนา มาร่วมพิจารณาในการคำนวณต้นทุน ตลอดระยะเวลาการอนุบาล 90 วัน ซึ่งต้นทุนคงที่ (fixed costs) ประมาณการบนพื้นฐาน ค่าเสื่อมราคาของสินทรัพย์ในการลงทุนเริ่มแรกจะเท่ากับ 5 ปี ต้นทุนคงที่ (บาท/ตร.ม.) ทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีค่าโรงเรือน ค่าติดตั้งระบบน้ำ ค่าติดตั้งระบบลม ค่าติดตั้งระบบให้อาหาร และค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการอนุบาลปูนา ได้ผลรวมของต้นทุนคงที่ ใน T_4 เท่ากับ 83.90±0.50 บาท/ตร.ม. ดีกว่า T_3, T_2 และ T_1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และต้นทุนผันแปร (variable costs) ทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีค่าแรงงาน ส่วนค่าไฟฟ้า ได้ผลรวมต้นทุนผันแปร ใน T_1 เท่ากับ 96.11±1.40 บาท/ตร.ม. ต่ำกว่า T_2, T_3 และ T_4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และได้ต้นทุนรวม (total cost) ทั้ง 4 ชุดการทดลอง ใน T_1 เท่ากับ 191.22±1.50 บาท/ตร.ม. ต่ำกว่า T_2, T_3 และ T_4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดัง (Table 4)

Table 4 Estimated total cost for nursing rice field crab for 90 day (THB/m²)

Lists	T_1 (PF, Control)	T_2 (2% PFPS)	T_3 (5% PFPS)	T_4 (8% PFPS)
1) Fixed costs (THB/m²)	95.40±2.60^{a}	89.96±2.30^{b}	87.15±1.90^{bc}	83.90±0.50^{d}
2) Variable costs (THB/m^2)	96.11±1.40^{d}	106.11±1.60^{c}	111.11±1.40^{b}	116.11±1.30^{a}
Total cost (THB/m²)	191.22±1.50^{d}	196.07±1.00^{c}	198.26±1.10^{b}	200.11±1.25^{a}

Mean±SE followed by different english letters horizontally indicate statistical difference at (p<0.05).

รายได้จากการอนุบาลลูกปูนา ในการประมาณการรายได้ มีการนำระยะเวลาในการอนุบาล และอัตราการรอด ระยะเวลาการอนุบาล 90 วัน ได้จำหน่ายลูกปูนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง ในราคา 3 บาท/ตัว ทำให้มีรายได้จากการจำหน่ายลูกปูนา ใน T_3 เท่ากับ 279.66±1.56 บาท/บ่อ (0.79 ตร.ม.) มากกว่า T_4, T_2 และ T_1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และสามารถนำไปคำนวณรายได้ จากการอนุบาลลูกปูนา ต่อหน่วยพื้นที่ 1 ตร.ม. พบว่า T_3 เท่ากับ 354.00±1.97 บาท/ตร.ม. มากกว่า T_4, T_2 และ T_1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดัง Table 5

Table 5 Estimated revenue for nursing rice field crab for 90 day (THB/m²)

Lists	T_1 (PF, Control)	T_2 (2% PFPS)	T_3 (5% PFPS)	T_4 (8% PFPS)
1) Selling price (THB/crab)	3	3	3	3
2) Rice-field crab sales revenue (THB/pond area 0.79 m^2)	205.38±1.85d	244.62±2.10c	279.66±1.56a	260.70±2.20b
3) Income from juvenile crab sales per unit area (THB/m²)	259.98±2.34d	310.02±2.66c	354.00±1.97a	330.00±2.78b

Mean±SE followed by different english letters horizontally indicate statistical difference at (p<0.05).

ผลตอบแทนในการอนุบาลลูกปูนา หรือกำไรในการอนุบาลปูนา ระยะเวลา 90 วัน สามารถคำนวณได้จากรายได้รวมหักด้วยต้นทุนรวมในการอนุบาลปูนา จะได้ผลตอบแทนหรือกำไร ใน T_3 เท่ากับ 155.74±0.87 บาท/ตร.ม. มากกว่า T_4, T_2 และT_1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดัง Table 6

Table 6 Returns or profit for nursing rice field crab for 90 day (THB/m²)

Lists	T_1 (PF, Control)	T_2 (2% PFPS)	T_3 (5% PFPS)	T_4 (8% PFPS)
1) Income from juvenile crab sales per unit area (THB/m²)	259.98±2.34d	310.02±2.66c	354.00±1.97a	330.00±2.78b
2) Total cost (THB/m²)	191.22±1.50d	196.07±1.00c	198.26±1.10b	200.11±1.25a
Returns or profit (THB/m²)	**68.74±0.84d**	**114.02±1.66c**	**155.74±0.87a**	**129.89±1.53b**

Mean±SE followed by different english letters horizontally indicate statistical difference at (p<0.05).

คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปูนา ตลอดระยะเวลา 90 วัน มีค่าอุณหภูมิของน้ำ อยู่ระหว่าง 26.00±0.00–30.33±0.58 องศาเซลเซียส ค่า pH อยู่ระหว่าง 7.50±0.10–7.61±0.01 ค่า DO อยู่ระหว่าง 5.50±0.01–5.63±0.06 มก./ลิตร และค่า NH_3-N) อยู่ระหว่าง 0.021±0.001–0.031±0.001 มก./ลิตร ซึ่งอุณหภูมิของน้ำ pH, DO และ NH_3-N ในบ่ออนุบาลลูกปูนาทั้ง 4 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลวิจัยการพัฒนาสูตรอาหารอนุบาลปูนาจากสาหร่ายสไปรูลิน่าเชิงพาณิชย์ เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลตอบแทน และคุณภาพน้ำ ในการอนุบาลลูกปูนา ตลอดระยะเวลา 90 วัน ดังนี้

การเจริญเติบโตของการอนุบาลลูกปูนา ระยะเวลาการทดลอง 90 วัน น้ำหนักเฉลี่ยของการอนุบาล T_4, T_3 และ T_2 มีค่าอยู่ระหว่าง 6.127±0.025–6.750±0.050 กรัม/ตัว มากกว่า T_1 อัตราการเจริญเติบโต T_4 และ T_3 เท่ากับ 0.075±0.001 และ 0.074±0.001 กรัม/ตัว/วัน และมากกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งจากผลงานวิจัยดังกล่าวลูกปูนา มีอัตราการเจริญเติบโต ดีกว่างานวิจัยของ Pintasiri *et al*. (2021) ในการอนุบาลลูกปูนา (*Sayamia bangkokensis*) ด้วยอาหารผสมใช้สไปรูลิน่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต 0.021±0.003 กรัม/ตัว/วัน ซึ่งการใช้สไปรูลิน่าทั้งในรูปสดหรือแช่แข็ง (freezed dried) และผง มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน เนื่องจากสาหร่ายสไปรูลิน่ามีขนาดเล็กและย่อยง่าย ได้มีการทดลองกับสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ พบว่าทำให้อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และปริมาณที่เหมาะสมในการผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อการเจริญเติบโต ใช้ปริมาณ 10–25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (Nakamura, 1982)

อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น T_4 และ T_3 เท่ากับ 6.740±0.050 และ 6.490±0.050 กรัม/ตัว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ T_4 และ T_3 เท่ากับ 7.520±0.010 และ 7.480±0.010 เปอร์เซ็นต์/วัน มากกว่าชุดการทดลองอื่น แต่อัตราการแลกเนื้อ ใน T_4 เท่ากับ 0.470±0.013 ดีกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งจากงานวิจัยดังกล่าวลูกปูนา มีอัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการแลกเนื้อ ดีกว่างานวิจัยของ Pintasiri *et al*. (2021) ในการอนุบาลลูกปูนา (*Sayamia bangkokensis*) ด้วยอาหารผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 1.290±0.201 กรัม/ตัว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 2.150±0.335 เปอร์เซ็นต์/วัน และอัตราการแลกเนื้อ 0.9200±0.2007 และการทดลองครั้งนี้ มีอัตราการรอด T_3 และ T_4 เท่ากับ 59.00±1.00 และ 55.00±1.15 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งจากผลงานวิจัยดังกล่าวลูกปูนามีอัตราการรอด ดีกว่างานวิจัยของ Tian and Chaoshu (2022) ในการอนุบาลลูกปูทะเลสวยงาม (*Camposcia retusa*) ด้วยการให้อาหารเป็นตัวอ่อนอาร์ทีเมีย ในอัตรา 10 ตัว/มิลลิลิตร ตลอดช่วงการพัฒนาตัวอ่อน จะทำให้ลูกปูทะเลสวยงามมีอัตรารอด เท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในการเพาะเลี้ยงปูนา ให้ประสบความสำเร็จ และยั่งยืนได้ดีนั้น Wiriyapattanasub *et al*. (2020) กล่าวว่า การเลือกใช้อาหารในการอนุบาลลูกปูนา ที่มีโปรตีนในอาหารผสม 35–40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเปอร์เซ็นต์โปรตีน ในอาหารใกล้เคียงกับการทดลองครั้งนี้ ทำให้สามารถเพิ่มอัตราส่วนประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูง ทำให้อัตราการรอด ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดี จากการทดลองของ Apaisri (2019) ได้มีการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5–10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร ทำให้อาหารผสมดังกล่าว มีโปรตีนในอาหาร 35 เปอร์เซ็นต์ ในกระบวนการผลิตอาหารเม็ดทดลอง เลี้ยงปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร ผลการทดลองทำให้ปูนามีความยาวกระดองน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดดีกว่าชุดการทดลองอื่น

ต้นทุนและผลตอบแทน ในการอนุบาลลูกปูนาตลอดระยะเวลา 90 วัน พบว่าต้นทุนรวมของการอนุบาลปูนาใน T_1 เท่ากับ 191.22±1.50 บาท/ตร.ม. ดีกว่าชุดการทดลองอื่น จากงานวิจัยดังกล่าว มีต้นทุนดีกว่า ต้นทุนการเลี้ยงปูดำของเกษตรกรผู้เลี้ยงปูดำในจังหวัดนราธิวาส มีค่าเท่ากับ 433.28 บาท/ตร.ม. และผลตอบแทนหรือกำไรในการอนุบาลปูนา พบว่า ใน T_3 เท่ากับ

155.74±0.87 บาท/ตร.ม. มากกว่าชุดการทดลองอื่น จากผลงานวิจัยดังกล่าว ใน T_3 ได้ผลตอบแทนหรือกำไรดีกว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงปูดำในจังหวัดนราธิวาส ได้กำไรสุทธิ 141.72 บาท/ตร.ม. (Thaiburi *et al*., 2020)

คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปูนา ตลอดระยะเวลา 90 วัน พบว่า ค่าอุณหภูมิของน้ำ อยู่ระหว่าง 26.00±0.00–30.33±0.58 องศาเซลเซียส ค่า pH อยู่ระหว่าง 7.50±0.10–7.61±0.01 ค่า DO อยู่ระหว่าง 5.50±0.01–5.63±0.06 มก./ลิตร และค่า NH_3-N อยู่ระหว่าง 0.021±0.001–0.031±0.001 มก./ลิตร ซึ่งค่าอุณหภูมิของน้ำ pH และค่า NH_3-N จากการทดลองดังกล่าว ใกล้เคียงกับการทดลองของ Kaewpraju *et al*. (2023) มีอุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 29.33±0.91–30.33±0.58 องศาเซลเซียส pH อยู่ระหว่าง 7.50±0.10–8.13±0.01 และ NH_3-N อยู่ระหว่าง 0.031±0.001–0.051±0.001 มก./ลิตร และใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Thapprangsi *et al*. (2013) ค่าคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ เช่น ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยเท่ากับ 0.044±0.032 มก./ลิตร ซึ่งค่าคุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปูนา จากการวิจัยในครั้งนี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไป ซึ่งมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5–9 ค่า DO ไม่ต่ำกว่า 5 มก./ลิตร และ NH_3-N ไม่เกิน 0.05 มก./ลิตร (Boyd and Tucker, 1992)

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาสูตรอาหารอนุบาลปูนาจากสาหร่ายสไปรูลิน่าเชิงพาณิชย์ ตลอดระยะเวลา 90 วัน พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูนา ที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 8, 5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอยู่ระหว่าง 6.127±0.025–6.750±0.050 กรัม/ตัว มากกว่า 0 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) แต่อัตราการเจริญเติบโต อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอด สูตรอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 8 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าสูตรอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 0 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) ส่วนอัตราการแลกเนื้อ สูตรอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 8 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.470±0.013 ดีกว่าสูตรอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 5, 2 และ 0 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) ส่วนต้นทุนการอนุบาลปูนา สูตรอาหารผสมสไปรูลิน่า 0 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) เท่ากับ 191.22±1.50 บาท/ตร.ม. ดีกว่าชุดการทดลองอื่น และผลตอบแทนสูตรอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 155.74 บาท/ตร.ม. มากกว่าชุดการทดลองอื่น และคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไป จากการทดลองสรุปได้ว่า การใช้อาหารผสมสไปรูลิน่าผง 5 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของลูกปูนาได้ดี ส่วนอาหารผสมสไปรูลิน่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ (รหัสทะเบียนวิจัย MACUCO 34F/2566)

เอกสารอ้างอิง

Apaisri, J. 2019. **Effects of *Spirulina platensis* Supplemented Diets on Growth Performance of Kamphaeng Phet Rice Field Crab (*Sayamia bangkokensis*).** Master Thesis. Maejo University. 80 p. [in Thai]

Atsasan, W., A. Phakhanawan, J. Khamthon and A. Phali. 2023. Farming of the field crab *Esanthelphusa dugasti* supplemented with eggshells to increase growth efficiency and survival rate. **Journal of Agriculture Research and Extension** 41(1): 65–73. [in Thai]

Boyd, C.E. and C.S. Tucker. 1992. **Water Quality and Soil Analyses for Aquaculture.** Alabama: Agriculture Experiment Station. 183 p.

Chucheep, P. 2001. **Economics of Project Analysis**. Bangkok: Kasetsart University Press. 230 p. [in Thai]

Costa, J.A.V., B.C.B. Costa, G.M. Freitas, G.M. Rosa, L. Moraes, M.G. Morais and B.G. Mitchell. 2019. Operational and economic aspects of *Spirulina*-based biorefinery. **Bioresource Technology** 292(2019): 1–10. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121946

Department of Fisheries. 2021. **Criteria for selecting model farmers in giant freshwater prawn farming**. Retrieved from https://www4.fisheries.go.th/local/file [in Thai]

Goddard, S. 1996. **Feed Management in Intensive Aquaculture**. New York: Academic Press. 194 p.

Kaewpraju, J., S. Nooseng, J. Kong-In and T. Meechin 2023. **Nursing of Mud Crab, *Scylla paramamosain* (Estampador, 1949) Larvae from Zoea to Young Crab Stage with Different Type Diets**. Bangkok: Department of Fisheries. 28 p. [in Thai]

Nakamura, H. 1982. ***Spirulina*: Food for a Hungry World, a Pioneer's Story in Aquaculture**. California: Universisty of the Trees Press. 215 p.

Pintasiri, T. and J. Promya. 2019. Effects of *Arthrospira platensis* supplemented diets on growth performance of rice-fild carbs (*Sayamia bangkokensis*). **Khon Kaen Agriculture Journal** 47(2): 7–14. [in Thai]

Pintasiri, T., J. Promya, C. Chitmanat and S. Tongsiri. 2021. Effects of nursery of rice-field crabs (*Sayamia bangkokensis*) with *Arthrospira* algae supplementation on growth and nursery costs. **Journal of Agriculture Research and Extension** 38(3): 75–85. [in Thai]

Promya, J. 2019. **Cultivation of Green Algae of the Genus *Cladophora* (Kai) and Blue-Green Algae of the Genus *Arthrospira* for Agricultural Use.** Chiang Mai: Maejo University Press. 130 p. [in Thai]

Thaiburi, N., P. Srimitian, S. Trimanee, S. Limcharoen and J. Choliad. 2020. Cost and return on investment of black crab farming in Narathiwat province. **Khon Kaen Agriculture Journal** 48(1): 713–718. [in Thai]

Thapprangsi, S., P. Phiwkha, S. Saenghong, S. Mahankit, R. Wongsongsan and M. Imsin. 2013. **Raising Sex-reversed Nile Tilapia in Cages at High Density.** Bangkok: Department of Fisheries. 26 p. [in Thai]

Tian, X. and Z. Chaoshu. 2022. Establishing larval feeding regimens for the decorator crab *Camposcia retusa*: effects of live prey types and density on larval survival and development. **Aquaculture Research** 2022(53): 2772–2784. https://doi.org/10.1111/are.15792

Wiriyapattanasub, P., W. Prisingkorn, K. Thaiso, S. Doolgindachbaporn, B. Yuangsoi and S. Wongmaneeprateep. 2020. Effects of dietary protein levels on growth performance and feed utilization of juvenile rice-field crab (*Esanthelphusa dugasti*). **Bioscience Research** 17(2): 1411–1418.

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 164-181

ผลของการแทนที่ไข่ด้วยโปรตีนถั่วเหลืองต่อคุณลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกง
Effects of Egg Replacement with Soy Protein on the Quality Characteristics of Thai Custard Dessert

จินตนา สังโสภา[1,*] สุทธิชัย น้อยช่อ[1] สุชาดา เวที[1] อัจฉริยะกูล พวงเพ็ชร์[1] พรอริยา ฉิรินัง[1] นราธร สัตย์ซื่อ[2] ศจีมาศ นันตสุคนธ์[2] และสุภาพร พุ่มริ้ว[3]

Jintana Sangsopha[1,*], Sutthichai Noychor[1], Suchada Watee[1], Aschariyakul Puangphet[1] Pornariya Chirinang[1], Narathorn Satsue[2], Sajeemas Nuntasuton[2] and Supaporn Pumriw[3]

[1]สาขาวิชาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เพชรบุรี 76000

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีและศิลปะการประกอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เพชรบุรี 76000

[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ กาฬสินธุ์ 46000

[1]Department of Applied Food and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi, Thailand 76000

[2]Department of Culinary Arts and Technology, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi, Thailand 76000

[3]Department of Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Kalasin, Thailand 49000

*Corresponding author: jintana.san@mail.pbru.ac.th

*ORCID iD: https://orcid.org/0000-0003-2277-6208

Received: *November 20, 2025*
Revised: *June 11, 2026*
Accepted: *June 29, 2026*

Abstract

Plant-based proteins are alternative protein sources that have gained widespread attention and popularity recently, especially among consumers who avoid consuming meat and animal-derived products and health-conscious consumers. This research aimed to study the efficiency of three different protein coagulants in precipitating soy protein to obtain an appropriate soy protein curd for the development of Thai custard with soy protein. The physical and chemical properties were analyzed, and the sensory evaluation was conducted using a 9-point hedonic scale. The results showed that calcium sulfate produced the highest amount of soy protein yield and provided desirable curd characteristics. Formula 1, containing duck eggs, coconut milk, and palm sugar, was selected as the appropriate formula. It received the highest scores (p<0.05) and had the lowest production cost. The effect of replacing duck eggs with an appropriate amount of soy protein in Thai custard was investigated. The results showed that increasing levels of soy protein resulted in increased moisture content, hardness, and lightness (L*) values. Thai custard in which duck eggs were replaced with 1,200 g of soy protein showed high sensory scores in all attributes (p<0.05), with mean values of 6.94, 7.02, 6.98, 6.06,

6.82, and 6.98, respectively. Furthermore, consumer acceptance of Thai custard prepared using commercial soy protein (tofu) compared to that prepared using self-produced soy protein was studied. It was found that Thai custard containing self-produced soy protein curd exhibited significantly higher lightness (L*), firmness, and overall liking (p<0.05) than Thai custard containing commercial soy protein. These findings indicate the feasibility of developing Thai alternative traditional desserts by replacing eggs with soy protein, which is not only enhances the nutritional value of Thai desserts but also provides a new option for consumers.

Keywords: alternative proteins, nutritional value, protein precipitation, soybean, Thai custard dessert

บทคัดย่อ

โปรตีนจากพืชเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่ได้รับความสนใจและเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่รับทานเนื้อสัตว์หรือผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ รวมไปถึงผู้ที่ใส่ใจในสุขภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารในการตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองด้วยสารตกตะกอนโปรตีน 3 ชนิด เพื่อนำตะกอนโปรตีนที่เหมาะสมไปใช้ในการพัฒนาขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง โดยวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) พบว่าแคลเซียมซัลเฟตสามารถตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองได้ปริมาณสูงสุดและมีคุณลักษณะของตะกอนโปรตีนที่ดี การคัดเลือกสูตรขนมหม้อแกงพื้นฐาน พบว่าสูตรที่ 1 ที่มีส่วนผสมของไข่เป็ดกะทิ และน้ำตาลโตนด เป็นสูตรที่เหมาะสม โดยได้รับคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด (p<0.05) และมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าสูตรอื่น และเมื่อศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าการทดแทนไข่เป็ดด้วยโปรตีนถั่วเหลืองปริมาณสูงขึ้น ส่งผลให้ขนมหม้อแกงมีความชื้น ความแน่นเนื้อ และความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น โดยการแทนที่ไข่เป็ดด้วยโปรตีนถั่วเหลือง 1,200 กรัม ได้คะแนนความชอบในทุกด้านสูง (p<0.05) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.94, 7.02, 6.98, 6.06, 6.82, 6.98 ตามลำดับ และผลการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองเปรียบเทียบระหว่างโปรตีนถั่วเหลืองทางการค้า (เต้าหู้) กับตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง พบว่าขนมหม้อแกงที่เติมตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง มีค่าความสว่าง ความแน่นเนื้อ และมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงกว่าขนมหม้อแกงที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองทางการค้า (p<0.05) จากผลการทดลองเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยทางเลือกจากโปรตีนถั่วเหลือง ซึ่งช่วยการเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ขนมไทยและเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค

คำสำคัญ: โปรตีนทางเลือก คุณค่าทางโภชนาการ การตกตะกอนโปรตีน ถั่วเหลือง ขนมหม้อแกง

บทนำ

ในปัจจุบันกระแสอาหารเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมและยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สาเหตุอันเนื่องมาจากผู้บริโภคได้หันมาใส่ใจในสุขภาพมากยิ่งขึ้น หนึ่งในตลาดอาหารเพื่อสุขภาพที่สำคัญและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก ได้แก่ กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหาร

ที่ให้สารอาหารหลักประเภทโปรตีน ส่วนใหญ่ได้มาจากเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ซึ่งการทำปศุสัตว์แบบวิธีดั้งเดิมนั้น อาจไม่สามารถผลิตอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นได้อย่างยั่งยืน และยังเป็นหนึ่งในสาเหตุของการเกิดปัญหาต่อสุขภาพของผู้บริโภค อันเนื่องมาจากการใช้สารปฏิชีวนะในการเลี้ยงสัตว์ และในเนื้อสัตว์ยังมีไขมันรวมและคอเลสเตอรอลสูง (Cheewapruk and Limsangouan, 2022) ดังนั้น จึงมีการแสวงหาแหล่งวัตถุดิบอื่น ๆ ที่เรียกว่า โปรตีนทางเลือก (alternative protein) เพื่อนำมาใช้ทดแทนการรับประทานเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เพียงอย่างเดียว

โปรตีนจากพืช เป็นหนึ่งในโปรตีนทางเลือกที่นิยมนำมาใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ ซึ่งนอกจากจะให้โปรตีนสูงแล้วยังช่วยเพิ่มรสชาติและเนื้อสัมผัสของอาหาร (Naksit, 2020) จากการสำรวจมูลค่าตลาดของผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชในประเทศไทย โดย Krungthai Compass อ้างอิงจาก Euromonitor และ Allied Market Research พบว่า ในปี ค.ศ. 2019 มีมูลค่าตลาดอยู่ที่ 2.8 หมื่นล้านบาท และคาดว่าจะเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 10 ทำให้มีการคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2024 มูลค่าตลาดจะขึ้นไปอยู่ที่ 4.5 หมื่นล้านบาท (Cheewapruk and Limsangouan, 2022) จะเห็นได้ว่าโปรตีนทางเลือกได้รับความสนใจจากผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น ประกอบกับปัจจุบันมีผู้บริโภคจำนวนไม่น้อยนิยมหันมารับประทานอาหารเจ มังสวิรัติ และวีแกน ทั้งรูปแบบที่เคร่งครัดหรือรับประทานเป็นครั้งคราว และอาจจะมีความยืดหยุ่นตามโอกาสที่เหมาะสมหรือความพร้อมทางด้านจิตใจของแต่ละบุคคล ดังนั้น ตลาดผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้โปรตีนจากพืชจึงยังคงมีโอกาสเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง

เมล็ดพืชตระกูลถั่ว นิยมนำมาใช้เป็นโปรตีนทางเลือกเพื่อทดแทนโปรตีนจากสัตว์ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการ มีปริมาณโปรตีนสูง ราคาถูก มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดี สามารถเกิดเจลได้ดี ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติอาหาร (Sirilert *et al*., 2023) พืชตระกูลถั่วยังเป็นแหล่งที่ดีของสารไฟโตเคมิคอล (phytochemicals) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอล วิตามินอี สารไฟโตสเตอรอล และกรดไฟติก เป็นต้น (Tor-Roca *et al*., 2020) นิยมนำเมล็ดถั่วมาสกัดโปรตีน เพื่อใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับผู้ที่แพ้นมวัวและนำไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ อาหารขบเคี้ยว และเครื่องดื่ม เป็นต้น (Wongcharee *et al*., 2025) นอกจากนี้ ยังนิยมนำเมล็ดถั่วโดยเฉพาะถั่วเหลืองมาทำการตกตะกอนโปรตีนผลิตเป็นเต้าหู้เพื่อบริโภคและจำหน่าย โดยนิยมใช้สารตกตะกอนเกลือชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณผลผลิตและเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ที่แตกต่างกัน โดยพบว่าการใช้แคลเซียมซัลเฟตตกตะกอนโปรตีนทำให้เกิดโครงสร้างตาข่ายโปรตีนที่สม่ำเสมอ ตะกอนโปรตีนมีเนื้อที่ละเอียดและเรียบเนียนกว่าตะกอนที่ได้มาจากแมกนีเซียมคลอไรด์ (Nicole *et al*., 2014)

จังหวัดเพชรบุรี เป็นเมืองที่มีวัฒนธรรมด้านอาหารทั้งอาหารคาวและหวาน ผ่านการสืบทอดรุ่นต่อรุ่นจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ทำให้อาหารของเพชรบุรีนั้นยังคงเอกลักษณ์ และเป็นที่รู้จักของคนทั่วไปในประเทศไทย โดยเฉพาะขนมหวานเมืองเพชรที่มีให้เลือกหลากหลายชนิด หนึ่งในขนมหวานที่นิยมบริโภคและเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง ได้แก่ ขนมหม้อแกง ซึ่งขนมหม้อแกงที่มีจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่นั้นมีการใช้วัตถุดิบหลักที่เป็นไข่ น้ำตาล กะทิ และอาจจะมีการเติมแป้งบางอย่างเข้าไป ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับขนมหม้อแกง และเพิ่มทางเลือกให้กับกลุ่มผู้บริโภคที่แพ้ไข่หรือที่รับประทานอาหารเจ มังสวิรัติ และวีแกน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการแทนที่ไข่ด้วยโปรตีนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกง โดยศึกษาประสิทธิภาพของสารตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองต่างชนิดกัน ตะกอนโปรตีนที่ได้ในปริมาณสูงและมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีจะถูกนำมาใช้ในการศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง และทำการ

วิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี ประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับการใช้โปรตีนถั่วเหลืองทางการค้า (เต้าหู้)

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาประสิทธิภาพของสารตกตะกอนโปรตีนในการตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลือง

การตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลือง (soy protein) ตามวิธีของ Minh (2014) โดยดัดแปลงบางส่วน ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารตกตะกอนโปรตีน 3 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมซัลเฟต แมกนีเซียมซัลเฟต และแคลเซียมคลอไรด์ (food grade) นำเมล็ดถั่วเหลืองคุณภาพดี และไม่หมดอายุ แช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นล้างทำความสะอาดอีกรอบก่อนนำมาปั่นกับน้ำสะอาดในอัตราส่วนเมล็ดถั่วต่อน้ำ เท่ากับ 1:4 โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (ยี่ห้อ SHARP, EMC-15) ที่ระดับความเร็วสูงสุดเบอร์ 6 (max) เป็นเวลา 1 นาที และหยุดทุก 30 วินาที กรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำนมถั่วเหลืองที่กรองได้มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85°ซ เป็นเวลา 10 นาที และลดอุณหภูมิลงที่ 78°ซ ทำการตกตะกอนโปรตีนด้วยสารตกตะกอนทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ต่อน้ำหนักถั่วเหลือง ทิ้งให้โปรตีนน้ำนมถั่วเหลืองตกตะกอน จากนั้นเทลงในพิมพ์และใช้ของหนักกดทับ จนตะกอนโปรตีนสะเด็ดน้ำ นำตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองมาวัดปริมาณผลผลิตที่ได้ และตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพด้วยวิธีการสังเกตสี เนื้อสัมผัส และความละเอียดของเนื้อตะกอนโปรตีนที่ได้ ซึ่งสารที่สามารถตกตะกอนโปรตีนได้ปริมาณสูงที่สุดและมีคุณลักษณะที่ดี จะถูกเลือกใช้ในการตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองสำหรับนำมาเป็นส่วนผสมการทำขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองต่อไป

การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกง

ขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานทั้งหมด 3 สูตร แสดงใน Table 1 ประกอบด้วย สูตรที่ 1 ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Sukhonthara (2016) สูตรที่ 2 ดัดแปลงมาจาก Joompolla (2016) สูตรที่ 3 ดัดแปลงจาก Manarote *et al*. (2014) ขั้นตอนในการผลิตขนมหม้อแกง นำไข่เป็ดผสมกับน้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลมะพร้าว จากนั้นเติมน้ำกะทิและแป้งข้าวเจ้าลงไป ผสมให้เข้ากันดีแล้วกรองผ่านผ้าขาวบาง เทส่วนผสมที่ได้ใส่ถ้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ ขนาด 70x80x30 มม. นำไปอบที่อุณหภูมิ 120°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำขนมหม้อแกงทั้ง 3 สูตร มาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประเมินด้านประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาเป็นขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองต่อไป

Table 1 The ingredients of basic Thai custards

Ingredients	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Duck egg (g)	400	440	440
Coconut milk (g)	305	500	375
Palm sugar (g)	290	-	200
Coconut sugar (g)	-	505	-
Rice flour (g)	-	-	2

การศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง

ตะกอนโปรตีนที่ได้จากถั่วเหลือง นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตขนมหม้อแกงทดแทนการใช้ไข่เป็ด ตามขั้นตอนในการผลิตขนมหม้อแกงตามวิธีการในข้างต้น เพื่อหาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะในการผลิตขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง โดยแปรปริมาณตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0 (สูตรควบคุม), 400, 800, 1,200 และ 1,600 กรัม นำขนมหม้อแกงที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์ทางคุณภาพกายภาพและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อหาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง

การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

1) วัดปริมาณผลผลิตที่ได้ ดำเนินการตามวิธีของ Katsuwan and Banjong (2018) โดยการชั่งน้ำหนักขนมหม้อแกงที่ผสมเข้ากันก่อนนำไปอบและน้ำหนักสุดท้ายของขนมหม้อแกงที่ได้หลังอบ นำมาหาค่าร้อยละผลผลิตที่ได้

2) วัดความชื้น ดำเนินการตามวิธี AOAC (2016) โดยชั่งตัวอย่างขนมหม้อแกง ปริมาณ 3 กรัม ลงในถ้วยสำหรับหาความชื้น (moisture can) ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำเข้าตู้อบลมร้อน (Binder, Germany) ที่อุณหภูมิ 105±2°ซ จนกระทั่งได้น้ำหนักแห้งคงที่ นำไปคำนวณหาร้อยละปริมาณความชื้น

3) วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี รุ่น CR-400 (Minolta, Japan) ในระบบ CIE L*, a*, b* โดย L* แสดงถึงค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0–100 ซึ่งค่า 0 หมายถึง สีดำ และค่า 100 หมายถึง สีขาว ค่า a* แสดงถึง สีแดง-เขียว โดยค่า +a* หมายถึง สีแดง –a* หมายถึง สีเขียว และค่า b* แสดงถึง สีเหลือง–น้ำเงิน โดยค่า +b* หมายถึง สีเหลือง และค่า –b* หมายถึง สีน้ำเงิน เตรียมตัวอย่างขนมหม้อแกงโดยตัดขนมหม้อแกงให้มีขนาดสม่ำเสมอ จากนั้นทำการวัดค่าสี L*, a*, b* บริเวณผิวด้านนอกของขนมหม้อแกงในตำแหน่งที่แตกต่างกันจำนวน 3 จุดต่อหนึ่งตัวอย่าง แล้วจึงตัดขนมหม้อแกงตามแนวขวางเพื่อให้เห็นหน้าตัด และทำการวัดค่าสีบริเวณเนื้อด้านในของขนมหม้อแกงด้วยวิธีเดียวกัน (Pramai *et al*., 2025)

4) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ดำเนินการตามวิธีของ Wirivutthikorn (2020) และมีการดัดแปลงบางส่วน วัดเนื้อสัมผัสของขนมหม้อแกงด้วยเครื่อง Texture analyzer (TX.XTPlusC, stable micro systems) โดยใช้หัวกดแบบทรงลูกบอล (ball probe P/5) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. กดลงบนตัวอย่าง 40% ของความสูงเริ่มต้น ที่อัตราเร็ว 1.70 มม./วินาที รายงานค่าความแน่นเนื้อ (firmness) เป็นหน่วยนิวตัน

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกง ประกอบด้วย ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบที่ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยให้คะแนนความชอบตั้งแต่ระดับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด จนถึงระดับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด (Pramai *et al*., 2025) ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 50 คน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ถูกสุ่มรหัสตัวเลข 3 หลัก และเสิร์ฟในปริมาณเท่ากัน โดยการศึกษานี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่ใบรับรอง HE-007-2568

ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองเปรียบเทียบระหว่างโปรตีนถั่วเหลืองทางการค้า (เต้าหู้) กับโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง

ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้โปรตีนถั่วเหลืองจากทางการค้าในรูปเต้าหู้ (คินุ) และโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตขนมหม้อแกงแทนที่การใช้ไข่เป็ดทั้งหมด ในปริมาณ 1,200 กรัม จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปประเมินคุณภาพทางเคมี

กายภาพ และคุณภาพด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 50 คน (Pramai *et al*., 2025)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยนี้ทำการทดลอง 3 ซ้ำ การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ในการทดสอบความแตกต่างคุณภาพทางเคมี กายภาพ และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง 2 กลุ่มตัวอย่าง ด้วยวิธีการ Independent samples t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS (Version 16)

ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพของสารตกตะกอนโปรตีน

การตกตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลืองโดยใช้สารตกตะกอนโปรตีน 3 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมซัลเฟต แมกนีเซียมซัลเฟต และแคลเซียมคลอไรด์ พบว่าการใช้สารตกตะกอนต่างชนิดกัน ส่งผลให้ได้ปริมาณตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยแคลเซียมซัลเฟต สามารถตกตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลืองได้ช้ากว่าสารตัวอื่น ๆ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 28 นาที ลักษณะของตะกอนโปรตีนที่ได้มีลักษณะปรากฏแสดงใน Figure 1 พบว่าตะกอนโปรตีนที่ได้มีสีขาวออกครีม เนื้อละเอียดแน่นและเนียน และมีกลิ่นถั่วเหลืองอ่อน ๆ ซึ่งเมื่อวัดผลผลิตที่ได้ พบว่าตะกอนโปรตีนที่ได้มีปริมาณมากที่สุดคือ 123.33 กรัมน้ำหนักสดต่อ 100 กรัม เมล็ดถั่วเหลืองแห้ง และจากการตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองด้วยแมกนีเซียมซัลเฟต พบว่าตะกอนโปรตีนเป็นลิ่มและตกตะกอนได้ไวที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที มีลักษณะปรากฏของตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองเป็นสีขาว เนื้อเป็นลิ่มหยาบและไม่เนียน มีกลิ่นธรรมชาติของถั่วเหลืองเล็กน้อย น้ำหนักตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ได้เท่ากับ 96.48 กรัมน้ำหนักสดต่อ 100 กรัม เมล็ดถั่วเหลืองแห้ง สำหรับการตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองด้วยแคลเซียมคลอไรด์ สามารถตกตะกอนโปรตีนได้เร็วกว่าแคลเซียมซัลเฟต แต่ช้ากว่าแมกนีเซียมซัลเฟต ใช้เวลาประมาณ 23 นาที ลักษณะปรากฏของตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่ได้มีสีขาว เนื้อหยาบ มีความละเอียดและแน่นเนื้อน้อยกว่าตะกอนโปรตีนที่ได้จากแคลเซียมซัลเฟต มีกลิ่นธรรมชาติของถั่วเหลืองบางเบามาก น้ำหนักตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ได้เท่ากับ 105.74 กรัมน้ำหนักสดต่อ 100 กรัม เมล็ดถั่วเหลืองแห้ง ดังนั้น จึงได้เลือกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่ได้จากการใช้แคลเซียมซัลเฟต เนื่องจากได้ปริมาณผลผลิตสูงสุดและได้คุณลักษณะเนื้อตะกอนโปรตีนที่ดี นำไปศึกษาการเติมปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองต่อไป

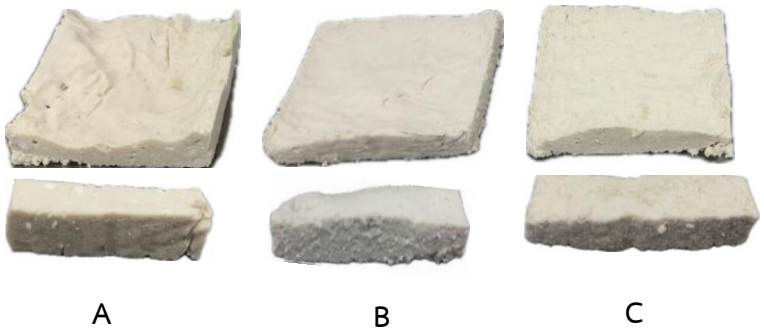


Figure 1 The appearance of soy protein curd obtained by using; (A) calcium sulfate, (B) magnesium sulfate and (C) calcium chloride

ผลการคัดเลือกขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐาน

จากการศึกษาขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐาน 3 สูตร ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของขนมหม้อแกง แสดงใน Table 2 พบว่าสูตรขนมหม้อแกงแตกต่างกัน มีผลต่อร้อยละผลผลิตสุดท้ายที่ได้ (%Yield) ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ร้อยละ 87.69, 90.91 และ 89.98 ตามลำดับ ในขณะที่ความชื้น ค่าสี และความแน่นเนื้อ (firmness) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่าขนมหม้อแกงสูตรที่ 3 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 47.80 รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 1 เท่ากับร้อยละ 42.85 และสูตรที่ 2 เท่ากับร้อยละ 39.65 ตามลำดับ ค่าสีของขนมหม้อแกง พบว่าลักษณะสีทั้งภายนอกและเนื้อภายในของขนมหม้อแกงสูตรที่ 3 มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) สูงที่สุด โดยค่าสีที่ผิวด้านนอกของขนมหม้อแกง เท่ากับ 61.51, 14.52 และ 18.37 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสีของเนื้อภายในขนมหม้อแกง มีค่าเท่ากับ 68.68, 8.90 และ 16.37 ตามลำดับ รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ความแน่นเนื้อของขนมหม้อแกง พบว่าขนมหม้อแกงสูตรที่ 3 มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด เท่ากับ 59.95 นิวตัน รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 2 เท่ากับ 46.20 นิวตัน และสูตรที่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 40.33 นิวตัน ตามลำดับ

Table 2 Physical and chemical properties of the basic Thai custards

Parameters	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Yield (%)^{ns}	87.69±2.20	90.91±2.93	89.98±3.04
Moisture content (%)	42.85±1.37^{b}	39.65±1.48^{c}	47.80±1.53^{a}
Color of surface of Thai custard			
L*	57.12±0.92^{b}	54.32±0.85^{c}	61.51±0.36^{a}
a*	13.86±0.81^{a}	12.68±0.12^{b}	14.52±1.00^{a}
b*	13.15±0.59^{c}	15.56±0.17^{b}	18.37±0.20^{a}
Color of inner of Thai custard			
L*	62.58±0.60^{b}	58.12±0.81^{c}	68.68±0.66^{a}
a*	9.38±0.33^{a}	6.63±0.22^{b}	8.90±0.43^{a}
b*	16.18±0.48^{a}	14.27±0.59^{b}	16.37±0.64^{a}
Firmness (N)	40.33±2.49^{c}	46.20±2.08^{b}	59.95±2.57^{a}

^{a,b,c} Different superscript letters within the same row indicate significant differences (p<0.05); ns= not significantly different (p≥0.05).

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร (Table 3) พบคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยขนมหม้อแกงสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุดและไม่แตกต่างกับสูตรที่ 3 ในทางสถิติ (p≥0.05) ยกเว้นด้านลักษณะปรากฏ ในขณะที่สูตรที่ 3 มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านสีและกลิ่นสูงที่สุดและไม่แตกต่างกับสูตรที่ 1 (p≥0.05) สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านน้อยที่สุด ขนมหม้อแกงสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.40, 7.42, 7.34, 7.64, 7.24, 7.86 ตามลำดับ โดยคะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ “ชอบปานกลาง” และสูตรที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 7.20, 7.56, 7.52, 7.36, 7.10, 7.50 ตามลำดับ คะแนนส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับ “ชอบปานกลาง” ลักษณะปรากฏของขนมหม้อแกงทั้ง 3 สูตร แสดงใน Figure 2

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าขนมหม้อแกงสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 มีผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p≥0.05) เมื่อทำการคำนวณราคาต้นทุนของขนมหม้อแกงแต่ละสูตร ได้ผลสรุปว่าสูตรที่ 1 มีราคาต้นทุนเท่ากับ 80 บาท สูตร 2 เท่ากับ 151 บาท และสูตร 3 เท่ากับ 84 บาท ซึ่งสูตรที่ 1 มีราคาต้นทุนต่ำกว่าสูตรที่ 3 อยู่ที่ 4 บาท ดังนั้นจึงเลือกขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองต่อไป

Table 3 Sensory evaluation of the basic Thai custards

Attributes	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Appearance	7.40±0.95[a]	6.94±1.27[b]	7.20±1.28[b]
Color	7.42±1.20[a]	6.98±1.38[b]	7.56±1.15[a]
Flavor	7.34±1.35[a]	6.82±1.77[b]	7.52±1.11[a]
Taste	7.64±1.17[a]	6.40±1.84[b]	7.36±1.38[a]
Texture	7.24±1.44[a]	6.66±1.69[b]	7.10±1.34[ab]
Overall liking	7.86±0.99[a]	6.86±1.53[b]	7.50±1.23[a]

[a,b,c] Different superscript letters within the same row indicate significant differences (p<0.05).



Figure 2 The appearance of the basic Thai custards

ผลการศึกษาการเติมปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง

ตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่ได้จากการตกตะกอนด้วยแคลเซียมซัลเฟต นำมาผลิตขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง แทนการใช้ไข่เป็ด โดยศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่ 5 ระดับ ได้แก่ 0 กรัม เป็นสูตรควบคุม (ไข่เป็ด 400 กรัม) และ 400, 800, 1,200 และ 1,600 กรัม ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของขนมหม้อแกงที่ผลิตได้ แสดงใน Table 4 พบว่าขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตได้ในแต่ละสูตรได้ร้อยละผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยสูตรที่ 1 ได้ผลผลิตมากที่สุด ร้อยละ 85.40 และสูตรที่ 4 และ 5 ได้ผลผลิตน้อยที่สุด ร้อยละ 71.22 และ 69.33 ตามลำดับ ปริมาณความชื้นของขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองสูตรที่ 5 มีปริมาณความชื้นสูงสุด เท่ากับร้อยละ 52.67 ในขณะที่ สูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีความชื้นไม่แตกต่างกัน (p≥0.05) ร้อยละ 46.13–47.44 และพบว่าค่าสีของขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองที่ทดแทนไข่เป็ดด้วยตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณสูงขึ้น ส่งผลให้ขนมหม้อแกงมีค่าความสว่างทั้งผิวภายนอกและผิวภายในเนื้อขนมสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับขนมหม้อแกงที่เติมตะกอนโปรตีนในปริมาณน้อยกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าสีผิวภายนอกของขนมหม้อแกงสูตรที่ 5 มีค่าความสว่าง (L*) สูงที่สุด เท่ากับ 76.30 รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 4 เท่ากับ 74.65 และสูตรที่ 2 เท่ากับ 71.04 ตามลำดับ ในขณะที่ สูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) มีค่าความสว่างน้อยสุด เท่ากับ 57.05 (p<0.05)

และพบว่าขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองสูตรที่ 5 มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด เท่ากับ 126.31 นิวตัน รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 4, 3 และ 2 มีค่าเท่ากับ เท่ากับ 78.59, 69.37 และ 62.84 นิวตัน ตามลำดับ โดยสูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) มีค่าความแน่นเนื้อน้อยที่สุด เท่ากับ 42.77 นิวตัน (p<0.05)

Table 4 Physical and chemical properties of Thai custards replaced egg with soy protein

Parameters	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4	Formula 5
	(Control)	400 g	800 g	1,200 g	1,600 g
Yield (%)	85.40±3.88^{a}	79.90±2.90^{b}	76.83±2.65^{b}	71.22±2.18^{c}	69.33±2.71^{c}
Moisture content (%)	46.28±1.33^{b}	46.13±0.48^{b}	47.44±1.28^{b}	47.00±1.61^{b}	52.67±1.70^{a}
Color of sureface of Thai custard					
L*	57.05±0.65^{d}	70.86±1.01^{c}	71.04±0.81^{c}	74.65±0.80^{b}	76.30±0.40^{a}
a*	13.76±0.65^{a}	7.38±0.67^{b}	7.28±0.33^{b}	6.69±0.18^{bc}	6.32±0.14^{c}
b*	15.69±0.92^{a}	11.53±0.23^{b}	11.78±0.50^{b}	10.41±0.23^{c}	9.63±0.16^{c}
Color of inner of Thai custard					
L*	59.15±0.56^{e}	69.39±0.41^{d}	75.46±0.26^{c}	76.81±0.22^{b}	81.29±0.03^{a}
a*	6.48±0.19^{a}	6.14±0.09^{b}	4.99±0.07^{c}	4.78±0.09^{d}	4.05±0.03^{e}
b*	14.62±0.38^{a}	12.53±0.16^{b}	11.51±0.10^{c}	11.58±0.14^{c}	10.68±0.05^{d}
Firmness (N)	42.77±2.33^{e}	62.84±2.46^{d}	69.37±3.94^{c}	78.59±2.57^{b}	126.31±3.77^{a}

^{a,b,c} Different superscript letters within the same row indicate significant differences (p<0.05).

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองทั้ง 5 สูตร พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แสดงใน Table 5 โดยขนมหม้อแกงสูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) มีคะแนนความชอบเฉลี่ยทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุดและไม่แตกต่างกับสูตรที่ 4 ในทางสถิติ (p≥0.05) ยกเว้นด้านกลิ่นและรสชาติ รองลงมา ได้แก่ ขนมหม้อแกงสูตร 3 และสูตร 2 ตามลำดับ และเมื่อเติมตะกอนโปรตีนสูงที่สุด พบว่าส่งผลให้สูตรที่ 5 ได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยขนมหม้อแกงสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.40, 7.50, 7.64, 7.56, 7.34, 7.42 ตามลำดับ คะแนนส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับ “ชอบปานกลาง” และสูตรที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.94, 7.02, 6.98, 6.06, 6.82, 6.98 ตามลำดับ โดยคะแนนส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับ “ชอบเล็กน้อย ถึงชอบปานกลาง” ลักษณะปรากฏของขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง แสดงใน Figure 3

Table 5 Sensory evaluation of Thai custard replaced egg with soy protein

Attributes	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4	Formula 5
	Control	400 g	800 g	1,200 g	1,600 g
Appearance	7.40±0.90^{a}	7.06±1.17^{ab}	7.02±1.04^{ab}	6.94±1.17^{ab}	6.86±0.99^{b}
Color	7.50±1.31^{a}	6.80±1.25^{b}	7.00±1.16^{ab}	7.02±1.30^{ab}	5.52±1.64^{c}
Flavor	7.64±1.26^{a}	6.68±1.35^{b}	6.60±1.14^{b}	6.98±1.13^{b}	5.42±1.73^{c}
Taste	7.56±1.75^{a}	5.72±1.87^{bc}	5.82±1.44^{bc}	6.06±1.28^{b}	5.52±1.60^{bc}
Texture	7.34±1.56^{a}	6.28±1.29^{b}	6.32±1.19^{b}	6.82±1.10^{ab}	5.54±1.85^{c}
Overall liking	7.42±1.18^{a}	6.66±1.42^{c}	6.90±0.93^{b}	6.98±1.22^{ab}	5.76±1.49^{c}

^{a,b,c} Different superscript letters within the same row indicate significant differences (p<0.05).

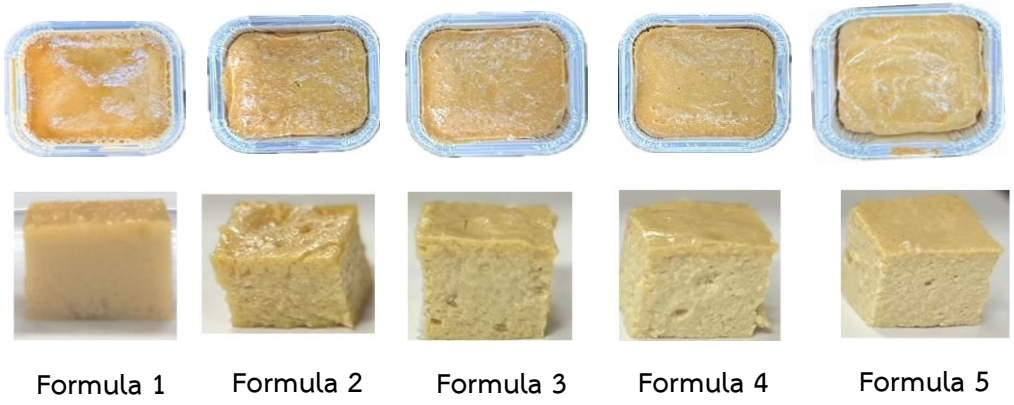


Figure 3 The appearance of the basic Thai custard replaced egg with different content of soy protein

ผลการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองเปรียบเทียบระหว่างโปรตีนถั่วเหลืองทางการค้ากับตะกอนโปรตีนที่เตรียมขึ้นเอง

นำสูตรขนมหม้อแกงที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองที่ได้รับการคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดมาเปรียบเทียบกับขนมหม้อแกงที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองทางการค้า (เต้าหู้คินุ) โดยใช้ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองเท่ากัน คือ 1,200 กรัม และใช้กระบวนการผลิตขนมหม้อแกงแบบเดียวกัน ผลการประเมินคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ แสดงใน Table 6 พบว่าขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองทั้ง 2 แบบ มีค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ ความชื้น ค่าสี และความแน่นเนื้อ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยขนมหม้อแกงที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองทางการค้าได้ผลผลิต ร้อยละ 80.73 ความชื้น ร้อยละ 52.17 และค่าสีเหลือง (b*) ทั้งผิวภายนอกและภายในเนื้อขนมหม้อแกง เท่ากับ 22.48 และ 24.07 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าขนมหม้อแกงโปรตีนที่เตรียมขึ้นเอง ในขณะที่ ขนมหม้อแกงที่ใช้ตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง มีค่าความสว่าง (L*) ของผิวภายนอกและภายในเนื้อขนมหม้อแกง เท่ากับ 75.46 และ 77.48 ค่าสีแดง (a*) ผิวภายนอกและภายในเนื้อขนมหม้อแกง เท่ากับ 7.01 และ 5.02 และค่าความแน่นเนื้อ เท่ากับ 75.73 นิวตัน สูงกว่าขนมหม้อแกงที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองทางการค้า (เต้าหู้)

Table 6 Physical and chemical properties of Thai custards replaced egg with soy protein

Parameters	Thai custard with soy protein curd	Thai custard with Tofu
Yield (%)	72.22±2.56[b]	80.73±2.16[a]
Moisture content (%)	48.68±1.53[b]	52.17±1.43[a]
Color of sureface of Thai custard		
L*	75.46±1.09[a]	70.61±1.12[b]
a*	7.01±0.13[a]	4.92±0.26[b]
b*	11.72±0.20[b]	22.48±0.71[a]
Color of inner of Thai custard		
L*	77.48±0.72[a]	74.48±0.99[b]
a*	5.02±0.17[a]	2.70±0.17[b]
b*	12.61±0.31[b]	24.07±0.89[a]
Firmness (N)	75.73±2.27[a]	51.97±1.96[b]

[a, b] Different superscript letters within the same row indicate significant differences (p<0.05).

จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ของขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองทั้ง 2 แบบ ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (p≥0.05) (Table 7) แต่มีความแตกต่างกันด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม (p<0.05) โดยขนมหม้อแกงที่เติมตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง มีคะแนนเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.72 และ 6.92 ตามลำดับ คิดเป็นระดับ “ความชอบปานกลาง” ในขณะที่ขนมหม้อแกงที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองทางการค้า (เต้าหู้) มีคะแนนเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.16 และ 6.56 ตามลำดับ ลักษณะขนมหม้อแกงที่ผลิตได้แสดงใน Figure 4



Figure 4 The appearance of Thai custard with; (A) soy protein curd and (B) Thai custard with Tofu

Table 7 Sensory evaluation of Thai custard with soy protein curd and comercial soy protein (tofu)

Attributes	Thai custard with soy protein curd	Thai custard with Tofu
Appearance^{ns}	6.52±1.54	6.50±1.59
Color^{ns}	6.78±1.50	6.68±1.57
Flavor^{ns}	6.32±1.62	6.44±1.98
Taste^{ns}	6.46±1.87	6.68±1.80
Texture	6.72±1.18^{a}	6.16±1.57^{b}
Overall liking	6.92±1.12^{a}	6.56±1.74^{b}

$^{a, b}$ Different superscript letters within the same row indicate significant differences (p<0.05); ns= not significantly different (p≥0.05).

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาการตกตะกอนโปรตีนด้วยสารตกตะกอนต่างชนิดกัน ได้แก่ แคลเซียมซัลเฟต แมกนีเซียมซัลเฟต และแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งสารทั้ง 3 ชนิดนี้ เป็นสารตกตะกอนที่นิยมนำมาใช้ในการตกตะกอนโปรตีนเพื่อใช้ในการผลิตเต้าหู้ เมื่อเติมสารตกตกตะกอนในน้ำนมถั่วเหลือง จะทำให้ความเข้มข้นของไอออนเพิ่มขึ้น โมเลกุลของน้ำจะล้อมรอบประจุของไอออนและโปรตีน ทำให้ความสามารถในการละลายลดลง และทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีนที่มีลักษณะเป็นก้อนลิ่ม จากผลการทดลอง พบว่าแคลเซียมซัลเฟตสามารถตกตะกอนโปรตีนได้ปริมาณสูงสุดและได้คุณลักษณะของตะกอนโปรตีนที่ดี มีเนื้อที่ละเอียดกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารตกตะกอนอีก 2 ชนิด ในขณะที่แคลเซียมคลอไรด์นั้นสามารถตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองได้เร็วและมีความแน่นเนื้อน้อยกว่า ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างไอออนกับหมู่คาร์บอกซิลของโปรตีนในถั่วเหลือง โดยสารตกตะกอนโปรตีนชนิดต่าง ๆ มีความแรงของประจุไอออนที่แตกต่างกัน ย่อมมีผลต่อคุณสมบัติของตะกอนโปรตีนที่ได้แตกต่างกัน ส่งผลต่ออัตราการตกตะกอนและลักษณะของตะกอนโปรตีนที่ได้ต่างกัน (Geng *et al*., 2024) จากการศึกษาของ Prabhakaran *et al*. (2006) พบว่าแคลเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนักให้ผลผลิตตะกอนโปรตีนสูงสุดแต่ไม่แตกต่างกับการใช้แมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก โดยแคลเซียมซัลเฟตให้ผลผลิต เท่ากับ 232.49 กรัม ในขณะที่แมกนีเซียมซัลเฟตให้ผลผลิต เท่ากับ 246.26 กรัม แคลเซียมซัลเฟตเป็นสารตกตะกอนที่เหมาะสมสำหรับการทำเต้าหู้ ซึ่งเต้าหู้ที่ได้จะมีเนื้อที่แน่นแต่ไม่แข็งเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับสารตกตะกอนชนิดอื่น ในขณะที่ความสามารถในการจับตัวเป็นก้อนอย่างรวดเร็วพบได้ในสารตกตะกอนแคลเซียมคลอไรด์ Wongcharee *et al*. (2025) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนโปรตีนของพืชตระกูลถั่ว พบว่าการใช้แคลเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีความสามารถในการตกตะกอนโปรตีนของถั่วเขียวและถั่วดำได้สูงที่สุด ขณะที่การใช้แมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 และ 30 สามารถตกตะกอนโปรตีนของถั่วแดงได้สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ Minh (2014) พบว่าเต้าหู้ที่ผ่านการตกตะกอนด้วยแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต ($CaSO_4.2H_2O$) ร้อยละ 3 ต่อน้ำหนักถั่ว 100 กรัม มีคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น และโครงสร้างของเต้าหู้สูงที่สุด ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้เลือกใช้แคลเซียมซัลเฟตสำหรับการตกตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลือง เพื่อนำไปใช้สำหรับพัฒนาขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองต่อไป

ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานขนมหม้อแกงทั้ง 3 สูตร พบว่าขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร ที่ผิวด้านนอกจะมีสีน้ำตาลทองเข้มกว่าสีด้านในเนื้อขนม (Figure 2) ทั้งนี้อาจเกิดจากในกระบวนการอบ ผิวด้านนอกขนมจะสัมผัสกับความร้อนโดยตรง ทำให้ขนมเกิดสีน้ำตาล (browning) จากทั้งการเกิดคาราเมลไลซ์ของน้ำตาลที่ได้รับความร้อน และการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugars) กับกรดอะมิโนหรือโปรตีน เมื่ออยู่ภายใต้อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดสารประกอบเมลานอยดิน (melanoidins) ซึ่งช่วยสร้างสี กลิ่น และรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ในขนม (El Hosry *et al*., 2025) สอดคล้องกับการศึกษาของ Sukhonthara (2016) พบว่าค่าสีผิวหน้าของขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานนั้นมีค่าความสว่าง (L*) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสีเนื้อด้านในขนม โดยมีค่า L* เท่ากับ 45.90 ในขณะที่สีเนื้อด้านในของขนมมีค่า L* เท่ากับ 60.87 และขนมหม้อแกงที่ได้มีความชื้นเท่ากับร้อยละ 49.95

Joompolla *et al*. (2018) ศึกษาการผลิตขนมหม้อแกงที่ใช้กะทิยี่ห้อแตกต่างกัน 3 ยี่ห้อ เมื่อผ่านกระบวนการอบพบว่า ค่าความสว่างของผิวหน้าขนมหม้อแกงทั้ง 3 สูตร มีค่าลดลงอยู่ในช่วง 47.43–50.62 ในขณะที่ความสว่างเนื้อด้านในขนมหม้อแกงมีค่าสูงกว่าอยู่ในช่วง 61.52–65.28 ค่าสีแดง (a*) ที่ผิวหน้าขนมหม้อแกงลดลงอยู่ในช่วง 12.20–17.43 และเนื้อด้านในขนมมีค่าสีแดงสูงกว่าที่ผิวหน้าขนม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 10.92–13.04 ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b*) ที่ผิวหน้าขนมหม้อแกงมีค่าอยู่ในช่วง 25.09–33.45 และเนื้อด้านในขนมมีค่าอยู่ในช่วง 29.81–32.97 จากผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร พบว่าสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะ รวมถึงความชอบโดยรวมสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 3 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสูตรที่ 1 มีส่วนผสมของน้ำตาลโตนดในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับสูตรที่ 2 และ 3 จึงอาจมีผลต่อคุณลักษณะด้านสีที่ปรากฏทำให้เห็นขนมมีสีน้ำตาลทองและมีผิวหน้าที่เรียบเนียนและขึ้นเงากว่าสูตรอื่น ๆ จึงส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ทดสอบชิมมากที่สุด มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงถึง 7.86 ซึ่งอยู่ในระดับ “ชอบปานกลาง” สอดคล้องกับการศึกษาของ Joompolla *et al*. (2018) รายงานว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของขนมหม้อแกงสูตรที่ใช้กะทิลดไขมันและกะทิจากธัญพืชไม่แตกต่างกัน โดยขนมหม้อแกงทุกสูตรมีคะแนนอยู่ในช่วง 7.30-8.19 ซึ่งอยู่ในระดับ “ชอบมาก” Sukhonthara (2016) รายงานว่าขนมหม้อแกงสูตรที่มีการใช้น้ำตาลโตนดในปริมาณสูง ทำให้ขนมหม้อแกงที่ได้มีผิวหน้าเรียบเนียนและมีเนื้อสัมผัสที่เนียน และการใช้น้ำตาลโตนดมีผลต่อรสชาติหวานมันและส่งผลให้ขนมหม้อแกงมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ จึงส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่งผลทั้งด้านบวกและด้านลบต่อคุณภาพอาหาร เช่น เป็นส่วนสำคัญในการสร้างสีสัน กลิ่น และรสชาติ ทำให้เกิดกลิ่นและรสที่หลากหลายในขณะเดียวกัน อาจส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการในการลดลงของปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด เช่น ขนมปัง สเต็ก และมันฝรั่ง เป็นต้น (Gupta *et al*., 2022) ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของกรดอะมิโนที่เกิดปฏิกิริยา (Muangthai, 2010) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองพบว่า ความชอบโดยรวมของขนมหม้อแกงสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงทำการเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบราคาต้นทุน ซึ่งพบว่าสูตรที่ 1 มีราคาต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าสูตรที่ 3 จึงคัดเลือกสูตรที่ 1 เป็นสูตรขนมหม้อแกงพื้นฐานที่นำไปพัฒนาเป็นขนมหม้อแกงแทนที่ไข่ด้วยโปรตีนถั่วเหลืองต่อไป

จากผลการศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองโดยการแทนที่ไข่ด้วยโปรตีนถั่วเหลืองที่ปริมาณต่างกัน พบว่าการแทนที่ไข่ด้วยปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อร้อยละผลผลิตที่ได้ลดลง ในขณะที่ ค่าสีและค่าความ

แน่นเนื้อของขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสีผิวด้านนอกของขนมมีสีเข้มกว่าเนื้อด้านใน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Joompolla *et al*. (2018) ที่ทำการเติมผงแก่นตะวันลงในขนมหม้อแกงที่ร้อยละ 2, 4 และ 6 ของส่วนผสมทั้งหมด พบว่าการเติมผงแก่นตะวันในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความสว่างของขนมหม้อแกงลดลง และเมื่อเปรียบเทียบค่าสีของขนมหม้อแกง พบว่าความสว่างและค่าสีแดงของเนื้อด้านในขนมหม้อแกงมีค่าสูงกว่าที่ผิวหน้าด้านนอกของขนมหม้อแกง เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัส พบว่าขนมหม้อแกงสูตรที่ 5 (โปรตีนถั่วเหลือง 1,600 กรัม) มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด ในขณะที่สูตรที่ 1 มีโปรตีนถั่วเหลือง 0 กรัม และใช้ไข่เป็ด 400 กรัม (สูตรควบคุม) มีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุด ซึ่งหากมีความแน่นเนื้อมากก็จะมีความนุ่มน้อย จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเติมโปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณสูงขึ้นส่งผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเช่นกัน อาจเป็นผลจากตะกอนโปรตีนเมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดโครงสร้างขนมหม้อแกงแข็งแรงขึ้นจึงทำให้เนื้อสัมผัสของขนมมีความแน่นเนื้อมากขึ้น สอดคล้องกับ Jangchud *et al*. (2003) ที่ศึกษาการเติมผงถั่วทองบดร้อยละ 20 ในขนมหม้อแกง ส่งผลให้ขนมหม้อแกงมีค่าความแข็งและค่าแรงเกาะติดผิวเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 17.61 นิวตัน และ 0.80 นิวตันเมตร ตามลำดับ เนื่องมาจากถั่วทองบดมีองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนและแป้ง จึงส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของขนมหม้อแกงทำให้มีความแน่นแข็งมากขึ้น ในขณะที่ค่าการเกาะตัวกันมีแนวโน้มลดลง

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เห็นได้ว่าการเติมปริมาณตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลืองเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้การยอมรับในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกด้านของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองมีกลิ่นเฉพาะของถั่วเหลือง จึงส่งผลต่อรสชาติและการเติมในปริมาณสูงก็ส่งผลให้ขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองมีสีน้ำตาลทองที่จางลง เพราะตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่ใช้เติมมีสีขาวครีม จึงไปลดความเข้มของสีน้ำตาลทองของขนม และยังส่งผลให้ขนมหม้อแกงมีความแน่นเนื้อมากขึ้น จึงอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้ไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้ทดสอบชิม เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม พบว่าการเติมโปรตีนถั่วเหลืองที่ 1,200 กรัม (สูตรที่ 4) ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงไม่แตกต่างกับสูตรควบคุมและสูตรที่เติม 400 และ 800 กรัม อาจเนื่องมาจากผู้ทดสอบชิมยอมรับได้ในระดับกลิ่นรสของถั่วเหลืองและเนื้อสัมผัสที่ได้มากกว่าการเติมที่ปริมาณสูงที่สุด สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Joompolla *et al*. (2018) การเติมผงแก่นตะวันปริมาณสูงขึ้น พบว่าทำให้ได้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส รวมไปถึงความชอบโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Jangchud *et al*. (2003) ที่พบว่าการเติมปริมาณผงถั่วทองบดเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 4 เป็นร้อยละ 20 ส่งผลทำให้คะแนนความชอบกลิ่นรสถั่ว กลิ่นรสไข่ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมหม้อแกงถั่วกึ่งสำเร็จรูปลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการศึกษาการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองเปรียบเทียบระหว่างโปรตีนถั่วเหลืองทางการค้า (เต้าหู้) กับตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมีของขนมหม้อแกงทั้ง 2 แบบ พบว่าขนมหม้อแกงที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองทางการค้า มีร้อยละผลผลิต ความชื้น และค่าสีเหลือง สูงกว่าขนมหม้อแกงที่เติมตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง อาจเนื่องมาจากสีของเนื้อเต้าหู้ทางการค้าซึ่งมีสีเหลืองครีมอ่อน ๆ และมีความนิ่มมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง ซึ่งจะสีขาวกว่าและมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่อัดแน่นกว่าจึงส่งผลให้มีค่าความสว่างและความแน่นเนื้อที่มากกว่า และจากผลการศึกษาการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าขนมหม้อแกงที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง มีคะแนนความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.92 สูงกว่าขนมหม้อแกงที่เติมโปรตีน

ถั่วเหลืองทางการค้า (เต้าหู้) ซึ่งได้รับคะแนนเท่ากับ 6.56 ทั้งนี้ ความแตกต่างของคะแนนความชอบนอกจากจะขึ้นอยู่กับทัศนคติและความชอบส่วนบุคคลที่มีต่อผลิตภัณฑ์แล้ว อาจเป็นผลมาจากตะกอนโปรตีนที่เลือกใช้ด้วย ซึ่งการใช้ตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองจากการใช้สารตกตะกอนโปรตีนต่างชนิดกัน อาจส่งผลให้ได้คุณภาพของตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่แตกต่างกันและส่งผลต่อคุณลักษณะโดยรวมของขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองที่ผลิตได้

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ พบว่าการตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองโดยการใช้แคลเซียมซัลเฟตสามารถตกตะกอนโปรตีนได้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุดและได้คุณลักษณะเนื้อตะกอนโปรตีนที่ดี จึงนำตะกอนโปรตีนที่ได้ไปศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง จากการคัดเลือกสูตรขนมหม้อแกงพื้นฐานที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานสูตรที่ 1 ที่ประกอบด้วย ไข่เป็ด กะทิ และน้ำตาลโตนดเป็นสูตรที่เหมาะสม และจากผลการศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าการแทนไข่เป็ดด้วยตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่ปริมาณสูงขึ้น ส่งผลให้ได้ขนมหม้อแกงที่มีความชื้น ค่าความแน่นเนื้อ ความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น โดยปริมาณตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสม คือ 1,200 กรัม

การศึกษาการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงโปรตีนถั่วเหลืองทางการค้า (เต้าหู้) กับตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง พบว่าขนมหม้อแกงที่เติมตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นเอง ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าขนมหม้อแกงที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองทางการค้า ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้ตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองแทนไข่เป็ดในการพัฒนาขนมหม้อแกงทางเลือก โดยยังคงมีลักษณะปรากฏและการขึ้นรูปของขนมหม้อแกงได้ดี เป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ขนมไทยเพื่อสุขภาพและช่วยลดการใช้วัตถุดิบจากสัตว์ และยังเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์หรือผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ อย่างไรก็ตาม การใช้โปรตีนถั่วเหลืองแทนไข่เป็ดนั้นไม่สามารถทดแทนกันได้ในเรื่องของชนิดและปริมาณโปรตีน รวมถึงกรดอะมิโนให้เท่ากันได้ เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่มาจากแหล่งที่แตกต่างกัน และการใช้โปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณสูงอาจส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส สี และคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ในอนาคตจึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องขององค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนาการ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ต้นทุนการผลิต ตลอดอายุการจัดเก็บผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (Fundamental Fund: FF) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โรงเรียนการอาหารนานาชาติเพชรบุรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อการทำวิจัย จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

AOAC International. 2016. **Official Methods of Analysis.** 20th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. 3750 p.

Cheewapruk, K. and N. Limsangouan. 2022. Plant-based protein products current trends in consumer behavior. **Journal of Food Research and Product Development (JFRPD)** 52(2): 5–15. [in Thai]

El Hosry, L., V. Elias, V. Chamoun, M. Halawi, P. Cayot, A. Nehme and E. Bou-Maroun. 2025. Maillard reaction: mechanism, influencing parameters, advantages, disadvantages, and food Industrial applications: a review. **Foods** 14(11): 1881.

Geng, Y., X. Du, R. Jia, Y. Zhu, Y. Lu, X. Guan, Y. Hu, X. Zhu and M. Zhang. 2024. Research progress on tofu coagulants and their coagulation mechanisms. **Foods** 13(21): 3475.

Gupta, S., M. Sood, N. Gupta, J.D. Bandral and A. Langeh. 2022. Food browning, its type and controlling measures: a review article. **Chemical Science Review and Letters** 11(44): 417–424.

Jangchud, K., V. Haruthaithanasan, K. Mongkonworawan and N. Juyjaroen. 2003. Development of Demi-processed Mungbean Custard. pp.175–184. *In* **Proceedings of 41th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry**. Bangkok: Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University. [in Thai]

Joompolla, J. 2016. **Development of Thai Custard Dessert (Khanom Maw Kaeng) by Jerusalem Artichoke Powder for Health**. Master Thesis. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. 124 p. [in Thai]

Joompolla, J., T. Soteyome, C. Kee-ariyo and N. Suteebut. 2018. Development of Thai custard dessert (Khanom Maw Kaeng) by Jerusalem artichoke powder for health. **Journal of Technical Education Development** 30(106): 81–92. [in Thai]

Katsuwan, P. and K. Banjong. 2018. Optimization of microwave-assisted extraction of papaya seed oil by response surface methodology. **Srinakharinwirot University Journal of Sciences and Technology** 10(20): 76–88. [in Thai]

Manarote, A., J. Bunyasawat and C. Bhoosem. 2014. **Development of Thai-style Custard from Sweet Corn**. 80 p. *In* Research Report. Bangkok: Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. [in Thai]

Minh, N.P. 2014. Different factors affecting to mung bean (*Phaseolus aureus*) tofu production. **International Journal of Multidisciplinary Research and Development** 1(4): 105–110.

Muangthai, P. 2010. Chemistry on the occurrence of brown color by maillard reaction. **Srinakharinwirot University Journal of Sciences and Technology** 2(4): 1–9. [in Thai]

Naksit, P. 2020. Plant-based proteins: nutrition, structure, functionality, and applications in the food industry. **Rajabhat Agriculture Journal** 19(1): 61–69.

Nicole, M., Z. Caimeng, K. Eric and H. Yufei. 2014. Salt and acid-induced soft tofu-type gels: rheology, structure and fractal analysis of viscoelastic properties as a function of coagulant concentration. **International Journal of Food Engineering** 10(4): 595–611.

Prabhakaran, M.P., C.O. Perera and S. Valiyaveettil. 2006. Effect of different coagulants on the isoflavone levels and physical properties of prepared firm tofu. **Food Chemistry** 99(3): 492–499.

Pramai, P., A. Chodnakarin, S. Singsom and P. Phuchan. 2025. Effect of gac fruit pulp powder supplementation on the quality of thai custard dessert. **Life Sciences and Environment Journal** 26(1): 105–119. [in Thai]

Sirilert, T., M. Sri-inkum and N. Silalai. 2023. Study on extraction methods and physicochemical properties of plant-based proteins in application of meat imitation products. **Burapha Science Journal** 28(3): 1424–1444. [in Thai]

Sukhonthara, S. 2016. Development of germinated riceberry thai egg custard with reduced sugar. **Srinakharinwirot Science Journal** 32(2): 195–210. [in Thai]

Tor-Roca, A., M. Garcia-Aloy, F. Mattivi, R. Llorach, C. Andres-Lacueva and M. Urpi-Sarda. 2020. Phytochemicals in legumes: a qualitative reviewed analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 68(47): 13486–13496.

Wirivutthikorn, W. 2020. Effect of green tea powder on development of fresh milk egg Thai custard dessert product supplemented with green tea powder. **Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi** 19(2): 164–173. [in Thai]

Wongcharee W., C. Khongsomsak, P. Singhasarn, S. PhoongamKhiew and K. Ratananikom. 2025. Optimization of Protein Precipitation from Legume Extracts Using pH Adjustment and Salt-induced precipitation. pp. 1–8 *In* **EN Sustainable Development National Conference (ENSD Conference)**. Nakhon Pathom: Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University. [in Thai

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 182-194

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง

Factors Influencing Consumer Acceptance of Black Pepper Sauce Hybrid Kolon Chicken Steak Products in Phatthalung Province

ธิดารัตน์ จุทอง[1] วิศาล อดทน[2] สุปรีย์ยา เทพรักษ์[2] ศรัณญภัส รักศีล[3] และเสาวณีย์ เล็กบางพง[3,*]

Thidarat Juthong[1], Wisan Odton[2], Supreeya Thepparak[2]

Saranyaphat Rakseen[3] and Saowanee Lekbangpong[3,*]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[2]สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[3]สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชุมชน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[1]Food Science and Technology, Faculty of Agro and Bio Industry, Thaksin University, Phatthalung, Thailand 93210

[2]Animal Science, Faculty of Agriculture, Thaksin University, Phatthalung, Thailand 93210

[3]Agricultural Extension and Community Development, Faculty of Agriculture, Thaksin University, Phatthalung, Thailand 93210

*Corresponding author: Saowanee.l@tsu.ac.th

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0002-5257-675X

Received: *March 26, 2026*
Revised: *June 20, 2026*
Accepted: *June 29, 2026*

Abstract

This research aimed to study: 1) consumers' personal characteristics; 2) consumer acceptance; 3) the level of importance of marketing mix factors; and 4) the factors influencing consumer acceptance of hybrid chicken steak with black pepper sauce in Phatthalung province. Data were collected from 400 respondents using questionnaires and analyzed using descriptive statistics (frequencies, percentages, means, and standard deviations) and stepwise multiple regression analysis. The results were as follow: 1) The findings revealed that most consumers were female, aged 21–40 years, held a bachelor's degree, were single, and worked in government agencies or state enterprises. 2) Consumers accepted it due to its appetizing aroma, pleasant taste, and deliciousness. Most preferred a price range of 50–100 Baht and a package weight of 101–200 grams, and showed an intention to continue purchasing the product in the future. 3) The overall marketing mix factors were rated at the highest level ($\bar{X}$=4.56), with product factors receiving the highest importance, followed by distribution channels, sales promotion, and price. 4) Age had a statistically significant negative effect on product acceptance at the 0.05 level, while product and distribution channel factors were the key determinants influencing consumer acceptance. These findings highlight consumers' emphasis on product quality and accessibility. They may serve

as guidelines for developing processed livestock products, adding value to agricultural products, and improving marketing strategies for community products in Phatthalung province.

Keywords: consumer acceptance, hybrid kolon chicken, marketing mix, Phatthalung province processed products

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล 2) การยอมรับผลิตภัณฑ์ 3) ระดับความสำคัญปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด และ 4) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงแบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมานโดยการใช้การถดถอยพหุแบบขั้นตอน ผลการศึกษา พบว่า 1) ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุอยู่ระหว่าง 21–40 ปี มีการศึกษาระดับปริญญาตรี สถานภาพโสด อาชีพรับราชการหรือรัฐวิสาหกิจ 2) ผู้บริโภคมีการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำ เนื่องจากมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน รสชาติดี และมีความอร่อย ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมซื้อในราคา 50–100 บาท น้ำหนักต่อบรรจุภัณฑ์ 101–200 กรัม และมีแนวโน้มซื้อบริโภคในตลาดในอนาคต 3) ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.56) โดยปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ได้รับความสำคัญสูงสุด รองลงมาคือ ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการขาย และราคา ตามลำดับ และ 4) อายุมีผลเชิงลบต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์และช่องทางการจัดจำหน่ายเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภค สะท้อนให้เห็นว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณภาพผลิตภัณฑ์ และความสะดวกในการเข้าถึงสินค้า ซึ่งผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์แปรรูป การเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตร และการวางกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพัทลุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การยอมรับ ไก่คอล่อน ส่วนประสมทางการตลาด จังหวัดพัทลุง ผลิตภัณฑ์แปรรูป

บทนำ

ไก่คอล่อนลูกผสมมีความสำคัญต่อภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีการพัฒนาสายพันธุ์ให้มีการเจริญเติบโตดี คุณภาพเนื้อดี และปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี เนื้อมีลักษณะแน่น นุ่ม และรสชาติดี เหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายประเภท เช่น สเต็ก อาหารพร้อมปรุง และอาหารพร้อมบริโภค เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ได้อย่างเหมาะสม (Schiffman and Wisenblit, 2019) ในยุคปัจจุบันผู้บริโภคมีพฤติกรรมการเลือกซื้ออาหารที่เน้นความสะดวก รวดเร็ว และมีคุณภาพควบคู่กัน โดยเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปและอาหารพร้อมบริโภคที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำ เป็นอาหารแปรรูปจากเนื้อไก่คอล่อนลูกผสม ซึ่งมีลักษณะเนื้อนุ่ม แน่น และมีกลิ่นเฉพาะตัว นำมาหมักด้วยซอสพริกไทยดำสูตรเฉพาะ ผ่านกระบวนการปรุงสุกและบรรจุในรูปแบบอาหารพร้อมรับประทานหรือกึ่งพร้อมปรุง เพื่อเพิ่มมูลค่าให้สัตว์เศรษฐกิจท้องถิ่น และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ นอกจากนี้ ยังสะท้อนอัตลักษณ์อาหารพื้นถิ่นของจังหวัดพัทลุง และสามารถสร้างมูลค่าเพิ่ม

ทางเศรษฐกิจให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม การแข่งขันในตลาดอาหารมีแนวโน้มสูงขึ้น ผู้ประกอบการจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมมีความสำคัญอย่างยิ่งในบริบทของอุตสาหกรรมอาหารและการเกษตรในปัจจุบัน ซึ่งจังหวัดพัทลุงเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพด้านการผลิตปศุสัตว์และการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูป โดยผู้บริโภคในพื้นที่เปิดรับผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบใหม่และให้ความสำคัญกับคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำมีโอกาสพัฒนาเชิงพาณิชย์ และสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ท้องถิ่น

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลด้านพฤติกรรมผู้บริโภค และปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ยังช่วยเพิ่มช่องทางการตลาดให้กับเกษตรกรและผู้ประกอบการในท้องถิ่น สามารถต่อยอดสู่การสร้างแบรนด์สินค้าและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือสินค้าเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มรายได้และยกระดับศักยภาพการแข่งขันในตลาด (Porter, 1985) รวมทั้งสอดคล้องกับแนวคิดการเพิ่มมูลค่า (value added) ให้กับสินค้าเกษตร นอกจากนี้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ยังช่วยสร้างความแตกต่างของสินค้าในตลาด (product differentiation) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการแข่งขัน โดยการปรับปรุงด้านรสชาติ สูตรอาหาร บรรจุภัณฑ์ และมาตรฐานความปลอดภัยอาหาร จะช่วยเพิ่มความน่าสนใจและความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค ส่งผลให้เกิดการตัดสินใจซื้อและการซื้อซ้ำ (Armstrong and Kotler, 2017) อีกทั้งยังสามารถตอบสนองแนวโน้มผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับคุณภาพ ความสะอาด และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารมากขึ้น

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (marketing mix: 4Ps) เป็นเครื่องมือสำคัญที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคและการตัดสินใจซื้อ โดยเฉพาะด้านผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมถึงคุณภาพ ความสดใหม่ ความสะอาดและความปลอดภัย รสชาติ และบรรจุภัณฑ์ ล้วนเป็นปัจจัยที่ช่วยสร้างการรับรู้คุณค่า (perceived value) และความพึงพอใจของผู้บริโภค (Zeithaml, 1988) นอกจากนี้ การกำหนดราคาที่เหมาะสมกับคุณภาพสินค้า การเลือกช่องทางการจัดจำหน่ายที่เข้าถึงง่าย และการส่งเสริมการตลาดที่มีประสิทธิภาพ เช่น การโฆษณาและการส่งเสริมการขาย ยังมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นความสนใจและเพิ่มโอกาสในการตัดสินใจซื้อ อีกทั้งพฤติกรรมผู้บริโภคในปัจจุบันยังให้ความสำคัญกับประสบการณ์โดยรวมของสินค้า ทั้งในด้านคุณภาพ ความปลอดภัย และความคุ้มค่า ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจและความตั้งใจซื้อซ้ำ (Cronin *et al.,* 2000)

จังหวัดพัทลุงเป็นพื้นที่ที่มีการบริโภคอาหารพื้นถิ่นและผลิตภัณฑ์จากสัตว์ปีกค่อนข้างสูง อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพด้านการผลิตปศุสัตว์และการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูป นอกจากนี้ ผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุงมีพฤติกรรมการบริโภคที่ผสมผสานระหว่างอาหารพื้นบ้านกับอาหารสมัยใหม่ ทำให้ผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำมีโอกาสได้รับการยอมรับทางการตลาด อย่างไรก็ตาม ยังขาดข้อมูลเชิงวิชาการเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค การยอมรับผลิตภัณฑ์ และปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีความสำคัญในการสร้างองค์ความรู้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การวางแผนการตลาด และการเพิ่มมูลค่าสินค้าปศุสัตว์ในจังหวัดพัทลุงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ประชากรที่ศึกษา คือ ผู้บริโภคที่เคยบริโภคสเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำในพื้นที่จังหวัดพัทลุง เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ดังนั้นขนาดกลุ่มตัวอย่างสามารถคำนวณได้จากสูตร Cochran (1963) โดยกำหนดระดับ

ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และระดับความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยคัดเลือกเฉพาะผู้บริโภคที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ในงานเกษตรแฟร์ ครั้งที่ 19 เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์เฉพาะพื้นถิ่นในจังหวัดพัทลุง ได้กลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 385 ราย แต่ผู้ศึกษาได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 400 ราย เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ผล

เครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม ประกอบไปด้วยคำถามปลายเปิด (open-ended) และปลายปิด (close-ended) ซึ่งแบ่งประเด็นการศึกษา โดยข้อคำถามประกอบไปด้วย 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ศาสนา อาชีพ โดยใช้แบบสอบถามเป็นแบบคำถามปลายเปิด (open-ended) และปลายปิด (close-ended)

ตอนที่ 2 การยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภค โดยใช้แบบสอบถามเป็นแบบคำถามปลายเปิด (open-ended) และปลายปิด (close-ended)

ตอนที่ 3 ระดับความสำคัญของส่วนประสมทางการตลาดของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง โดยใช้แบบสอบถามเป็นคำถามมาตรวัดแบบลิเคิร์ท (Likert Rating Scale) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ความสำคัญมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 5 ความสำคัญมาก มีคะแนนเท่ากับ 4 ความสำคัญปานกลาง มีคะแนนเท่ากับ 3 ความสำคัญน้อย มีคะแนนเท่ากับ 2 และความสำคัญน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 1 โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและแบ่งช่วงความสำคัญเพื่อการพิจารณาระดับความสำคัญปัจจัยทางการตลาด ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	**ระดับความสำคัญ**
4.21–5.00	ความสำคัญมากที่สุด
3.41–4.20	ความสำคัญมาก
2.61–3.40	ความสำคัญปานกลาง
1.81–2.60	ความสำคัญน้อย
1.00–1.80	ความสำคัญน้อยที่สุด

การทดสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้มีการวัดความเที่ยงตรงของเนื้อหา (content validity) เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย (IOC: Index of Item Objective Congruence) โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาและตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (content validity index) และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ (wording) และแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ จากนั้นทดสอบคุณภาพด้วยการทดสอบความเชื่อมั่น (reliability) โดยการนำแบบสอบถามไปทดสอบ (try out) กับผู้บริโภคในพื้นที่จังหวัดพัทลุงซึ่งมีลักษณะใกล้เคียง แต่ไม่ใช่ประชากรจริงในการวิจัยจำนวน 30 ราย โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.81 ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.80–0.97 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Hair *et al*., 2010) แบบสอบถามถือว่ามีความน่าเชื่อถือ ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยทักษิณ (TSU 2025_363 REC No 0502) เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2568 จากนั้นทำการปรับปรุงรายละเอียดแล้วนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสังคมศาสตร์สำเร็จรูปทางสถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (description statistics) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล การยอมรับผลิตภัณฑ์ และระดับความสำคัญของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง ประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. การวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบขั้นตอน (multiple regression analysis) กำหนดให้ระดับความ

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง ประกอบด้วยประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล การยอมรับผลิตภัณฑ์ ระดับความสำคัญของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง โดยมีรายละเอียดผลวิจัยได้ ดังนี้

ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล

ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 65.25 อายุอยู่ระหว่าง 21–40 ปี คิดเป็นร้อยละ 34.75 และอายุอยู่ระหว่าง 41–60 ปี คิดเป็นร้อยละ 30.25 มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 31.50 สถานภาพโสด คิดเป็นร้อยละ 52.00 อาชีพรับราชการหรือรัฐวิสาหกิจ คิดเป็นร้อยละ 42.25 สอดคล้องกับ Naewjumpa and Ngasanoi (2024) ได้ศึกษาเรื่อง ปัจจัยสวนประสมทางการตลาด (7Ps) ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกร้านอาหารประเภทปิ้งย่างของผู้บริโภคในเขตจังหวัดนครราชสีมา พบว่าผู้บริโภคในเขตจังหวัดนครราชสีมาที่ใช้บริการร้านอาหารประเภทปิ้งย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 50.40 มีอายุระหว่าง 25–34 ปี คิดเป็นร้อยละ 34.80 ผู้บริโภคอายุน้อยให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (marketing mix) สูงกว่า เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีพฤติกรรมการบริโภคเปิดรับข้อมูล ข่าวสาร และนวัตกรรมใหม่ได้รวดเร็ว รวมทั้งได้รับอิทธิพลจากสื่อดิจิทัล การโฆษณาและกิจกรรมส่งเสริมการตลาดมากกว่ากลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุมาก ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดพฤติกรรมผู้บริโภค (consumer behavior theory) ที่อธิบายว่า อายุเป็นปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อการรับรู้ ความต้องการ การตัดสินใจซื้อ และรูปแบบการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นทางการตลาดของผู้บริโภค โดยผู้บริโภควัยหนุ่มสาวมักให้ความสำคัญกับภาพลักษณ์สินค้า การสร้างแบรนด์ โปรโมชั่น และประสบการณ์ใหม่ในการบริโภคมากกว่า (Schiffman and Wisenblit, 2019) ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการประกอบอาชีพข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ คิดเป็นร้อยละ 20.50 และมีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 52.20

การยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภค

ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำ คิดเป็นร้อยละ 99.00 เหตุผลที่ชอบสเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำ สมุนไพร คือ กลิ่นหอมน่ารับประทานมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 71.25 รองลงมา คือ รสชาติดี มีความอร่อย คิดเป็นร้อยละ 42.25 และสีสวย รูปลักษณ์ดี คิดเป็นร้อยละ 32.25 ราคา 50–100 บาท มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 70.00 รองลงมาคือ ราคา 101–200 บาท คิดเป็นร้อยละ 25.25 และราคา 201–300 บาท คิดเป็นร้อยละ 2.25 ปริมาณน้ำหนักต่อบรรจุภัณฑ์ 101–200 กรัมมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33.00 รองลงมา คือ ปริมาณ 201–300 กรัม คิดเป็นร้อยละ 23.25 และปริมาณน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 กรัม คิดเป็นร้อยละ 13.25 ในอนาคตซื้อมาบริโภคมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.50 รองลงมาคือ อาจจะซื้อมาบริโภคแน่นอน คิดเป็นร้อยละ 45.25 สถานที่ที่เหมาะสมในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ คือ ตลาดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.75 รองลงมาคือ ร้านค้าชุมชน คิดเป็นร้อยละ 23.00 และซุปเปอร์มาเก็ต คิดเป็นร้อยละ 17.75 (Table 1)

Table 1 Acceptance of the Kolon crossbred chicken steak with black pepper sauce

Acceptance of the Kolon crossbred chicken steak with black pepper sauce	Frequency	Percentage
Love the Kolon crossbred chicken steak with black pepper sauce product	**396**	**99.00**
Reasons for liking the product		
Nutritious	33	8.25
Beneficial to the body	36	9.00
Beautiful and appropriate container/label	43	10.75
It is unique.	51	12.75
It's new and interesting.	63	15.75
Beautiful color, good appearance	129	32.25
Good taste, delicious	169	42.25
Delicious aroma	285	71.25
Satisfactory price compared to market prices		
50–100 Baht	280	70.00
101–200 Baht	101	25.25
201–300 Baht	9	2.25
301–400 Baht	2	0.50
More than 500 Baht	4	1.00
Product weight per package		
Less than or equal to 100 grams		
101–200 grams	132	33.00
201–300 grams	93	23.25
301–400 grams	35	8.75
401–500 grams	50	12.50
More than 500 grams	37	9.25

Table 1 (Continued)

Acceptance of the Kolon crossbred chicken steak with black pepper sauce	Frequency	Percentage
Purchase intention for future consumption		
Strong intention not to purchase	17	4.25
Possible purchase for consumption	181	45.25
Definitely buy and consume	202	50.50
Suitable place for selling products		
Department stores	19	4.75
Retail and wholesale stores	55	13.75
Supermarkets	71	17.75
Community stores	92	23.00
Markets	163	40.75

Answer more than one question

ระดับความสำคัญของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง

ผู้บริโภคให้ความสำคัญปัจจัยทางการตลาดของผู้บริโภคในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.56) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า 1) ด้านผลิตภัณฑ์ (ค่าเฉลี่ย 4.62) รองลงมาคือ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (ค่าเฉลี่ย 4.59) ด้านการส่งเสริมการขาย (ค่าเฉลี่ย 4.54) และด้านราคา (ค่าเฉลี่ย 4.52) โดยมีความสำคัญอยู่ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ สอดคล้องกับทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาด (marketing mix theory หรือ 4Ps) ของ Kotler and Armstrong (2020) ซึ่งอธิบายว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (product) ราคา (price) ช่องทางการจัดจำหน่าย (place) และการส่งเสริมการตลาด (promotion) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค โดยเฉพาะด้านผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคมักให้ความสำคัญสูงที่สุด เนื่องจากเกี่ยวข้องกับคุณภาพ รสชาติ ความปลอดภัย และความสามารถในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคโดยตรง ขณะที่ช่องทางการจัดจำหน่ายช่วยเพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงสินค้า การส่งเสริมการขายมีบทบาทในการสร้างการรับรู้และกระตุ้นการตัดสินใจซื้อ ส่วนด้านราคาสะท้อนถึงความคุ้มค่าและความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ในมุมมองของผู้บริโภค สามารถแยกแต่ละด้าน ดังนี้

1) ด้านผลิตภัณฑ์ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.62) ในประเด็นความสดใหม่ให้ความสำคัญอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.69) รองลงมาคือ ความสะอาดถูกหลักอนามัยมีความสำคัญอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.65) เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความปลอดภัยในการบริโภคอาหาร เพื่อลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนและผลกระทบต่อสุขภาพ อีกทั้งยังเป็นปัจจัยที่ช่วยสร้างความเชื่อมั่นต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และความน่าเชื่อถือของผู้จำหน่าย และบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณภาพสวยงาม น่าซื้อมีความสำคัญอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.56) น้อยที่สุด สอดคล้องกับ Yuwadeeniwet *et al*. (2024) ได้ศึกษาปัจจัยด้านการตลาดที่ส่งผลต่อ

การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์จากปลานิล จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าปัจจัยด้านการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ปลานิล จังหวัดอุบลราชธานี ด้านผลิตภัณฑ์ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.31) เมื่อพิจารณารายข้อเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ รสชาติดี (ค่าเฉลี่ย 4.42) รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ คุณค่าทางอาหาร (ค่าเฉลี่ย 4.36) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยมีมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ย 4.32) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่น (ค่าเฉลี่ย 4.31) และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแหล่งที่มาชัดเจน (ค่าเฉลี่ย 4.19) ตามลำดับ

2) ด้านราคา ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.52) ในประเด็นมีการชำระค่าใช้จ่ายหลากหลายช่องทางมีความสำคัญอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.56) เนื่องจากผู้บริโภคในปัจจุบันนิยมความสะดวก รวดเร็ว และความยืดหยุ่นในการชำระเงิน เช่น เงินสด โอนผ่านธนาคาร หรือระบบดิจิทัล ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดในการซื้อสินค้า และเพิ่มโอกาสในการตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น รองลงมาคือ มีราคาจำหน่ายที่มีความสำคัญอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.54) และมีราคาจำหน่ายที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์มีความสำคัญอยู่ในระดับน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.47) สอดคล้องกับงานวิจัย ของ Pantano *et al.* (2020) พบว่าความสะดวกในการชำระเงินและการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการซื้อสินค้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค โดยเฉพาะในบริบทการตลาดยุคดิจิทัลที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความรวดเร็วและความง่ายในการทำธุรกรรมมากขึ้น

3) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.59) ในประเด็นร้านที่จัดจำหน่ายมีความน่าเชื่อถือ/มาตรฐาน มีความสำคัญอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.64) เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความมั่นใจในคุณภาพสินค้าและความปลอดภัยในการบริโภค โดยร้านค้าที่มีความน่าเชื่อถือและมีมาตรฐานจะช่วยสร้างความไว้วางใจ ลดความเสี่ยงในการซื้อสินค้า และส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อโดยตรง รองลงมาคือ ร้านมีบริการดี พนักงานขายสุภาพเรียบร้อย มีความต้องการอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.61) สามารถหาซื้อง่ายตามความสะดวกและมีบริการให้เคลมผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ มีความสำคัญอยู่ในระดับน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.56) สอดคล้องกับ Sompong (2021) พบว่าผู้บริโภคจะคำนึงถึงความสะดวกสบายในการซื้อสินค้าทางออนไลน์เป็นหลัก ต้องใช้งานง่าย สะดวก ใช้งานได้อย่างรวดเร็ว สามารถสั่งซื้อสินค้าได้สำเร็จไม่ล้มเหลว ค้นหาสินค้าได้หลากหลายและค้นหาได้ง่าย ทำได้ตลอด 24 ชั่วโมง มีบริการจัดส่งครอบคลุมทุกพื้นที่ ให้ข้อมูลสินค้าชัดเจน สามารถติดตามข้อมูลและตรวจสอบการซื้อสินค้าได้ มีช่องทางการติดต่อที่สะดวกต่อลูกค้า รวมถึงการขอความช่วยเหลือ สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่สงสัย โดยเสนอแนะเพิ่มเติมว่าควรเอาใจใส่ลูกค้าให้ลูกค้ารู้สึกสะดวกสบาย อบอุ่นใจในการใช้บริการ มีความจริงใจ พร้อมช่วยเหลือและมีความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา และสอดคล้องกับ Kanbute *et al.* (2023) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อผักและผลไม้เกษตรอินทรีย์ของผู้บริโภคในพื้นที่จังหวัดแพร่ พบว่าผู้บริโภคในพื้นที่จังหวัดแพร่ให้ความสำคัญในการเลือกซื้อผักและผลไม้เกษตรอินทรีย์ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (ค่าเฉลี่ย 4.33) ด้านผลิตภัณฑ์ (ค่าเฉลี่ย 4.28) ด้านราคา (ค่าเฉลี่ย 4.02) ด้านการส่งเสริมการขาย (ค่าเฉลี่ย 3.61)

4) ด้านการส่งเสริมการขาย ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.54) ในประเด็นมีบริการส่งถึงที่บริเวณใกล้เคียงในการสั่งซื้อปริมาณเยอะมีความสำคัญอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.69) เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความสะดวกสบายและการประหยัดเวลา โดยเฉพาะเมื่อมีการสั่งซื้อในปริมาณมาก การมีบริการจัดส่งช่วยลดภาระในการขนย้ายสินค้า และเพิ่มความคล่องตัวในการเข้าถึงสินค้า รองลงมาคือ มีการให้ข้อมูลข่าวสารด้านคุณประโยชน์ของการบริโภค มีความสำคัญอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.67) และมีของแถมเมื่อ

ซื้อผลิตภัณฑ์ปริมาณมากมีความสำคัญอยู่ในระดับน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.51) สอดคล้องกับ Srijaiwong (2023) ได้ศึกษาการส่งเสริมการตลาดที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการซื้อข้าวแต๋นน้ำแตงโมของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านบ้านหัวหนอง ตำบลห้างฉัตร อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง พบว่าด้านการส่งเสริมการขายทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีการส่งเสริมการขายตลอดเวลามีการลดแลกแจกแถมข้าวแต๋นน้ำแตงโม เมื่อลูกค้าเข้ามาซื้อข้าวแต๋นในจำนวนมากทางกลุ่มก็จะมีกิจกรรมโดยการลดราคาสินค้าให้กับลูกค้าหรือมีพ่อค้าคนกลางเข้ามารับสินค้าเป็นจำนวนมาก ทางกลุ่มก็จะมีการลดราคาแจกแถมให้กับพ่อค้าคนกลาง มีสิทธิพิเศษสำหรับลูกค้าที่ซื้อเป็นประจำและเป็นลูกค้าเดิมอยู่ตลอดเวลา (Table 2)

Table 2 The level of importance of marketing mix factors to consumers

Marketing mix factors	Mean	SD	Description
1. Product	**62.4**	**0.53**	**Highest**
1.1 Freshness	69.4	54.0	Highest
1.2 Hygiene and cleanliness	65.4	57.0	Highest
1.3 Certification and safety standards	59.4	63.0	Highest
1.4 Visually appealing and appetizing physical appearance (color, shape, smell)	60.4	63.0	Highest
1.5 High-quality, attractive packaging	56.4	37.0	Highest
2. Price	**52.4**	**63.0**	**Highest**
2.1 The product has a reasonable selling price.	47.4	71.0	Highest
2.2 It offers good value for money considering its nutritional value.	52.4	66.0	Highest
2.3 Prices are clearly displayed.	52.4	71.0	Highest
2.4 The selling price meets customer needs.	54.4	67.0	Highest
2.5 Multiple payment options are available.	56.4	65.0	Highest
3. Place	**59.4**	**56.0**	**Highest**
3.1 Easily accessible and convenient to purchase	56.4	65.0	Highest
3.2 The retailer is reliable/has high standards.	64.4	64.0	Highest
3.3 The store provides good service with polite sales staff.	61.4	63.0	Highest
3.4 Service is available for claiming defective products.	56.4	68.0	Highest
3.5 Products are inspected (color, shape, size, smell) before sale.	60.4	65.0	Highest

Table 2 (Continued)

Marketing mix factors	Mean	SD	Description
4. Promotion	**54.4**	**64.0**	**Highest**
4.1 Price reductions are offered.	53.4	73.0	Highest
4.2 Free gifts are given for bulk purchases.	51.4	77.0	Highest
4.3 Information about the benefits of consumption is provided.	67.4	67.0	Highest
4.4 Advertising is increased.	55.4	72.0	Highest
4.5 Local delivery service is available for large orders.	69.4	66.0	Highest
Total	**4.56**	**38.0**	**High**

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง

การวิเคราะห์ความความสัมพันธ์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) พบว่ามี 6 ตัวแปรที่มีอิทธิพลกับการยอมรับซื้อผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำ ได้แก่ อายุ (X_2) มีผลเชิงลบกับตัวแปรตาม คือ การยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์เชิงพหุแบบขั้นตอน (multiple coefficient of determination: R^2) พบว่าสามารถพยากรณ์ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำ (R^2) ได้ร้อยละ 33 (Table 3)

Table 3 Factors influencing product acceptance

Variables	Coefficient (b)	Beta	t	p-value
(Constant)	-4.783		70.084	0.000
Age (X_2)	-0.071	-0.126	-2.543	0.011*
SEest=0.528; Durbin-Watson=1.655; R=0.183; R^2=0.330; F=6.469				

*****statistical significant level at 0.05 level

สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้ อายุ (X_2) มีผลเชิงลบกับการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำ (Y_1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ผู้บริโภคที่มีอายุน้อยมีแนวโน้มให้ความสำคัญต่อยอมรับผลิตภัณฑ์มากกว่าผู้บริโภคที่มีอายุมาก ทั้งด้านผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด เนื่องจากผู้บริโภควัยหนุ่มสาวเปิดรับผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมอาหารรูปแบบใหม่ได้ดีกว่า ขณะที่ผู้บริโภคที่มีอายุมากมักคุ้นเคยกับการบริโภคอาหารแบบดั้งเดิมและระมัดระวังในการทดลองผลิตภัณฑ์ใหม่ ส่งผลให้ระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์ลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Daniel *et al.* (2020) ได้ศึกษา age, an important sociodemographic determinant of factors influencing

consumers' food choices and purchasing habits: an English university setting พบว่าอายุมีอิทธิพลต่อการเลือกอาหารและพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคสภาพแวดล้อมมหาวิทยาลัยในอังกฤษ อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

สรุปผลการวิจัย

การยอมรับของผู้บริโภคที่อิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับสูง สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของผลิตภัณฑ์ในการตอบสนองความต้องการของตลาด โดยเหตุผลในการยอมรับ ได้แก่ คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส (sensory attributes) ซึ่งผู้บริโภคให้ความสำคัญกับกลิ่นหอมน่ารับประทานมากที่สุด รองลงมาคือ รสชาติที่ดีและความอร่อยรวมถึงสีสันที่สวยงามและรูปลักษณ์ที่น่าดึงดูด เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับราคาผลิตภัณฑ์ในช่วง 50–100 บาท มากที่สุด รองลงมาคือ ช่วงราคา 101–200 บาท แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความคุ้มค่า (value for money) โดยคาดหวังให้ราคาสอดคล้องกับคุณภาพและปริมาณของผลิตภัณฑ์ ขณะเดียวกันในด้านปริมาณบรรจุภัณฑ์ พบว่าขนาดที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด คือ 101–200 กรัม รองลงมาคือ 201–300 กรัม ซึ่งสะท้อนพฤติกรรมการบริโภคที่เน้นความพอดีต่อการรับประทานในแต่ละครั้ง และความสะดวกในการซื้อ พฤติกรรมการซื้อในอนาคต ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะซื้อผลิตภัณฑ์นี้มาบริโภคอีก แสดงถึงความตั้งใจซื้อ (purchase intention) ที่ดี ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญของโอกาสทางการตลาดในระยะยาว นอกจากนี้ สถานที่จำหน่ายที่ผู้บริโภคเห็นว่าเหมาะสมมากที่สุด คือ ตลาด เนื่องจากเป็นแหล่งที่เข้าถึงง่าย สะดวก และสอดคล้องกับพฤติกรรมการซื้ออาหารพร้อมบริโภคของผู้บริโภคในท้องถิ่น ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (marketing mix: 4Ps) พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นว่าคุณภาพของสินค้า เช่น รสชาติ กลิ่น ความสดใหม่ และรูปลักษณ์ เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อด้านราคา แสดงให้เห็นว่าราคาเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ผู้บริโภคใช้พิจารณาร่วมกับคุณภาพสินค้า ด้านช่องทางการจัด สะท้อนความสำคัญของการเข้าถึงสินค้าได้ง่ายและสะดวก ด้านการส่งเสริมการขาย ซึ่งชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมทางการตลาด เช่น การลดราคา การจัดโปรโมชั่น หรือการให้ข้อมูลสินค้า มีผลต่อการกระตุ้นการซื้อ ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ พบว่าอายุมีผลเชิงลบกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในยอมรับผลิตภัณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หมายความว่า เมื่ออายุของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มให้ความสำคัญต่อปัจจัยทางการตลาดมากขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างด้านพฤติกรรมผู้บริโภคในแต่ละช่วงวัย และสามารถนำไปใช้ในการกำหนดกลยุทธ์การตลาดแบบแบ่งส่วนตลาด (market segmentation) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ความสำเร็จของผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำขึ้นอยู่กับการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์เป็นหลัก ควบคู่กับการกำหนดราคาที่เหมาะสม การเลือกช่องทางการจัดจำหน่ายที่สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภค และการใช้กลยุทธ์ส่งเสริมการขายอย่างเหมาะสม ทั้งนี้ ผู้ประกอบการสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การวางแผนการตลาด และการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของสินค้าในตลาดได้อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในประเด็นหัวข้อเรื่อง “ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง” มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. จากผลการวิจัยพบว่า ควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง

โดยเฉพาะด้านกลิ่น รสชาติ และรูปลักษณ์ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญสูงสุด ควรรักษามาตรฐานความหอมของเครื่องเทศและซอสพริกไทยดำ รวมถึงปรับปรุงสูตรให้มีความกลมกล่อมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรพัฒนารูปลักษณ์และบรรจุภัณฑ์ให้มีความทันสมัย สะอาด และน่าดึงดูด เพื่อเพิ่มมูลค่าและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์

2. จากผลการวิจัยพบว่า อายุ มีผลเชิงลบกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในการยอมรับผลิตภัณฑ์สเต็กไก่คอล่อนลูกผสมซอสพริกไทยดำ ดังนั้น ผู้ประกอบการควรนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาด โดยออกแบบผลิตภัณฑ์ ราคา และการสื่อสารการตลาดให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้บริโภคในแต่ละช่วงวัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้บริโภคที่ให้ความร่วมมือในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือและตอบแบบสอบถามมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

Armstrong, G. and P.Kotler. 2017. **Principles of Marketing.** 17th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Education. 736 p.

Cochran, W.G. 1963. **Sampling Techniques**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons. 413 p.

Cronin, J.J., M.K. Brady and G.T.M. Hult. 2000. Assessing the effects of quality, value, and customer satisfaction on consumer behavioral intentions. **Journal of Retailing** 76(2): 193–218.

Daniel, A.O, A.T. Ayten and A.O. Bukola. 2020. Age, an important sociodemographic determinant of factors influencing consumers' food choices and purchasing habits: an English university setting. **Original Research** 9: 1–10.

Hair Jr, J.F., W.C. Black, B.J. Babin and R.E. Anderson. 2010. **Multivariate Data Analysis**. 7th ed. New York: Pearson 816 p.

Kanbute, S., N. Rekprayoon, L. Pansansri, W. BoomTham, P. Daowadung, K. Thaeye and N. Chartep. 2023. Marketing factors affecting buying behavior of organic vegetables and fruits of consumers in Phrae province. **Academic Journal of Sustainable Habitat Development** 4(2): 1–15. [in Thai]

Kotler, P. and G. Armstrong. 2020. **Principles of Marketing.** 18th ed. New York: Pearson plc. 707 p.

Naewjumpa, A. and R. Ngasanoi. 2024. Marketing mix (7Ps) factors affecting consumers decisions making on choosing grilled-style restaurants in Nakhonratchasima province. **Journal of Vongchavalitkul University (Humanities and Social Sciences)** 2(1): 57–73. [in Thai]

Pantano, E., G. Pizzi, D. Scarpi and C. Dennis. 2020. Competing during a pandemic? Retailers' ups and downs during the COVID-19 outbreak. **Journal of Business Research** 116: 209–213.

Porter, M.E. 1985. **Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance.** New York: Free Press. 557 p.

Schiffman, L. G. and J. Wisenblit. 2019. **Consumer Behavior**. 12th ed. New York: Pearson. 512 p.

Sompong, T. 2021. **The Study of Factors Affecting Buying Decisions about Shopping Online of Consumers in Nakhon Pathom Province**. Master Thesis. Silpakorn University. 192 p. [in Thai]

Srijaiwong, N. 2023. Marketing promotion that affects the purchasing behavior of crispy rice cracker of the community enterprise of the housewives' group, Ban Hua Nong, Hang Chat subdistrict, Hang Chat district, Lampang province. **Disciplinary Journal Buriram Rajabhat University** 7(2): 34–43. [in Thai]

Yuwadeeniwet, N., S. Satiman and V. Kasetiam. 2024. Marketing factor that affectsthe decision to consume tilapia fish from Ubon Ratchathani province. **Disciplinary Journal Buriram Rajabhat University** 8(2): 82–94. [in Thai]

Zeithaml, V.A. 1988. Consumer perceptions of price, quality, and value: a means-end model and synthesis of evidence. **Journal of Marketing** 52(3): 2–22.

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 195-210

การประเมินระดับความรู้และการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหารของเกษตรกรในพื้นที่ 4 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Assessment of Knowledge and Good Aquaculture Practices (GAqP) for Wolffia (*Wolffia* spp.) Farming as a Food Source in Four Provinces of Northeastern Thailand

ศุภชัย สุทธิเจริญ[1,*] จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย[2] เสาวลักษ์ สุทธิเจริญ[2] ชุลีวัลย์ ธัญญศิรินนท์[2] และนุชนภา ประทุมไชย[2]

Supachai Sutticharoen[1,*], Jindawan Wibuloutai[2], Saowalak Sutthicharoen[2]

Chuleewan Thunyasirinon[2] and Nuchnapa Prathumchai[2]

[1]สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

[2]คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

[1]Agricultural Technology Program, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Mahasarakham, Thailand 44150

[2]Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Mahasarakham, Thailand 44150

*Corresponding author: Supachai.su@msu.ac.th

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0003-1794-0795

Received: *April 28, 2026*

Revised: *June 20, 2026*

Accepted: *August 07, 2026*

Abstract

This study aimed to investigate the personal, economic, and social characteristics, knowledge and implementation levels of Good Aquaculture Practices (GAqP) for Wolffia farming as food, factors associated with GAqP implementation, as well as the problems and needs of Wolffia farmers in four provinces of Northeastern Thailand. A survey research design was employed with 123 farmers selected as the study sample. Data were collected through structured interviews and analyzed using descriptive statistics and multiple regression analysis.The results revealed that most respondents were female (75.50%), with a mean age of 45.77±11.34 years. The majority had completed secondary education (57.40%), earned an average annual income of 35,481.93±24,652.18 THB from Wolffia farming, and had an average farming experience of 1.51±0.72 years. Most farmers demonstrated a moderate level of knowledge regarding GAqP (57.72%), with a mean score of 13.86±1.84. The overall level of GAqP implementation was also moderate ($\bar{X}$=1.98±0.42). Strong practices were observed in farm site selection and post-harvest management, whereas fertilizer and chemical management, environmental management, and record keeping were implemented at relatively low levels. Multiple regression analysis indicated that age, education level, outstanding debt, Wolffia farming experience, number of GAqP training sessions attended, and access to Wolffia farming information were significantly associated with GAqP implementation. These variables jointly explained 37.10% of the variance in GAqP implementation

(Adjusted R^2=0.371, p<0.001). Major constraints included limited knowledge, insufficient financial resources, and marketing challenges. Farmers expressed needs for practical training, equipment support, and market development assistance. The findings provide useful information for designing extension programs and capacity-building strategies to enhance farmers' compliance with GAqP standards and promote sustainable Wolffia production.

Keywords: Good Aquaculture Practices (GAqP), knowledge assessment, practice, Wolffia

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ระดับความรู้และการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร (GAqP) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการปฏิบัติ รวมทั้งปัญหาและความต้องการของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำในพื้นที่ 4 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 123 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 75.50) อายุเฉลี่ย 45.77±11.34 ปี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา (ร้อยละ 57.40) มีรายได้จากการเพาะเลี้ยงผำเฉลี่ย 35,481.93±24,652.18 บาทต่อปี และมีประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำเฉลี่ย 1.51±0.72 ปี เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับมาตรฐาน GAqP อยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 57.72) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 13.86±1.84 คะแนน และมีการปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=1.98±0.42) โดยมีการปฏิบัติเด่นด้านการเลือกพื้นที่เพาะเลี้ยงและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ขณะที่การจัดการปุ๋ยและสารเคมี การจัดการสิ่งแวดล้อม และการบันทึกข้อมูลยังอยู่ในระดับต่ำ ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่าอายุ ระดับการศึกษา ภาระหนี้สินคงค้าง ประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำ จำนวนครั้งที่ได้รับการอบรมด้าน GAqP และการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงผำมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของการปฏิบัติตามมาตรฐานได้ร้อยละ 37.10 (Adjusted R^2=0.371, p<0.001) ปัญหาสำคัญ ได้แก่ ข้อจำกัดด้านองค์ความรู้ เงินทุน และการตลาด ขณะที่เกษตรกรมีความต้องการการอบรม การสนับสนุนอุปกรณ์ และการพัฒนาด้านการตลาด ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำให้สามารถปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP ได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

คำสำคัญ: มาตรฐาน GAqP การประเมินความรู้ การปฏิบัติ ผำ

บทนำ

ผำ (*Wolffia* spp.) หรือที่รู้จักในชื่อ ไข่ผำ ไข่แหน หรือไข่น้ำ เป็นพืชดอกขนาดเล็กที่สุดในโลก จัดอยู่ในวงศ์ Lemnaceae โดยมีขนาดประมาณ 0.1–2 มม. ลอยอยู่บนผิวน้ำ และไม่มีราก ใบ หรือเนื้อเยื่อนำอาหารเช่นเดียวกับพืชชั้นสูง ผำสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วด้วยการแตกหน่อแบบไม่อาศัยเพศ จึงพบการกระจายพันธุ์อย่างกว้างขวางในเขตร้อนและเขตอบอุ่น รวมถึงแหล่งน้ำจืดในประเทศไทย (Cao *et al*., 2018; van der Spiegel *et al.,* 2013) ปัจจุบันประเทศไทยพบผำที่มีการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ 2 ชนิด ได้แก่ *Wolffia globosa* และ *Wolffia arrhiza* ซึ่งมีลักษณะสัณฐานวิทยาแตกต่างกันทั้งด้านขนาด สี ความโปร่งแสง และรูปทรงของทัลลัส ผำได้รับการส่งเสริมให้เป็น “พืช

เศรษฐกิจชนิดใหม่ของไทย” เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีปริมาณโปรตีน 30–40% ของน้ำหนักแห้ง ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก (WHO) มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ไขมันต่ำ และมีสัดส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม n^{-3} สูงกว่าพืชน้ำหลายชนิด (Appenroth *et al.,* 2018; Bog *et al.,* 2019) ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว ผำจึงได้รับความสนใจในฐานะแหล่งโปรตีนทางเลือก (plant-based protein) ที่มีศักยภาพในการตอบสนองต่อความต้องการอาหารแห่งอนาคตภายใต้แนวคิดความมั่นคงทางอาหารและความยั่งยืนของระบบการผลิตอาหาร

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผำจะมีศักยภาพทางเศรษฐกิจและโภชนาการสูง แต่การยอมรับของผู้บริโภคยังค่อนข้างจำกัด เนื่องจากความกังวลด้านความปลอดภัยอาหาร ความสะอาดของแหล่งผลิต และความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีหรือจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิต ดังนั้น การพัฒนาระบบการผลิตที่มีมาตรฐานจึงเป็นกลไกสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคและยกระดับผำสู่การเป็นสินค้าเกษตรเชิงอุตสาหกรรม สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) จึงได้จัดทำมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง การปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร (Good Aquaculture Practices for Wolffia Farms as Food: GAqP; TAS 2512–2568) (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2025) ซึ่งถือเป็นมาตรฐานเฉพาะสำหรับการผลิตผำฉบับแรกของโลก โดยครอบคลุมข้อกำหนดด้านสถานที่ผลิต คุณภาพน้ำ การจัดการฟาร์ม สุขลักษณะ การควบคุมการปนเปื้อน และระบบการตรวจสอบย้อนกลับ

ในช่วงปี พ.ศ. 2567-2568 มกอช. ได้ดำเนินโครงการพัฒนาต้นแบบการผลิตผำเชิงพาณิชย์ที่มีคุณภาพและโปรตีนสูงตามมาตรฐาน GAqP ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยส่งเสริมให้เกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดมหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด และขอนแก่น พัฒนาการเพาะเลี้ยงผำเพื่อเป็นแหล่งอาหารและสร้างรายได้แก่ครัวเรือน เกษตรกรในพื้นที่มีการเพาะเลี้ยงผำในรูปแบบที่หลากหลาย ทั้งบ่อซีเมนต์ บ่อพลาสติก และบ่อดิน โดยมีขนาดการผลิตและรูปแบบการจัดการฟาร์มแตกต่างกันตามทรัพยากรและประสบการณ์ของแต่ละราย

แม้ว่าจะมีการถ่ายทอดองค์ความรู้ การฝึกอบรม และการส่งเสริมมาตรฐาน GAqP ให้แก่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมายแล้ว แต่ยังขาดข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับระดับความรู้และการนำหลักเกณฑ์ดังกล่าวไปปฏิบัติจริงในระดับฟาร์ม รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐาน ปัญหา อุปสรรค และความต้องการในการพัฒนาการผลิตให้สอดคล้องกับมาตรฐาน GAqP การศึกษาครั้งนี้จึงมีลักษณะเป็นการศึกษาสถานการณ์พื้นฐาน (baseline study) ของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำในพื้นที่เป้าหมาย ภายหลังการส่งเสริมในระยะเริ่มต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับวางแผนพัฒนาศักยภาพเกษตรกรและกำหนดแนวทางการส่งเสริมการผลิตผำให้ได้มาตรฐานในอนาคต

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประเมินระดับความรู้และการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีตามมาตรฐาน GAqP ของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำใน 4 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตลอดจนวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติตามมาตรฐาน รวมทั้งศึกษาปัญหา อุปสรรค และความต้องการของเกษตรกร เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการกำหนดแนวทางส่งเสริม พัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชน และยกระดับการผลิตผำให้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีคุณภาพ ปลอดภัย และยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เลขที่ 027-904/2569 วันที่ 14 มกราคม พ.ศ. 2569 มีสมมติฐาน คือ ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยทางเศรษฐกิจ และปัจจัยทางสังคมของเกษตรกร มีความสัมพันธ์กับ

ระดับการปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP ของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกำหนดให้การปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP เป็นตัวแปรตาม และกำหนดปัจจัยด้านเพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส จำนวนแรงงานในครัวเรือน รายได้จากการเพาะเลี้ยงผำ พื้นที่เพาะเลี้ยง ภาระหนี้สิน ประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำ การได้รับการฝึกอบรม และการเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร เป็นตัวแปรอิสระในการศึกษา การวิจัยดำเนินการระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2569 ประกอบด้วย การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายที่เพาะเลี้ยงผำเพื่อใช้เป็นอาหาร ในพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดมหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด และขอนแก่น โดยประชากรดังกล่าวเป็นเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำที่เข้าร่วมโครงการนำร่อง “การพัฒนาต้นแบบการผลิตผำเชิงพาณิชย์ที่มีคุณภาพและโปรตีนสูงตามมาตรฐาน GAqP และการสร้างผลิตภัณฑ์ผำให้กับวิสาหกิจชุมชน” ภายใต้การดำเนินงานของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ซึ่งใช้เป็นกรอบประชากรในการศึกษา มีจำนวนประชากรทั้งหมด 180 ราย

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้สูตรของ Krejcie and Morgan (1970) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 123 ราย เนื่องจากจำนวนเกษตรกรในแต่ละจังหวัดมีความแตกต่างกัน จึงทำการจัดสรรขนาดกลุ่มตัวอย่างแบบสัดส่วนตามจำนวนประชากรในแต่ละจังหวัด จากนั้นดำเนินการสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) โดยใช้วิธีการจับสลากรายชื่อเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการแบบไม่ใส่กลับ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกษตรกรในการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร ได้ค่าความเที่ยงตรง (validity) ของเนื้อหา ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence; IOC) คือ 0.91 (Phatthiyathani, 2003) และการทดสอบความเชื่อมั่น (reliability) ของแบบสอบสัมภาษณ์ โดยนำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้ (try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มประชากร ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 20 คน เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง ตามวิธีของ Cronbach’s Alpha Coefficient ประกอบไปด้วย ลักษณะของคำถามแบบปลายปิดและคำถามปลายเปิด โดยแบ่งเนื้อหาการสัมภาษณ์ออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลสภาพทั่วไปของเกษตรกร ประกอบด้วย ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ และปัจจัยด้านสังคม โดยใช้แบบสัมภาษณ์ลักษณะคำถามเป็นแบบปลายเปิดและปลายปิด

ตอนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร โดยใช้แบบสัมภาษณ์เป็นแบบทดสอบในลักษณะคำถาม ถูก-ผิด จำนวน 20 ข้อ โดยกำหนด คำตอบ ผิด เท่ากับ 0 คะแนน และตอบถูก เท่ากับ 1 คะแนน ซึ่งเกณฑ์คะแนนแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ (0.00–6.66) ปานกลาง (6.67–13.33) และสูง (13.34–20.00) (Boonchom, 2017)

ตอนที่ 3 คำถามเกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 31 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบของมาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำ

เพื่อเป็นอาหาร (GAqP) จำนวน 10 ด้าน ได้แก่ 1) การเลือกพื้นที่ฟาร์ม (farm site selection) จำนวน 3 ข้อ 2) การเตรียมบ่อเพาะเลี้ยง (pond preparation) จำนวน 4 ข้อ 3) การจัดการน้ำ (water management) จำนวน 2 ข้อ 4) การสุขาภิบาลฟาร์มและมาตรการป้องกันการปนเปื้อน (farm sanitation and biosecurity measures) จำนวน 5 ข้อ 5) การจัดการการเพาะเลี้ยง (cultivation management) จำนวน 4 ข้อ 6) การจัดการปุ๋ยและธาตุอาหาร (fertilizer and nutrient management) จำนวน 4 ข้อ 7) การจัดการน้ำและดิน (water and soil management) จำนวน 1 ข้อ 8) การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (harvesting and post-harvest practices) จำนวน 6 ข้อ 9) การจัดการบุคลากรและการฝึกอบรม (personnel management and training) จำนวน 1 ข้อ และ 10) การบันทึกข้อมูลและการตรวจสอบย้อนกลับ (record keeping and traceability) จำนวน 1 ข้อ การประเมินการปฏิบัติแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ปฏิบัติทุกครั้ง เท่ากับ 3 คะแนน ปฏิบัติบางครั้ง เท่ากับ 2 คะแนน และไม่ปฏิบัติ เท่ากับ 1 คะแนน

จากนั้นนำคะแนนที่ได้ตามความเป็นจริงมาคำนวณหาน้ำหนักค่าเฉลี่ย เพื่อตีความหมายให้เป็น “มาก ปานกลาง น้อย” ตามเกณฑ์ดังนี้ นำไปปฏิบัติมาก = ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.34–3.00 นำไปปฏิบัติในปานกลาง = ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.67–2.33 นำไปปฏิบัติน้อย = ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00–1.66

ตอนที่ 4 คำถามเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดี สำหรับฟาร์มผ่าเพื่อเป็นอาหารโดยใช้ลักษณะคำถามแบบปลายเปิด

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ความถี่ (frequency) ร้อยละ(percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าสูงสุด (maximum) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างและตัวแปรที่ศึกษา ส่วนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) เพื่อศึกษาผลของตัวแปรอิสระต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม

ผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 75.50) มีอายุเฉลี่ย 45.77±11.34 ปี และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาเป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 57.40) โดยมีสถานภาพสมรส (ร้อยละ 78.12) และมีจำนวนแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 3.53±1.27 คน ในปี พ.ศ. 2568 กลุ่มตัวอย่างมีรายได้จากการเพาะเลี้ยงผ่าเฉลี่ย 35,481.93±24,652.18 บาทต่อปี ถือครองที่ดินเฉลี่ย 15.22±11.85 ไร่ และมีพื้นที่เพาะเลี้ยงผ่าเฉลี่ย 0.24±0.18 ไร่ ขณะที่มีภาระหนี้สินคงค้างเฉลี่ย 162,783.13±124,518.42 บาทต่อครัวเรือน นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างมีประสบการณ์ในการเพาะเลี้ยงผ่าเฉลี่ย 1.51±0.72 ปี เคยเข้ารับการฝึกอบรมด้านการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผ่าเพื่อเป็นอาหารเฉลี่ย 2.93±1.15 ครั้ง และได้รับข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องเฉลี่ย 2.53±1.02 ครั้งต่อปี โดยมีเจ้าหน้าที่ภาครัฐเป็นแหล่งข้อมูลหลัก (ร้อยละ 75.30)

ระดับความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผ่าเพื่อเป็นอาหาร

จากการวิจัยระดับความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผ่าเพื่อเป็นอาหารประเมินโดยใช้แบบทดสอบความรู้แบบถูก-ผิด จำนวน 20 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน ผลการทดสอบพบว่าเกษตรกร (n=123) ส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 57.72 รองลงมาคือ ระดับสูง ร้อยละ 42.28 และไม่พบเกษตรกรมีความรู้อยู่ในระดับต่ำ โดยมี

คะแนนเฉลี่ย 13.86 คะแนน และมีช่วงคะแนน 9–18 คะแนน (Table 1) เมื่อพิจารณาความรู้รายข้อ พบว่า ข้อที่เกษตรกรตอบถูกมากที่สุด ได้แก่ การบันทึกข้อมูลเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับอย่างน้อย 1 ปี (ข้อ 20 ร้อยละ 97.6) และการตรวจคุณภาพน้ำก่อนใช้ (ข้อ 7 ร้อยละ 96.7) รวมถึงการกำจัดสิ่งแปลกปลอมก่อนการเพาะเลี้ยง (ข้อ 3 ร้อยละ 88.6) และการป้องกันการปนเปื้อนจากสัตว์/บุคคลภายนอก (ข้อ 9 ร้อยละ 87.8) ในทางตรงกันข้าม ข้อที่เกษตรกรตอบผิดมากที่สุด ได้แก่ การไม่จำเป็นต้องควบคุมคุณภาพน้ำสำหรับล้างอุปกรณ์ (ข้อ 8 ร้อยละ 78.9) และการจัดหาพันธุ์ผำจากแหล่งใดก็ได้หากราคาถูก (ข้อ 11 ร้อยละ 63.4) ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 Knowledge level of farmers on Good Agricultural Practices (GAqP) for Wolffia farming

(n=123)

Knowledge level (score)	Number (person)	Percent
0.00–6.66 (Low level)	0	0.00
6.67–13.33 (Moderate level)	71	57.72
13.34–20.00 (High level)	52	42.28
Mean (Standard Deviation)	**13.86 (1.84)**	
Minimum–Maximum	**9–18**	
Total	**123**	**100.00**

Table 2 knowledge on Good Aquaculture Practices (GAqP) for Wolffia farming

(n=123)

No.	Knowledge on Good Aquaculture Practices for Wolffia farming	Correct (%)	Wrong (%)
1	Farm sites may be located near livestock farms or industrial waste sources if wind speed is low.	53 (43.1)	70 (56.9)
2	For in-soil cultivation, land-use history should be ≥1 year to avoid heavy metal/chemical residues.	89 (72.4)	34 (27.6)
3	Before in-soil cultivation, remove weeds and foreign materials (e.g., plastics, plant residues) to prevent contamination.	109 (88.6)	14 (11.4)
4	Natural predatory control in in-soil ponds is sufficient; trapping or chemical control is unnecessary.	59 (48.0)	64 (52.0)
5	Non-soil ponds (cement/plastic) do not require pre-use cleaning because contamination risk is low.	75 (61.0)	48 (39.0)
6	Contaminated water sources may be used if pre-filtered.	68 (55.3)	55 (44.7)
7	Inspect water quality (e.g., turbidity, color, odor) before use to ensure product quality.	119 (96.7)	4 (3.3)

Table 2 (Continued)

No.	Knowledge on Good Aquaculture Practices for Wolffia farming	Correct (%)	Wrong (%)
8	Water for cleaning equipment does not require quality control because it does not contact the product.	26 (21.1)	97 (78.9)
9	Implement measures to prevent contamination from animals or outsiders that may carry pathogens.	108 (87.8)	15 (12.2)
10	Pest control (e.g., rats, insects) is unnecessary because it does not directly affect consumers.	56 (45.5)	67 (54.5)
11	Wolffia seed stock can be obtained from any source without standards or health inspection if cheaper.	45 (36.6)	78 (63.4)
12	Abnormal pond conditions (e.g., foul odor, unusual algal growth) may be left without corrective action.	89 (72.4)	34 (27.6)
13	Ultraviolet (UV) disinfection can reduce contamination in cultivation systems	93 (75.6)	30 (24.4)
14	Excessive fertilizer use may cause nutrient accumulation and increase consumer health risks.	98 (79.7)	25 (20.3)
15	Do not use fertilizers mixed with decomposed organic matter or animals that died from unknown causes due to contamination risk.	102 (82.9)	21 (17.1)
16	Do not discharge wastewater directly into public waters to prevent aquatic weed problems.	92 (74.8)	31 (25.2)
17	Post-harvest washing is unnecessary because cleaning accelerates product spoilage.	105 (85.4)	18 (14.6)
18	Sorting before packaging (e.g., removing debris/foreign matter) reduces contamination and improves safety.	103 (83.7)	20 (16.3)
19	Cold storage requires temperature monitoring and periodic record keeping	96 (78.0)	27 (22.0)
20	Maintain production records (e.g., seed source, output, harvest date, issues) for ≥1 year to ensure traceability.	120 (97.6)	3 (2.4)

Correct (%) refers to the percentage of respondents whose answers were consistent with the correct response according to GAqP standards, whereas wrong (%) refers to the percentage of respondents whose answers were inconsistent with the correct response.

ระดับการปฏิบัติที่เกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร

การประเมินระดับการปฏิบัติตามมาตรฐานเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหารของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำ ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 31 ข้อ ครอบคลุม 10 ด้าน ได้แก่ 1) การเลือกพื้นที่ฟาร์ม 2) การเตรียมบ่อเพาะเลี้ยง 3) การจัดการน้ำ 4) การสุขาภิบาลฟาร์มและการป้องกันการปนเปื้อน 5) การจัดการการเพาะเลี้ยง 6) การจัดการปุ๋ยและธาตุอาหาร 7) การจัดการน้ำและดิน 8) การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว 9) การจัดการบุคลากรและการฝึกอบรม และ 10) การบันทึกข้อมูลเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับ

จากผลการวิจัย พบว่าเกษตรกรมีระดับการปฏิบัติโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=1.98±0.42) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีรายการปฏิบัติที่อยู่ใน

ระดับมาก จำนวน 9 ข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ การเลือกพื้นที่ที่ไม่เสี่ยงน้ำท่วม ($\bar{X}$=2.96±0.20) รองลงมาคือ การควบคุมการปนเปื้อนหลังการเก็บเกี่ยว ($\bar{X}$=2.93±0.27) รวมถึงการกำจัดสิ่งแปลกปลอม ($\bar{X}$=2.92±0.31) และการใช้ภาชนะบรรจุที่สะอาด ($\bar{X}$=2.90±0.33) ในทางตรงกันข้ามพบรายการปฏิบัติที่อยู่ในระดับน้อย จำนวน 11 ข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ การไม่ใช้สารต้องห้ามหรือสารอันตราย ($\bar{X}$=1.12±0.41) และการใช้ปุ๋ย/สารเคมีที่ขึ้นทะเบียน ($\bar{X}$=1.16±0.49) รองลงมาคือ การเก็บรักษาปุ๋ยอย่างเหมาะสม ($\bar{X}$=1.22±0.52) และการบันทึกข้อมูลสำคัญเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับ ($\bar{X}$=1.49±0.63) (Table 3)

Table 3 Level of Good Aquaculture Practice (GAqP) implementation for Wolffia farms

(n=123)

Good Aquaculture Practices (GAqP) for Wolffia farming as food	Mean	SD	Translation
Farm site selection			
1. Selection of non-flood-prone areas	2.96	0.20	High
2. Verification of land-use history (≥2 years) for soil-based systems to prevent heavy metal or chemical contamination	2.20	0.78	Medium
3. Soil and water quality analysis with proper documentation retained as evidence	1.54	0.84	Low
Pond preparation			
4. Removal of weeds and foreign materials before cultivation	1.69	0.62	Medium
5. Controlled use of herbicides to prevent contamination	2.87	0.41	High
6. Inspection of pond structure, water, and lining materials	2.75	0.51	High
7. Cleaning of new ponds prior to operation.	1.80	0.73	Medium
Water management			
8. Use of water tested for quality prior to cultivation	1.67	0.82	Medium
9. Use of treated and safe water for cleaning harvested products (e.g., chlorinated, potable, or filtered water)	1.72	0.58	Medium

Table 3 (Continued)

Good Aquaculture Practices (GAqP) for Wolffia farming as food	Mean	SD	Translation
Farm sanitation and biosecurity measures			
10. Sanitation control to prevent contamination	2.46	0.61	High
11. Proper waste container management	1.95	0.46	Medium
12. Safe storage of inputs and equipment	1.81	0.65	Medium
13. Pest control measures	1.88	0.68	Medium
14. Animal exclusion measures	1.32	0.54	Low
Cultivation management in accordance			
15. Use of certified or traceable seed stock	1.46	0.71	Low
16. Water contamination control (filtration/UV)	1.35	0.55	Low
17. Density management	1.32	0.56	Low
18. Monitoring and corrective action for water abnormalities	1.75	0.49	Medium
Fertilizer and nutrient management			
19. Use of registered fertilizers and chemicals	1.16	0.49	Low
20. Appropriate application; avoid pre-harvest use	1.60	0.74	Low
21. Proper fertilizer storage	1.22	0.52	Low
22. No prohibited or hazardous substances	1.12	0.41	Low
Water and soil management			
23. Management of water and soil to prevent adverse impacts on public water sources and surrounding areas	1.64	0.72	Low
Harvesting and post-harvest practices			
24. Clean tools and containers during harvest	2.08	0.89	Medium
25. Clean harvest area preparation	2.76	0.49	High
26. Removal of foreign materials	2.90	0.36	High
27. Use of clean packaging containers	2.90	0.33	High
28. Proper handling and transport	2.68	0.67	High
29. Post-harvest contamination control	2.93	0.27	High

Table 3 (Continued)

Good Aquaculture Practices (GAqP) for Wolffia farming as food	Mean	SD	Translation
Farm sanitation and biosecurity measures			
Personnel management and training			
30. Training on hygiene and proper GAqP practices	2.21	0.50	Medium
Record keeping and traceability			
31. Maintenance of essential records for traceability from production to harvest	1.49	0.63	Low
Average	**1.98**	**0.42**	**Medium**

The mean score interpretation was based on the following criteria: low (1.00–1.66), medium (1.67–2.33), and high (2.34–3.00).

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร

ปัจจัยในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยตัวแปรอิสระมีจำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 13 ตัวแปร เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา จำนวนแรงงานในครัวเรือน รายได้จากการเพาะเลี้ยงผำ ภาระหนี้สินคงค้าง การถือครองที่ดิน พื้นที่เพาะเลี้ยงผำ ประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำ การได้รับการฝึกอบรมด้าน GAqP การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และการรับรู้ข่าวสารการเพาะเลี้ยงผำ โดยกำหนดให้ระดับการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหารเป็นตัวแปรตาม ผู้วิจัยได้นำตัวแปรอิสระทั้งหมดเพื่อนำเข้าสู่การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเลือกตัวแปรเข้าสู่สมการทีละตัวแปร ด้วย stepwise multiple regression analysis พบว่าตัวแปรจำนวน 6 ตัวแปร มีความสัมพันธ์ต่อการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร ได้แก่ อายุ (X_2) ระดับการศึกษา (X_4) ภาระหนี้สินคงค้าง (X_7) ประสบการณ์การเลี้ยงผำ (X_{10}) การได้เข้ารับการฝึกอบรมเลี้ยงผำ GAqP (X_{11}) การรับรู้ข่าวสารการเลี้ยงผำ (X_{13}) ซึ่งสามารถทำนายการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหารได้ร้อยละ 37.10 (R^2 Adjusted=0.371) (Table 4) ผลการวิเคราะห์จาก Table 4 สามารถนำมาเขียนสมการถดถอยได้ ดังนี้

$$Y_1 = 1.434 - 0.020_{X2} - 0.021_{X4} + 0.025_{X7} + 0.120_{X10} + 0.022_{X11} - 0.033_{X13}$$

เมื่อ

Y_1 = คะแนนการปฏิบัติตาม GAqP (คะแนนเฉลี่ยรวม)
X_2 = อายุ
X_4 = ระดับการศึกษา
X_7 = ภาระหนี้สินคงค้าง
X_{10} = ประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำ
X_{11} = จำนวนครั้งที่ได้รับการอบรม GAqP
X_{13} = การเข้าถึงข้อมูลการเพาะเลี้ยงผำ

สมการถดถอยมีค่าคงที่เท่ากับ 1.434 หมายความว่า เมื่อค่าตัวแปรอิสระทั้งหมดมีค่าเท่ากับศูนย์ คาดว่าคะแนนการปฏิบัติตาม GAqP จะเท่ากับ 1.434 คะแนน ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่า อายุ (X_2; p=0.036) ระดับการศึกษา (X_4; p=0.037) ภาระหนี้สินคงค้าง (X_7; p=0.004) ประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำ (X_{10}; p=0.012)

จำนวนครั้งที่ได้รับการอบรม GAqP (X_{11}; p=0.001) และการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารด้านการเพาะเลี้ยงผำ (X_{13}; p=0.004) มีความสัมพันธ์กับคะแนนการปฏิบัติตาม GAqP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบ ได้แก่ อายุ (X_2) และระดับการศึกษา (X_4) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ –0.020 และ –0.021 ตามลำดับ

อธิบายได้ว่า หากอายุเพิ่มขึ้น 1 ปี คะแนนการปฏิบัติตาม GAqP จะลดลง 0.020 คะแนน และหากระดับการศึกษาเพิ่มขึ้น 1 ปี คะแนนการปฏิบัติตาม GAqP จะลดลง 0.021 คะแนน เมื่อควบคุมตัวแปรอื่นให้คงที่ ในขณะที่ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก ได้แก่ ภาระหนี้สินคงค้าง (X_7) ประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำ (X_{10}) และจำนวนครั้งที่ได้รับการอบรม GAqP (X_{11}) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.025, 0.120 และ 0.022 ตามลำดับ กล่าวคือ หากภาระหนี้สินคงค้างเพิ่มขึ้น 1 หน่วย คะแนนการปฏิบัติตาม GAqP จะเพิ่มขึ้น 0.025 คะแนน หากประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำเพิ่มขึ้น 1 ปี คะแนนการปฏิบัติตาม GAqP จะเพิ่มขึ้น 0.120 คะแนน และหากจำนวนครั้งที่ได้รับการอบรม GAqP เพิ่มขึ้น 1 ครั้ง คะแนนการปฏิบัติตาม GAqP จะเพิ่มขึ้น 0.022 คะแนน เมื่อควบคุมตัวแปรอื่นให้คงที่ นอกจากนี้ การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารด้านการเพาะเลี้ยงผำ (X_{13}) มีความสัมพันธ์เชิงลบ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ –0.033 แสดงให้เห็นว่า หากการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารเพิ่มขึ้น 1 ครั้ง คะแนนการปฏิบัติตาม GAqP จะลดลง 0.033 คะแนน เมื่อควบคุมตัวแปรอื่นให้คงที่

Table 4 Multiple regression analysis of factors associated with Good Aquaculture Practices (GAqP)

Variable	B	β	t	*p*-value	Collinearity statistics	
					Tolerance	VIF
(Constant)	1.434	-	10.354	0.000	–	–
Age (X_2)	-0.020	-0.142	-2.126	0.036	0.870	1.166
Education level (X_4)	-0.021	-0.139	-2.115	0.037	0.881	1.132
Outstanding debt (X_7)	0.025	0.195	2.907	0.004	0.883	1.352
Wolffia farming experience (X_{10})	0.120	0.187	2.541	0.012	0.921	1.098
Number of GAqP training received (X_{11})	0.022	0.277	3.618	0.001	0.692	1.441
Access to Wolffia farming information (X_{13})	-0.033	-0.211	-2.901	0.004	0.767	1.305
F=11.799; p-value=0.000; SE_{est}=1.987; R^2=0.379; R^2 Adjusted=0.371						

ปัญหา อุปสรรคและความต้องการของเกษตรกรในการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร

ผลการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการนำแนวปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร (GAqP) ไปใช้ พบว่าเกษตรกรเผชิญข้อจำกัดสำคัญ 4 ประเด็น ได้แก่ 1) ข้อจำกัดด้านองค์ความรู้และเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยง โดยเกษตรกรยังมีความเข้าใจเชิงลึกต่อข้อกำหนดและเอกสารมาตรฐานไม่เพียงพอ ส่งผลให้การดำเนินงานบางขั้นตอนยังไม่สอดคล้องกับ

แนวทางการควบคุมความเสี่ยงด้านความปลอดภัยอาหาร 2) ข้อจำกัดด้านระบบการจัดการฟาร์มให้เป็นมาตรฐาน โดยเฉพาะการจัดทำบันทึก การควบคุมการปนเปื้อน และการจัดการน้ำให้เป็นไปตามข้อกำหนด 3) ข้อจำกัดด้านเงินทุนและการลงทุนโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ระบบน้ำและอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพ ซึ่งเป็นต้นทุนที่เกษตรกรรายย่อยเข้าถึงได้จำกัด และ 4) ข้อจำกัดด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการตลาด ทั้งด้านการแปรรูป บรรจุภัณฑ์ และช่องทางการจำหน่ายที่มั่นคง ส่งผลต่อแรงจูงใจในการยกระดับการผลิตเข้าสู่มาตรฐาน

สำหรับความต้องการของเกษตรกร พบว่ามีความต้องการการสนับสนุนเชิงปฏิบัติการที่สามารถนำไปใช้ได้จริง ได้แก่ 1) การอบรมและถ่ายทอดความรู้เชิงปฏิบัติ โดยเน้นการแปลงข้อกำหนด GAqP ให้เป็นขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจน 2) การสนับสนุนงบประมาณหรืออุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นต่อการยกระดับฟาร์ม เช่น ระบบน้ำสะอาด อุปกรณ์ตรวจวัด และอุปกรณ์ด้านสุขลักษณะ 3) การให้คำปรึกษาและติดตามอย่างต่อเนื่องจากหน่วยงานหรือผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความพร้อมและแก้ไขปัญหาเฉพาะจุด และ 4) การสนับสนุนด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการตลาด เพื่อเพิ่มมูลค่า สร้างความเชื่อมั่นของผู้บริโภค และขยายโอกาสทางการค้า ทั้งนี้ การตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าวมีแนวโน้มช่วยลดอุปสรรคและเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP ในระดับฟาร์มได้อย่างยั่งยืน

วิจารณ์ผลการวิจัย

ระดับความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร

เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร (GAqP) อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ย 13.86±1.84 คะแนน ทั้งนี้ เกษตรกรมีความรู้ในระดับสูงเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูลเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับ การตรวจสอบคุณภาพน้ำ การกำจัดสิ่งแปลกปลอม และการป้องกันการปนเปื้อนจากสัตว์หรือบุคคลภายนอก สะท้อนให้เห็นถึงความตระหนักด้านคุณภาพและความปลอดภัยของผลผลิต ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ได้รับการส่งเสริมภายใต้โครงการมาตรฐาน GAqP ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ FAO (2020) และ Belton *et al.* (2011) ที่ระบุว่าการควบคุมคุณภาพน้ำ สุขลักษณะการผลิต และระบบการตรวจสอบย้อนกลับเป็นองค์ประกอบสำคัญของการผลิตอาหารปลอดภัยและช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเลือกพื้นที่เพาะเลี้ยง การจัดการแหล่งน้ำ และการคัดเลือกแหล่งพันธุ์ผำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการจัดการฟาร์มในระยะต้นน้ำ สอดคล้องกับ Grace (2015) ที่พบว่าความเสี่ยงด้านความปลอดภัยอาหารมักเริ่มต้นจากกระบวนการผลิตในระดับฟาร์ม ผลการศึกษานี้อาจเกิดจากการที่เกษตรกรส่วนใหญ่เพิ่งเข้าร่วมโครงการส่งเสริมมาตรฐาน GAqP และยังมีประสบการณ์ในการปฏิบัติจริงไม่มากนัก นอกจากนี้ยังสะท้อนถึงช่องว่างระหว่างความรู้และการปฏิบัติ (knowledge–practice gap) ซึ่งสอดคล้องกับ Okello and Swinton (2007) และ Jallow *et al.* (2017) ที่พบว่าการมีความรู้เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม หากขาดการติดตามและสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ควรส่งเสริมการพัฒนาองค์ความรู้และการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ โดยเฉพาะด้านการจัดการฟาร์มในระยะต้นน้ำ เพื่อยกระดับการผลิตผำให้เป็นไปตามมาตรฐาน GAqP อย่างยั่งยืน

ระดับการปฏิบัติที่เกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร

ระดับการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร (GAqP) ของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำโดยรวมอยู่ในระดับ

ปานกลาง ($\bar{X}$=1.98±0.42) สะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรสามารถนำองค์ความรู้และแนวทางที่ได้รับจากการส่งเสริมไปประยุกต์ใช้ในการจัดการฟาร์มได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่สามารถดำเนินการได้ครบถ้วนตามข้อกำหนดของมาตรฐาน เกษตรกรมีการปฏิบัติในระดับสูงในประเด็นการเลือกพื้นที่เพาะเลี้ยงที่เหมาะสม การควบคุมการปนเปื้อนหลังการเก็บเกี่ยว การกำจัดสิ่งแปลกปลอม และการใช้ภาชนะบรรจุที่สะอาด ซึ่งสะท้อนถึงความตระหนักด้านคุณภาพและความปลอดภัยของผลผลิตก่อนถึงมือผู้บริโภค แนวโน้มดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกับข้อเสนอของ Henson and Reardon (2005) ที่ให้ความสำคัญกับการจัดการความปลอดภัยอาหารตลอดห่วงโซ่การผลิต และ Bush *et al.* (2013) ที่ชี้ให้เห็นว่าการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอย่างเหมาะสมมีบทบาทสำคัญต่อการรักษาคุณภาพและเพิ่มความเชื่อมั่นของผู้บริโภค ในทางตรงกันข้าม เกษตรกรยังมีการปฏิบัติในระดับต่ำด้านการจัดการปัจจัยการผลิต โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยและสารเคมีอย่างถูกต้อง การเก็บรักษาปัจจัยการผลิต และการบันทึกข้อมูลเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบการผลิตตามมาตรฐาน GAqP ผลการศึกษาดังกล่าวอาจสะท้อนว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เพิ่งเข้าสู่ระบบการผลิตตามมาตรฐานและยังอยู่ในช่วงปรับตัวจากการผลิตแบบดั้งเดิมไปสู่การจัดการฟาร์มอย่างเป็นระบบ ข้อค้นพบนี้สนับสนุนแนวคิดของ Pretty (2008) ที่เสนอว่าการพัฒนาเกษตรกรรมอย่างยั่งยืนต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ Asche *et al.* (2018) เห็นว่าการยกระดับมาตรฐานการผลิตจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนทั้งด้านองค์ความรู้ เทคโนโลยี และการติดตามจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพเกษตรกรด้านการจัดการฟาร์ม การบันทึกข้อมูล และการติดตามให้คำปรึกษาเชิงปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP ได้อย่างครบถ้วนและยั่งยืน

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผ่าเพื่อเป็นอาหาร

อายุ ระดับการศึกษา ภาระหนี้สินคงค้าง ประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำ การได้รับการฝึกอบรมด้านมาตรฐาน GAqP และการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงผำ มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวแปรดังกล่าวสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของระดับการปฏิบัติได้ร้อยละ 37.10 (Adjusted R^2=0.371) ข้อค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการยอมรับนวัตกรรมของ Rogers (2003) และ Feder *et al*. (1985) ที่เสนอว่าการยอมรับและประยุกต์ใช้นวัตกรรมหรือมาตรฐานการผลิตใหม่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านคุณลักษณะส่วนบุคคล ประสบการณ์ การเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร และโอกาสในการเรียนรู้ ซึ่งล้วนมีบทบาทต่อการตัดสินใจปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการผลิตของเกษตรกร อายุและระดับการศึกษามีความสัมพันธ์เชิงลบกับการปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP โดยอาจสะท้อนว่าเกษตรกรที่มีอายุมากหรือคุ้นเคยกับรูปแบบการผลิตดั้งเดิมมีแนวโน้มปรับตัวต่อข้อกำหนดของมาตรฐานได้ช้ากว่า ขณะที่ประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำและการได้รับการฝึกอบรมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปฏิบัติ ผลดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกับแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่มองว่าการสั่งสมประสบการณ์และการพัฒนาศักยภาพผ่านกระบวนการฝึกอบรมช่วยเพิ่มความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และนำมาตรฐานไปสู่การปฏิบัติจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สำหรับภาระหนี้สินคงค้างที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติตามมาตรฐาน อาจอธิบายได้ว่าเกษตรกรที่มีแรงกดดันทางเศรษฐกิจมีแนวโน้มแสวงหาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและโอกาสทางการตลาดผ่านการผลิตตามมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ดังกล่าวควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมในเชิงลึกเพื่อทำความเข้าใจ

กลไกที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจน ขณะที่การรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงผำที่มีความสัมพันธ์เชิงลบ อาจสะท้อนความแตกต่างด้านคุณภาพ ความน่าเชื่อถือ หรือความเหมาะสมของข้อมูลที่เกษตรกรได้รับจากแหล่งต่าง ๆ ซึ่งอาจส่งผลต่อการนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ

ดังนั้น การยกระดับการปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP ควรมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพเกษตรกรผ่านการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติ การติดตามให้คำปรึกษาอย่างต่อเนื่อง และการพัฒนาระบบสื่อสารข้อมูลที่มีคุณภาพและเข้าถึงได้ง่าย เพื่อสนับสนุนให้เกษตรกรสามารถปฏิบัติตามมาตรฐานได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำในพื้นที่ 4 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อยู่ในวัยแรงงาน และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา มีสถานภาพสมรสเป็นส่วนใหญ่ และมีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 3–4 คน รายได้จากการเพาะเลี้ยงผำเฉลี่ย 35,481.93 บาทต่อปี มีการถือครองที่ดินเฉลี่ย 15.22 ไร่ และมีพื้นที่เพาะเลี้ยงผำเฉลี่ย 0.24 ไร่ ขณะที่ภาระหนี้สินคงค้างเฉลี่ยอยู่ที่ 162,783.13 บาทต่อครัวเรือน นอกจากนี้ เกษตรกรมีประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำเฉลี่ย 1.51 ปี ได้รับการฝึกอบรมด้านมาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงที่ดีสำหรับฟาร์มผำเพื่อเป็นอาหาร (GAqP) เฉลี่ย 2.93 ครั้ง และได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงผำเฉลี่ย 2.53 ครั้งต่อปี โดยมีเจ้าหน้าที่ภาครัฐเป็นแหล่งถ่ายทอดองค์ความรู้หลัก สะท้อนให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงผำยังอยู่ในระยะเริ่มต้นของการพัฒนาเข้าสู่ระบบการผลิตตามมาตรฐาน

ระดับความรู้เกี่ยวกับมาตรฐาน GAqP อยู่ในระดับปานกลาง เกษตรกรมีความเข้าใจค่อนข้างดีเกี่ยวกับการจัดการคุณภาพน้ำ ความปลอดภัยอาหาร การป้องกันการปนเปื้อน และการบันทึกข้อมูลเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับ อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการเลือกพื้นที่เพาะเลี้ยง การจัดการแหล่งน้ำ และการคัดเลือกแหล่งพันธุ์ผำที่ได้มาตรฐาน ส่วนระดับการปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP อยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน โดยให้ความสำคัญกับการเลือกพื้นที่เพาะเลี้ยง การป้องกันการปนเปื้อน และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่าการจัดการปัจจัยการผลิต การใช้ปุ๋ยและสารเคมี การจัดการฟาร์ม และการบันทึกข้อมูลเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับ สะท้อนถึงช่องว่างระหว่างองค์ความรู้และการนำไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ โดยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา ภาระหนี้สินคงค้าง ประสบการณ์การเพาะเลี้ยงผำ การได้รับการฝึกอบรม และการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงผำ โดยตัวแปรทั้ง 6 สามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของระดับการปฏิบัติได้ร้อยละ 37.90 (R^2=0.379) และเมื่อปรับอิทธิพลของจำนวนตัวแปรอิสระแล้ว สามารถอธิบายได้ร้อยละ 37.10 (Adjusted R^2=0.371) แสดงให้เห็นว่าประสบการณ์ การพัฒนาศักยภาพผ่านการฝึกอบรม และการเข้าถึงองค์ความรู้ มีบทบาทสำคัญต่อการยกระดับการปฏิบัติตามมาตรฐานของเกษตรกร ซึ่งอุปสรรคสำคัญประกอบด้วย ข้อจำกัดด้านองค์ความรู้ การจัดการฟาร์ม เงินทุน โครงสร้างพื้นฐาน และการตลาด ขณะที่ความต้องการส่วนใหญ่มุ่งไปสู่การอบรมเชิงปฏิบัติ การสนับสนุนอุปกรณ์และงบประมาณ การให้คำปรึกษาอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนการพัฒนาผลิตภัณฑ์และช่องทางการตลาด ดังนั้น การส่งเสริมเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำในอนาคตควรมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพด้านการจัดการฟาร์ม การบันทึกข้อมูล และระบบตรวจสอบย้อนกลับ ควบคู่กับการสนับสนุนด้านวิชาการ เทคโนโลยี และการตลาด เพื่อยกระดับการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐาน GAqP และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าควรส่งเสริมองค์ความรู้ด้านการจัดการต้นน้ำของระบบการเพาะเลี้ยงผำ เช่น การ

เลือกพื้นที่ แหล่งน้ำ และแหล่งพันธุ์ที่ได้มาตรฐาน ควบคู่กับการพัฒนาการอบรมเชิงปฏิบัติและฟาร์มต้นแบบเพื่อเพิ่มศักยภาพในการนำความรู้ไปใช้จริง นอกจากนี้ ควรสนับสนุนระบบการบันทึกข้อมูลและการตรวจสอบย้อนกลับที่เหมาะสมกับบริบทของเกษตรกร รวมทั้งจัดให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีและให้คำปรึกษาอย่างต่อเนื่องจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อยกระดับการปฏิบัติตามมาตรฐาน GAqP อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน พร้อมทั้งควรมีการศึกษาปัจจัยเชิงลึกเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนการยอมรับมาตรฐานในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงผำเครือข่ายในพื้นที่ 4 จังหวัด ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างดียิ่ง ตลอดจนขอขอบคุณคณะเทคโนโลยี และคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนด้านวิชาการและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

Appenroth, K.-J., K.S. Sree, M. Bog, J. Ecker, C. Seeliger, V. Böhm, S. Lorkowski, K. Sommer, W. Vetter, K. Tolzin-Banasch, R. Kirmse, M. Leiterer, C. Dawczynski, G. Liebisch and G. Jahreis. 2018. Nutritional value of the duckweed species of the genus *Wolffia* (Lemnaceae) as human food. **Frontiers in Chemistry** 6: 483.

Asche, F., K.H. Roll and R. Tveterås. 2008. Future Trends in Aquaculture: Productivity Growth and Increased Production. 22 p. *In* Holmer, M., K. Black, C.M. Duarte, N. Marbà and I. Karakassis, (eds.). **Aquaculture in the Ecosystem**. Dordrecht: Springer.

Belton, B., M.M. Haque, D.C. Little and L.X. Sinh. 2011. Aquaculture in transition: value chains and governance. **International Journal of the Commons** 5(2): 293–315.

Bog, M., K.-J. Appenroth and K.S. Sree. 2019. Duckweed (Lemnaceae): its molecular taxonomy. **Frontiers in Sustainable Food Systems** 3: 117.

Boonchom, S. 2017. **Kanwichai Beuangton**. 10th ed. Bangkok: Suweeriyasarn. 547 p. [in Thai]

Bush, S.R., B. Belton, D. Hall, P. Vandergeest, F.J. Murray, S. Ponte, P. Oosterveer, M.S. Islam, A.P.J. Mol, M. Hatanaka, F. Kruijssen, T.T.T. Ha, D.C. Little and R. Kusumawati. 2013. Certify sustainable aquaculture? **Science** 341(6150): 1067–1068.

Cao, H.X., P. Fourounjian and W. Wang. 2018. The importance and potential of duckweeds as crops. **Aquatic Botany** 147: 10–15.

Feder, G., R.E. Just and D. Zilberman. 1985. Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. **Economic Development and Cultural Change** 33(2): 255–298.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. **Good Aquaculture Practices for Sustainable Production**. Rome: FAO. 224 p.

Grace, D. 2015. Food safety in developing countries: an overview. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 12(9): 10490–10507.

Henson, S. and T. Reardon. 2005. Private agri-food standards: implications for food policy. **Food Policy** 30(3): 241–253.

Jallow, M.F.A., D.G. Awadh, M.S. Albaho, V.Y. Devi and B.M. Thomas. 2017. Pesticide knowledge and safety practices among farm workers. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 14(4): 340.

Krejcie, R.V. and D.W. Morgan. 1970. Determining sample size for research activities. **Educational and Psychological Measurement** 30(3): 607–610.

National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2025. **Good Aquaculture Practices (GAqP) for Wolffia Farms as Food: Thai Agricultural Standard TAS 2512–2568**. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 18 p. [in Thai]

Okello, J.J. and S.M. Swinton. 2007. Compliance with international food safety standards in Kenya's green bean industry. **Review of Agricultural Economics** 29(2): 269–285.

Phatthiyathani, S. 2003. **Research Methodology**. Bangkok: Chulalongkorn University Press. 304 p. [in Thai]

Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. **Philosophical Transactions of the Royal Society B** 363(1491): 447–465.

Rogers, E.M. 2003. **Diffusion of Innovations**. 5th ed. New York: Free Press. 576 p.

van der Spiegel, M., M.Y. Noordam and H.J. van der Fels-Klerx. 2013. Safety of novel protein sources. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety** 12(6): 662–667.

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 211-225

การวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทาน พฤติกรรมผู้บริโภค ส่วนประสมทางการตลาด และแนวทางเชิงกลยุทธ์เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียวของชุมชนคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

Supply Chain Analysis, Consumer Behavior, Marketing Mix, and Strategic Approaches to Value Addition for One-Sun-Dried Squid Products in the Khlong Wan Community, Prachuap Khiri Khan Province, Thailand

สุรินทร์ภรณ์ ศรีอินทร์[1,*] นันทิภา พันธุ์สวัสดิ์[2] ปณิธาน แก้วจันทวี[1] นวพร วรรณวิศาล[2] และชนนิกานต์ หลวงพิทักษ์[3]

Surinporn Sri-in[1,*], Nantipa Pansawat[2], Panitan Kaewjantawee[1], Nawaporn Wannawisan[2] and Chonnikarn Luangpituksa[3]

[1]ศูนย์บริหารงานวิจัยและสนับสนุนวิชาการ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2]ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[3]วิทยาลัยบูรณาการศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Research Administration and Academic Support Center, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

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

[3]College of Integrated Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author: rdisps@ku.ac.th

*ORCID iD: https://orcid.org/0000-0002-4278-9287

Received: *February 27, 2026*

Revised: *July 20, 2026*

Accepted: *July 23, 2026*

Abstract

This research aimed to: 1) investigate the production, marketing, and management systems for one-sun-dried squid products; 2) analyze consumer behavior, marketing mix factors, and purchasing decisions; and 3) propose strategic development guidelines for enhancing the value of one-sun-dried squid products. A qualitative research approach was employed, conducted in a purposively selected study area in the Khlong Wan community, Mueang District, Prachuap Khiri Khan Province. Data were collected from 79 key informants and analyzed using content analysis in conjunction with PESTLE, SWOT, Supply Chain, Value Chain, TOWS Matrix, and Balanced Scorecard frameworks. The results revealed that one-sun-dried squid processing plays an important role in adding value to local fishery resources and generating household income. The major strengths of these products include high-quality raw materials, freshness, local wisdom, and the unique identity of traditional coastal fisheries. However, the production system remains semi-traditional and highly dependent on household labor and seasonal marine resources, resulting in inconsistent product quality and production capacity. Consumers emphasize product quality, cleanliness, safety, and source reliability over price factors. In addition, communicating community identity through storytelling and digital media significantly influences

product recognition and purchasing decisions. Strategic development approaches should focus on improving production standards, developing packaging and traceability systems, promoting digital marketing, and establishing place-based branding through Geographical Indication (GI) registration, while linking products to tourism activities. Furthermore, government agencies and related stakeholders should support the development of production standards, GI branding, digital marketing, and tourism integration to enhance competitiveness and promote sustainable economic development within the coastal community.

Keywords: consumer behavior, dried squid, value addition, value chain

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระบบการผลิต การตลาด และการจัดการผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียว 2) วิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค ส่วนประสมทางการตลาดและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ และ 3) เสนอแนวทางการพัฒนาเชิงกลยุทธ์เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียว ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ กำหนดพื้นที่ศึกษาแบบเจาะจงในชุมชนคลองวาฬ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญจำนวน 79 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาร่วมกับการวิเคราะห์ PESTLE, SWOT, Supply Chain, Value Chain, TOWS Matrix และ Balanced Scorecard ผลการศึกษาพบว่า การแปรรูปหมึกแดดเดียวเป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรประมงพื้นบ้านและสร้างรายได้แก่ครัวเรือน โดยจุดแข็งสำคัญ ได้แก่ คุณภาพวัตถุดิบ ความสดใหม่ ภูมิปัญญาท้องถิ่น และอัตลักษณ์วิถีประมงพื้นบ้าน อย่างไรก็ตาม ระบบการผลิตยังมีลักษณะกึ่งดั้งเดิม พึ่งพาแรงงานครัวเรือนและทรัพยากรตามฤดูกาล ส่งผลให้คุณภาพสินค้าและกำลังการผลิตไม่สม่ำเสมอ ขณะที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณภาพ ความสะอาด ความปลอดภัย และความน่าเชื่อถือของแหล่งผลิตมากกว่าด้านราคา การสื่อสารอัตลักษณ์ชุมชนผ่าน storytelling และสื่อดิจิทัลมีบทบาทสำคัญต่อการรับรู้สินค้าและการตัดสินใจซื้อ สำหรับแนวทางการพัฒนาเชิงกลยุทธ์ที่เหมาะสมควรมุ่งยกระดับมาตรฐานการผลิต พัฒนาบรรจุภัณฑ์และระบบตรวจสอบย้อนกลับ ส่งเสริมตลาดดิจิทัล และสร้างแบรนด์เชิงพื้นที่ผ่านการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ควบคู่กับการเชื่อมโยงผลิตภัณฑ์กับการท่องเที่ยว ทั้งนี้ หน่วยงานภาครัฐและภาคีเครือข่ายควรสนับสนุนการพัฒนามาตรฐานการผลิต การสร้างแบรนด์ GI การตลาดดิจิทัล และการเชื่อมโยงผลิตภัณฑ์กับการท่องเที่ยว เพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันและสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนชายฝั่งอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: พฤติกรรมผู้บริโภค หมึกแดดเดียว
การเพิ่มมูลค่า ห่วงโซ่คุณค่า

บทนำ

การทำประมงชายฝั่งมีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารและเศรษฐกิจของชุมชน โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งครัวเรือนจำนวนมากพึ่งพาทรัพยากรทะเลเป็นแหล่งรายได้หลัก (FAO, 2022) อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรประมง ต้นทุนการผลิต และโครงสร้างตลาด ได้ส่งผลต่อความสามารถในการดำรงชีพของชุมชนประมงอย่างต่อเนื่อง ทำให้การเพิ่มมูลค่าผลผลิตประมงและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนกลายเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับเศรษฐกิจฐานราก และเสริมสร้างความยั่งยืนของระบบอาหาร สำหรับประเทศไทยการประมงชายฝั่ง

ยังเป็นแหล่งรายได้และอาหารสำคัญของครัวเรือน โดยเฉพาะพื้นที่ชายฝั่งอ่าวไทย อย่างไรก็ตาม ปริมาณสัตว์น้ำที่ผันผวนจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรที่เพิ่มขึ้น ส่งผลกระทบต่อรายได้ของชุมชนประมง (Department of Fisheries, 2024) ขณะที่ต้นทุนเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นยังลดความสามารถในการทำกำไร ดังนั้น การเพิ่มมูลค่าผลผลิตประมงจึงเป็นยุทธศาสตร์สำคัญในการลดความเสี่ยงทางเศรษฐกิจและเพิ่มความยืดหยุ่นของชุมชน

ชุมชนคลองวาฬ ตำบลคลองวาฬ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นชุมชนที่มีเศรษฐกิจบนฐานทรัพยากรทะเล โดยประมงพื้นบ้านยังคงเป็นอาชีพหลัก ใช้เรือขนาดเล็ก เครื่องมือและภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดกันมา ทรัพยากรสำคัญของพื้นที่ คือ หมึกกล้วย ซึ่งถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์พื้นถิ่น โดยเฉพาะหมึกแดดเดียวที่เชื่อมโยงกับวัฒนธรรมอาหารและตลาดของฝากชายฝั่ง แม้ว่าหมึกแดดเดียวคลองวาฬจะมีจุดเด่นด้านรสชาติ คุณภาพวัตถุดิบ และอัตลักษณ์ชุมชน แต่ยังเผชิญข้อจำกัดตลอดห่วงโซ่อุปทานและห่วงโซ่คุณค่าตั้งแต่ความผันผวนของวัตถุดิบ กระบวนการผลิตที่ยังขาดมาตรฐานสุขลักษณะ ซึ่งอาจกระทบต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภค (Food and Drug Administration Thailand, 2023) รวมถึงบรรจุภัณฑ์ การขนส่ง และช่องทางการตลาดดิจิทัลที่ยังไม่เหมาะสม (Robertson, 2016) ขณะเดียวกันผู้บริโภคยุคใหม่ให้ความสำคัญกับคุณภาพ ความสะอาด ความปลอดภัย และแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์ (UNCTAD, 2021) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดส่วนประสมทางการตลาด 4Ps (Kotler and Keller, 2016) อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการในชุมชนยังประสบกับข้อจำกัดด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการสื่อสารคุณค่าของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้หมึกแดดเดียวชุมชนคลองวาฬยังไม่สามารถยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันได้อย่างเต็มศักยภาพ ทั้งนี้ ปัญหาสำคัญมิได้เกิดจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่เกิดจากข้อจำกัดของระบบการจัดการตลอดห่วงโซ่อุปทานและห่วงโซ่คุณค่า ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การควบคุมการผลิต การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ไปจนถึงการสร้างมูลค่าในตลาด (Kaplinsky and Morris, 2001) ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งวิเคราะห์ระบบการผลิต การตลาด พฤติกรรมผู้บริโภค และส่วนประสมทางการตลาด และการตัดสินใจซื้อ เพื่อเสนอแนวทางพัฒนาเชิงกลยุทธ์ในการเพิ่มมูลค่าหมึกแดดเดียว ยกระดับความสามารถในการแข่งขัน และสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนชายฝั่งอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ได้รับการพิจารณาและเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้รหัสโครงการวิจัย KUREC-SSR68/038 ณ วันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2568

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษากำหนดแบบเจาะจง (purposive sampling) ได้แก่ ชุมชนคลองวาฬ หมู่ที่ 1 ตำบลคลองวาฬ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยใช้เกณฑ์ว่าชุมชนมีการผลิตหมึกแดดเดียวอย่างต่อเนื่อง มีเครือข่ายการผลิตและตลาดชัดเจน และมีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย การเลือกพื้นที่แบบเจาะจงซึ่งช่วยให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา (Patton, 2014)

ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ

ผู้ให้ข้อมูลสำคัญคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจงตามบทบาทในห่วงโซ่คุณค่าของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ครอบคลุมระบบอุปทาน อุปสงค์ และบริบททรัพยากรในพื้นที่ รวมทั้งสิ้น 79 คน ได้แก่ ชาวประมงพื้นบ้านและผู้ประกอบการประมงพาณิชย์ สมาชิกกลุ่มแปรรูปหมึกแดดเดียว ผู้ประกอบการค้าปลีก ผู้ประกอบการร้านอาหารหรือที่พัก และผู้บริโภค นอกจากนี้ ยังมีการประชุมกลุ่มย่อย จำนวน 13 คน ซึ่งคัดเลือกจากผู้ให้ข้อมูลหลัก ที่มีบทบาทสำคัญด้านการผลิตและการตลาดผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียวของชุมชนคลองวาฬ (Chanthavanich, 2020)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือใช้ในการวิจัย คือแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (semi-structured interview) ซึ่งพัฒนาขึ้นภายใต้กรอบตัวชี้วัด 4 มิติ ได้แก่ ระบบการผลิตและการแปรรูป บรรจุภัณฑ์และการสร้างแบรนด์ ช่องทางการจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด เครื่องมือการวิจัยผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้จริง (Tracy, 2020)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลดำเนินการ 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาเอกสารเพื่อทบทวนองค์ความรู้ด้านการประมงหมึก การแปรรูปอาหารทะเล ความปลอดภัยอาหาร การตลาด และบริบทชุมชน เพื่อนำไปกำหนดกรอบประเด็นคำถามการวิจัย (Creswell and Creswell, 2023) และ 2) การศึกษาภาคสนามโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก และการประชุมกลุ่มย่อย เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนเมษายน ถึง กันยายน พ.ศ. 2568

การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลใช้วิธีตรวจสอบแบบสามเส้า โดยการตรวจสอบผู้ให้ข้อมูลและการบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการตีความข้อมูล จากนั้นดำเนินการถอดเทป ทำรหัส จัดหมวดหมู่ และวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งเครื่องมือวิเคราะห์ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับการวิเคราะห์สถานการณ์และบริบท ประกอบด้วย PESTLE analysis (Whittington *et al*., 2023) สำหรับวิเคราะห์ปัจจัยด้านการเมือง เศรษฐกิจ สังคม เทคโนโลยี กฎหมาย และสิ่งแวดล้อม SWOT analysis (Helms and Nixon, 2010) สำหรับวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค รวมถึงกรอบ 5M ได้แก่ Man, Money, Material, Machine และ Management (Slack *et al*., 2022) เพื่อประเมินศักยภาพทรัพยากรของชุมชน 2) ระดับการวิเคราะห์ระบบคุณค่าและห่วงโซ่การดำเนินงานประกอบด้วย supply chain (Christopher, 2022) สำหรับวิเคราะห์การไหลของวัตถุดิบ การผลิต และการกระจายสินค้า และ value chain (Kaplinsky and Morris, 2001) เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่มและศักยภาพการแข่งขันของชุมชน และ 3) ระดับการกำหนดกลยุทธ์และการบริหารจัดการ ใช้ TOWS Matrix (David and David, 2020) เพื่อกำหนดกลยุทธ์เชิงรุก เชิงป้องกัน เชิงแก้ไข และเชิงพัฒนา ร่วมกับ Balanced Scorecard (Niven, 2022) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของกลยุทธ์ในมิติการเงิน ลูกค้า กระบวนการภายใน และการเรียนรู้ ซึ่งช่วยเชื่อมโยงสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียวของชุมชนอย่างยั่งยืนในระยะยาว

ผลการวิจัย

สถานภาพการผลิต การตลาด และการบริหารจัดการผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียว

ผลการศึกษาพบว่า 1) ผู้ประกอบการหมึกแดดเดียวส่วนใหญ่เป็นชาวประมงพื้นบ้านที่มีประสบการณ์มากกว่า 30 ปี และได้รับการถ่ายทอดองค์ความรู้จากครอบครัวต่อเนื่องหลายรุ่น การแปรรูปจึงเป็นทั้งกิจกรรมเศรษฐกิจและภูมิปัญญาท้องถิ่น วัตถุดิบจากการทำประมงในพื้นที่ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มมูลค่าทรัพยากร อีกทั้งเป็นกลไกกระจายความเสี่ยงด้านรายได้ โดยรายได้จากหมึกแดดเดียวคิดเป็นร้อยละ 40–70 ของรายได้รวม และอาจสูงถึงร้อยละ 80–90 ในบางฤดูกาล ส่วนใหญ่เป็นระดับครัวเรือนใช้แรงงานในครอบครัวเป็นหลัก โดยในช่วงฤดูกาลทำประมงหมึกสามารถผลิตได้ประมาณ 1,000–3,000 กิโลกรัมต่อเดือน 2) วัตถุดิบคือ หมึกทะเลจากอ่าวคลองวาฬและพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งมีเนื้อเหนียวนุ่ม ไม่ยุ่ยง่าย เหมาะกับการตากแดด หลังแปรรูปยังคงเนื้อสัมผัสดี กลิ่นหอม และรสชาติกลมกล่อม แม้ปริมาณหมึกผันแปรตามฤดูกาลแต่ยังเพียงพอต่อการผลิตต่อเนื่อง หมึกส่วนใหญ่อยู่ในช่วงขนาดปานกลาง (ความยาว 15–17 ซม.) ทำให้การทำความสะอาดและตาก

ได้ทั่วถึง ลดความเสี่ยงของการเกิดและการปนเปื้อนเชื้อรา อีกทั้งเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพและไขมันต่ำ 3) ขั้นตอนและกระบวนการผลิตคล้ายกันในทุกครัวเรือน เริ่มจากการคัดเลือกวัตถุดิบหมึกหอมและหมึกกระดองสดจากอ่าวคลองวาฬและพื้นที่ใกล้เคียง โดยพิจารณาผิวใส เป็นมันเงา ไม่ช้ำ ไม่มีกลิ่นผิดปกติ เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่สดใหม่และมีคุณภาพ ต่อมาทำการผ่าตัวหมึกเอาไส้และถุงหมึกดำออกทั้งหมด เพื่อป้องกันการเน่าเสียและช่วยให้หมึกแห้งได้รวดเร็ว จากนั้นล้างด้วยน้ำทะเลอีกครั้งเพื่อทำความสะอาดและลดกลิ่นคาว นำหมึกมาตากแดดโดยเรียงหมึกบนตะแกรงตาข่ายไนล่อนบริเวณที่โล่งแจ้ง โดยหมึกขนาดใหญ่ (ความยาว 18–20 ซม.) นิยมตากแบบห้อยหัว ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของคลองวาฬ ระยะเวลาในตากช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว (ตุลาคม-พฤษภาคม) ใช้ระยะเวลา 2–3 ชั่วโมง แต่หากมีแสงแดดน้อยจะใช้ระยะเวลา 3–4 ชั่วโมง สำหรับการตากในช่วงฤดูฝน (มิถุนายน-กันยายน) จะต้องเฝ้าระวังเมื่อฝนใกล้ตกต้องรีบเก็บเข้าที่ร่ม และนำไปตากใหม่เมื่อฝนหยุดตก จากนั้นจึงทำการเก็บหมึกที่ตากไว้เมื่อหมึกแห้งพอดี (เนื้อยังนุ่มเล็กน้อย) นำมาบรรจุถุงพลาสติกแล้วนำไปเก็บรักษาในตู้แบบแช่แข็ง สามารถเก็บรักษาได้ประมาณ 3 เดือน 4) เครื่องมือและอุปกรณ์ผู้ประกอบการใช้เครื่องมือพื้นฐาน ได้แก่ มีด เขียง ภาชนะ food grade ตะกร้าพลาสติกใส่หมึก ตะแกรงตาก และถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติก ซึ่งช่วยลดการปนเปื้อน และรักษาคุณภาพสินค้าได้ในเบื้องต้น เป็นไปตามมาตรฐานสุขลักษณะด้านสถานที่ และสุขอนามัยส่วนบุคคล 5) การผลิตทำได้ตลอดทั้งปีแต่เหมาะสมที่สุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน เนื่องจากแสงแดดแรงมีอุณหภูมิเฉลี่ย 34°ซ ทำให้หมึกแห้งเร็ว ลดความเสี่ยงของการเกิดและการปนเปื้อนเชื้อราและยืดอายุสินค้า อีกทั้งตรงกับฤดูทำประมงหมึกและฤดูท่องเที่ยว จึงช่วยเพิ่มรายได้ครัวเรือน 6) ราคาจำหน่ายขึ้นอยู่กับขนาดหมึกโดยหมึกขนาดเล็ก (ความยาว 12–14 ซม.) ขายส่งประมาณ 450–500 บาทต่อกิโลกรัม และขายปลีก 550–600 บาท ส่วนหมึกขนาดใหญ่ ขายส่งประมาณ 500–550 บาท และขายปลีก 600–650 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนใหญ่บรรจุแพ็ค 500 กรัม 7) ช่องทางการจำหน่ายมีทั้งตลาดชุมชน ร้านค้าปลีก ร้านของฝาก และร้านอาหาร ขณะที่ช่องทางออนไลน์ เช่น Facebook และ TikTok ช่วยขยายตลาด แต่ยังมีข้อจำกัดด้านการขนส่ง การควบคุมอุณหภูมิสินค้า 8) ข้อจำกัดสำคัญ คือ ความไม่สม่ำเสมอของวัตถุดิบในช่วงฤดูฝน เนื่องจากไม่สามารถทำการประมงหมึกได้ การพึ่งพาสภาพอากาศธรรมชาติทำให้การผลิตไม่ต่อเนื่อง อีกทั้งแรงงานครัวเรือนมีจำกัด และอุปกรณ์ยังไม่ทันสมัย ส่งผลต่อการควบคุมมาตรฐานและกำลังผลิต และ 9) ผู้ประกอบการยังขาดทักษะการตลาดสมัยใหม่ และการใช้สื่อดิจิทัล บรรจุภัณฑ์และฉลากยังไม่ตอบโจทย์ตลาดยุคใหม่ กระบวนการจัดส่งสินค้ามีความซับซ้อนและใช้ระยะเวลามาก และต้องแข่งขันกับผู้ผลิตรายใหญ่ที่มีเทคโนโลยีและงบประมาณที่สูงกว่า

พฤติกรรมผู้บริโภค ส่วนประสมทางการตลาด และการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียว

ผลการศึกษาพบว่า 1) ผู้บริโภคส่วนใหญ่เคยบริโภคหมึกแดดเดียวคลองวาฬในช่วงการท่องเที่ยว และมีประสบการณ์เชิงบวกต่อรสชาติ เนื้อสัมผัส และความสะดวกในการปรุง ปัจจัยหลักในการตัดสินใจซื้อ คือ คุณภาพสินค้า ความสด สะอาด ไม่มีกลิ่นคาว และความปลอดภัย รองลงมาคือ ราคาที่เหมาะสม ช่องทางการจำหน่าย คือ หน้าร้านและออนไลน์ มีการรับรู้คุณค่าทางโภชนาการและแรงจูงใจในการสนับสนุนเศรษฐกิจชุมชน 2) ผู้บริโภคบริโภคเฉลี่ยเดือนละ 1–2 ครั้ง หรือในโอกาสพิเศษ เช่น วันหยุด การท่องเที่ยว หรือกิจกรรมครอบครัว เนื่องจากเป็นเมนูที่ปรุงง่ายแต่ราคาสูงกว่าอาหารทั่วไป จึงมักบริโภคตามโอกาส แม้ความถี่ไม่สูงแต่ความพึงพอใจต่อคุณภาพทำให้เกิดแนวโน้มการซื้อซ้ำ 3) ผู้บริโภคซื้อจากทั้งออฟไลน์และออนไลน์ โดยร้านของฝากและร้านค้าชุมชนได้รับความนิยมสูงเพราะเชื่อว่าเป็นสินค้าแหล่งต้นทาง สดใหม่ และช่วยสนับสนุนรายได้ท้องถิ่น ช่องทาง

ออนไลน์ เช่น Facebook และ Line ช่วยเพิ่มความสะดวก โดยมักเลือกซื้อจากร้านที่เคยมีประสบการณ์ที่ดี ขณะที่ตลาดสดได้รับความนิยมต่ำกว่าเนื่องจากข้อจำกัดด้านสุขลักษณะ และแหล่งผลิต 4) ผู้บริโภคมักซื้อครั้งละ 0.5–1 กิโลกรัม ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 200–400 บาทต่อครั้ง และยินดีจ่ายเมื่อสินค้าแสดงถึงคุณภาพ ความสด แหล่งผลิตน่าเชื่อถือ และบรรจุภัณฑ์ปลอดภัย หากราคาสูงเกินระดับนี้ผู้บริโภคมีแนวโน้มเปรียบเทียบราคาก่อนตัดสินใจ 5) การตัดสินใจซื้อขึ้นกับความไว้วางใจต่อแหล่งผลิตและคุณภาพสินค้าเป็นหลัก ผู้บริโภคมักซื้อซ้ำจากร้านประจำมากกว่าพึ่งพารีวิวออนไลน์ คำแนะนำจากครอบครัวหรือเพื่อนมีอิทธิพลสูง ผู้บริโภคยังให้ความสำคัญกับแหล่งวัตถุดิบ โดยนิยมหมึกจากประมงพื้นบ้าน ตากแดดธรรมชาติ และไม่ใช้สารเคมี 6) ด้านผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณภาพเป็นอันดับแรก ได้แก่ ความสด ความสะอาด กลิ่นธรรมชาติ และเนื้อสัมผัสดี บรรจุภัณฑ์ซีลปิดสนิทช่วยเพิ่มความเชื่อมั่น ขณะที่เครื่องหมายรับรอง เช่น อย. หรือ GMP ช่วยยกระดับภาพลักษณ์ด้านสุขลักษณะ 7) ด้านราคา พบว่าผู้บริโภครับรู้ว่าราคาสมเหตุสมผล สอดคล้องกับคุณภาพวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และบรรจุภัณฑ์มาตรฐาน หลายรายยอมรับราคาที่สูงขึ้นได้หากมีมาตรฐานรับรอง ขณะเดียวกันโปรโมชั่น เช่น ราคาส่วนลดเป็นแรงจูงใจสำคัญต่อการซื้อออนไลน์และการซื้อซ้ำ 8) ด้านการสื่อสาร พบว่าการสื่อสารการตลาดมีอิทธิพลต่อการรับรู้สินค้า โดยเฉพาะสื่อออนไลน์ เช่น Facebook, Instagram และ TikTok ที่ช่วยสร้างความสนใจผ่านภาพ วิดีโอ และรีวิว แบรนด์ที่ให้ข้อมูลชัดเจนจะได้รับความไว้วางใจมากกว่า เรื่องเล่าชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่นยังช่วยสร้างคุณค่าทางจิตใจและแรงจูงใจในการซื้อ และ 9) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย พบว่าช่องทางจำหน่ายมีผลต่อทั้งความสะดวกและความเชื่อมั่น ช่องทางออฟไลน์ยังสำคัญเพราะผู้บริโภคสามารถประเมินคุณภาพได้โดยตรง ส่วนทางออนไลน์ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นจากความสะดวก แต่ยังพบข้อจำกัดในกระบวนการจัดการห่วงโซ่อุปทาน โดยเฉพาะการจัดส่งที่ยังขาดประสิทธิภาพและการสื่อสารข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ไม่เพียงพอ ซึ่งส่งผลต่อการรักษาคุณภาพสินค้าและกระทบต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภค

แนวทางการพัฒนาเชิงกลยุทธ์ผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียวชุมชนคลองวาฬ

ผลการศึกษาพบว่า 1) การวิเคราะห์ระบบห่วงโซ่อุปทาน พบว่าระบบการผลิตและการกระจายสินค้าหมึกแดดเดียวคลองวาฬมีความเชื่อมโยงกับวิถีประมงพื้นบ้านและเศรษฐกิจชุมชน โดยวัตถุดิบหลักมาจากประมงพื้นบ้านที่มีความสดใหม่และคุณภาพสูง ขณะที่ในช่วงฤดูมรสุมยังต้องพึ่งพาวัตถุดิบจากประมงพาณิชย์เพื่อรักษาความต่อเนื่องของการผลิต กระบวนการแปรรูปยังคงใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นและวิธีดั้งเดิมในการผลิตหมึกแดดเดียว ผลิตภัณฑ์ถูกจำหน่ายผ่านหลายช่องทางทั้งการขายตรง ร้านของฝาก ผู้ค้าส่ง ผู้ค้าปลีก และช่องทางออนไลน์ โดยมีกลุ่มนักท่องเที่ยวเป็นตลาดสำคัญ การไหลในระบบ supply chain พบว่าการไหลของวัตถุดิบ ข้อมูล และการเงิน ยังมีลักษณะกระจายตัวและพึ่งพาระบบดั้งเดิม ทำให้การจัดการคุณภาพ การสื่อสารข้อมูล และการบริหารจัดการยังขาดการบูรณาการ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตและการตลาด ทั้งนี้ ระบบห่วงโซ่อุปทานยังคงมีลักษณะกึ่งดั้งเดิมที่ขับเคลื่อนด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นและเครือข่ายชุมชน แม้สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มจากทรัพยากรประมงพื้นบ้านได้ดี แต่ยังมีข้อจำกัดด้านมาตรฐานการผลิต โลจิสติกส์ ระบบข้อมูล และการจัดการทางการเงิน ดังนั้น การพัฒนาระบบห่วงโซ่อุปทานควรมุ่งยกระดับมาตรฐานการผลิต พัฒนาบรรจุภัณฑ์และโลจิสติกส์ ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการบริหารจัดการ และสร้างเครือข่ายความร่วมมือในชุมชน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและสนับสนุนเศรษฐกิจชุมชนชายฝั่งอย่างยั่งยืน (Figure 1) 2) การวิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่า พบว่าระบบการผลิตมีความเชื่อมโยงกับวิถีประมงพื้นบ้าน ภูมิปัญญาท้องถิ่น และเศรษฐกิจชุมชน

วัตถุดิบหลักมาจากประมงพื้นบ้านที่มีความสดใหม่ ขณะที่หมึกจากประมงพาณิชย์ช่วยเสริมปริมาณในช่วงที่ผลผลิตลดลง การคัดเกรดและจัดการวัตถุดิบช่วยเพิ่มมาตรฐานและความน่าเชื่อถือของสินค้า แม้ระบบข้อมูลและการตรวจสอบย้อนกลับยังมีไม่เพียงพอ ด้านการแปรรูป ชุมชนยังใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นและวิธีดั้งเดิม เช่น การล้างด้วยน้ำทะเล และการตากแดดซึ่งช่วยสร้างเอกลักษณ์ด้านรสชาติ แต่การผลิตยังพึ่งพาสภาพอากาศและแรงงานครัวเรือน ทำให้คุณภาพและกำลังการผลิตไม่สม่ำเสมอ ด้านการตลาดและการกระจายสินค้า ผลิตภัณฑ์ถูกจำหน่ายผ่านหลายช่องทางทั้งการขายตรง ร้านของฝาก ร้านอาหาร และช่องทางออนไลน์ โดยจุดแข็งสำคัญ คือ การสื่อสารอัตลักษณ์ชุมชนและเรื่องราววิถีประมงพื้นบ้านที่ช่วยสร้างความแตกต่างจากสินค้าอุตสาหกรรม แม้ยังมีข้อจำกัดด้านแบรนด์ บรรจุภัณฑ์ และระบบโลจิสติกส์ สำหรับกิจกรรมสนับสนุน ชุมชนมีเครือข่ายความร่วมมือจากหน่วยงานรัฐ และสถาบันการศึกษา แต่ยังขาดทักษะด้านการตลาดดิจิทัล รวมถึงมาตรฐานอาหารสากล เช่น GMP และ HACCP ทั้งนี้ ระบบห่วงโซ่คุณค่ามีจุดแข็งจากทุนทางวัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น และเครือข่ายชุมชน ซึ่งช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มและความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ แต่ยังมีข้อจำกัดด้านมาตรฐานการผลิต เทคโนโลยี และการตลาดสมัยใหม่ ดังนั้น การพัฒนาควรมุ่งยกระดับมาตรฐานการผลิต พัฒนาบรรจุภัณฑ์ และการตลาดดิจิทัล เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและสนับสนุนเศรษฐกิจชุมชน (Figure 1)

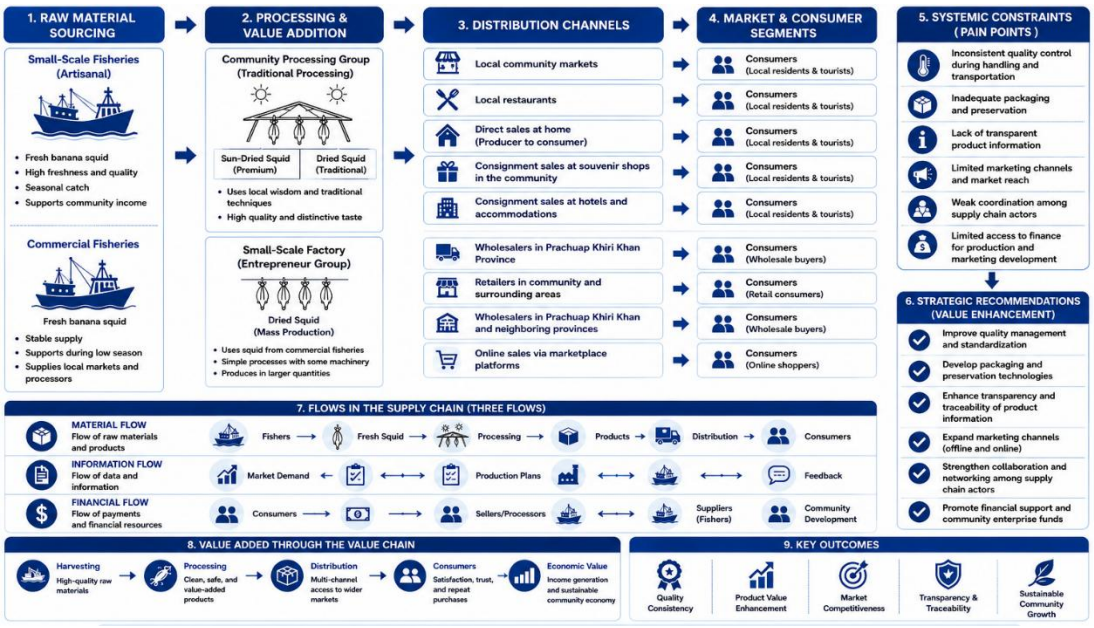


Figure 1 Framework of the supply chain and value chain for one-sun-dried squid products in the Khlong Wan community

Table 1 TOWS Matrix Analysis for one-sun-dried squid product development

Factors	Opportunities (O)	Threats (T)
Strengths (S)	**SO Strategies** 1. Promote food tourism and storytelling 2. Develop a GI-based local brand 3. Expand into premium markets	**ST Strategies** 1. Compete through quality and storytelling 2. Improve quality control and traceability 3. Promote eco-friendly product branding
Weaknesses (W)	**WO Strategies** 1. Develop digital marketing and e-commerce 2. Improve standardized packaging 3. Strengthen financial management	**WT Strategies** 1. Establish producer clusters 2. Develop raw material reserve systems 3. Upgrade GMP and FDA standards

การพัฒนากิจกรรมเชิงประสบการณ์ เช่น เวิร์กช็อปทำหมึกแดดเดียว เพื่อเพิ่มมูลค่าทางวัฒนธรรมและสร้างรายได้หลายทาง พร้อมสร้างแบรนด์จากคุณภาพวัตถุดิบและรสชาติเฉพาะถิ่นเพื่อต่อยอดสู่การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) และยกระดับความเชื่อมั่นของตลาด รวมทั้งผลักดันมาตรฐานการผลิตไปสู่ตลาดพรีเมียม 2) กลยุทธ์ป้องกัน (ST Strategy) ควรใช้คุณภาพวัตถุดิบและเรื่องราวชุมชนเป็นจุดต่างจากผู้ผลิตรายใหญ่ พร้อมพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพและตรวจสอบย้อนกลับเพื่อตอบสนองตลาดที่เข้มงวดด้านความปลอดภัย รวมถึงสื่อสารภาพลักษณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 3) กลยุทธ์แก้ไข (WO Strategy) ควรใช้โอกาสจากตลาดออนไลน์แก้ไขข้อจำกัดด้านการตลาด โดยพัฒนาทักษะดิจิทัล ปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ให้สวยงาม มีมาตรฐาน และยืดอายุสินค้า ส่งเสริมการทำบัญชีครัวเรือนเพื่อควบคุมต้นทุน 4) กลยุทธ์ป้องกันเชิงรับ (WT Strategy) ควรรวมกลุ่มผู้ประกอบการเป็นคลัสเตอร์เพื่อลดความเสี่ยงและพัฒนาระบบสำรองวัตถุดิบ เช่น การแช่แข็ง เพื่อรองรับช่วงทรัพยากรผันผวน พร้อมยกระดับมาตรฐานผ่านการอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง (Table 1) 5) กลยุทธ์การพัฒนาผลิตภัณฑ์ พบว่าอันดับที่ 1 คือ การสร้างแบรนด์ GI และอัตลักษณ์ชุมชน เนื่องจากช่วยเพิ่มมูลค่า สร้างความเชื่อมั่นตลาด และยกระดับกระบวนการผลิต อันดับที่ 2 คือ การต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การท่องเที่ยวเชิงอาหาร อันดับที่ 3 คือ การเข้าสู่ตลาดพรีเมียมด้วยมาตรฐานการผลิต เพื่อขยายช่องทางจำหน่ายมูลค่าสูงและเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการ และอันดับที่ 4 คือ การพัฒนาทักษะการตลาดดิจิทัล และ e-commerce ซึ่งเป็นกลยุทธ์สนับสนุนระยะยาว (Table 2)

Table 2 Strategic prioritization using the balanced scorecard framework

Rank	Strategy	Financial	Customer	Internal Process	Learning and Growth
1	SO 1.2: GI-based local branding	Increase product value	Build loyalty	Support GI certification	Improve branding skills
2	SO 1.1: Food tourism and storytelling	Generate tourism income	Enhance experience	Link tourism with production	Improve communication skills
3	SO 1.3: Premium market expansion	Expand modern trade	Meet premium standards	Improve production	Learn industrial standards
4	WO 3.1: Digital marketing and e-commerce	Increase online sales	Expand customer reach	Reduce traditional market limits	Develop digital skills

วิจารณ์ผลการวิจัย

ระบบการผลิต การตลาด และการจัดการผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียวของชุมชนคลองวาฬ

ผลการศึกษาชี้ว่าการแปรรูปหมึกแดดเดียวเป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรประมงพื้นบ้านและสร้างเสถียรภาพด้านรายได้ของครัวเรือน โดยลักษณะการผลิตที่พึ่งพาแรงงานครัวเรือนและองค์ความรู้ดั้งเดิมสะท้อนโครงสร้างธุรกิจอาหารทะเลแปรรูปพื้นบ้านที่ดำรงอยู่ผ่านเครือข่ายชุมชนและการจัดการแบบกลุ่ม ซึ่งช่วยให้ธุรกิจชุมชนขับเคลื่อนไปได้ในระบบเศรษฐกิจท้องถิ่น (Maneechot and Srisuk, 2024) ด้านวัตถุดิบ การใช้หมึกจากการทำประมงพื้นบ้านในพื้นที่ใกล้เคียงช่วยควบคุมต้นทุน และรักษามาตรฐานคุณภาพสินค้า สะท้อนบทบาทของห่วงโซ่อุปทานระดับชุมชนต่อความสามารถแข่งขันของผู้ประกอบการ และยืนยันว่าการแปรรูปในระดับชุมชนยังเป็นกลไกสำคัญของการสร้างมูลค่าเพิ่มในเศรษฐกิจฐานราก แต่การพึ่งพาทรัพยากรทะเลทำให้ระบบการผลิตยังมีความเสี่ยงต่อความผันผวนของทรัพยากร (Krungsri Research, 2023) ส่วนด้านกระบวนการผลิต พบว่าการใช้วิธีการผลิตแบบดั้งเดิมยังคงเป็นลักษณะสำคัญของการผลิต ซึ่งช่วยคงอัตลักษณ์สินค้าและลดต้นทุนการผลิต แต่ในเชิงการแข่งขันอาจจำกัดความสม่ำเสมอของคุณภาพสินค้า ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีและการจัดการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และศักยภาพการแข่งขันได้อย่างมีนัยสำคัญ (Chusri, 2023) ดังนั้น การยกระดับกระบวนการผลิต เช่น การใช้เครื่องอบลมร้อน และการควบคุมสุขลักษณะการผลิตที่ดีจึงเป็นเงื่อนไขสำคัญต่อการพัฒนาธุรกิจในระยะยาว สำหรับด้านบรรจุภัณฑ์ ผู้ประกอบการยังขาดความรู้ด้านการออกแบบและการสร้างอัตลักษณ์สินค้า ซึ่งสะท้อนช่องว่างระหว่างศักยภาพการผลิตกับความสามารถในการสื่อสารคุณค่าผลิตภัณฑ์ โดยบรรจุภัณฑ์พื้นฐานและการสื่อสารตราสินค้าที่ไม่ชัดเจนเป็นอุปสรรคต่อการรับรู้คุณค่า และความสามารถแข่งขันของสินค้า (Chaiwan *et al*., 2023) การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่สะท้อนอัตลักษณ์

ชุมชนจึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการเพิ่มมูลค่าและสร้างความแตกต่างของสินค้า และในด้านการตลาด ช่องทางจำหน่ายยังพึ่งพาตลาดท้องถิ่นและนักท่องเที่ยวเป็นหลัก แม้เริ่มมีการใช้ช่องทางออนไลน์บ้าง ซึ่งสะท้อนโครงสร้างตลาดของสินค้าแปรรูปชุมชนในพื้นที่ การใช้เครื่องมือดิจิทัลและการปรับกลยุทธ์การตลาดมีบทบาทสำคัญต่อการขยายตลาดของธุรกิจขนาดเล็ก (Chusri, 2023) ดังนั้น การพัฒนาการตลาดออนไลน์และช่องทางจำหน่ายใหม่ จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียวในระยะยาว สำหรับข้อจำกัดสำคัญของการวิจัย พบว่าชุมชนยังพึ่งพาแรงงานครัวเรือน ภูมิปัญญาท้องถิ่น และทรัพยากรประมงตามฤดูกาล ทำให้ข้อมูลด้านการผลิตและต้นทุนบางส่วนไม่มีระบบบันทึกมาตรฐานส่งผลต่อความแม่นยำในการวิเคราะห์ การตลาดยังพึ่งพาตลาดท้องถิ่นและนักท่องเที่ยวเป็นหลัก รวมถึงผู้ประกอบการยังขาดทักษะด้านการตลาดดิจิทัลและการจัดการธุรกิจ ส่งผลให้การประเมินศักยภาพการแข่งขันในระยะยาวยังมีข้อจำกัด

พฤติกรรมผู้บริโภค ส่วนประสมทางการตลาด และการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียว

ผลการศึกษาชี้ว่าการเลือกซื้อหมึกแดดเดียวของผู้บริโภคขึ้นอยู่กับการรับรู้คุณภาพสินค้าเป็นหลัก โดยเฉพาะความสด ความสะอาด และความปลอดภัย สะท้อนว่าปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นตัวกำหนดสำคัญของการตัดสินใจซื้อสินค้าอาหารแปรรูป โดยผู้บริโภคเลือกบริโภคเป็นช่วงเวลา แต่มีแนวโน้มซื้อซ้ำเมื่อคุณภาพคงที่ ส่วนด้านแหล่งซื้อ ผู้บริโภคยังให้ความสำคัญกับร้านค้าชุมชนและแหล่งต้นทาง เนื่องจากเชื่อมั่นในคุณภาพสินค้า ขณะเดียวกันช่องทางออนไลน์ช่วยเพิ่มความสะดวกและโอกาสเข้าถึงสินค้า แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนรูปแบบตลาดสินค้าเกษตรและอาหารชุมชนที่ยังพึ่งพาความไว้วางใจต่อผู้ผลิตควบคู่กับการใช้ช่องทางดิจิทัลมากขึ้น (Chaisuwan, 2023) ในด้านราคา ผู้บริโภคยอมรับราคาที่สูงขึ้นเมื่อคุณภาพสินค้าและแหล่งผลิตมีความน่าเชื่อถือ สะท้อนว่าการรับรู้คุณค่าของสินค้าอาหารชุมชนขึ้นอยู่กับคุณภาพและความโปร่งใสของกระบวนการผลิตมากกว่าราคาเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าปัจจัยด้านราคาให้ความสำคัญในประเด็นราคาที่สมเหตุสมผล ไม่สูงจนเกินไป (Chuaychunoo *et al*., 2025) สำหรับพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อ ผลการศึกษาพบว่าความไว้วางใจต่อร้านค้าและคำแนะนำจากเครือข่ายสังคมมีบทบาทสำคัญต่อการซื้อ มากกว่าสื่อโฆษณาเชิงพาณิชย์ สะท้อนลักษณะตลาดสินค้าอาหารชุมชนที่ยังขับเคลื่อนด้วยความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตกับผู้บริโภค แม้สื่อดิจิทัลจะช่วยสร้างการรับรู้สินค้า แต่ความน่าเชื่อถือของผู้ผลิตยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการซื้อซ้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าความไว้วางใจในผู้ผลิตและการรับรู้คุณภาพสินค้าเป็นตัวกำหนดสำคัญของความตั้งใจซื้อและการซื้อซ้ำของผู้บริโภค (Wangthawil *et al*., 2024)

เมื่อพิจารณาตามส่วนประสมทางการตลาด พบว่าด้านผลิตภัณฑ์และช่องทางจำหน่ายมีบทบาทสูงสุด ขณะที่การสื่อสารผ่านสื่อดิจิทัลช่วยเพิ่มการรับรู้และขยายตลาด แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับงานศึกษาการตลาดสินค้าเกษตรที่พบว่าคุณภาพผลิตภัณฑ์และการสื่อสารตลาดมีอิทธิพลต่อความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญ (Sawatsuk *et al*., 2023) สำหรับข้อจำกัดสำคัญของการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นนักท่องเที่ยวและผู้บริโภคในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จึงอาจยังไม่ครอบคลุมพฤติกรรมผู้บริโภคในตลาดเมืองใหญ่หรือระดับสากล ทำให้ผลการศึกษาสะท้อนบริบทของตลาดท้องถิ่นและตลาดท่องเที่ยวเป็นหลัก นอกจากนี้พฤติกรรมการซื้อยังขึ้นอยู่กับฤดูกาลท่องเที่ยว สภาพเศรษฐกิจ และรายได้ของผู้บริโภคในช่วงเวลาที่ศึกษา ขณะที่ข้อมูลด้านส่วนประสมทางการตลาดและการตัดสินใจซื้อบางส่วนมาจากการรับรู้และประสบการณ์ซึ่งอาจแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

แนวทางการพัฒนาเชิงกลยุทธ์ผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียวชุมชนคลองวาฬ

อภิปรายผลการศึกษาได้ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ระบบห่วงโซ่อุปทาน ชี้ว่าห่วงโซ่อุปทานของหมึกแดดเดียวคลองวาฬยังมีลักษณะกึ่งดั้งเดิม แม้วัตถุดิบชายฝั่งจะมีคุณภาพสูงและเชื่อมโยงกับเศรษฐกิจครัวเรือนโดยตรง แต่การขาดการจัดการคุณภาพวัตถุดิบประมงหลังการจับ ระบบรวบรวม และข้อมูลตลาด ทำให้คุณภาพสินค้าไม่สม่ำเสมอและการผลิตไม่สอดคล้องกับอุปสงค์ แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนลักษณะทั่วไปของห่วงโซ่สินค้าเกษตรแปรรูปชุมชนในประเทศไทย ซึ่งมักพึ่งพาโครงสร้างเครือข่ายท้องถิ่น (Poolsawat *et al*., 2022) ในขณะเดียวกันการกำหนดสูตรมาตรฐานและการควบคุมคุณภาพสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอทั้งด้านคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ (Supunphew and Boonthawee, 2023) 2) การวิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่าพบว่าห่วงโซ่คุณค่าของหมึกแดดเดียวมีจุดแข็งด้านภูมิปัญญาท้องถิ่น ความปลอดภัยอาหาร และวัตถุดิบคุณภาพสูง ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นจุดขายเชิงวัฒนธรรมได้ อย่างไรก็ตาม ช่องทางจำหน่ายยังจำกัดและกิจกรรมสนับสนุนยังไม่เพียงพอ โดยเฉพาะด้านบรรจุภัณฑ์และการตลาดดิจิทัล แนวโน้มนี้สอดคล้องกับงานศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน ที่พบว่าการเพิ่มมูลค่าต้องอาศัยทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การสร้างแบรนด์ และการขยายช่องทางตลาดควบคู่กัน (Maleepan, 2025) 3) การวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนตามกรอบ 5M ชี้ว่าชุมชนมีจุดแข็งด้านทรัพยากรมนุษย์ วัตถุดิบ และความร่วมมือในพื้นที่ แต่ข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี การจัดการ และเงินทุนยังเป็นตัวถ่วงการพัฒนา สะท้อนลักษณะทั่วไปของธุรกิจอาหารชุมชนที่มีทุนทางสังคมสูงแต่ขาดศักยภาพองค์กร ดังนั้น การจัดการที่ดีสามารถเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของผู้ประกอบการได้ (Nimnuan *et al*., 2022) 4) การวิเคราะห์โอกาสและอุปสรรคตามกรอบ PESTLE พบว่าโอกาสสำคัญของหมึกแดดเดียวมาจากกระแสสุขภาพ การเติบโตของตลาดออนไลน์ และการเชื่อมโยงกับการท่องเที่ยวชุมชน ขณะที่อุปสรรคหลัก คือ การแข่งขัน มาตรฐานอาหาร และความผันผวนของทรัพยากร ดังนั้น การยกระดับมาตรฐานสินค้า การสร้างภาพลักษณ์แบรนด์ และการเชื่อมโยงการท่องเที่ยวชุมชนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการอยู่รอดในตลาดที่มีการแข่งขันสูง (Sri-in *et al*., 2025) 5) การวิเคราะห์ SWOT ยืนยันว่าหมึกแดดเดียวคลองวาฬมีศักยภาพเชิงวัฒนธรรมและทรัพยากรสูง แต่ยังมีข้อจำกัดด้านการตลาดและมาตรฐาน จุดแข็งหลัก คือ คุณภาพวัตถุดิบ เทคนิคการผลิต และเรื่องราวชุมชน ขณะที่จุดอ่อน คือ บรรจุภัณฑ์และการตลาดดิจิทัล ซึ่งบรรจุภัณฑ์และการสื่อสารตราสินค้าช่วยเพิ่มการรับรู้คุณค่าและความเชื่อมั่นของผู้บริโภค ส่วนการพัฒนาภาพลักษณ์สินค้าเป็นกลไกสำคัญต่อการเพิ่มมูลค่าและความสามารถแข่งขัน (Phongwichai *et al*., 2022) 6) การวิเคราะห์ TOWS Matrix แสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์ที่เหมาะสมควรใช้จุดแข็งด้านภูมิปัญญา และอัตลักษณ์ชุมชนเพิ่มโอกาสทางตลาด เช่น การพัฒนา storytelling การท่องเที่ยวเชิงอาหาร และการสร้างแบรนด์สินค้าเพื่อเพิ่มความแตกต่าง ขณะเดียวกันต้องยกระดับมาตรฐานการผลิตและพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับเพื่อลดผลกระทบจากการแข่งขันและข้อกำหนดด้านความปลอดภัยอาหาร โดยการผสานคุณภาพสินค้า เรื่องราวชุมชน และการตลาดสามารถเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของสินค้าได้ (Maleepan, 2025) และ 7) แนวทางเชิงกลยุทธ์การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียวชุมชนคลองวาฬ ผลการศึกษาชี้ว่าการสร้างแบรนด์ GI และอัตลักษณ์สินค้าเป็นกลยุทธ์หลักที่ช่วยเพิ่มมูลค่า และความเชื่อมั่นของตลาด รองลงมาคือ การเชื่อมโยงภูมิปัญญาท้องถิ่นกับการท่องเที่ยวเชิงอาหาร และการยกระดับมาตรฐานการผลิตเพื่อเข้าสู่ตลาดพรีเมียม ขณะที่การพัฒนาการตลาดดิจิทัลเป็นกลยุทธ์สนับสนุน โดยการระบุมาตรฐานสินค้าและใช้ช่องทางออนไลน์ช่วยเสริมความน่าเชื่อถือและการตลาด (Supapunt et al., 2023) ส่วนข้อจำกัดของการวิจัย พบว่าระบบการผลิตยังมีลักษณะพึ่งพาทรัพยากรตามฤดูกาล แรงงานครัวเรือน และภูมิ

ปัญญาท้องถิ่น ทำให้ผลการศึกษาสะท้อนบริบทเฉพาะของชุมชนคลองวาฬมากกว่าชุมชนประมงอื่น ส่วนการขาดระบบตรวจสอบย้อนกลับ ยังจำกัดการประเมินด้านเศรษฐกิจและโลจิสติกส์ ขณะที่การวิเคราะห์ SWOT, TOWS Matrix และ Balanced Scorecard ใช้ความคิดเห็นของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงตามบริบทและช่วงเวลา ขณะที่กลยุทธ์ด้าน GI มาตรฐาน GMP และการตลาดดิจิทัล ยังต้องใช้เงินทุน เทคโนโลยี และการสนับสนุนจากภายนอก รวมถึงการแข่งขันอาจส่งผลต่อความเหมาะสมของกลยุทธ์ในระยะยาว

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทาน พฤติกรรมผู้บริโภค ส่วนประสมทางการตลาดและการติดสินใจซื้อ และแนวทางการพัฒนาเชิงกลยุทธ์ของผลิตภัณฑ์หมึกแดดเดียวชุมชนคลองวาฬ สะท้อนให้เห็นว่าหมึกแดดเดียวไม่ได้เป็นเพียงสินค้าแปรรูปจากทรัพยากรประมงชายฝั่ง แต่เป็นทุนทางวัฒนธรรม เศรษฐกิจ และอัตลักษณ์ชุมชนที่เชื่อมโยงภูมิปัญญาท้องถิ่น วิถีประมงพื้นบ้าน และเศรษฐกิจครัวเรือนเข้าด้วยกัน ผู้ประกอบการส่วนใหญ่เป็นชาวประมงพื้นบ้านที่ใช้วัตถุดิบจากพื้นที่และองค์ความรู้ดั้งเดิมในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้ทรัพยากรประมงชายฝั่ง ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อรายได้ครัวเรือนและความมั่นคงทางเศรษฐกิจของชุมชน อย่างไรก็ตาม ระบบการผลิตยังพึ่งพาสภาพอากาศ แรงงานครัวเรือน และอุปกรณ์พื้นฐาน ส่งผลให้มาตรฐานสินค้าและศักยภาพการแข่งขันยังมีข้อจำกัด โดยเฉพาะด้านโลจิสติกส์ บรรจุภัณฑ์ มาตรฐานการผลิต และการตลาดดิจิทัล ผลการศึกษายังเผยให้เห็นว่า การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชุมชนไม่ได้เกิดจากคุณภาพสินค้าเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการจัดการคุณค่าทั้งระบบที่เชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทาน ห่วงโซ่คุณค่า พฤติกรรมผู้บริโภค และอัตลักษณ์ชุมชนเข้าด้วยกัน โดยผู้บริโภคยุคใหม่ให้ความสำคัญกับความสะอาด ความปลอดภัย แหล่งที่มา และเรื่องราวของชุมชนควบคู่กับคุณภาพสินค้า ส่งผลให้คุณค่าทางวัฒนธรรมและความน่าเชื่อถือของแหล่งผลิตกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความแตกต่างทางการตลาด ขณะเดียวกัน การเล่าเรื่องอัตลักษณ์ชุมชน การสร้างแบรนด์เชิงพื้นที่ และการสื่อสารผ่านสื่อดิจิทัล มีบทบาทสำคัญต่อการสร้างการรับรู้สินค้าและการซื้อซ้ำของผู้บริโภค ดังนั้น แนวทางเชิงกลยุทธ์ที่เหมาะสมจึงควรมุ่งสู่การพัฒนาระบบทั้งห่วงโซ่ตั้งแต่มาตรฐานวัตถุดิบ การควบคุมการผลิต การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ การสร้างแบรนด์ GI การตลาดดิจิทัล และการเชื่อมโยงกับการท่องเที่ยวโดยชุมชน และการท่องเที่ยวเชิงอาหาร เพื่อยกระดับหมึกแดดเดียวจากสินค้าแปรรูปพื้นบ้าน ไปสู่ผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจสร้างสรรค์บนฐานอัตลักษณ์ชุมชน ซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ เสริมความสามารถในการแข่งขัน และสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนชายฝั่งตามแนวทาง BCG ได้อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. หน่วยงานภาครัฐควรผลักดันการยกระดับหมึกแดดเดียวคลองวาฬอย่างเป็นระบบ โดยสนับสนุนการขึ้นทะเบียน GI เพื่อสร้างอัตลักษณ์และเพิ่มมูลค่าสินค้า ควบคู่กับการเชื่อมโยงผลิตภัณฑ์สู่เศรษฐกิจ BCG และการท่องเที่ยวโดยชุมชน ผ่านกิจกรรมเชิงประสบการณ์ เช่น การเรียนรู้การทำหมึกแดดเดียวและวิถีประมงพื้นบ้าน

2. หน่วยงานด้านอาหารและการพัฒนาธุรกิจควรสนับสนุนการอบรมมาตรฐาน อย. GMP และการตลาดดิจิทัล พร้อมส่งเสริมการสร้างแบรนด์ รวมถึงวางแผนบริหารทรัพยากรหมึกระยะยาวเพื่อรักษาความมั่นคงด้านวัตถุดิบ และสร้างความยั่งยืนทางเศรษฐกิจของชุมชนในอนาคต

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

1. ผู้ประกอบการควรรวมกลุ่มสร้างเครือข่ายความร่วมมือ เพื่อเพิ่มอำนาจต่อรองและใช้ทรัพยากรร่วมกัน เช่น โรงเรือนแปรรูป บรรจุภัณฑ์ และโลจิสติกส์

ควบคู่กับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่สะท้อนอัตลักษณ์ชุมชน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยยืดอายุสินค้า โดยร่วมมือกับสถาบันการศึกษาและหน่วยงานวิจัย

2. ผู้ประกอบการควรพัฒนาทักษะดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสารการตลาด และการจัดการโลจิสติกส์ พร้อมพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับ เช่น QR code เพื่อสร้างความเชื่อมั่นของผู้บริโภค รวมถึงยกระดับมาตรฐานการผลิตผ่านการอบรม อย. GMP และ HACCP อย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Chaisuwan, B. 2023. Development of marketing communication and branding strategies to drive demand for environmentally friendly agricultural products. **Journal of Agricultural Research and Extension** 40(2): 112–126. [in Thai]

Chaiwan, W., J. Sungnoen and A. Banthao. 2023. Packaging design guidelines for processed seafood products based on community identity. **Academic Journal of Management Technology** 4(1): 41–65. [in Thai]

Chanthavanich, S. 2020. **Qualitative Research Methods**. 24th ed. Bangkok: Chulalongkorn University Press. 186 p. [in Thai]

Christopher, M. 2022. **Logistics and Supply Chain Management**. 6th ed. Harlow, England: Pearson Education Limited. 338 p.

Chuaychunoo, N., P. Kakunpim and J. Jankhong, 2025. Product development guidelines and marketing mix factors influencing purchasing decisions of poultry semen diluent for fighting cocks and ornamental chickens. **Journal of Agricultural Research and Extension** 42(3): 231–245. [in Thai]

Chusri, W. 2023. Causal factors influencing competitiveness of processed seafood entrepreneurs in the new normal situation. **Journal of Accounting and Management, Mahasarakham University** 15(3): 181–194. [in Thai]

Creswell, J.W. and J.D. Creswell. 2023. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. 6th ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications. 320 p.

David, F.R. and F.R. David. 2020. **Strategic Management: A Competitive Advantage Approach, Concepts and Cases**. 17th ed. Hoboken, NJ: Pearson Education. 680 p.

Department of Fisheries. 2024. **Squid and squid product situation report of Thailand, Q2–Q4 2023**. Retrieved from https://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/Monthly%20report/Squid/squid%20Q4-2023%20-%20final.pdf [in Thai]

FAO. 2022. **The state of world fisheries and aquaculture 2022: towards blue transformation**. FAO. Retrieved from https://doi.org/10.4060/cc0461en

Food and Drug Administration Thailand. 2023. **Good manufacturing practice (GMP) guidelines for small producers**. Retrieved from https://www.fda.moph.go.th [in Thai]

Helms, M.M. and J. Nixon. 2010. Exploring SWOT analysis – Where are we now? **Journal of Strategy and Management** 3(3): 215–251.

Kaplinsky, R. and M. Morris. 2001. **A Handbook for Value Chain Research**. Ottawa, Canada: International Development Research Centre. 113 p.

Krungsri Research. 2023. **Processed seafood industry outlook 2023–2025**. Retrieved from https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/food-beverage/processed-seafood [in Thai]

Kotler, P. and K.L. Keller. 2016. **Marketing Management**. 15th ed. Harlow, England: Pearson Education Limited. 716 p.

Maleepan, S. 2025. Development of community processed products and packaging for value addition. **Journal of Development Administration Research** 15(1): 276–289. [in Thai]

Maneechot, N. and W. Srisuk. 2024. Community business management of processed seafood products in Rusamila Subdistrict, Pattani Province. **AL-NUR Journal of Graduate School, Fatoni University** 19(36): 14–27. [in Thai]

Nimnuan, C., W. Kongkaew and S. Photthong, 2022. Management factors affecting the success of processed agricultural community enterprises. **Journal of Social Sciences and Humanities** 48(1): 89–104. [in Thai]

Niven, P.R. 2022. **Balanced Scorecard Evolution: A Dynamic Approach to Strategy Execution** Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, Inc. 368 p.

Patton, M.Q. 2014. **Qualitative Research and Evaluation Methods**. 4th ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications. 832 p.

Phongwichai, N., T. Chanthrasri and A. Wattanakul. 2022. Community product development strategies for value addition and competitiveness. **Creative Economy Journal** 4(1): 25–38. [in Thai]

Poolsawat, S., P. Thongkham and W. Chitjai. 2022. Development of agricultural supply chains in community enterprises to enhance competitiveness. **Kasetsart Journal** 56(2): 77–92. [in Thai]

Robertson, G.L. 2016. **Food Packaging: Principles and Practice**. 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press. 733 p.

Sawatsuk, B., S. Phatsorn, K. Rattanasongwong, and P. Pruksawatnon. 2023. Factors affecting consumers' purchasing decisions of organic agricultural products in Phayao Province. **Journal of Management Science, Chiang Rai Rajabhat University** 18(2): 203–235. [in Thai]

Slack, N., A. Brandon-Jones and R. Johnston, 2022. **Operations Management**. 10th ed. Harlow, England: Pearson Education Limited. 768 p.

Sri-in, S., P. Kaewchanthawi and S. Yotswipan, 2025. **Community-Based Tourism Development in Khlong Wan Fishing Community under the BCG Tourism Framework**. 201 p. *In* Research Report. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]

Supapunt, P., P. Intanoo, P. Jaikampun and U. Thampanya. 2023. Consumer satisfaction on marketing mix aspects of processed longan products In Donpao longan large scale community enterprise group, Mae Wang district, Chiang Mai province. **Khon Kaen Agriculture Journal** 51(3): 483–498. [in Thai]

Supunphew, K. and K. Boonthawee. 2023. Development of thai river sprat snack product. **Academic Journal: Uttaradit Rajabhat University Science and Technology** 18(2): 63–73. [in Thai]

Tracy, S.J. 2020. **Qualitative Research Methods: Collecting Evidence, Crafting Analysis, Communicating Impact**. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell. 432 p.

UNCTAD. 2021. **Sustainability standards and global value chains**. Retrieved from https://unctad.org/system/files/official-document/ditctabinf2021d2_en.pdf

Wangthawil, K., A. Phongphaew, P. Lattasaksiri and P. Sapkoet. 2024. Factors influencing healthy food consumption decisions among residents in Bangkok. **MCU Phetchaburi Review Journal** 7(1): 122–134. [in Thai]

Whittington, R., P. Regner, D. Angwin, G. Johnson, and K. Scholes. 2023. **Exploring Strategy**. 13th ed. Harlow, England: Pearson Education Limited. 571 p.

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 226-241

การประเมินผลโครงการท่องเที่ยวเชิงอาหารของจังหวัดจันทบุรีต่อการยกระดับองค์ความรู้ มาตรฐานการผลิต และโอกาสทางการตลาดของเกษตรกร

Evaluating the Effectiveness of the Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi Project in Enhancing Farmers' Knowledge, Production Standards, and Market Opportunities

พัชรี ปรีเปรมโมทย์[1] นรินทร์ เจริญพันธ์[2] กัลยารัตน์ เชี่ยวชาญ[3] ธนพล พุกเส็ง[3] และวศิน ยุวนะเตมีย์[4,*]

Patcharee Preepremmote[1], Narin Charoenphun[2], Kanyarat Cheawchan[3], Thanaphon Phukseng[3] and Vasin Yuvanatemiya[4,*]

[1]สาขาวิชาบริหารธุรกิจและการจัดการโลจิสติกส์และการค้าชายแดน คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี 22170

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี 22170

[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยาการข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี 22170

[4]สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี 22170

[1]Major of Business Administration, Logistics and Cross-Border Trade Management, Faculty of Science and Arts Burapha University Chanthaburi Campus, Chanthaburi, Thailand 22170

[2]Major of Modern Agricultural Technology, Faculty of Science and Arts, Burapha University Chanthaburi Campus Chanthaburi, Thailand 22170

[3]Major of Information Technology and Data Science, Faculty of Science and Arts, Burapha University Chanthaburi Campus Chanthaburi, Thailand 22170

[4]Major of Marine Technology, Faculty of Marine Technology, Burapha University Chanthaburi Campus Chanthaburi, Thailand 22170

*Corresponding author: vasin@go.buu.ac.th

*ORCID iD: https://orcid.org/0000-0002-5628-962X

Received: *February 10, 2026*
Revised: *June 02, 2026*
Accepted: *June 11, 2026*

Abstract

Although gastronomy tourism has been increasingly promoted as a mechanism for adding value to agricultural products and generating income for local communities, empirical evidence explaining its impacts at the farm level remain limited, particularly in relation to improvements in production standards and the conversion of knowledge into tangible economic outcomes. This study aimed to evaluate the effects of the gastronomy tourism project in Chanthaburi Province in enhancing farmers' knowledge, production standards, and market opportunities. A quantitative research approach was employed using a program evaluation design. Data were collected from 200 participating farmers through a structured questionnaire, and descriptive statistics were applied to analyze changes observed after project participation. The findings revealed that the project produced positive effects on

strengthening farmers' production capacity. Notably, 49.50% of farmers obtained Good Agricultural Practices (GAP) certification, and 90.50% reported improvements in production standards consistent with their expectations, indicating progress toward standardized and value-added agricultural practices. However, outcomes related to market access and income generation remained moderate. Only 29.00% of farmers adopted online marketing channels, and 5.00% reported increased income from gastronomy tourism-related activities. These results suggest that the transformation toward value-added agriculture through gastronomy tourism remains at an early stage.

Keywords: Agricultural program evaluation, Chanthaburi province, GAP certification gastronomy tourism

บทคัดย่อ

แม้การท่องเที่ยวเชิงอาหารจะถูกนำมาใช้เป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตรและสร้างรายได้แก่ชุมชน แต่ในเชิงวิชาการยังขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ ที่อธิบายผลกระทบของโครงการลักษณะดังกล่าวต่อเกษตรกรในระดับจุลภาค โดยเฉพาะในมิติของการยกระดับมาตรฐานการผลิตและการเชื่อมโยงองค์ความรู้ไปสู่มูลค่าทางเศรษฐกิจ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของโครงการท่องเที่ยวเชิงอาหารของจังหวัดจันทบุรีต่อการยกระดับองค์ความรู้ มาตรฐานการผลิตและโอกาสทางการตลาดของเกษตรกร ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณในรูปแบบการประเมินผลโครงการ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรจำนวน 200 รายที่เข้าร่วมโครงการ ด้วยแบบสอบถามเชิงโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่และร้อยละ เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายหลังการเข้าร่วมโครงการ ผลการศึกษาพบว่า โครงการมีผลเชิงบวกต่อการยกระดับศักยภาพการผลิตของเกษตรกร โดยเกษตรกรร้อยละ 49.50 ได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี และร้อยละ 90.50 ระบุว่าผลลัพธ์ด้านมาตรฐานการผลิตสอดคล้องกับความคาดหวัง อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ด้านการตลาดและรายได้ยังอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีเกษตรกรเพียงร้อยละ 29 ที่เริ่มใช้ช่องทางการตลาดออนไลน์ และร้อยละ 5 ที่มีรายได้เพิ่มจากกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร สะท้อนว่าการพัฒนาเกษตรเชิงมูลค่าเพิ่มผ่านการท่องเที่ยวเชิงอาหารยังอยู่ในระยะเริ่มต้น

คำสำคัญ: การประเมินโครงการเกษตร จังหวัดจันทบุรี มาตรฐาน GAP การท่องเที่ยวเชิงอาหาร

บทนำ

ภาคการเกษตรของประเทศไทยยังคงเผชิญกับข้อจำกัดเชิงโครงสร้างที่สำคัญ โดยเฉพาะปัญหาต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น ความผันผวนของผลผลิตและราคา รวมถึงข้อจำกัดในการเข้าถึงตลาดที่ให้มูลค่าเพิ่มสูง ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรขาดความมั่นคง และมีขีดความสามารถในการแข่งขันต่ำในระยะยาว (FAO, 2018; OECD, 2020) แม้บางพื้นที่จะมีศักยภาพด้านทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพผลผลิต และอัตลักษณ์สินค้าเกษตรที่โดดเด่น แต่เกษตรกรจำนวนมากยังคงมีบทบาทจำกัดอยู่ในฐานะผู้ผลิตวัตถุดิบต้นน้ำ และพึ่งพาช่องทางการตลาดแบบดั้งเดิมเป็นหลัก ข้อจำกัดเชิงโครงสร้างดังกล่าวยังเชื่อมโยงกับความล้มเหลวของกลไกตลาด

(market failure) ในหลายมิติ โดยเฉพาะการกระจุกตัวของอำนาจตลาดในฝั่งผู้รับซื้อ และต้นทุนการดำเนินการที่สูง ส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถกำหนดราคาได้อย่างเป็นธรรม และไม่สามารถเข้าถึงตลาดที่ให้ผลตอบแทนสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อประกอบกับความเสี่ยงด้านผลผลิตและราคา ยิ่งแสดงให้เห็นถึงความเปราะบางทางเศรษฐกิจในภาคการเกษตร ทั้งนี้สำหรับในบริบทระดับพื้นที่ จังหวัดจันทบุรีเป็นหนึ่งในแหล่งผลิตสินค้าเกษตรมูลค่าสูงที่สำคัญของประเทศ โดยเฉพาะผลไม้และวัตถุดิบที่มีชื่อเสียงในระดับชาติและนานาชาติ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรในพื้นที่ยังเผชิญกับปัญหาด้านต้นทุนการผลิต มาตรฐานสินค้า และอำนาจต่อรองทางการตลาด ซึ่งจำกัดความสามารถในการสร้างรายได้อย่างยั่งยืน ปัญหาเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนากลไกใหม่ ที่ช่วยยกระดับบทบาทของเกษตรกรจากผู้ผลิตวัตถุดิบ ไปสู่ผู้มีส่วนร่วมในห่วงโซ่มูลค่าที่มีความหลากหลายและซับซ้อนมากขึ้น

แนวคิดการท่องเที่ยวเชิงอาหาร (gastronomy tourism) ซึ่งเป็นการท่องเที่ยวที่เน้นการเรียนรู้ การสัมผัสอาหาร และวัฒนธรรมการกินท้องถิ่น เป็นแนวคิดที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในฐานะเครื่องมือที่สามารถเชื่อมโยงภาคการเกษตรกับภาคการท่องเที่ยว โดยใช้วัตถุดิบท้องถิ่น กระบวนการผลิต และอัตลักษณ์ทางอาหารเป็นฐานในการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Richards, 2015) ได้รับการนำมาประยุกต์ใช้ในหลายพื้นที่ผ่านโครงการพัฒนาเชิงพื้นที่ ที่มุ่งหวังให้เกษตรกรมีโอกาสเข้าถึงตลาดใหม่ และมีบทบาทมากขึ้นในกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว สำหรับจังหวัดจันทบุรีได้มีโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi เป็นหนึ่งในความพยายามดังกล่าว โดยมีเป้าหมายเชื่อมโยงภาคการผลิตทางการเกษตรกับกิจกรรมการท่องเที่ยว และผู้ประกอบการในพื้นที่ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การพัฒนาศักยภาพเกษตรกร การยกระดับมาตรฐานการผลิต การสร้างเครือข่ายทางการตลาด และการถ่ายทอดองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม แม้โครงการลักษณะนี้จะถูกคาดหวังให้ช่วยเพิ่มรายได้และเสริมสร้างศักยภาพของเกษตรกร แต่ในเชิงวิชาการยังขาดการประเมินผลกระทบที่เป็นระบบ และมีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับอย่างชัดเจน

ทั้งนี้ จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่างานวิจัยเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงอาหาร ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลกระทบในมิติการท่องเที่ยว เช่น ประสบการณ์ของนักท่องเที่ยว ภาพลักษณ์แหล่งท่องเที่ยว หรือผลกระทบทางเศรษฐกิจในระดับพื้นที่โดยรวม (Bessière, 2013; Everett and Slocum, 2013) ขณะที่ งานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบโดยตรงต่อเกษตรกรในท้องถิ่น การเปลี่ยนแปลงด้านผลผลิตและรายได้ การมีบทบาทต่อห่วงโซ่มูลค่า ก่อนและหลังการเข้าร่วมโครงการมีอยู่อย่างจำกัด ส่งผลให้ไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนว่าโครงการดังกล่าวช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรได้มากน้อยเพียงใด อีกทั้งงานวิจัยจำนวนมากไม่ได้วิเคราะห์บทบาทของกิจกรรมภายในโครงการต่อการยกระดับองค์ความรู้ มาตรฐานการผลิต และความสามารถทางการตลาดของเกษตรกรอย่างเป็นรูปธรรม แม้ว่ากิจกรรมเหล่านี้จะถูกมองว่าเป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มขีดความสามารถของเกษตรกรในการเข้าถึงตลาด และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าเกษตร (Porter, 1985; OECD, 2018) แต่หลักฐานเชิงประจักษ์ที่อธิบายความเชื่อมโยงดังกล่าวในบริบทพื้นที่จริงยังคงมีอยู่อย่างจำกัด

จากข้อมูลข้างต้นสะท้อนประเด็นที่สำคัญ ได้แก่ 1) การขาดการประเมินผลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงด้านผลผลิต และรายได้ของเกษตรกรจากการเข้าร่วมโครงการ และ 2) การขาดความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับผลลัพธ์ของกิจกรรมในโครงการต่อการพัฒนาองค์ความรู้ มาตรฐานการผลิต และโอกาสทางการตลาดของเกษตรกรในระดับจุลภาค ดังนั้น จึงได้ดำเนินงานวิจัยเรื่อง “การประเมินผลโครงการท่องเที่ยวเชิงอาหารของจังหวัดจันทบุรีต่อการยกระดับองค์ความรู้ มาตรฐานการผลิต และโอกาสทางการตลาดของเกษตรกร” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและวิเคราะห์ผลลัพธ์การ

เปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi ในการยกระดับองค์ความรู้ มาตรฐานการผลิต โอกาสทางการตลาด และรายได้ของเกษตรกรทั้งก่อนและหลังการเข้าร่วมโครงการ ซึ่งผลลัพธ์ของการศึกษาจะช่วยเสริมสร้างองค์ความรู้เชิงประจักษ์เกี่ยวกับบทบาทของโครงการท่องเที่ยวเชิงอาหารต่อการพัฒนาศักยภาพเกษตรกร และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบ ปรับปรุงโครงการพัฒนาเชิงพื้นที่ในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ตั้งอยู่บนแนวคิดการประเมินผลโครงการตามกรอบ Input–Process–Output–Outcome (IPOO) หรือ Logic Model ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในงานประเมินผลโครงการด้านการเกษตรและการพัฒนาเชิงพื้นที่ โดยกรอบแนวคิดดังกล่าวมุ่งอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างทรัพยากรของโครงการ (inputs) กิจกรรมหรือกระบวนการดำเนินงาน (process/activities) ผลผลิตจากกิจกรรม (outputs) และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้เข้าร่วม (outcomes) โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัยดัง Figure 1 ซึ่งมองว่า การเข้าร่วมโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi เป็นปัจจัยนำเข้า (input) ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านศักยภาพของเกษตรกรผ่านกระบวนการเรียนรู้และกิจกรรมที่โครงการจัดขึ้น ซึ่งส่งผลต่อผลลัพธ์ในสามมิติหลัก ได้แก่ องค์ความรู้ มาตรฐานการผลิต และโอกาสทางการตลาดของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี

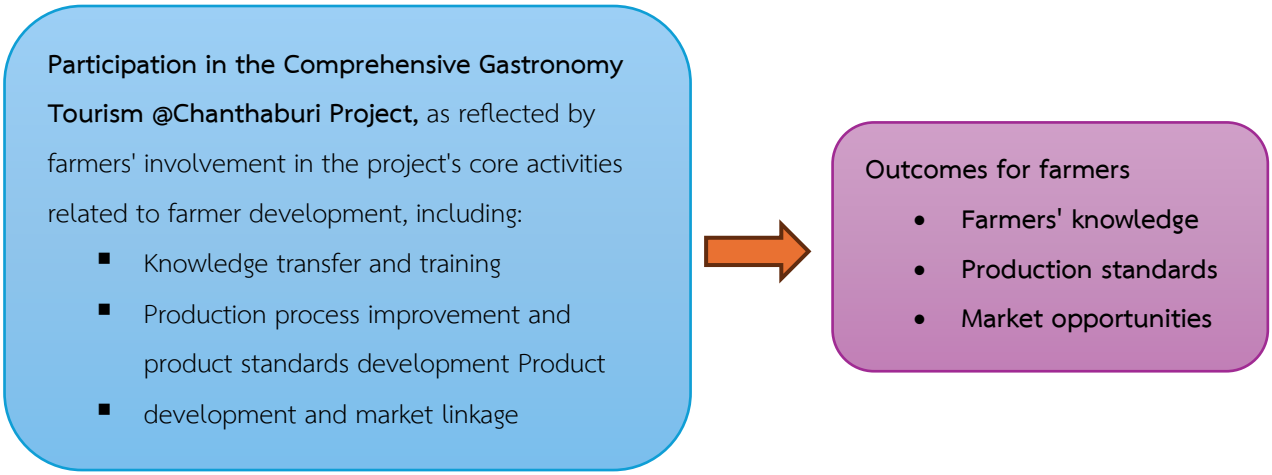


Figure 1 Conceptual framework

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) โดยใช้การออกแบบการวิจัยเชิงประเมินผลโครงการ (program evaluation research) เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi ต่อการยกระดับองค์ความรู้ มาตรฐานการผลิต และโอกาสทางการตลาดของเกษตรกร การออกแบบการวิจัยมุ่งเน้นการประเมินผลลัพธ์เชิงประจักษ์ในระดับจุลภาคจากมุมมองของเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ โดยใช้ข้อมูลภายหลังการดำเนินกิจกรรมเป็นหลัก และเชื่อมโยงผลลัพธ์กับกิจกรรมสำคัญของโครงการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) พื้นที่ศึกษา และผู้เข้าร่วมโครงการ

พื้นที่ศึกษา คือ จังหวัดจันทบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ดำเนินโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi และเป็นแหล่งผลิตสินค้าเกษตรที่มีบทบาทสำคัญต่อการเชื่อมโยงกับการท่องเที่ยวเชิงอาหาร ส่วนประชากรในการวิจัย ได้แก่ เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi จำนวน 200 ราย โดยกำหนดเกณฑ์คัดเลือก ได้แก่ 1) เป็นเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมของโครงการอย่างน้อยหนึ่งกิจกรรม 2) มีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาองค์ความรู้ การผลิต หรือการตลาด และ 3) ยินยอมให้ข้อมูลเพื่อการวิจัย

2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามเชิงโครงสร้าง (Structured Questionnaire) ซึ่งพัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดการวิจัยและกิจกรรมของโครงการ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการเข้าร่วมโครงการ ครอบคลุมประเด็นการได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP การได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน การเข้าร่วมเครือข่ายเกษตรกร การใช้ช่องทางการตลาดออนไลน์ และการเกิดรายได้จากกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ส่วนที่ 3 การประเมินระดับความสอดคล้องระหว่างผลลัพธ์ที่ได้รับจากโครงการกับความคาดหวังของเกษตรกรในสามมิติ ได้แก่ ด้านมาตรฐานการผลิต ด้านการตลาด และด้านรายได้ และส่วนที่ 4 การประเมินความคิดเห็นของเกษตรกรต่อความคุ้มค่าของการเข้าร่วมโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi ส่วนแบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการเกษตร การพัฒนาเชิงพื้นที่ และการท่องเที่ยวเชิงอาหาร ก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง และดำเนินการปรับปรุงข้อคำถามให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยและกิจกรรมของโครงการ

3) การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการภายหลังสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมหลักของโครงการ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลักในการเก็บข้อมูลจากเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง การเก็บข้อมูลดำเนินการทั้งในรูปแบบแบบสอบถามกระดาษและการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและสะท้อนมุมมองของเกษตรกรต่อผลลัพธ์ของโครงการอย่างถูกต้อง สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ความถี่และร้อยละ เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการเข้าร่วมโครงการในแต่ละประเด็น นอกจากนี้ ใช้การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายระดับความสอดคล้องกับความคาดหวังของเกษตรกร และการรับรู้ถึงความคุ้มค่าของโครงการ โดยนำเสนอผลในรูปของตารางและการอภิปรายเชิงวิเคราะห์ เพื่อเชื่อมโยงผลลัพธ์กับกิจกรรมของโครงการและกรอบแนวคิดการวิจัย

ผลการวิจัย

โครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi ถือได้ว่ามีบทบาทสำคัญในการยกระดับองค์ความรู้ของเกษตรกรอย่างเป็นรูปธรรม โดยกิจกรรมดังกล่าวมุ่งเน้นการถ่ายทอดองค์ความรู้เชิงเทคนิค เชิงมาตรฐาน และเชิงกระบวนการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในการพัฒนาการผลิตวัตถุดิบอาหารและการต่อยอดเชิงตลาด ซึ่งมีรายละเอียดของกิจกรรมหลัก 3 ประเด็น ได้แก่

ประเด็นที่ 1 การส่งเสริมและพัฒนารูปแบบการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ที่มุ่งเน้นการยกระดับองค์ความรู้ของเกษตรกรในด้านการจัดการกระบวนการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีการจัดฝึกอบรมและการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับ

การวิเคราะห์ดินและน้ำ การจัดการปัจจัยการผลิตอย่างเหมาะสม การควบคุมศัตรูพืชและโรคพืชด้วยแนวทางที่ปลอดภัย รวมถึงการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อรักษาคุณภาพของผลผลิต กิจกรรมดังกล่าวช่วยให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและความปลอดภัยของวัตถุดิบอาหาร ซึ่งเป็นฐานสำคัญของการผลิตที่สามารถเชื่อมโยงกับกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การถ่ายทอดองค์ความรู้ในกิจกรรมนี้ยังครอบคลุมถึงการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการจัดการแปลงเกษตร เช่น การตรวจสอบคุณภาพผลผลิต การจัดการข้อมูลการผลิต และการติดตามกระบวนการผลิตอย่างเป็นระบบ ความรู้ดังกล่าวช่วยยกระดับความสามารถของเกษตรกรในการตัดสินใจเชิงการจัดการ และส่งเสริมให้เกิดการปรับเปลี่ยนแนวปฏิบัติด้านการผลิตจากรูปแบบดั้งเดิมไปสู่รูปแบบที่มีมาตรฐานและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ประเด็นที่ 2 การยกระดับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารท้องถิ่น ซึ่งมุ่งเน้นการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารท้องถิ่น โดยเน้นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบอาหารผ่านกระบวนการแปรรูป การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม กิจกรรมดังกล่าวช่วยให้เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการแปรรูปที่สามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพของวัตถุดิบได้อย่างเหมาะสม การถ่ายทอดองค์ความรู้ในกิจกรรมนี้ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการให้ข้อมูลเชิงเทคนิค แต่ยังรวมถึงการฝึกปฏิบัติและการทดลองพัฒนาผลิตภัณฑ์จริง ซึ่งช่วยให้เกษตรกรเกิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ และสามารถเข้าใจศักยภาพของวัตถุดิบอาหารในฐานะทรัพยากรที่สามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มได้ นอกจากนี้ กิจกรรมนี้ยังส่งเสริมให้เกษตรกรเข้าใจความเชื่อมโยงระหว่างคุณภาพวัตถุดิบ กระบวนการแปรรูป และการตอบสนองต่อความต้องการของตลาด ความรู้ที่ได้รับช่วยให้เกษตรกรสามารถประเมินความเหมาะสมของวัตถุดิบในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร และตระหนักถึงบทบาทของตนเองในห่วงโซ่มูลค่าการผลิตอาหารที่เชื่อมโยงกับการท่องเที่ยวเชิงอาหาร

ประเด็นที่ 3 การเพิ่มช่องทางการตลาดและการเชื่อมโยงการท่องเที่ยวเชิงอาหาร ซึ่งมุ่งเน้นการยกระดับองค์ความรู้ของเกษตรกรด้านการตลาดและการเชื่อมโยงวัตถุดิบอาหารกับกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงอาหาร โดยมีการให้ความรู้และการฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้ช่องทางการตลาดออนไลน์ เช่น การใช้แพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ (เช่น Facebook, LINE, TikTok หรือแพลตฟอร์มตลาดออนไลน์) การถ่ายภาพสินค้าและการนำเสนอข้อมูลผลิตภัณฑ์อย่างมีมาตรฐาน การประชาสัมพันธ์สินค้า และการเชื่อมโยงเครือข่ายกับผู้ประกอบการในภาคการท่องเที่ยว กิจกรรมดังกล่าวช่วยให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกตลาด การสื่อสารคุณค่าและความต้องการของผู้บริโภคปลายทาง การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการตลาดในกิจกรรมนี้จะช่วยยกระดับความสามารถของเกษตรกรในการมองเห็นโอกาสทางการตลาดและการนำเสนอวัตถุดิบอาหารในบริบทของการท่องเที่ยวเชิงอาหาร

โดยสรุปแล้วโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi มีบทบาทสำคัญในการยกระดับองค์ความรู้ของเกษตรกรในหลายมิติ ตั้งแต่ความรู้ด้านการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารท้องถิ่น ไปจนถึงความรู้ด้านการตลาดและการเชื่อมโยงกับการท่องเที่ยวเชิงอาหาร การยกระดับองค์ความรู้ดังกล่าวสะท้อนถึงการพัฒนาความสามารถของเกษตรกรในการเข้าใจ และจัดการกระบวนการผลิตและการตลาดอย่างเป็นระบบ

จาก Table 1 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรภายหลังการเข้าร่วมโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi ในหลายมิติ ที่สะท้อนถึงการพัฒนาด้านมาตรฐานการผลิต การสนับสนุนจากภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง การสร้างเครือข่าย และการใช้ช่องทางการตลาดสมัยใหม่ ในมิติด้านการ

รับรองมาตรฐานการผลิต (GAP) พบว่าเกษตรกรเกือบครึ่งหนึ่งของกลุ่มตัวอย่างได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP หรือคิดเป็นร้อยละ 49.50 ขณะที่ร้อยละ 50.50 ยังไม่ได้รับการรับรอง สะท้อนให้เห็นว่าโครงการมีบทบาทในการส่งเสริมให้เกษตรกรจำนวนหนึ่งสามารถยกระดับกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด อย่างไรก็ตาม สัดส่วนดังกล่าวยังชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดและความท้าทายในการขยายผลการรับรองมาตรฐานไปยังเกษตรกรทุกกลุ่ม ในด้านการได้รับการส่งเสริมหรือสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน พบว่าเกษตรกรเพียงร้อยละ 22.50 ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐหรือภาคเอกชน ขณะที่ร้อยละ 77.50 ยังไม่ได้รับการสนับสนุน ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนถึงข้อจำกัดของกลไกการเชื่อมโยงเครือข่ายภายนอกของโครงการในระยะเริ่มต้น

ปัจจัยที่อาจมีผลต่อระดับการเข้าถึงการสนับสนุน ได้แก่ ความพร้อมของเกษตรกรในการพัฒนามาตรฐานการผลิต ความสามารถในการปฏิบัติตามเงื่อนไขของหน่วยงานสนับสนุน ข้อจำกัดด้านงบประมาณหรือทรัพยากรของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งระยะเวลาของโครงการที่ยังไม่ยาวนานเพียงพอในการสร้างเครือข่ายความร่วมมืออย่างเป็นระบบ สำหรับการเข้าร่วมเป็นสมาชิกในเครือข่ายหรือกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตร พบว่าเกษตรกรร้อยละ 27.50 ได้เข้าร่วมเครือข่ายหรือกลุ่มเพิ่มขึ้นหลังการเข้าร่วมโครงการ ขณะที่ร้อยละ 72.50 ยังไม่ได้เข้าร่วม สะท้อนว่าโครงการมีส่วนช่วยกระตุ้นการรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่ายในระดับหนึ่ง แต่การขยายการมีส่วนร่วมในเครือข่ายยังต้องอาศัยกลไกสนับสนุนเพิ่มเติม ในมิติของการใช้ช่องทางการสื่อสารออนไลน์หรือสื่อสังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมการขายผลผลิตทางการเกษตร พบว่าเกษตรกรร้อยละ 29 มีการใช้ช่องทางดังกล่าวเพิ่มขึ้นหลังเข้าร่วมโครงการ ขณะที่ร้อยละ 71 ยังไม่ได้ใช้ช่องทางออนไลน์อย่างเป็นรูปธรรม ผลลัพธ์นี้สะท้อนว่าโครงการมีส่วนช่วยยกระดับการรับรู้และการเริ่มต้นใช้เครื่องมือการตลาดสมัยใหม่ในกลุ่มเกษตรกรบางส่วน แต่การนำไปใช้ในวงกว้างยังคงเป็นประเด็นที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติม ขณะเดียวกันในประเด็นการมีรายได้เพิ่มจากการเปิดพื้นที่เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร พบว่ามีเกษตรกรเพียงร้อยละ 5 ที่มีรายได้เพิ่มจากกิจกรรมดังกล่าว ขณะที่ร้อยละ 95 ยังไม่เกิดรายได้ในมิตินี้ ซึ่งสะท้อนว่าการพัฒนาโครงการที่ยังอยู่ในระยะเริ่มต้นของห่วงโซ่คุณค่าการท่องเที่ยวเชิงอาหาร แม้ว่าเกษตรกรจะได้รับการพัฒนาองค์ความรู้และยกระดับมาตรฐานการผลิตในระดับต้นน้ำแล้ว แต่การแปลงศักยภาพดังกล่าวให้กลายเป็นรายได้ในระดับปลายน้ำ จำเป็นต้องอาศัยปัจจัยสนับสนุนเพิ่มเติมในหลายมิติ

โดยสรุปข้อมูลจาก Table 1 ชี้ให้เห็นว่า การเข้าร่วมโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกในบางมิติ โดยเฉพาะด้านมาตรฐานการผลิต การเริ่มต้นใช้ช่องทางการตลาดออนไลน์ และการรวมกลุ่มเครือข่ายเกษตรกร อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ในหลายประเด็นยังอยู่ในระดับจำกัด ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาและต่อยอดกลไกของโครงการเพื่อขยายผลการเปลี่ยนแปลงไปสู่เกษตรกรในวงกว้างมากขึ้น

Table 1 Changes among farmers after participation

Aspects of change		Number of farmers (n)	Percentage (%)
GAP certification	Not certified	101	50.50
	Certified	99	49.50
	Total	**200**	**100.00**
Increased promotion/support from public and private agencies	Not received	155	77.50
	Received	45	22.50
	Total	**200**	**100.00**
Increased participation in farmer networks/producer groups	Not participated	145	72.50
	Participated	55	27.50
	Total	**200**	**100.00**
Increased use of online communication channels or social media for agricultural product promotion	Not used	142	71.00
	Used	58	29.00
	Total	**200**	**100.00**
Increased income from opening farm areas for agritourism activities	No increase	190	95.00
	Increase	10	5.00
	Total	**200**	**100.00**

จาก Table 2 การพิจารณาระดับความสอดคล้องระหว่างผลที่เกษตรกรได้รับจากการเข้าร่วมโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi กับความคาดหวังของเกษตรกรใน 3 มิติหลัก ได้แก่ ด้านมาตรฐานการผลิต ด้านการตลาด และด้านรายได้ ซึ่งพิจารณาจากผลลัพธ์ที่ได้รับจากโครงการสามารถตอบสนองต่อความต้องการหรือเป้าหมายที่ตั้งไว้ก่อนเข้าร่วมโครงการในระดับที่น่าพึงพอใจ พบว่าโดยภาพรวมเกษตรกรส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าโครงการให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับความคาดหวังในทุกมิติ ในมิติด้านมาตรฐานการผลิตและการเพาะปลูก พบว่าเกษตรกรร้อยละ 90.50 เห็นว่าผลลัพธ์จากการเข้าร่วมโครงการมีความสอดคล้องกับความคาดหวัง ขณะที่มีเพียงร้อยละ 9.50 ที่เห็นว่าไม่สอดคล้อง สะท้อนให้เห็นว่าโครงการสามารถตอบโจทย์การยกระดับกระบวนการผลิตและมาตรฐานสินค้าเกษตรได้อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของโครงการในการพัฒนาองค์ความรู้และแนวปฏิบัติด้านการผลิตให้เหมาะสมกับบริบทของการท่องเที่ยวเชิงอาหาร

สำหรับด้านการตลาด (ทั้งออนไลน์และออฟไลน์) พบว่าเกษตรกรร้อยละ 74 ระบุว่าผลลัพธ์ที่ได้รับมีความสอดคล้องกับความคาดหวัง ขณะที่ร้อยละ 26 เห็นว่ายังไม่สอดคล้อง ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนว่าแม้โครงการจะช่วยยกระดับความรู้และการรับรู้ด้านการตลาดของเกษตรกรในระดับหนึ่ง แต่การนำไปสู่ผลลัพธ์ทางการตลาดอย่างเป็นรูปธรรมยังมีข้อจำกัด และอาจต้องอาศัยการสนับสนุนเพิ่มเติมในด้านช่องทางการจำหน่ายและการเข้าถึงตลาด ในมิติด้านรายได้ พบว่าเกษตรกรร้อยละ 75.50 เห็นว่ารายได้ที่ได้รับจากการเข้าร่วมโครงการมีความสอดคล้องกับความคาดหวัง ขณะที่

ร้อยละ 24.50 เห็นว่ายังไม่สอดคล้อง ผลลัพธ์นี้สะท้อนว่าโครงการสามารถสร้างผลเชิงบวกด้านรายได้ให้กับเกษตรกรส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม ยังมีเกษตรกรบางส่วนที่ยังไม่สามารถแปลงองค์ความรู้และกิจกรรมของโครงการไปสู่การเพิ่มรายได้อย่างชัดเจน โดยสรุปแม้โครงการจะสามารถยกระดับความสามารถขั้นต้นของเกษตรกรได้ดี แต่การเปลี่ยนความสามารถดังกล่าวให้เกิดรายได้และการเข้าถึงตลาดยังต้องอาศัยปัจจัยสนับสนุนเพิ่มเติม เช่น อำนาจต่อรอง ช่องทางการจัดจำหน่าย ความต่อเนื่องของตลาด และความสามารถในการสื่อสารคุณค่าสินค้า เพื่อให้การพัฒนาเกษตรเชิงมูลค่าเพิ่มสามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ทางเศรษฐกิจได้อย่างยั่งยืน

Table 2 Consistency between Project Outcomes and Farmers' Expectations

Aspect		Number of Farmers (n)	Percentage (%)
Production standards / cultivation practices	Not consistent	19	9.50
	Consistent	181	90.50
	Total	**200**	**100.00**
Marketing (online and offline)	Not consistent	52	26.00
	Consistent	148	74.00
	Total	**200**	**100.00**
Income	Not consistent	49	24.50
	Consistent	151	75.50
	Total	**200**	**100.00**

นอกจากนั้น จาก Table 3 การพิจารณาความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับความคุ้มค่าของการเข้าร่วมโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi ผลการวิเคราะห์พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีทัศนะเชิงบวกต่อความคุ้มค่าของโครงการอย่างชัดเจน โดยเกษตรกรร้อยละ 94.50 เห็นว่าการเข้าร่วมโครงการดังกล่าวมีความคุ้มค่า นั่นคือ เกษตรกรรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการในหลายมิติ ทั้งในด้านการเพิ่มพูนองค์ความรู้ การปรับปรุงมาตรฐานการผลิต และการเปิดโอกาสในการเข้าถึงตลาดใหม่ ๆ แม้ว่าผลลัพธ์ด้านรายได้จากกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงอาหารจะยังไม่ปรากฏอย่างชัดเจนในระยะสั้นก็ตาม การรับรู้ถึงความคุ้มค่าในระดับสูงดังกล่าวจึงสามารถตีความได้ว่า เกษตรกรให้ความสำคัญกับ “ผลลัพธ์เชิงศักยภาพ” และ “ผลลัพธ์เชิงโอกาส” มากกว่าผลตอบแทนทางการเงินโดยตรงในระยะเริ่มต้น หรือก็คือ การรับรู้ถึงความคุ้มค่าของโครงการในระดับสูงยังสะท้อนถึงความเหมาะสมของรูปแบบกิจกรรมและกระบวนการดำเนินงานของโครงการในมุมมองของเกษตรกร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อต่อการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง และการต่อยอดผลลัพธ์ของโครงการในระยะยาว ในขณะที่มีเพียงร้อยละ 5.50 ที่เห็นว่าไม่คุ้มค่า แต่อย่างไรก็ตาม การรับรู้ถึงความคุ้มค่าของโครงการนั้นสะท้อนถึงความสำเร็จในมิติของการยอมรับและการพัฒนาศักยภาพของผู้เข้าร่วม ในขณะที่ผลลัพธ์ทางการตลาดและรายได้สะท้อนถึงผลกระทบเชิงเศรษฐกิจในระดับปลายน้ำ ซึ่งต้องอาศัยระยะเวลาและปัจจัยสนับสนุนเพิ่มเติมในการแปลงศักยภาพให้กลายเป็นรายได้อย่างยั่งยืน

Table 3 Perceived value of participation

Opinion	Number of farmers (n)	Percentage (%)
Not worthwhile	11	5.50
Worthwhile	189	94.50
Total	**200**	**100.00**

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า โครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi มีบทบาทสำคัญในการยกระดับองค์ความรู้และมาตรฐานการผลิตของเกษตรกรอย่างชัดเจน ขณะที่ผลลัพธ์ด้านโอกาสทางการตลาดและรายได้ยังอยู่ในระดับปานกลางหรือระยะเริ่มต้น ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ภายใต้กรอบแนวคิดห่วงโซ่คุณค่าอาหาร (food value chains) ซึ่งมองว่าการพัฒนาในกิจกรรมต้นน้ำ เช่น ความรู้และมาตรฐาน เป็น “ผลลัพธ์ขั้นต้น (intermediate outcomes)” ที่ต้องเกิดขึ้นก่อนการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจในระยะยาว (Porter, 1985; OECD, 2018) เป้าหมายหลักของการฝึกอบรมภายใต้โครงการนี้ คือ การเพิ่มพูนความรู้ของเกษตรกร โดยมุ่งเน้นการพัฒนาความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการเกษตรแม่นยำ การปรับปรุงคุณภาพดิน และการจัดการพืชเศรษฐกิจหลัก ซึ่งส่งผลดีต่อแนวทางการผลิตของเกษตรกร เช่น การใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเชื่อมโยงกับการผลิตสินค้าคุณภาพสูงตามมาตรฐาน GAP ซึ่งจะช่วยยกระดับมาตรฐานการเกษตรในพื้นที่ ผลลัพธ์ในระยะสั้นจากการฝึกอบรมเห็นได้ชัดเจนในแง่ของความรู้และทักษะที่เพิ่มขึ้นในการจัดการแปลงและการใช้เทคโนโลยีการเกษตรแม่นยำ อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับตลาดต้องใช้เวลาและการสนับสนุนจากกลไกตลาด เช่น การสร้างเครือข่ายการขายผ่านการท่องเที่ยวเชิงเกษตร หรือการเชื่อมต่อกับร้านอาหารในท้องถิ่นเพื่อเปิดตลาดใหม่ การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจในระยะกลางยังต้องใช้เวลาในการพัฒนาและบูรณาการความรู้กับระบบการตลาด เช่น การสร้างแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรที่สร้างรายได้ให้กับชุมชนและเกษตรกร ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนความรู้ให้เป็นรายได้ที่ยั่งยืน การใช้แนวคิดเรื่องช่วงเปลี่ยนผ่านของการพัฒนาช่วยให้เห็นภาพชัดเจนว่า แม้ความรู้จะเป็นรากฐานที่สำคัญ แต่การเปลี่ยนความรู้ให้เป็นรายได้นั้นต้องอาศัยกลไกตลาดและเครือข่ายผู้ซื้อที่สามารถเชื่อมโยงกับผลผลิตที่มีคุณภาพ รวมถึงการสนับสนุนจากทั้งภาครัฐและภาคเอกชน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rajala *et al*. (2021) และ Maitho and Kyalo (2025) เกี่ยวกับการพัฒนาและการประเมินโครงการทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของการฝึกอบรมเกษตรกรและการประยุกต์ใช้ความรู้ทางเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของ Maitho and Kyalo (2025) ในการประเมินผลกระทบของโครงการทางการเกษตรต่อความมั่นคงทางอาหารของครัวเรือน โดยเน้นการเพิ่มพูนความรู้และทักษะในการจัดการทรัพยากรและการผลิตเพื่อปรับปรุงมาตรฐานการผลิตทางการเกษตรในระยะสั้นและระยะยาว ในขณะเดียวกัน Rajala *et al*. (2021) มุ่งเน้นการใช้ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลง “Theory of Change” เพื่อเสริมสร้างกลไกในการตีความผลการวิจัยทางการเกษตรให้เข้าถึงระบบการผลิตของเกษตรกรรายย่อย ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมกับตลาดและเครือข่ายการขาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์ในการเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรและชุมชนในระยะยาว

ในประเด็นของการยกระดับองค์ความรู้ของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ได้รับความรู้ใหม่ที่สำคัญในมิติต่าง ๆ ดังนี้ 1) ความรู้ทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิธีการผลิตที่มีประสิทธิภาพและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ (เช่น การปรับปรุงเทคนิคการปลูกพืชและการจัดการสวนผลไม้) 2) ความรู้ด้านการจัดการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ 3) ความรู้ด้านการตลาดที่ช่วยให้เกษตรกรเข้าใจความเชื่อมโยงระหว่างเกษตรกรรมและการท่องเที่ยวเชิงอาหาร รวมถึงการค้นหาช่องทางการตลาดใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ และ 4) ความรู้ด้านระบบที่ช่วยให้เกษตรกรเข้าใจบทบาทของตนในห่วงโซ่คุณค่าและการทำงานร่วมกับผู้ผลิตรายอื่นภายในระบบ แม้ว่าเกษตรกรจะตระหนักถึงความรู้ใหม่ที่ได้รับจากโครงการนี้ แต่ก็ยังมีความแตกต่างในกระบวนการนำความรู้ไปใช้ในทางปฏิบัติ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การตระหนักรู้ เกษตรกรได้รับข้อมูลหรือความรู้ใหม่ผ่านการฝึกอบรมและกิจกรรมต่าง ๆ 2) การยอมรับ เกษตรกรเริ่มเข้าใจและเห็นคุณค่าความสำคัญของความรู้ที่ได้รับ และ 3) การประยุกต์ใช้ เกี่ยวข้องกับการปรับความรู้ให้เข้ากับการปฏิบัติทางการเกษตรในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ โครงการนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างศักยภาพให้เกษตรกรรายย่อยโดยการส่งเสริมการเรียนรู้ภาคปฏิบัติและพัฒนาความรู้ผ่านประสบการณ์จริงในบริบทท้องถิ่นเฉพาะ ช่วยให้เกษตรกรสามารถปรับตัวและระบุโอกาสใหม่ๆ ในภาคเกษตรกรรม การเชื่อมโยงเกษตรกรรมกับการท่องเที่ยวเชิงอาหารเป็นโอกาสหนึ่งที่เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์ได้ผ่านความรู้เชิงระบบและเชิงตลาดที่ได้รับจากโครงการ เกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ว่าโครงการช่วยเพิ่มองค์ความรู้ด้านการผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และการเชื่อมโยงการเกษตรกับการท่องเที่ยวเชิงอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยต่างประเทศที่ชี้ว่า การถ่ายทอดองค์ความรู้เป็นกลไกสำคัญในการยกระดับศักยภาพของเกษตรกรรายย่อยในระบบห่วงโซ่อาหาร (FAO, 2018) โดยเฉพาะในบริบทที่เกษตรกรต้องเผชิญกับความไม่แน่นอนจากสภาพภูมิอากาศและตลาดโลก ทั้งนี้ งานวิจัยของ Richards (2015) ระบุว่าโครงการท่องเที่ยวเชิงอาหารที่ประสบความสำเร็จมักเริ่มจากการสร้าง “ความเข้าใจเชิงระบบ” ให้กับผู้ผลิตเกี่ยวกับบทบาทของตนในห่วงโซ่คุณค่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่เกษตรกรเริ่มตระหนักถึงความเชื่อมโยงระหว่างคุณภาพวัตถุดิบ มาตรฐานการผลิต และการสร้างประสบการณ์ด้านอาหารให้กับนักท่องเที่ยว และในบริบทประเทศไทย ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานของ Tinnarat *et al*. (2023) และ Maneerat and Jaroenwisan (2022) ที่พบว่า เกษตรกรยังขาดความรู้ด้านการจัดการห่วงโซ่อุปทานและการตลาด และการถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านโครงการเชิงพื้นที่ช่วยเพิ่มศักยภาพในการปรับตัวและการมองเห็นโอกาสใหม่ ๆ ในตลาดได้อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยเหตุนี้ การยกระดับความรู้ของเกษตรกรจึงไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความเข้าใจของเกษตรกรเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการพัฒนาและการประยุกต์ใช้ความรู้นั้นเพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและวิธีการทำเกษตรอย่างเป็นระบบ นำไปสู่ผลลัพธ์ที่ยั่งยืนในระยะยาว

ในประเด็นของการยกระดับมาตรฐานการผลิต พบว่า โครงการนี้สะท้อนให้เห็นทั้งความสำเร็จและข้อจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการยกระดับมาตรฐานการผลิต เกษตรกรเกือบครึ่งหนึ่งได้รับการรับรอง GAP หลังจากเข้าร่วมโครงการ ซึ่งเป็นหลักฐานที่จับต้องได้และเป็นรูปธรรมของผลลัพธ์เชิงบวก ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยจำนวนมากที่ชี้ว่า การส่งเสริมมาตรฐานการผลิตและความปลอดภัยอาหารเป็นหัวใจสำคัญของการเพิ่มมูลค่าในห่วงโซ่อาหาร (OECD, 2020) อย่างไรก็ตาม การที่ยังมีเกษตรกรจำนวนหนึ่งไม่สามารถเข้าถึงการรับรองมาตรฐาน GAP สะท้อนข้อจำกัดเชิงโครงสร้างที่มีอยู่ เช่น ความพร้อมของทรัพยากร ขนาดแปลง การติดตามผลที่ไม่เพียงพอจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หรือข้อจำกัดด้านเอกสารและต้นทุนในการปรับระบบการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรที่มีแปลงขนาดเล็กหรือผู้ที่ขาดการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งขัดขวาง

ความสามารถในการปรับวิธีการผลิตให้เข้ากับมาตรฐาน GAP อย่างเต็มที่ การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงมาตรฐาน GAP จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำความเข้าใจประเภทของการสนับสนุนที่มีให้แก่เกษตรกรที่สามารถเข้าถึงมาตรฐานได้ (เช่น เงินทุน ความรู้ หรือการสนับสนุนจากหน่วยงาน) ในขณะที่ผู้ที่ขาดการเข้าถึงอาจเผชิญกับข้อจำกัดเหล่านี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Supapunt *et al*. (2021) ที่พบว่า การยอมรับมาตรฐาน GAP ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านเงินทุน ความรู้ การสนับสนุนจากหน่วยงาน และทัศนคติของเกษตรกร ขณะที่งานวิจัยของ Somarsa *et al*. (2025) ชี้ว่าแม้เกษตรกรจะมีทัศนคติที่ดีต่อเกษตรอัจฉริยะและมาตรฐานการผลิต แต่การนำไปใช้จริงต้องอาศัยกลไกสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง

ในมิติโอกาสทางการตลาดและการเชื่อมโยงการท่องเที่ยวเชิงอาหาร พบว่าแม้เกษตรกรส่วนใหญ่เห็นว่าผลลัพธ์มีความสอดคล้องกับความคาดหวัง แต่การเปลี่ยนแปลงเชิงพฤติกรรม เช่น การใช้ช่องทางออนไลน์หรือการเข้าร่วมเครือข่ายทางการตลาด ยังเกิดขึ้นในวงจำกัด ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Everett and Slocum (2013) และ Bessière (2013) ที่ระบุว่าการเชื่อมโยงการเกษตรกับการท่องเที่ยวเชิงอาหารต้องอาศัยเวลา การสร้างเครือข่าย และความร่วมมือของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในหลายระดับ นอกจากนั้น งานวิจัยของ Nadee (2018) และ Sriyothin *et al*. (2024) ยังพบว่าการขาดการบริหารจัดการและความร่วมมือในชุมชนเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงเกษตรอย่างยั่งยืน

ในมิติของผลลัพธ์ด้านรายได้และการรับรู้ความคุ้มค่า พบว่าแม้ว่าการเพิ่มรายได้จากการท่องเที่ยวเชิงเกษตรโดยตรงจะยังเกิดขึ้นกับเกษตรกรเพียงส่วนน้อย แต่เกษตรกรส่วนใหญ่กลับประเมินว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการเข้าร่วม ผลลัพธ์นี้สะท้อนแนวคิดการพัฒนาแบบค่อยเป็นค่อยไป (gradual transformation) ซึ่งงานวิจัยของ Richards (2015) ระบุว่า โครงการท่องเที่ยวเชิงอาหารมักสร้างคุณค่าทางสังคมและองค์ความรู้ ก่อนการเกิดผลตอบแทนทางรายได้อย่างเป็นรูปธรรม รวมถึงงานวิจัยของ Maneerat and Jaroenwisan (2022) และ Tinnarat *et al*. (2023) ซึ่งชี้ว่า เกษตรกรให้คุณค่ากับโอกาสในการเรียนรู้และการเชื่อมโยงเครือข่าย แม้ผลตอบแทนทางการเงินจะยังไม่เกิดขึ้นทันที นอกจากนี้คุณค่าของโครงการนี้ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงผลลัพธ์ทางการเงินเท่านั้น แต่ยังรวมถึงคุณค่าของเวลาและค่าใช้จ่ายที่เกษตรกรลงทุนในการเข้าร่วม เช่น การพัฒนาทักษะใหม่ การปรับระบบการผลิต และการเข้าถึงหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งช่วยสร้างความพร้อมและเปิดมุมมองใหม่ ๆ สำหรับการพัฒนาในอนาคต การพัฒนาในระยะยาวยังต้องการการเชื่อมต่อและความร่วมมืออย่างต่อเนื่องจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในหลายระดับ โดยรวมแล้วการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความสำเร็จของโครงการในการยกระดับมาตรฐานการผลิตและสร้างโอกาสทางการตลาด แต่ก็เน้นย้ำถึงข้อจำกัดที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติมในด้านต่าง ๆ เช่น การสนับสนุนทรัพยากร ความร่วมมือกับชุมชน การพัฒนาทักษะดิจิทัล และการสร้างเครือข่ายการตลาดที่แข็งแกร่ง เพื่อให้มั่นใจว่าเกษตรกรสามารถปรับตัวและเข้าถึงโอกาสใหม่ ๆ ได้อย่างยั่งยืนในอนาคต

โดยสรุป ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า โครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ด้านการยกระดับองค์ความรู้และมาตรฐานการผลิตของเกษตรกรได้อย่างชัดเจน ขณะที่ผลลัพธ์ด้านโอกาสทางการตลาดและรายได้ยังอยู่ในระยะเริ่มต้น การวิจารณ์ผลการวิจัยนี้จึงตอกย้ำว่า การประเมินผลโครงการท่องเที่ยวเชิงอาหารควรพิจารณาลำดับของผลลัพธ์จากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ และไม่ควรคาดหวังผลตอบแทนทางรายได้ในระยะสั้นเพียงอย่างเดียว ผลการศึกษานี้มีส่วนช่วยเติมเต็มองค์ความรู้เชิงประจักษ์เกี่ยวกับบทบาทของ Gastronomy Tourism ในการพัฒนาศักยภาพเกษตรกรระดับจุลภาค และสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการออกแบบและต่อยอดโครงการพัฒนาเชิงพื้นที่ในอนาคตอย่างเหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลลัพธ์ของโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi ต่อการยกระดับองค์ความรู้ มาตรฐานการผลิต และโอกาสทางการตลาดของเกษตรกร โดยอาศัยข้อมูลจากเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการจำนวน 200 ราย ผลการศึกษาสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ 3 ประเด็น ดังนี้ 1) โครงการมีบทบาทสำคัญในการยกระดับองค์ความรู้ของเกษตรกร โดยเกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ว่ากิจกรรมของโครงการช่วยเพิ่มความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และแนวคิดการเชื่อมโยงการเกษตรกับการท่องเที่ยวเชิงอาหาร องค์ความรู้ดังกล่าวเป็นพื้นฐานสำคัญที่เอื้อต่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดที่ให้ความสำคัญกับคุณภาพและมาตรฐาน 2) มิติด้านมาตรฐานการผลิต เกษตรกรเกือบครึ่งหนึ่งได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ภายหลังการเข้าร่วมโครงการ และเกษตรกรส่วนใหญ่เห็นว่าผลลัพธ์ของโครงการสอดคล้องกับความคาดหวังในด้านมาตรฐานการผลิตและการเพาะปลูก ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนว่า โครงการสามารถช่วยผลักดันให้เกษตรกรนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการยกระดับกระบวนการผลิตได้จริง อย่างไรก็ตาม ยังมีเกษตรกรบางส่วนที่ยังไม่สามารถเข้าถึงการรับรองมาตรฐานได้ ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านทรัพยากรและกระบวนการที่จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติม และ 3) มิติด้านโอกาสทางการตลาด การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นยังอยู่ในระดับปานกลาง แม้เกษตรกรบางส่วนเริ่มใช้ช่องทางการตลาดออนไลน์ เข้าร่วมเครือข่ายเกษตรกร หรือได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง แต่การนำองค์ความรู้ไปสู่ผลลัพธ์เชิงการตลาดอย่างเป็นรูปธรรมยังไม่เกิดขึ้นอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ การสร้างรายได้จากกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงอาหารโดยตรงยังเกิดขึ้นในวงจำกัด สะท้อนว่า การเชื่อมโยงการเกษตรกับการท่องเที่ยวต้องอาศัยระยะเวลา และกลไกสนับสนุนเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดผลเชิงเศรษฐกิจอย่างชัดเจน

แม้ว่าผลการศึกษานี้จะสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของโครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi ในการยกระดับองค์ความรู้ มาตรฐานการผลิต และโอกาสทางการตลาดของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การวิจัยยังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาในการตีความผลการศึกษา ได้แก่ 1) การวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลภายหลังการเข้าร่วมโครงการเป็นหลัก และไม่ได้มีการเก็บข้อมูลเชิงเปรียบเทียบก่อนและหลังการเข้าร่วมโครงการ (pre–post comparison) ในเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ไม่สามารถระบุขนาดของการเปลี่ยนแปลง (magnitude of change) ที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรในแต่ละมิติได้อย่างชัดเจน รวมถึงไม่สามารถแยกแยะผลของโครงการออกจากปัจจัยภายนอกอื่น ๆ เช่น ประสบการณ์เดิมของเกษตรกร สภาพตลาดสินค้าเกษตร หรือการสนับสนุนจากหน่วยงานอื่นในช่วงเวลาเดียวกันได้อย่างสมบูรณ์ 2) การประเมินผลลัพธ์ในงานวิจัยนี้อาศัยการรับรู้และการประเมินตนเองของเกษตรกรเป็นหลัก ซึ่งแม้จะสะท้อนมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยตรง แต่ยังอาจมีข้อจำกัดด้านอคติจากการรับรู้ (perception bias) และความทรงจำย้อนหลัง (recall bias) โดยเฉพาะในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านรายได้และโอกาสทางการตลาด และ 3) การออกแบบการวิจัยในลักษณะการประเมินผลโครงการภายหลังการดำเนินงาน (post-project evaluation) ทำให้ผลการศึกษามุ่งเน้นการอธิบายผลลัพธ์เชิงพรรณนาและความสอดคล้องกับความคาดหวังของเกษตรกรมากกว่าการทดสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุโดยตรง ดังนั้น ผลการศึกษาควรถูกตีความในฐานะหลักฐานเชิงประจักษ์ระดับต้น (initial empirical evidence) ที่สะท้อนทิศทางและศักยภาพของโครงการ มากกว่าการยืนยันผลกระทบเชิงสาเหตุ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย (policy implications)

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า หน่วยงานภาครัฐและผู้กำหนดนโยบายควรให้ความสำคัญกับการต่อยอดโครงการท่องเที่ยวเชิงอาหารในลักษณะ “ระยะยาวและต่อเนื่อง” มากกว่าการดำเนินโครงการแบบครั้งคราว โดยเฉพาะการออกแบบมาตรการสนับสนุนที่ช่วยลดข้อจำกัดในการเข้าถึงมาตรฐานการผลิต เช่น การสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการรับรองมาตรฐาน การให้คำปรึกษาเชิงลึก และการเชื่อมโยงเกษตรกรกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ ควรมีนโยบายที่ส่งเสริมการสร้างเครือข่ายระหว่างเกษตรกร ผู้ประกอบการด้านอาหาร และภาคการท่องเที่ยวในระดับพื้นที่ เพื่อให้การยกระดับองค์ความรู้สามารถแปรเปลี่ยนเป็นโอกาสทางเศรษฐกิจได้จริงในระยะยาว

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ (practical implications)

ในเชิงปฏิบัติ หน่วยงานที่รับผิดชอบโครงการควรออกแบบกิจกรรมที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถนำองค์ความรู้ด้านการตลาด และการสื่อสารคุณค่าไปใช้ได้จริงมากขึ้น เช่น การฝึกปฏิบัติด้านการตลาดดิจิทัล การพัฒนาเนื้อหาสื่อออนไลน์ และการจับคู่ธุรกิจ (business matching) กับผู้ประกอบการในภาคการท่องเที่ยว นอกจากนี้ ควรมีระบบติดตามผลหลังการฝึกอบรมและการเข้าร่วมกิจกรรม เพื่อสนับสนุนให้เกษตรกรสามารถปรับใช้ความรู้ได้อย่างต่อเนื่อง และลดช่องว่างระหว่างการยกระดับองค์ความรู้กับการสร้างรายได้เชิงพาณิชย์อย่างเป็นรูปธรรม

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ภายใต้โครงการ Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi หรือโครงการส่งเสริมการสร้างรายได้จากการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์และวัฒนธรรม ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์เพื่อสนับสนุนด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน

เอกสารอ้างอิง

Bessière, J. 2013. “Heritagisation”, a challenge for tourism promotion and regional development: an example of food heritage. **Journal of Heritage Tourism** 8(4): 275–291. https://doi.org/10.1080/1743873X.2013.770861.

Everett, S. and S.L. Slocum. 2013. Food and tourism: an effective partnership? A UK-based review. **Journal of Sustainable Tourism** 21(6): 789–809. https://doi.org/10.1080/09669582.2012.741601.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. **The future of food and agriculture: alternative pathways to 2050.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from https://www.fao.org

Maitho, T. and D.N. Kyalo. 2025. Monitoring and evaluation of agricultural-based project outcomes on household food security in Murang'a county, Kenya. **International Journal of Professional Business Review** 10(2): 1–23.

Maneerat, P. and K. Jaroenwisan. 2022. Value chain model for value addition of local ingredients to gastronomy tourism's activities in Phuket province. **Journal of Multidisciplinary in Humanities and Social Sciences** 5(3): 813–825. [in Thai]

Nadee, P. 2018. Agro-tourism development towards sustainable tourism. **EAU Heritage Journal Social Science and Humanity** 8(2): 113–124. [in Thai]

Organisation for Economic Co-operation and Development. 2018. **Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2018.** Paris: OECD Publishing. 204 p.

Organisation for Economic Co-operation and Development. 2020. **Food Supply Chains and COVID-19: Impacts and Policy Lessons.** Paris: OECD Publishing. 48 p.

Porter, M.E. 1985. **Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance.** New York: Free Press. 557 p.

Rajala, E., I. Vogel, A. Sundin, D. Kongmanila, M.G. Nassuna-Musoke, R. Musundire, M. Muipatayi, N. Marianne, K.L. Chiwona, M. Ulf and S. Boqvist. 2021. How can agricultural research translation projects targeting smallholder production systems be strengthened by using theory of change? **Global Food Security** 28: 100475.

Richards, G. 2015. Evolving gastronomic experiences: from food to foodscapes. **Journal of Gastronomy and Tourism** 1: 5–18. https://doi.org/10.3727/216929715X14298190828796.

Somarsa, W., P. Sriboonruang and P. Tongdeelert. 2025. Adoption of precision agriculture systems smart farm (handy sense) of Nam Dok Mai mango farmers, Bang Phli district, Samut Prakan province. **King Mongkut's Agricultural Journal** 43(3): 410–417. [in Thai]

Sriyothin, S., Y. Leelakitpaisarn, P. Wichasin, J. Huanchom, A. Sriprasertsuk, T. Srinathiyawasin and B. Sriyothin. 2024. Agrotourism: driving tourism and hospitality industry through learning resources in the community to increase sustainable income. **Punyapiwat Journal** 16(3): 313–333. [in Thai]

Supapunt, P., P. Intanu and K. Chaikampun. 2021. Factor affecting adoption for vegetables with good agricultural practices standard in the upper north of Thailand. **Journal of Agricultural Research and Extension** 38(3): 152–170. [in Thai]

Tinnarat, G., N. Wongwichit, P. Phuworakit, P. Anderson and N. Lakkham. 2023. The study of guideline for value creation in supply chain of Khao Wong sticky rice farmers in Kalasin province. **Journal of Accountancy and Management** 15(4): 35–55. [in Thai]

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 242-265

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดการผลผลิตยางพาราตามหลักสภาพิทักษ์ป่า (FSC) ของสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา

Factors Affecting on Rubber Production and Marketing Management-According to the Forest Stewardship Council (FSC) Case Study: Khlong Chang Rubber Fund Cooperative Limited Khuan Niang District, Songkhla Province

.

ไพร สุดจิตร์[1] มิลินภัทท์ บุญคงมา[2,*] บัญชา สมบูรณ์สุข[3] ไชยยะ คงมณี[4] และระวี เจียรวิภา[3]

Prai Sudjit[1], Milinpat Boonkongma[2,*], Buncha Somboonsuke[3], Chaiya Kongmanee[4] and Rawee Chiarawipa[3]

[1]ฝ่ายส่งเสริมและพัฒนาการผลิต การยางแห่งประเทศไทย นนทบุรี 10700

[2]สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

[3]สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90110

[4]สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90110

[1]Production Promotion and Development Division, Rubber Authority of Thailand, Nonthaburi, Thailand, 10700

[2]School of Agriculture and Cooperative, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, Thailand, 11120

[3]Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla, Thailand 90110

[4]Agricultural Economics Division, Faculty of Economics, Prince of Songkla University, Songkla, Thailand 90110

*Corresponding author: milinpat.boo@stou.ac.th

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0009-5945-3980

Abstract

The research objectives were to explore the economic, social, and production management characteristics of cooperative members, identify problems and operational constraints in FSC rubber marketing, analyze factors associated with marketing success, and synthesize appropriate marketing models for FSC-certified rubber products. The study employed both quantitative and qualitative methods. Quantitative data were collected through structured interviews with 290 cooperative members, while qualitative information was obtained from group discussions and in-depth interviews with 10 key informants. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics, including percentages, means, and standard deviations, together with Pearson's correlation and multiple regression analysis. Qualitative data were examined through data organization and thematic synthesis. The findings was showed that the average annual income of cooperative members was 201,680.25 Baht, with an average rubber plantation area of 20.16 rai per household. Most farmers cultivated the RRIM 600 rubber clone (86.00%), and the average yield was 277.72 kilograms per rai per year. In terms of operational challenges, the overall level of problems and constraints in FSC rubber marketing was

relatively high (mean=3.67), while the overall level of success in marketing management was also rated at a high level (mean=3.52). Four marketing patterns for FSC rubber products were identified: 1) trading through the central rubber market, 2) direct sales from farmer organizations to buyers, 3) contract-based sales between farmer organizations and companies, and 4) sales involving private sector investment. Statistical analysis indicated that the absence of rubber plantation management standards, the diversity of buyers in the market, and inconsistent product quality were significantly associated with the success of FSC rubber marketing management at the 0.01 level. In addition, uncertainty in the FSC fresh latex market and the lack of established plantation management standards were found to be key factors influencing marketing success. The study suggested that farmer understanding of FSC rubber plantation management should be improved and fair and transparent market mechanisms should be developed.

Keywords: Forest Stewardship Council (FSC), rubber market development guidelines, rubber market management success, rubber product marketing models

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเศรษฐกิจสังคม และการจัดการผลิตของสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด ศึกษาปัญหาและข้อจำกัดการดำเนินงาน และปัจจัยความสำเร็จในการดำเนินงานตลาดผลผลิตยาง FSC วิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์และมีผลต่อความสำเร็จในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC และสังเคราะห์รูปแบบตลาดผลผลิตยาง FSC ทำการศึกษาทั้งวิธีเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เชิงปริมาณโดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เก็บข้อมูลจากสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด จำนวน 290 คน และการศึกษาเชิงคุณภาพโดยการเสวนาและการเสวนาเชิงลึก ด้วยแบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง จากผู้ให้ข้อมูลหลัก (key informants) จำนวน 10 คน วิเคราะห์ผลการศึกษาเชิงปริมาณด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation statistics) และสถิติถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การรวบรวม เรียบเรียง และการสังเคราะห์ข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรชาวสวนยางที่เป็นสมาชิกสหกรณ์ฯ มีรายได้เฉลี่ย 201,680.25 บาทต่อปี พื้นที่สวนยางพาราถือครองเฉลี่ย 20.16 ไร่ต่อครัวเรือน ในด้านการผลิตเกษตรกรยังคงปลูกสร้างสวนยางพาราพันธุ์ RRIM600 เฉลี่ยร้อยละ 86.00 และมีผลผลิตเฉลี่ย 277.72 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สำหรับปัญหาและข้อจำกัด ภาพรวมค่าเฉลี่ยปัญหาและข้อจำกัดการดำเนินงานตลาดผลผลิตยาง FSC ของสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด เท่ากับ 3.67 (เกณฑ์มาก) ส่วนภาพรวมค่าเฉลี่ยความสำเร็จในการจัดการตลาดสวนยางพารา FSC ของสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด เท่ากับ 3.52 (เกณฑ์มาก) นอกจากนี้ พบว่ารูปแบบตลาดผลผลิตยาง FSC ที่พบอยู่ในปัจจุบันมี 4 แบบ คือ 1) การซื้อขายผ่านสำนักตลาดกลางยางพารา 2) การซื้อขายโดยสถาบันเกษตรกรขายโดยตรงให้กับผู้ซื้อ 3) การซื้อขายโดยสถาบันเกษตรกรขายให้กับบริษัทตามเงื่อนไขสัญญาหรือข้อตกลง (contract farm or MOU commit) และ 4) การซื้อขายโดยสถาบันเกษตรกรขายให้กับบริษัทโดยมีเอกชนมาลงทุน สำหรับปัจจัยปัญหาและข้อจำกัด พบว่าประเด็นที่สหกรณ์ฯ ยังไม่มีมาตรฐานการจัดการสวนยางใด ๆ เลย

ที่ผ่านมา ประกอบกับประเด็นการตลาดที่ผู้ซื้อมีความหลากหลาย และคุณภาพผลผลิตยางของสหกรณ์ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานเท่าที่ควร มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการจัดการตลาดสวนยาง FSC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และพบว่าปัจจัยตลาดรับซื้อน้ำยางสด FSC ที่ไม่แน่นอน และปัจจัยที่สหกรณ์ฯ ยังไม่มีมาตรฐานการจัดการสวนยางใด ๆ เลยที่ผ่านมาเป็นปัจจัยสองตัวที่มีอิทธิพลต่อการทำนายความสำเร็จในการจัดการตลาดสวนยาง FSC ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาระบบตลาดสวนยางยั่งยืนตามสภาพิทักษ์ป่า (FSC) ที่สำคัญ คือ ควรให้ความรู้ในหลักการจัดการสวนยาง FSC และสร้างตลาดผลผลิตยาง FSC ที่ให้ความเป็นธรรมกับสหกรณ์ฯ

คำสำคัญ: สภาพิทักษ์ป่า(FSC) แนวทางการพัฒนาตลาดยางพารา ความสำเร็จการจัดการตลาดยางพารา รูปแบบตลาดผลผลิตยางพารา

บทนำ

การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนตามสภาพิทักษ์ป่า (FSC) นับเป็นมาตรฐานที่สนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนของสหประชาชาติ ปี ค.ศ. 2030 (Sustainable Development Goals, SDGs) และสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาประเทศตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี รวมทั้งมีศักยภาพรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก สำหรับยางพารา สามารถขอการรับรองป่าไม้ (forest certification) ได้ทั้งการรับรองการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน (Forest Management Certification, SFM) และการรับรองกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้และการค้า (Chain of Custody Certification, CoC) (Amarasekera, *et al*., 2006) ในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีสวนยางพาราที่ได้รับมาตรฐานสากล เช่น มาตรฐาน FSC สำหรับน้ำยางสด เกือบ 1.0 แสนไร่ (5 ใบรับรอง) และไม้ยางพารา 2.5 แสนไร่ (11 ใบรับรอง) (WWF, 2020) การขยายตัวของพื้นที่สวนยาง FSC ยังคงมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลจากแรงกดดันจากปัจจัยความต้องการสินค้าจากสวนยาง FSC ของผู้ใช้ในตลาดโลก ข้อกำหนดและระเบียบการค้าสากล กระแสการพัฒนาอย่างยั่งยืน และการสนับสนุนจากนโยบายรัฐ ซึ่งมาตรฐาน FSC จะช่วยเพิ่มศักยภาพทางการตลาด การขยายตลาด สร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาดเพื่อให้มีรายได้เพิ่มขึ้น สร้างภาพลักษณ์ทางการตลาดที่ดี และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก ทั้งยังเป็นการรับมือกับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้วยเหตุผลข้างต้นบริษัทข้ามชาติในตลาดส่วนใหญ่จึงให้ความสำคัญกับการจัดการวัตถุดิบยางและไม้ยางพาราที่มีมาตรฐานความยั่งยืน FSC (Kongmanee *et al.,* 2020; Kongmanee and Ahmed, 2020) อย่างไรก็ตาม ระบบตลาดยาง FSC ทั้งไม้ยางและน้ำยางสด ต้นทุนและผลตอบแทนที่เกษตรกรได้รับยังใหม่และไม่มีความชัดเจนในการเชื่อมโยงตลาดสู่ผู้ซื้อ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเร่งศึกษารูปแบบทางเลือกระบบตลาดยาง FSC เพื่อรองรับผลผลิตจากการขยายพื้นที่สวนยาง FSC และการศึกษาผลตอบแทนทางการเงินและต้นทุนก็เป็นเรื่องที่สำคัญในการตัดสินใจเข้าร่วมจัดการสวนยางยั่งยืนตามหลัก FSC ซึ่งพบว่าต้นทุนและผลตอบแทนในการจัดการสวนยาง FSC มีความแตกต่างกันตามเงื่อนไขสภาพการผลิตและระดับการพัฒนาของตลาดในแต่ละประเทศ (Somboonsuke *et al*., 2019) ซึ่งในภาพรวมการได้รับมาตรฐานรับรอง FSC ช่วยส่งเสริมผลตอบแทนทางการเงินเชิงบวกและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า สวนยางที่ได้รับใบรับรอง FSC ในประเทศไทยมีค่า NPV มากกว่าศูนย์ และค่า B/C มากกว่า 1.40 ในสวนยางทุกขนาด (Kongmanee *et al.,* 2020) ซึ่งในการดำเนินงานจัดการสวนยาง FSC มีหลักทั้ง 10 ประการ (Forest Stewardship Council, 2015; 2018; Fung, 2017) ได้แก่ หลักการที่ 1: ความสอดคล้องระหว่างกฎหมายกับหลักการต่าง ๆ ของ FSC หลักการที่ 2: สิทธิในการถือครองและการใช้

ประโยชน์และความรับผิดชอบ หลักการที่ 3: สิทธิของชนพื้นเมือง หลักการที่ 4: ความสัมพันธ์ต่าง ๆ กับชุมชนและสิทธิต่าง ๆ ของคนงาน หลักการที่ 5: ผลประโยชน์จากสวนป่า หลักการที่ 6: ผลกระทบสิ่งแวดล้อม หลักการที่ 7: แผนการจัดการ หลักการที่ 8: การตรวจตรากำกับดูแลและการศึกษาวิเคราะห์ หลักการที่ 9: การฟื้นฟูป่าไม้ที่มีคุณค่าสูงด้านการอนุรักษ์ และหลักการที่ 10: สวนป่าจะต้องจัดการและวางแผนพื้นที่สวนป่าให้สอดคล้องกับหลักการ และรายละเอียดที่ 1–9 จากหลักการ FSC ทั้ง 10 ประการ ดังกล่าวข้างต้น ทำให้การดำเนินงานของหน่วยงานที่รับผิดชอบในการจัดการสวนยาง FSC ของประเทศไทยที่ผ่านมามีข้อจำกัดและปัญหา (Somboonsuke *et al*., 2019) ได้แก่ ปัญหาแรงงานจัดการสวนยาง ปัญหาการใช้เทคโนโลยี และปัญหาการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และข้อจำกัดเรื่องทุนในการดำเนินการ โดยพบว่าในการดำเนินการสวนยาง FSC มีต้นทุนค่อนข้างสูง ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินการ (Soontornwong, 2019; Seideeva, 2018)

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเศรษฐกิจ สังคม และการจัดการการผลิตของสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด ศึกษาปัญหาและข้อจำกัดการดำเนินงาน และปัจจัยความสำเร็จในการดำเนินงานตลาดผลผลิตยาง FSC วิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์และมีผลต่อความสำเร็จในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC และสังเคราะห์รูปแบบตลาดผลผลิตยาง FSC ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ตัดสินใจเชิงนโยบายและการยางแห่งประเทศไทย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการและลดต้นทุนการดำเนินการตลาดผลผลิตยาง FSC ของเกษตรกรชาวสวนยางพาราของประเทศไทยในอนาคต

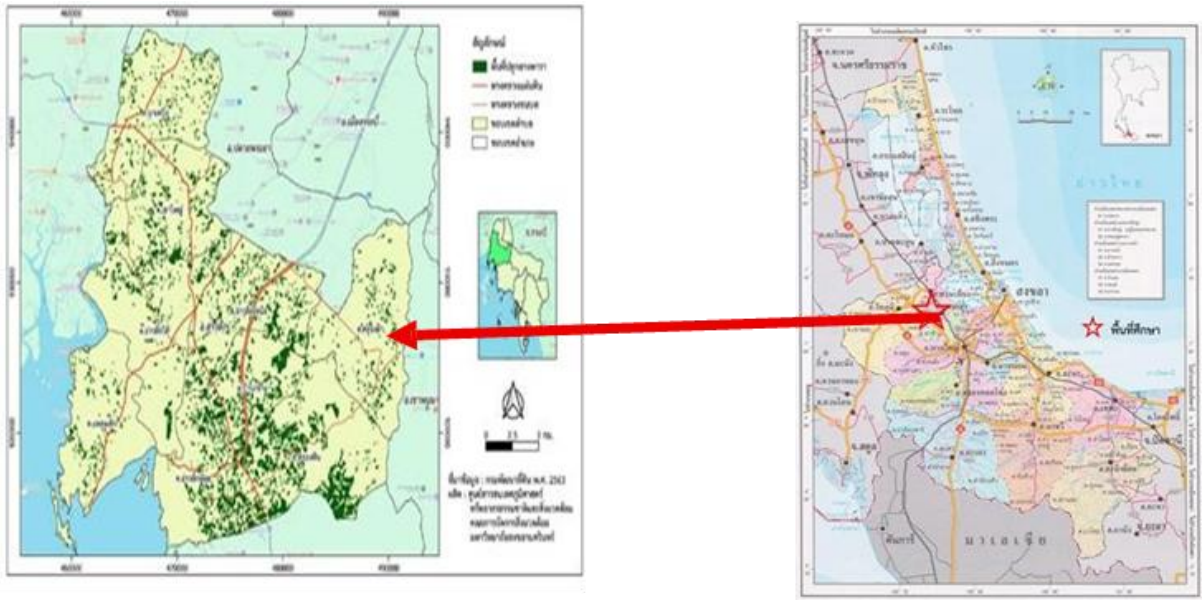


Figure 1 Location of Ban Khlong Chang Rubber Fund Cooperative Limited
Source: Kwawor (2004)

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาสถานที่ศึกษา ได้แก่ สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา เนื่องจากเป็นสหกรณ์ที่มีการจัดการสวนยาง FSC ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ สมาชิกของสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา จำนวน 290 ราย โดยไม่มีการสุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการจัดการสวนยาง FSC การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การวิจัยเชิงปริมาณ ดำเนินการสัมภาษณ์สมาชิกสหกรณ์ทั้ง 290 ราย ด้วยแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ และทดสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือก่อนนำไปใช้จริง โดยวิเคราะห์ผลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation statistics) และสถิติถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) ส่วนที่ 2 การวิจัยเชิงคุณภาพ ดำเนินการด้วยแบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างจากกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เจ้าหน้าที่การยางแห่งประเทศไทย ที่รับผิดชอบการดำเนินการจัดการสวนยาง FSC ของสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด จำนวน 2 ราย และประธานสหกรณ์ กรรมการสหกรณ์ ผู้ดำเนินการ และผู้รับซื้อ รวมทั้งสิ้น 8 ราย โดยเก็บข้อมูลด้วยการจัดเสวนากลุ่มย่อยร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการรวบรวม เรียบเรียง และสังเคราะห์ข้อมูล นอกจากนี้ ยังศึกษาข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับสถานการณ์ ปัญหา และข้อจำกัดในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC จากเอกสาร รายงาน รายงานวิจัย และบทความวิชาการที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา

ผลการวิจัยและวิจารณ์

เศรษฐกิจ สังคม และการจัดการผลิตสวนยางพาราของสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา

จาก Table 1 พบว่าเกษตรกรชาวสวนยางที่เป็นสมาชิกสหกรณ์ฯ มีรายได้เฉลี่ย 201,680.25 บาทต่อปี พื้นที่สวนยางพาราถือครองเฉลี่ย 20.16 ไร่ต่อครัวเรือน มีแรงงานในการจัดการสวนยางเฉลี่ย 2.12 คนต่อครัวเรือน สมาชิกสหกรณ์ฯ มีประสบการณ์ในการทำสวนยางเฉลี่ย 23.65 ปี มีประสบการณ์ในการเข้าเป็นสมาชิกสหกรณ์ฯ เฉลี่ย 15.11 ปี และมีประสบการณ์ในการเข้าร่วมโครงการจัดการสวนยางยั่งยืน FSC กับการยางแห่งประเทศไทยเฉลี่ย 5.20 ปี ในด้านการผลิตและการจัดการสวนยาง พบว่าส่วนใหญ่สมาชิกสหกรณ์ฯ ยังคงปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM600 เฉลี่ยร้อยละ 86.00 และพันธุ์ RRIT251 เฉลี่ยร้อยละ 14.00 มีพื้นที่ให้ผลผลิตยางเฉลี่ย 16.80 ไร่ มีระยะปลูก 3x7 เมตร เฉลี่ยร้อยละ 79.62 และระยะปลูก 3x8 เมตร เฉลี่ยร้อยละ 20.38 จำนวนต้นที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 73.51 ต้นต่อไร่ อายุต้นยางเฉลี่ย 24.56 ปี และมีผลผลิตเฉลี่ย 277.72 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

Table 1 Economic, social, and production management characteristics of Khlong Chang Rubber Fund Cooperative members

(n=290)

Title	Unit	Detail
Economic characteristics		
Annual income	Baht/year	201,680.25
Annual expenses	Baht/year	162,676.89
Average rubber plantation holding area	rai/household	20.16
Average labor in rubber plantation	people/household	2.12
Social characteristics		
Average age	year	53.56
Experience in rubber plantation occupation	year	23.65
Years of education	year	17.32
Cooperative membership duration	year	15.11
Duration of FSC project participation	year	5.20
Production management		
Rubber clone varieties	percentage	RRIM600 (86.00), RRIT251 (14.00)
Rubber productive area	rai	16.80
Planting spacing	percentage	3x7 m (79.62), 3x8 m (20.38)
Number of productive trees	tree /rai	73.51
Age of rubber tree	year	24.56
Average yield	**kg/rai/year**	**277.20**

n=290 (Khlong Chang Rubber Fund Cooperative members)

ปัญหา และข้อจำกัดการดำเนินงานตลาดผลผลิตยาง FSC

จาก Table 2 พบว่าภาพรวมค่าเฉลี่ยปัญหาและข้อจำกัดการดำเนินงานตลาดผลผลิตยาง FSC ของสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด เท่ากับ 3.67 (อยู่ในเกณฑ์มาก)

โดยพบว่า ประเด็นปัญหาและข้อจำกัดเกี่ยวกับการจัดการสวนยาง FSC ที่ต้องใช้เวลา (ในการเรียนรู้) และแรงงานค่อนข้างมาก (ในการจัดทำเอกสาร) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 4.82 (อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด) รองลงมาคือ ประเด็นการมีค่าใช้จ่ายในการต่ออายุใบรับรอง FSC ที่ค่อนข้างสูง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 (อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด) ประเด็นค่าใช้จ่ายในการจัดการสวนยาง FSC ค่อนข้างสูงและไม่คุ้มกับรายได้ที่คาดการณ์ไว้ทำให้ไม่เกิดแรงจูงใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 (อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด) และประเด็นปัญหาโรคใบร่วงชนิดใหม่กำลังระบาดส่งผลให้ผลผลิตยางลดลง ทำให้ปริมาณผลผลิตยาง FSC ไม่สม่ำเสมอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 (อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด) ตามลำดับ ในขณะที่ประเด็นการทำสวนยาง FSC ไม่ได้เริ่มจากความต้องการของเกษตรกรอย่างแท้จริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.98 (อยู่ในเกณฑ์น้อย) และประเด็น

การได้รับใบรับรอง FSC ล่าช้ากว่ากำหนด (ปี พ.ศ. 2567) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.40 (อยู่ในเกณฑ์น้อย) จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ในการดำเนินการตลาดสวนยาง FSC นั้นประสบปัญหาและมีข้อจำกัดค่อนข้างมากมาโดยตลอด ส่งผลให้การดำเนินงานจัดการสวนยาง FSC ของสหกรณ์ฯ ล่าช้าและไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

Table 2 The problems and constraints of FSC's marketing operations among Khlong Chang Rubber Fund Cooperative members

(n=290)

The problem and constraints	The problem and constraints level						
	Highest (%)	High (%)	Moderate (%)	Low (%)	Least (%)	Average (%)	Criteria
1. FSC rubber plantations did not start from the true needs of rubber farmers.	0.00	4.00	7.50	70.50	18.00	**1.98**	Low
2. FSC rubber plantation management requires considerable time for learning and substantial labor for documentation.	81.00	19.00	0.00	0.00	0.00	**4.82**	Highest
3. In the FSC market system, there are few buyers. The FSC market system operates as a voluntary monopoly based on mutual agreement between buyers and sellers.	65.50	32.50	0.00	2.00	0.00	**4.62**	Highest

Table 2 (Continued)

The problem and constraints	The problem and constraints level						
	Highest (%)	High (%)	Moderate (%)	Low (%)	Least (%)	Average (%)	Criteria
4. The price of FSC products that farmers and agricultural institutions receive is not high, close to the normal rubber product price.	73.00	17.00	7.50	2.50		**4.61**	Highest
5. The agreed premium price is mostly set by the buyer (at the factory); most FSC sales are long-term contracts of 6–12 months agreed between buyer and seller.	10.00	10.50	3.50	44.00	26.00	**2.48**	Low
6. The cost of renewing FSC certification is quite high.	74.60	25.40	0.00	0.00	0.00	**4.74**	Highest
7. The market for purchasing FSC fresh latex is more uncertain, less transparent, and more complex than for FSC cup lump rubber, with limitations in latex storage (shorter shelf life than cup lump) and longer transport distances between collection areas and factories.	70.50	27.50	0.00	2.00	0.00	**4.66**	Highest

Table 2 (Continued)

The problem and constraints	The problem and constraints level						
	Highest (%)	**High (%)**	**Moderate (%)**	**Low (%)**	**Least (%)**	**Average (%)**	**Criteria**
8. The market involves a variety of buyer interaction channels.	1.00	2.00	58.00	36.00	4.00	**2.60**	Low
9. Land title and ownership issues	0.00	2.00	56.00	38.00	4.00	**2.56**	Low
10. The cost of managing FSC rubber plantations is quite high and not worth the expected income, making it a non-motivating factor.	73.50	24.50	2.00	0.00	0.00	**4.72**	Highest
11. Most agreed premium prices are determined unilaterally by buyers (at the factory level).	70.00	26.00	2.00	2.00	0.00	**4.64**	Highest
12. Farmers and agricultural institutions have not yet adopted any rubber plantation management standards.	4.00	24.00	5.50	56.50	10.00	**2.56**	Low
13. Farmers and rubber farmer institutions lack sufficient readiness and knowledge for FSC rubber plantation management (as of 2024).	5.50	24.50	12.00	48.00	10.00	**2.68**	Moderate

Table 2 (Continued)

The problem and constraints	The problem and constraints level						
	Highest (%)	High (%)	Moderate (%)	Low (%)	Least (%)	Average (%)	Criteria
14. New leaf fall disease is spreading, causing decreased rubber production and inconsistent FSC rubber output	78.00	16.00	4.50	1.50	0.00	**4.70**	Highest
15. Inconsistency in rubber production volume	68.50	23.60	4.60	4.0	0.00	**4.56**	Highest
16. Delayed FSC certification renewal (2024)	2.00	0.00	45.50	40.50	12.00	**2.40**	Low
17. Diverse buyer characteristics in the marketing system	56.00	12.00	20.00	12.00	0.00	**4.12**	High
18. Rubber production quality remains below standard	0.00	2.00	81.00	39.00	0.00	**2.62**	Moderate
	Total Average					**3.67**	**High**

Criteria average 1.00-1.80 mean least problem and constraint, 1.81-2.60 mean low problem and constraint, 2.61-3.40 mean moderate problem and constraint, 3.41-4.20 mean high problem and constraint, and 4.20-5.00 mean highest problem and constraint

ปัจจัยความสำเร็จในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC

จาก Table 3 พบว่าภาพรวมค่าเฉลี่ยความสำเร็จในการจัดการตลาดผลผลิตยางพารา FSC ของสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด เท่ากับ 3.52 (อยู่ในเกณฑ์มาก) โดยความสำเร็จในประเด็นเกษตรกรมีการเตรียมความพร้อมพื้นฐานในการจัดการตลาด FSC มีค่าเฉลี่ย 4.78 (อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด) ความสำเร็จในประเด็นทำให้ร้อยละพื้นที่ถือครองที่ถูกต้องตามกฎหมายของเกษตรกรมีมากขึ้น สามารถเข้าร่วมการจัดการสวนยาง FSC ได้มากขึ้น มีค่าเฉลี่ย 4.72 (อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด) และความสำเร็จในประเด็นมีผู้ซื้อชัดเจนก่อนดำเนินการจัดการตลาด FSC มีค่าเฉลี่ย 4.58 (อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด) ในขณะที่ ความสำเร็จในประเด็นการมีตลาดรับซื้อผลผลิต FSC ที่ผ่านการรับรองที่ชัดเจนและแน่นอน มีค่าเฉลี่ย 1.54 (อยู่ในเกณฑ์น้อยที่สุด) และความสำเร็จในประเด็นราคารับซื้อผลผลิตที่ผ่านการรับรอง FSC เป็นที่น่าพอใจของสมาชิกเกษตรกรมีค่าเฉลี่ย 1.60 (อยู่ในเกณฑ์น้อยที่สุด)

Table 3 Achievement factors for FSC rubber plantation marketing management

(n=290)

Achievement factors	Achievement level						
	Highest (%)	High (%)	Moderate (%)	Low (%)	Least (%)	Average (%)	Criteria
1. The purchase price of FSC-certified products is satisfactory to cooperative members.	0.00	0.00	11.50	41.50	48.00	**1.60**	Least
2. There is a clearly defined price for FSC-certified products.	0.00	2.10	2.20	43.8	51.90	**1.54**	Least
3. Members meet the requirements for FSC certification.	10.0	52.0	22.0	16.0	0.00	**3.56**	High
4. There are consultants who clearly advise on FSC's marketing operations.	32.0	50.10	13.9	2.50	2.00	**4.10**	High
5. Received a supporting budget for FSC's marketing operations	60.50	21.50	15.60	2.40	0.00	**4.42**	Highest
6. Have a continuous follow-up system from RAOT officials	56.00	35.10	2.90	6.00	0.00	**4.41**	Highest
7. Higher percentage of members with legal land ownership	81.20	19.20	2.00	0.00	0.00	**4.72**	Highest
8. The knowledge and skills of the cooperative chairman on FSC's marketing system	56.00	14.50	17.50	10.00	2.00	**4.10**	High

Table 3 (Continued)

Achievement factors	Achievement level						
	Highest (%)	High (%)	Moderate (%)	Low (%)	Least (%)	Average (%)	Criteria
9. Continuity in purchasing FSC products throughout the 5-year certification period	6.00	2.00	9.50	32.50	50.00	**1.80**	Least
10. Appropriate FSC marketing policies from both government and private sectors	2.50	9.50	75.50	10.50	2.00	**3.00**	Moderate
11. The intention and enthusiasm for FSC's marketing operations	24.00	52.50	19.50	4.00	0.00	**3.98**	High
12. There is a clearly defined FSC market before starting FSC operations.	65.00	31.00	2.50	0.00	1.50	**4.58**	Highest
13. The preparation of rubber farmer groups for FSC operations	81.90	16.10	0.00	0.00	2.00	**4.78**	Highest
14. Optimized premium cost management for FSC operations	38.00	48.00	8.00	3.50	2.50	**4.16**	High
15. Examples of FSC trading and demonstrated benefits from FSC trading	72.00	20.00	4.00	4.00	0.00	**4.12**	High
16. The status of the FSC certificate	4.00	0.00	10.50	29.50	56.00	**1.66**	Least

Table 3 (Continued)

Achievement factors	Achievement level						
	Highest (%)	High (%)	Moderate (%)	Low (%)	Least (%)	Average (%)	Criteria
17. The strength of the farmer group and FSC's financial administration	56.60	17.60	16.00	10.00	0.00	**4.20**	High
18. Receiving an FSC premium price higher than the normal rubber price	8.00	10.50	3.50	26.00	52.00	**1.98**	Low
19. The level of farmer participation and operations based on FSC regulations	56.00	15.50	28.50	0.00	0.00	**4.28**	Highest
Total Average						**3.52**	**High**

Criteria average 1.00-1.80 mean least achievement factor, 1.81-2.60 mean low achievement factor, 2.61-3.40 mean moderate achievement factor, 3.41-4.20 mean high achievement factor, and 4.21-5.00 mean highest achievement factor

ปัจจัยปัญหาหรือข้อจำกัดในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC ที่มีความสัมพันธ์ และมีผลต่อความสำเร็จในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC

สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยปัญหาหรือข้อจำกัดในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC ที่มีความสัมพันธ์และมีผลต่อความสำเร็จในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC ดังนี้

ปัจจัยปัญหาหรือข้อจำกัดในการจัดการตลาดสวนยางตามหลัก FSC ที่มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการจัดการตลาดสวนยาง FSC

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) ระหว่างปัญหาหรือข้อจำกัดในการจัดการสวนยาง FSC และปัจจัยความสำเร็จในการจัดการสวนยางตามหลักสภาพิทักษ์ป่า (FSC) (Table 4) พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวก ได้แก่ โดยส่วนใหญ่เกษตรกรและสถาบันเกษตรกรยังไม่มีมาตรฐานการจัดการสวนใดเลยที่ผ่านมา (r=0.729**) ประเด็นปัญหาหรือข้อจำกัดลักษณะการตลาดที่มีผู้ซื้อที่มีความหลากหลายประเภท (r=0.671**) และคุณภาพผลผลิตยางของสถาบันเกษตรกรชาวสวนยางยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานเท่าที่ควร (r=0.628**) มีความสัมพันธ์กับปัจจัยความสำเร็จในการจัดการสวนยางตามหลักสภาพิทักษ์ป่า (FSC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และลักษณะการตลาดที่มีวิธีการติดต่อกับผู้ซื้อมีความหลากหลายวิธี (r=0.410*) มีความสัมพันธ์กับปัจจัยความสำเร็จในการจัดการสวนยางตามหลักสภาพิทักษ์ป่า (FSC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ชี้ให้เห็นว่าลักษณะตลาด FSC ที่มีความหลากหลายมาก มีความสามารถในการติดต่อกับผู้ซื้อได้หลายวิธี และยิ่งมีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการจัดการสวนยาง FSC มากเท่าไรจะมีผลทำให้การจัดการสวนยาง FSC ประสบความสำเร็จ ส่วนถ้าคุณภาพผลผลิตยาง FSC สูงส่งผลให้

การจัดการสวนยาง FSC ประสบความสำเร็จสูงตามไปด้วย เนื่องจากเกษตรกรจะได้ราคาสูงขึ้นและสามารถต่อรองกับผู้ซื้อได้มากขึ้น ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงลบที่สำคัญ ได้แก่ ราคาผลผลิตยาง FSC กำหนดโดยผู้ซื้อ (r=-0.505**) โรคใบร่วงชนิดใหม่ทำให้ผลผลิตยางลดลง (r=-0.373**) และในตลาดยาง FSC มีผู้ซื้อน้อยรายส่งผลให้เกิดการผูกขาดในการรับซื้อ (r=-0.368**) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในขณะที่การจัดการสวนยาง FSC ใช้ทั้งเวลาและแรงงานค่อนข้างมาก (r=-0.287*) และเกษตรกรชาวสวนยางได้รับใบรับรอง FSC (FSC certification) ล่าช้า ส่งผลให้ไม่สามารถขายผลผลิตยาง FSC ได้ (ปี ค.ศ. 2024) (r=-0.281*) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ชี้ให้เห็นว่าหากราคา FSC ถูกกำหนดโดยผู้ซื้อและเป็นการผูกขาดราคาทำให้ไม่เกิดแรงจูงใจสำหรับเกษตรกรในการดำเนินการจัดการสวนยาง FSC เกษตรกรจะถูกเอารัดเอาเปรียบจากผู้ซื้อประกอบกับปัจจุบันมีโรคใบร่วงระบาดมาก ส่งผลให้ผลผลิตยางลดลงและคุณภาพผลผลิตยางต่ำส่งผลให้เกิดข้ออ้างจากผู้ซื้อ ซึ่งถูกกดราคาจากผู้ซื้อได้ง่าย และในการจัดการสวนยาง FSC เกษตรกรต้องใช้ทั้งเวลาและแรงงานมากแต่ได้ผลตอบแทนไม่คุ้ม จึงไม่จูงใจให้เกษตรกรเข้าร่วมโครงการจัดการสวนยาง FSC และที่ผ่านมาใบรับรอง FSC (FSC Certification) ได้ล่าช้า ส่งผลให้การดำเนินงานการตลาดล่าช้า

Table 4 Pearson correlation coefficients (r) between problem and constraint factors in FSC rubber marketing management (X1–X18) and the achievement of FSC rubber marketing management (Y)

The problems and constraints issues	Pearson correlation coefficient (r)
1. FSC rubber plantations did not start based on the true needs of rubber farmers (X1)	0.243
2. FSC Rubber Plantation Management requires both considerable time and substantial labor (X2)	-0.287*
3. In the FSC market system, there are few buyers. The FSC market system operates as a voluntary monopoly based on mutual agreement between buyers and sellers (X3)	-0.368**
4. The price of FSC products that farmers and agricultural institutions receive is not high, close to the normal rubber product price (X4)	0.545**
5. The agreed premium price is mostly set by the buyer (at the factory); most FSC sales are long-term contracts of 6–12 months agreed between buyer and seller (X5)	-0.505**
6. The cost of renewing FSC certification is quite high (X6)	-0.059

Table 4 (Continued)

The problems and constraints issues	Pearson correlation coefficient (r)
7. The market for purchasing FSC fresh latex is more uncertain, less transparent, and more complex than for FSC cup lump rubber, with limitations in latex storage (shorter shelf life than cup lump) and longer transport distances between collection areas and factories (X7)	0.519**
8. The market involves a variety of buyer interaction channels (X8)	0.410*
9. Land title and ownership issues (X9)	0.457**
10. The cost of managing FSC rubber plantations is quite high and not worth the expected income, making it a non-motivating factor (X10)	-0.223
11. Most agreed premium prices are determined unilaterally by local merchants (X11)	-0.203
12. Farmers and agricultural institutions have not yet adopted any rubber plantation management standards (X12)	0.729**
13. Farmers and rubber farmer institutions lack sufficient readiness and knowledge for FSC rubber plantation management (as of 2024) (X13)	0.427**
14. New leaf fall disease is spreading, causing decreased rubber production and inconsistent FSC rubber output (X14)	-0.373**
15. Inconsistency in rubber production volume (X15)	0.360*
16. Delayed FSC certification renewal (X16)	-0.281*
17. Diverse buyer characteristics in the marketing system (X17)	0.671**
18. Rubber production quality remains below standard (X18)	0.628**

* Statistical significance at the 0.05 level; ** Statistical significance at the 0.01 level

ปัจจัยปัญหาหรือข้อจำกัดในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC ที่มีผลต่อปัจจัยความสำเร็จในการจัดการผลผลิตยาง FSC

ผลการศึกษาปัจจัยปัญหาหรือข้อจำกัดที่มีผลต่อความสำเร็จในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC (Table 4) พบว่าสามารถทำนายความสำเร็จในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC ได้ร้อยละ 67.80 (Adjusted R Square = 0.678, Std. Error of the Estimate = 0.14547, Durbin-Watson = 2.321) และเมื่อพิจารณาสมการมาตรฐานแล้ว พบว่าปัจจัยตลาดรับซื้อน้ำยางสด FSC ไม่แน่นอน (β = 0.178) และปัจจัยสหกรณ์ฯ ยังไม่มีมาตรฐานการจัดการสวนยางใด ๆ เลยที่ผ่านมา (β = 0.157) มีอิทธิพลต่อการทำนายความสำเร็จในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC

ซึ่งผลการศึกษาดังแสดงในสมการทำนาย และสมการมาตรฐาน

$$Y = 3.130 + 0.178X_7 + 0.157X_{12}$$

$$Z_Y = 0.659Z_{x12} + 0.405Z_{x7}$$

Adjusted R Square R^2 = 0.678; Std. Error of the Estimate = 0.14547; Durbin-Watson = 2.321

รูปแบบตลาดผลผลิตยาง FSC

การศึกษาเชิงคุณภาพด้วยวิธีการสังเคราะห์รูปแบบตลาดผลผลิตยาง FSC จากการเสวนากลุ่มย่อยและการสัมภาษณ์เชิงลึก พบว่าสามารถแบ่งรูปแบบตลาดผลผลิตยาง FSC โดยอาศัยเกณฑ์ ช่องทางการตลาด ราคาที่กำหนด และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการดำเนินงานตลาดได้ 4 รูปแบบ (Figure 1–4) ได้แก่ 1) รูปแบบที่ 1: การซื้อขายผ่านสำนักตลาดกลางยางพารา 2) รูปแบบที่ 2: การซื้อขายโดยสถาบันเกษตรกรขายโดยตรงให้กับผู้ซื้อ 3) รูปแบบที่ 3: การซื้อขายโดยสถาบันเกษตรกรขายให้กับบริษัทตามเงื่อนไขสัญญาหรือข้อตกลง และ 4) รูปแบบที่ 4: การซื้อขายโดยสถาบันเกษตรกรขายให้กับบริษัทโดยมีเอกชนมาลงทุน



Figure 1 The model of the FSC rubber product market: Model 1
source: in-depth discussion

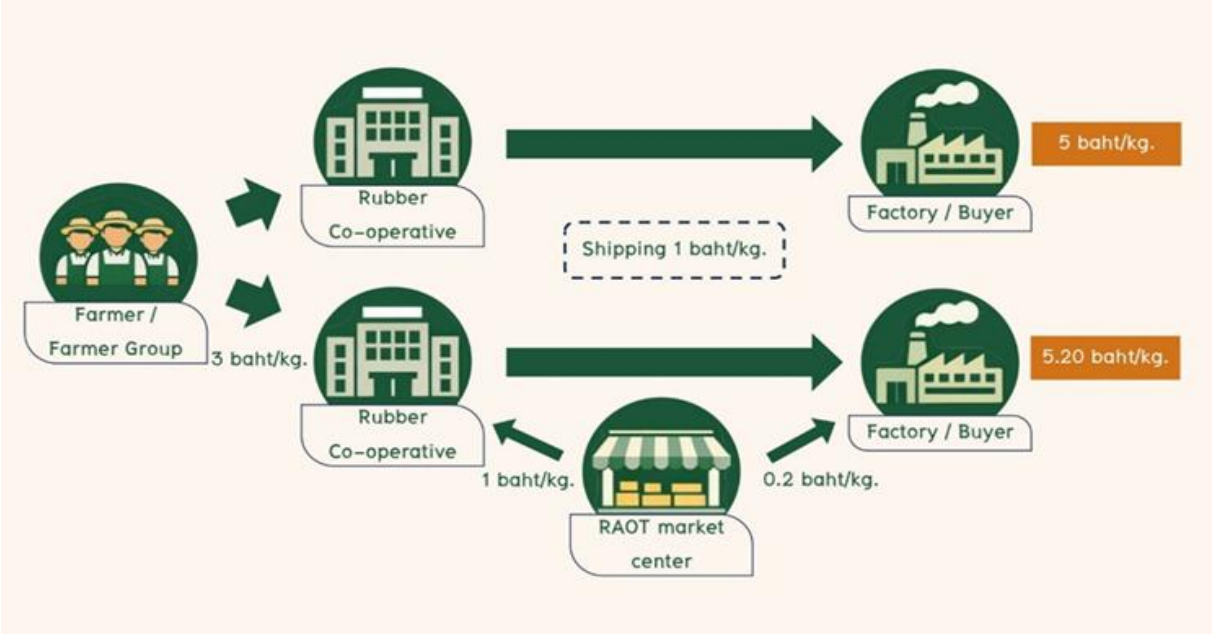


Figure 2 The model of the FSC rubber product market: Model 2
source: in-depth discussion

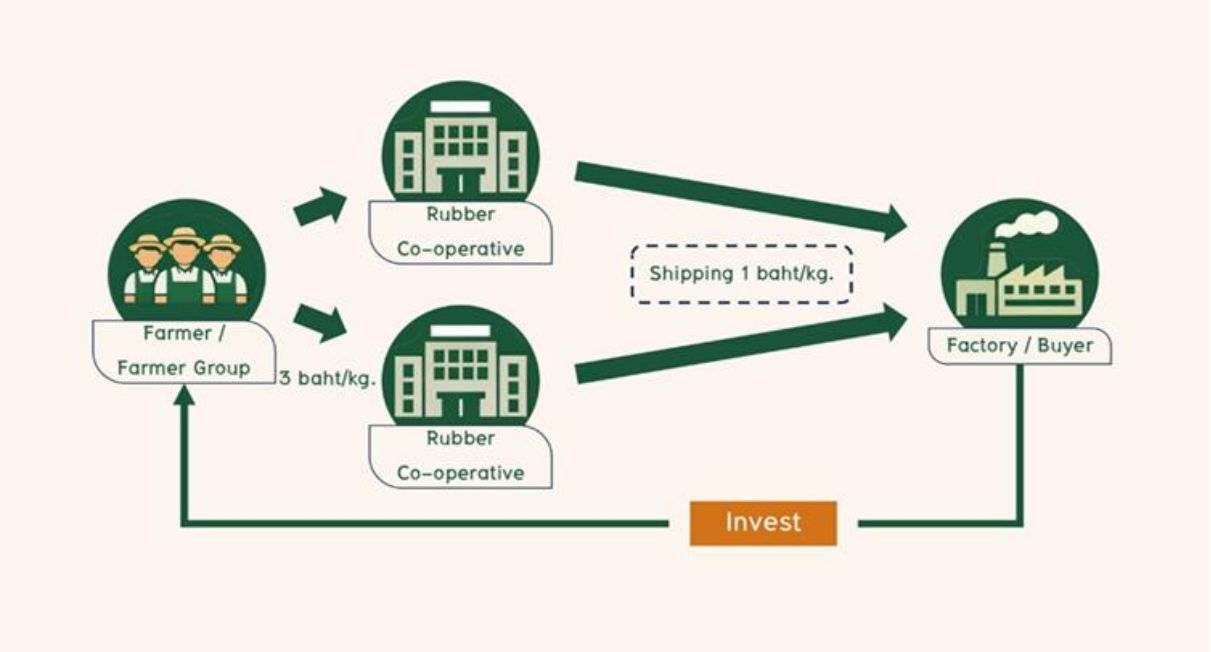


Figure 3 The model of the FSC rubber product market: Model 3
source: in-depth discussion

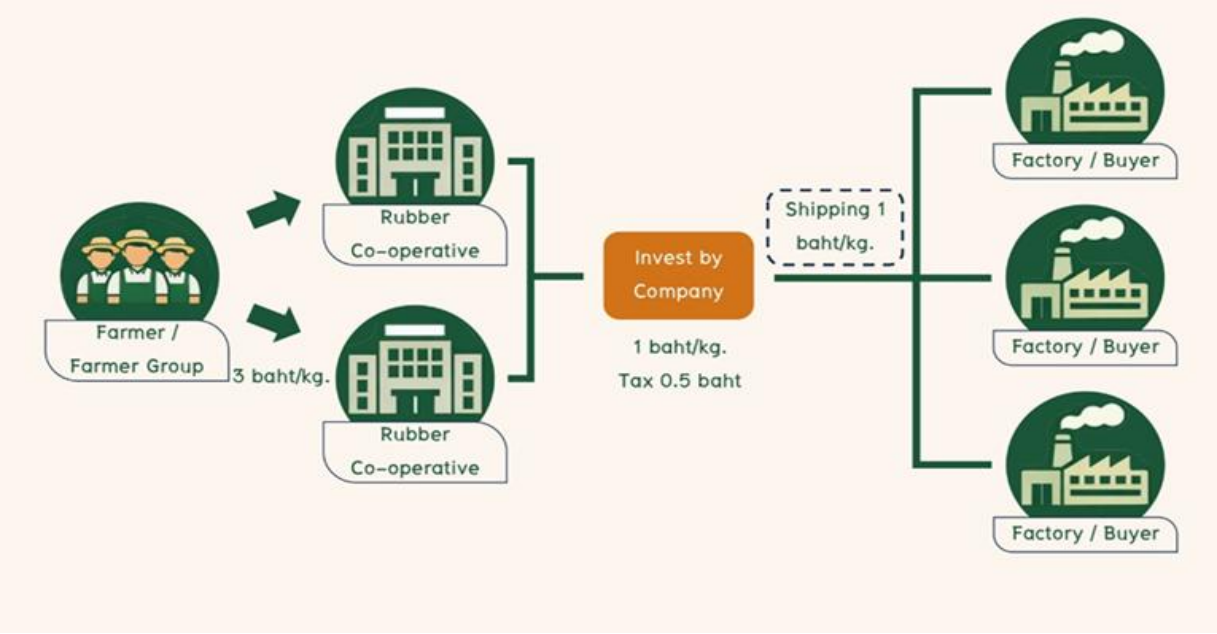


Figure 4 The model of the FSC rubber product market: Model 4
source: in-depth discussion

Table 5 Characteristics, mechanisms, and conditions of FSC rubber marketing models

Alternative FSC's marketing model	Characteristics and Mechanisms	Conditions
1. Buying and selling FSC products through the Central Rubber Market Model	Farmer groups buy and sell FSC products through the Central Rubber Market based on its announced price.	1. FSC products are bought and sold through the Central Rubber Market, with RAOT as the FSC certificate holder. 2. Premium price is based on the announced price of the Central Rubber Market. 3. Shipping costs: (1) from farmer groups to the Central Rubber Market is the responsibility of the farmer group only; and (2) from the Central Rubber Market to the destination buyer is the responsibility of the Central Rubber Market. 4. The FSC premium price may be adjusted based on socio-economic conditions and the rubber management investment situation.
2. Buying and selling FSC products through a destination buyer model	Farmer groups buy and sell FSC products directly through a destination buyer based on the announced price of the Central Rubber Market.	1. The farmer group is the FSC certificate holder and is responsible for FSC certificate renewal. 2. The farmer group can contact, coordinate, and negotiate terms directly with the destination buyer. 3. Premium price is based on the announced price of the Central Rubber Market.

Table 5 (Continued)

Alternative FSC's marketing model	Characteristics and Mechanisms	Conditions
3. Buying and selling FSC products through a destination buyer with a contract farm or MOU commitment model	Farmer groups buy and sell FSC products through a destination buyer under a contract farm or MOU commitment	1. Farmer groups operate under FSC standards with financial support from the destination buyer. 2. Farmer groups are the FSC certificate holders, and the destination buyer provides financial support for FSC certificate renewal. 3. Premium price is based on the announced price of the destination buyer.
4. Buying and selling FSC products through a destination buyer by investment of the destination buyer	Buying and selling FSC products through a destination buyer, with the destination buyer fully investing in management, FSC certificate renewal, and trading.	1. The FSC premium price is mutually agreed upon between the farmer group and the destination buyer before FSC management begins. 2. The destination buyer is the FSC certificate holder and is responsible for its renewal. 3. Premium price is based on the announced price of the Central Rubber Market.

Source: Synthesis from in-depth group discussion

เสนอแนะแนวทางการพัฒนาตลาดผลผลิตยาง FSC

จาก Table 5 พบว่าควรลดต้นทุนการจัดการตลาดสวนยาง FSC เพื่อสร้างแรงจูงใจให้กับสหกรณ์มากที่สุด ร้อยละ 90.21 รองลงมาคือ ความสม่ำเสมอของอุปทานส่งผลต่อความเชื่อมั่นของผู้ซื้อ ร้อยละ 88.25 ควรมีการสำรวจความพร้อมและความต้องการระบบตลาดก่อนดำเนินการจัดการสวนยางยั่งยืน ร้อยละ 82.50 ควรมีแผน/กลยุทธ์ที่ชัดเจนในการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานการผลิตยางพารายั่งยืน ร้อยละ 65.70 และการให้ความรู้ในหลักการจัดการสวนยางตามมาตรฐานความยั่งยืนสากลแก่สมาชิกให้มากขึ้น ร้อยละ 45.89 ตามลำดับ

Table 6 Suggestions for alternative FSC marketing development of Khlong Chang Rubber Fund Cooperative Limited

(n=290)

Suggestion*	Percentage
1. Assess the readiness and market demand before managing sustainable rubber plantations	82.50
2. Provide knowledge and understanding of the costs and outcomes of FSC rubber production	78.60
3. Establish comprehensive terms of reference (TOR) to create FSC marketing opportunities	75.10
4. Improve rubber farmer registry information for groups or agricultural institutions, and enhance traceability	81.25
5. Create incentives by reducing the cost of managing FSC rubber plantations	90.21
6. Provide knowledge of rubber plantation management principles according to international sustainability standards	45.89
7. Ensure consistency of supply to strengthen buyer confidence	88.25
8. Promote sustainable rubber plantation management in alignment with the 20-year national rubber strategic plan	74.12
9. Support and expedite the process of finding markets for FSC rubber products	80.45
10. Develop a clear roadmap and strategy for building a sustainable rubber supply chain	65.70

More than 1 answer is possible

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาเกษตรกรชาวสวนยางที่เป็นสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง จำกัด พบว่า มีรายได้เฉลี่ย 201,680.25 บาทต่อปี ถือครองพื้นที่สวนยางพาราเฉลี่ย 20.16 ไร่ต่อครัวเรือน มีแรงงานในการจัดการสวนยางเฉลี่ย 2.12 คนต่อครัวเรือน และมีประสบการณ์ทำสวนยางเฉลี่ย 23.65 ปี ด้านการผลิตเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM600 (ร้อยละ 86.00) และพันธุ์ RRIT251 (ร้อยละ 14.00) ในระยะปลูก 3×7 เมตร (ร้อยละ 79.62) โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 277.72 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

ด้านปัญหาและข้อจำกัด พบว่าภาพรวมค่าเฉลี่ยปัญหาและข้อจำกัดการดำเนินงานตลาดผลผลิตยาง FSC อยู่ในระดับมาก (Mean=3.67) สาเหตุสำคัญ ได้แก่ สมาชิกขาดความรู้ความเข้าใจในการดำเนินการตามมาตรฐาน FSC ราคาผลผลิตยาง FSC ไม่จูงใจเพียงพอ แม้จะสูงกว่าราคาปกติแต่ไม่คุ้มต้นทุนการจัดการ สหกรณ์มีภาระงานอื่นมาก และแรงงานที่รับผิดชอบงาน FSC มีไม่เพียงพอ ส่งผลให้การดำเนินงานตลาดยาง FSC ล่าช้าและขาดประสิทธิภาพ

ด้านปัจจัยความสำเร็จ พบว่าภาพรวมค่าเฉลี่ยความสำเร็จในการจัดการตลาดสวนยางพารา FSC อยู่ในระดับมาก (Mean=3.52) โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมความสำเร็จ คือ เกษตรกรต้องมีความพร้อมและความรู้ความเข้าใจ กลุ่มสหกรณ์ต้องมีความเข้มแข็ง มีตลาดรับซื้อที่ชัดเจน และราคาผลผลิตยาง FSC ต้องสูงกว่าราคาตลาดปกติอย่างมีนัยสำคัญ

ด้านรูปแบบตลาดผลผลิตยาง FSC พบว่ามี 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การซื้อขายผ่านสำนักตลาดกลางยางพารา 2) การซื้อขายโดยตรงระหว่างสถาบันเกษตรกรกับผู้ซื้อ 3) การซื้อขายตามสัญญาหรือ MOU ระหว่างสถาบันเกษตรกรกับบริษัท และ 4) การซื้อขายโดยมีภาคเอกชนร่วมลงทุน โดยสมาชิกสหกรณ์ให้ความสนใจรูปแบบที่ 4 มากที่สุด เนื่องจากสหกรณ์ไม่ต้องรับภาระการลงทุนด้านการจัดการ และมีผู้รับซื้อที่ชัดเจนตามข้อตกลง

ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ การขาดมาตรฐานการจัดการสวนยาง ความหลากหลายของผู้ซื้อในตลาด และคุณภาพผลผลิตยางที่ยังไม่ได้มาตรฐาน นอกจากนี้ การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณพบว่าปัจจัยตลาดรับซื้อน้ำยางสด FSC ที่ไม่แน่นอน และการขาดมาตรฐานการจัดการสวนยาง เป็นตัวแปรสองตัวที่มีอิทธิพลต่อการทำนายความสำเร็จในการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC

สำหรับข้อเสนอแนะ สหกรณ์ควรพัฒนากลยุทธ์ลดต้นทุนการจัดการตลาดผลผลิตยาง FSC เพื่อสร้างแรงจูงใจ พัฒนาห่วงโซ่อุปทานยางพาราอย่างยั่งยืน เสริมสร้างความรู้ด้านการจัดการ FSC แก่สมาชิก และสร้างตลาดผลผลิตยาง FSC ที่มีความเป็นธรรมและโปร่งใสสำหรับสหกรณ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้บริหารและเจ้าหน้าที่การยางแห่งประเทศไทยเขตภาคใต้ตอนล่าง ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ประสานงานกับสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านคลองช้าง และร่วมสำรวจข้อมูลกับผู้วิจัย จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณกลุ่มประชากร ได้แก่ สมาชิกเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ FSC ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดียิ่งในการตอบแบบสอบถามและการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Amarasekera, S., P.K. Perera and N. De Silva. 2006. **Potential of Forest Stewardship Certification (FSC) as a marketing tool through examining the existence of price premiums for FSC certified Timber.** Retrieved from http://dr.lib.sjp.ac.lk/handle/123456789/354

Forest Stewardship Council. 2015. **FSC principles and criteria for forest stewardship**. Retrieved from https://ic.fsc.org/preview.fsc-principles-and-criteria-for-forest-stewardship-fsstd-01-001-v5-2-en-print-version.a-4843.pdf

Forest Stewardship Council. 2018. **25 years of FSC.** Retrieved from: https://fsc.org/en/page/about-us

Fung, J. 2017. **Forest Stewardship Council™ (FSC™): FSC Business Development, Asia Pacific Wood Industry for SDG Thailand 4.0 Kasetsart University, Bangkok Thailand**. Retrieved from fromhttp://digital.forest.ku.ac.th/TFCC/TCERN2017/PW/TCERN_FSC_05012017.pdf

Kongmanee, C. and A. Ahmed. 2020. Assessing Socio-economic characteristics of FSC certified rubber farmers and their attitudes to apply FSC standards in rubber plantation: a case study in Thailand. **International Journal of Management (IJM)** 11(9): 1359–1372

Kwawor, K. 2004. **Map of Thai Local Knowledge, Southern Region.** Bangkok: Samnak Phim Borisat Phatthanakhunnaphap Wichakan (PW) Chamkat. 100 p.

Kongmanee, C., F. Ahmed and O. Longpichai. 2020. Cost-benefit analysis and challenges of implementing FSC standards in rubber plantations in southern Thailand. **The Journal of Asian Finance, Economics and Business** 7(12): 423–431.

Seideeva, S. 2018. Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management for Kyrgyzstan. 30 p. *In* **Report of the Second National Inception Workshop "Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management for Kyrgyzstan".** Bishkek Kyrgyzstan: UNECE.

Somboonsuke, B., A. Yincharoen, C. Kongmanee and P. Phitthayaphinant. 2019. Rubber production system and livelihood of Smallholding Rubber Farming System (SRFS) in southern Thailand: a case study in provinces of Nakhon Si Thammarat, Phatthalung and Trang. **International Journal of Agricultural Technology** 15(4): 645–664.

Somboonsuke, B., B. Somboonsukeand and O. Longpichai. 2019. **Cost-benefit Analysis of FSC's Rubber Farm Management.** Songkhla: Faculty of Natural Resource, Prince of Songkla University. 82 p.

Soontornwong, S. 2019. **Development and Implementation of Criteria and Indicators for Sustainable Management of Planted Forests and Community Forests.** 47 p. Research Report. Bangkok: Royal Forest Department, Ministry of Natural Resources and Environment.

WWF. 2020. **For a Living Planet**. 52 p. Annual Report. Bangkok: WWF.

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 266-278

Market Opportunities for Khaw Dok Khae Crossbred Native Chicken Meat: Consumer Behavior and Sensory Quality
โอกาสทางการตลาดของเนื้อไก่พื้นเมืองลูกผสม (ไก่ขาวดอกแค): พฤติกรรมผู้บริโภคและคุณภาพทางประสาทสัมผัส

Jiranart Rongchoung[1], Napapch Chuaychu-noo[2] and Jareewan Chankong[2,*]

จิระนาถ รุ่งช่วง[1], ณปภัช ช่วยชูหนู[2] และจรีวรรณ จันทร์คง[2,*]

[1]Faculty of Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80240

[2]Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

[1]คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80240

[2]คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

*Corresponding author: jareewan.rmutsv@gmail.com

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0000-5148-3397

Received: *March 01, 2026*
Revised: *May 27, 2026*
Accepted: *July 23, 2026*

Abstract

This research aimed to examine consumer behavior and satisfaction regarding a newly developed crossbred native chicken breed, known as “Khaw Dok Khae,” while also evaluating the sensory attributes of its meat. In addition, the study sought to propose product development strategies and identify market opportunities for Khaw Dok Khae chicken meat in line with consumer preferences. The sample consisted of 400 consumers selected through convenience sampling. Furthermore, sensory evaluations were conducted by 50 food experts selected through purposive sampling. Data were collected using questionnaires and sensory evaluation tests and were analyzed using descriptive statistics. The findings revealed that the majority of consumers (66.75%) consumed chicken meat 1–2 times per week. Most respondents also reported spending between 101–200 Thai Baht per purchase (66.75%) and typically buying approximately 1 kilogram per occasion (42.25%). Fresh markets were identified as the most preferred purchasing location, selected by 61.25% of respondents, followed by supermarkets (26.00%), chicken farms (12.00%), and other channels such as online platforms (0.75%). Preference for native chicken meat was primarily associated with its nutritional benefits, as indicated by 66% of respondents. Boiling was the most preferred cooking method, accounting for 44% of responses. However, a substantial proportion of consumers (91.50%) reported limited awareness and knowledge regarding the development of new native chicken breeds in Southern Thailand. The sensory evaluation results demonstrated a high overall level of consumer satisfaction with Khaw Dok Khae chicken meat,

with a mean score of 3.63. Among the evaluated attributes, overall appearance (mean=3.92), taste (3.86), and aroma (3.68) received high ratings, whereas color (3.40) and tenderness and texture (3.32) were rated at a moderate level. These findings suggest that although Khaw Dok Khae is a newly developed crossbred native chicken breed, its meat possesses strong sensory quality potential and can serve as a valuable alternative protein source in the future. Therefore, enhancing consumer awareness and improving production quality to meet market demands are crucial for increasing the added value of crossbred native chickens and supporting strategic marketing initiatives aimed at sustainably expanding the consumer base.

Keywords: consumer behavior, crossbred native chicken, satisfaction, sensory evaluation

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้บริโภคไก่พื้นเมืองลูกผสมพันธุ์ใหม่ “ไก่ขาวดอกแค” รวมถึงการศึกษาด้านประสาทสัมผัสของเนื้อไก่ดังกล่าว เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์และโอกาสทางการตลาดสำหรับเนื้อไก่ขาวดอกแคให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาประกอบด้วยผู้บริโภค จำนวน 400 ราย ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก และมีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร จำนวน 50 ราย ที่คัดเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้แบบสอบถามและการทดสอบทางประสาทสัมผัส และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความถี่ในการบริโภคเนื้อไก่สัปดาห์ละ 1–2 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 66.75 มีค่าใช้จ่ายในการซื้อเนื้อไก่ต่อครั้งอยู่ระหว่าง 101–200 บาท คิดเป็นร้อยละ 66.75 และมักซื้อในปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 42.25 แหล่งจำหน่ายที่ผู้บริโภคนิยมมากที่สุด คือ ตลาดสด คิดเป็นร้อยละ 61.25 รองลงมาคือ ห้างสรรพสินค้า ร้อยละ 26.00 ฟาร์มไก่ ร้อยละ 12.00 และช่องทางอื่น ๆ เช่น แพลตฟอร์มออนไลน์ ร้อยละ 0.75 ผู้บริโภคนิยมเลือกบริโภคเนื้อไก่พื้นเมือง เพราะคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุด ร้อยละ 66 และเมนูที่นิยมนำมาประกอบอาหาร คือ เมนูต้ม ร้อยละ 44 อีกทั้งผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังไม่รับรู้ข้อมูลข่าวสารด้านการพัฒนาสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองใหม่ ๆ ในพื้นที่ภาคใต้ ถึงร้อยละ 91.50 สำหรับผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร พบว่าความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภคเนื้อไก่อยู่ในระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.63 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าลักษณะปรากฏโดยรวม (ค่าเฉลี่ย 3.92) รสชาติ (3.86) และกลิ่น (3.68) ได้รับการประเมินในระดับสูง ขณะที่ด้านสี (3.40) และความเหนียวนุ่ม (3.32) อยู่ในระดับปานกลาง ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า ถึงแม้ไก่ขาวดอกแคซึ่งเป็นไก่พื้นเมืองลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ แต่ทั้งนี้เนื้อไก่ดังกล่าวมีศักยภาพด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสและสามารถเป็นทางเลือกด้านโปรตีนที่มีคุณค่าได้ในอนาคต ดังนั้น การส่งเสริมการรับรู้ของผู้บริโภคควบคู่กับการพัฒนาคุณภาพการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด จะเป็นส่วนสำคัญในการยกระดับมูลค่าเพิ่มของไก่พื้นเมืองลูกผสมและสนับสนุนการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อขยายฐานผู้บริโภคอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: พฤติกรรมผู้บริโภค ไก่พื้นเมืองลูกผสม ความพึงพอใจ การประเมินทางประสาทสัมผัส

Introduction

Native chickens have long been utilized by humans. In addition to being a popular source of protein in Southeast Asia, they are also used in religious rituals, particularly during the Chinese New Year festival, when whole native chickens are traditionally boiled as offerings to ancestors, with large numbers used annually. Moreover, male native chickens possess natural fighting instincts and chickens that win fights gain additional value due to their fighting ability (Siriwadee *et al*., 2023). However, the primary purpose of raising native chickens is for meat consumption. Their meat is characterized by unique texture, odor, and flavor, (Jaturasitha, 2004) distinguishing it from commercial broilers or other meat-type chickens. Native chicken farming can serve as a primary source of income for farmers, as their products are in high demand both domestically and internationally (Rattananavinkul and Nukreaw, 2020). Raising native chickens is widespread and practiced in nearly every rural household, forming an integral part of rural Thai life. In 2024, Thailand had 2,761,853 farmers raising native and crossbred native chickens, totalling 114,252,480 chickens. In the southern region, specifically, 410,407 farmers raised native and crossbred native chickens, totalling 13,689,253 chickens (Information and Communication Technology Center, Department of Livestock Development, 2024).

The demand for native chicken meat has been increasing steadily in a group of Thai consumers (Wattanachant *et al*., 2005) due to its desirable characteristic's low fat and cholesterol content, firm texture, distinct flavor, and the absence of hormones and antibiotics. This growing demand has encouraged farmers to adopt commercial native chicken production (Sunanta *et al*., 2023). Prices for native chickens are typically two to three times higher than those of broilers, particularly during major festivals such as Chinese New Year and New Year. Native chicken production thus contributes to national food security and rural economic stability (Chankong *et al*., 2022). Consumer preference for native chicken meat is primarily influenced by its delicious flavor and firm yet tender texture. Similar trends are observed in other Asian countries, such as China, where the consumption of native chickens is driven by flavor and the firmness of meat texture (Tang *et al*., 2009). Scientific evidence confirms that native chicken meat contains significantly lower levels of fat, cholesterol, and triglycerides compared to broilers (Jaturasitha *et al*., 2003). Moreover, Chaosap and Tuntivisoottikul (2006) reported that native chickens exhibited the highest toughness score (5.26), followed by Tanawsri chicken (4.78), Srithong chicken (4.08), and broiler (3.42).

In southern Thailand, popular native chicken breeds include Surat Thani Red Chicken, Colon Chicken, Sriwichai Chicken, and Betong Chicken. Among these, Nakhon Si Thammarat Province has the highest number of farmers raising native and crossbred native chickens. To reduce production costs and meet rising consumer demand, selective breeding programs have been established to develop crossbred

varieties. One such innovation is the Khaw Dok Khae, a crossbred native chicken developed from the Sriwichai breed. Nakhon Si Thammarat's signature native chicken by the Nakhon Si Thammarat Livestock Research and Breeding Center. Khaw Dok Khae chickens are characterized by their bare necks, white feathers, well-developed chests, and strong heat tolerance (Chuaychu-noo *et al*., 2023). They are commonly raised in orchards, rubber plantations, and oil palm areas across Nakhon Si Thammarat, Trang, and Phatthalung Provinces. However, as rural contexts evolve, small-scale farmers increasingly adopt precision farming methods that emphasize high growth rates and short rearing periods. Simultaneously, modern consumers demand ready-to-cook products and seek transparency regarding the origin and quality of ingredients. The Khaw Dok Khae chicken meets these needs with its large breast size, tender and non-sticky meat, and flavor profile similar to that of pure native chicken. Moreover, its shorter rearing period of only 10–12 weeks and comparable market price yield favorable returns for farmers. This breed also serves as a viable supplementary source of income and food for households. Therefore, this study aimed to examine consumer behavior and satisfaction toward the Khaw Dok Khae crossbred native chicken. The findings will provide fundamental insights for market targeting, product development, and the formulation of effective long-term marketing strategies to enhance consumer satisfaction and awareness.

Methodology

Population and Sample

The study population consisted of crossbred native chicken meat consumers residing in the southern region of Thailand. As the total number of local chicken consumers was unknown, the sample size was determined using Cochran's formula (Cochran, 1963) at a 95% confidence level and a ±5% margin of error, resulting in a required sample of 385 respondents. To ensure sufficient data for comprehensive analysis, a total of 400 consumers were surveyed.

The study included two distinct groups:

The participant group for this study consisted of 400 consumers who had previously consumed crossbred native chicken meat and attended the Thung Yai Agricultural Fair 2025 in Thung Yai District, Nakhon Si Thammarat Province. Data were collected between February 28, 2025, and March 9, 2025. Convenience sampling was employed to select participants who were at least 18 years old, literate, and willing to voluntarily participate in the research project. This approach enabled the collection of detailed and specific information relevant to the objectives of the study.

A total of 50 food experts were selected through purposive sampling. This group comprised 20 lecturers and students from the Faculty of Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Srivijaya, and 30 restaurant

operators from Nakhon Si Thammarat, Trang, and Phatthalung Provinces. The inclusion criteria required that participants be healthy adults aged 18 years or older, free from contagious diseases, able to consume chicken, literate, and willing to participate voluntarily. This group was used to evaluate sensory satisfaction with the crossbred native chicken.

Collection of Data

A structured questionnaire was employed to assess consumers' sensory satisfaction after tasting boiled Kai Khaw Dok Khae chicken. The questionnaire was adapted from Pongvichai (2008) and utilized a five-point Likert scale to measure satisfaction levels across various sensory attributes. Each item offered multiple-choice responses with corresponding weights as follows:

Level 1 = Least satisfied

Level 2 = Slightly satisfied

Level 3 = Satisfied

Level 4 = Very satisfied

Level 5 = Most satisfied

The questionnaire evaluated consumer satisfaction across five key sensory dimensions: (1) color, (2) odor, (3) flavor, (4) texture (chewiness), and (5) overall appearance

The research proposal has been submitted for approval to conduct human ethics and has received the document number WUEC-24-357-01

Data Analysis

Data obtained from the questionnaires were analyzed using descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation. Levels of satisfaction were interpreted based on the mean scores derived from the five-point Likert scale.

The interpretation of mean scores followed the principle of stratification, calculated by subtracting the lowest value from the highest value and dividing the result by the number of levels (i.e., 5). This produced an interval range of 0.80, corresponding to the following satisfaction levels:

Average Score	Interpretation
4.21–5.00	Most satisfied
3.41–4.20	Very satisfied
2.61–3.40	Satisfied
1.81–2.60	Slightly satisfied
1.00–1.80	Least satisfied

Results

General Socioeconomic Characteristics and Consumer Behavior of Crossbred Native Chicken Consumers

The analysis of general information on consumer of crossbred native chicken meat including gender, age, marital status, education level, occupation, and average monthly income was conducted using frequency and percentage distributions. The results showed that the majority of respondents were female (84.50%), while male respondents accounted for 15.50%. Most consumers were aged 21–30 years (35.50%), followed by those under 20 years (30.75%). In terms of marital status, the majority were single

(83.25%), and married respondents accounted for 16.75%. Regarding educational attainment, most consumers held a bachelor's degree (42.50%), followed by those with lower or upper secondary education (36.25%), and postgraduate degrees (21.25%). For occupation, nearly half of the respondents were students (49.00%), followed by civil servants or state enterprise employees (25.75%), farmers (18.75%), and employees or laborers (6.50%). In terms of income, the largest group of consumers earned an average monthly income of less than 15,000 baht (49.50%), followed by those earning 15,001–30,000 Baht (30.25%). With respect to chicken consumption behavior, the majority of consumers reported eating chicken meat 1–2 times per week (66.75%), followed by 3 -4 times per week (25.75%). For expenditure on chicken, most consumers spent 101–200 Baht per purchase (66.75%), followed by 201–300 Baht (30.50%). In terms of quantity purchased, 42.25% of consumers typically bought 1 kilogram per purchase, while 30.50% purchased 1.5 kilograms. Regarding purchasing sources, the majority of consumers preferred to buy chicken from fresh markets (61.25%), followed by department stores (26.00%), chicken farms (12.00%), and other sources such as online channels (0.75%). The primary reason consumers preferred native chicken meat was its perceived nutritional value, as indicated by 66% of respondents. This was followed by its suitability for preparing a variety of dishes (19%) and its affordability relative to product quality (15%). Regarding cooking preferences, boiled dishes were the most commonly preferred preparation method, accounting for 44% of responses, followed by curry-based dishes (34%), stir-fried dishes (14%), and fried dishes (8%). In terms of consumer awareness of newly developed native chicken breeds in Southern Thailand, only 8.50% of respondents reported having received relevant information, whereas the vast majority (91.50%) indicated that they were unaware of recent developments in native chicken breeding. These findings underscore the importance of implementing promotional strategies and public awareness campaigns to improve consumer knowledge in Southern Thailand, particularly in Nakhon Si Thammarat, Trang, Phatthalung, and surrounding Provinces. Increasing public awareness of the benefits and ongoing development of new native chicken breeds may contribute to greater market acceptance and consumer demand in the future.

Consumer Satisfaction for Sensory Properties of Crossbred Native Chicken

The sensory satisfaction evaluation of the crossbred native chicken (Khaw Dok Khae Chicken, KDK-Chicken) was conducted using a structured questionnaire administered to 50 food experts. The participants included 20 lecturers and students from the Faculty of Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Srivijaya, and 30 restaurant operators from Nakhon Si Thammarat, Trang, and Phatthalung Provinces. This assessment provided preliminary data regarding the experts' satisfaction levels with various sensory attributes of the crossbred

native chicken, including color, odor, flavor, toughness, and overall appearance. The data were analyzed to determine satisfaction levels consistent with the study's objectives. The sensory satisfaction results for Khaw Dok Khae Chicken are presented in Table 2.

Table 2 Consumer satisfaction for sensory properties of crossbred native chicken (KDK-Chicken)

Consumer sensory satisfaction	Mean score	Standard Deviation (SD)	Satisfaction level	Ranking
1. Color	3.40	0.646	Moderate	4
2. Odor	3.68	0.653	High	3
3. Flavor	3.86	0.572	High	2
4. Toughness	3.32	0.642	Moderate	5
5. Overall Appearance	3.92	0.528	High	1
Average	**3.63**	0.455	**High**	

from structured questionnaires and calculations

Based on the sensory evaluation presented in Table 2, experts assessed boiled and sliced Khaw Dok Khae chicken and reported high overall satisfaction, with an average score of 3.63. When analyzed by individual attributes, three aspects received high satisfaction ratings: overall appearance (3.92), flavor (3.86), and odor (3.68). In contrast, two aspects were rated as moderate: color (3.40) and toughness (3.32). These results indicate that the sensory satisfaction assessment conducted by food experts provides valuable guidance for the development of the Khaw Dok Khae crossbred native chicken, helping ensure that the product meets consumer preferences and demand in the future.

The sensory evaluation results of the crossbred native chicken "Khaw Dok Khae" revealed that the product's key strengths were its overall appearance, taste, and aroma, all of which received high satisfaction ratings. In contrast, color and tenderness/texture were rated at a moderate level. Therefore, marketing promotion strategies should adopt an approach of "highlighting strengths while improving weaknesses" in accordance with the research findings, as follows:

Establishing the Product's Selling Point

Marketing communication strategies should emphasize that Khaw Dok Khae is a "crossbred native chicken distinguished by its excellent taste, appealing aroma, and desirable texture." The product is well positioned to satisfy consumers seeking the traditional flavor and eating quality of native chicken while also

benefiting from enhanced production efficiency and commercial potential.

Product Positioning

The product should be positioned as a "premium native chicken for health-conscious consumers and traditional local cuisine." It is particularly suitable for local restaurants, health-focused restaurants, consumers who prefer firm-textured chicken meat, and the gastronomy tourism market. In Southern Thailand especially, the product can be closely associated with local culinary identity and traditional food culture.

Marketing Communication Strategy

Promotional messages should emphasize phrases such as "Khaw Dok Khae chicken: aromatic and delicious like authentic native chicken" or "Khaw Dok Khae chicken: rich flavor, ideal for traditional Thai cuisine." Marketing efforts should incorporate reviews from professional chefs, cooking demonstrations, food tasting activities, and content marketing through online media platforms.

Product Development Based on Moderately Rated Attributes

1) Color

Some consumers may expect darker skin or meat color. Development approaches may include adjusting feed formulations through the use of natural carotenoid-rich ingredients, improving free-range farming systems, or creating consumer awareness that natural color reflects product safety and quality.

2) Tenderness/Texture

Texture is an important issue, as some consumers prefer a firm yet tender texture, while others may dislike excessively tough meat. Therefore, marketing strategies should clearly segment consumer groups. For example, products targeting elderly consumers or urban markets may focus on processed products with softer textures, whereas traditional food markets may emphasize the product's "firm and enjoyable chewiness" as a distinctive characteristic.

Value-Added Product Development

The product can be further developed into both ready-to-cook and ready-to-eat products, such as premium frozen crossbred native chicken products. In addition, it may be adapted into region-specific dishes using locally sourced ingredients or community identity products to strengthen its market value and uniqueness.

Discussion

This study of consumer behavior and satisfaction with crossbred native chicken (Khaw Dok Khae) aligns with previous research on native chicken consumption patterns and marketing preferences in Thailand. For instance, Lekbangpong *et al*. (2024) examined consumer behavior in Phatthalung Province and found that consumers typically purchase native chicken meat once per month, preferring whole, yellow female chickens weighing approximately 2 kilograms. Fresh

markets were the preferred purchasing venue, and the meat was commonly used in dishes such as free-range chicken curry and tom kha. Key marketing factors prioritized by consumers included product quality, promotion, distribution channels, and price, all of which were rated highly. Similarly, Prasertchitsan (2019) investigated chicken purchasing behavior in Tha Uthen Subdistrict Municipality, Nakhon Phanom Province, based on 400 consumer responses. The study found that consumers favored fresh markets due to proximity, spent 50–100 Baht per purchase, and typically purchased 1 kilogram of chicken two times per week. The meat was commonly used for stir-frying, deep-frying, and boiling. Marketing factors were ranked in the order of product, price, distribution channels, and promotion.

Comparable findings were reported by Orahuntgulbodee and Suriya (2020) in Khon Kaen Province, where consumers emphasized chicken size and odorlessness when selecting native chickens. Fresh markets were again the preferred source, and chickens were primarily used in boiled dishes, with an average weekly purchase volume of 1.1–2.0 kilograms. Consumers considered product quality, price, and distribution channels to be the most important factors. These studies collectively provide a benchmark for developing effective marketing strategies for crossbred native chickens.

In Southern Thailand, a wide range of native and crossbred native chicken breeds are raised to meet the specific needs of producers, and the market demands of each locality. The Khaw Dok Khae chicken, a newly developed crossbred native breed, demonstrates strong adaptability and is suitable for a variety of culinary applications, offering meat with a desirable balance of tenderness and firmness. The overall satisfaction score of 3.63 indicates a high level of consumer acceptance. This finding suggests that crossbred native chickens raised at an appropriate age and market weight are highly preferred by consumers. The sensory evaluation results further reveal that the Khaw Dok Khae crossbred native chicken has considerable potential to be promoted as an alternative livestock product for consumers who value the flavor and unique characteristics of native chicken meat. In particular, sensory attributes such as taste, aroma, and overall acceptability received favorable evaluations. Nevertheless, improvements in meat color and tenderness are still needed to further enhance consumer acceptance and support future commercial expansion.

Previous research in Thailand supports these findings. Sopha *et al.* (2013) reported that the advantages of dishes prepared from native chicken include firm meat, good taste, and high nutritional value, whereas disadvantages include higher cost, limited availability, and tougher texture. Lengkidworraphiphat *et al.* (2021) analyzed the nutritional composition and flavor of Thai native chicken, broiler chicken, and black-boned chicken, finding that Thai native chicken contains the highest amino acid content especially glutamic acid contributing to its superior flavor. Jaturasitha *et al.* (2008) reported that native chicken meat has lower fat and cholesterol

compared to imported breeds such as Bresse and Rhode Island Red, making it particularly suitable for health-conscious consumers seeking low-fat, chewy meat. Further studies, including Prapasawat *et al*. (2013), found that consumers expressed very high satisfaction with various native chicken breeds, particularly regarding firmness, tenderness, odor, and taste, with overall satisfaction scores ranging from 3.92 to 4.35. Leotaragul *et al.* (2009) assessed awareness and satisfaction with the Chiang Mai Pradu-Hangdum native chicken among researchers and students at an invention contest, reporting that 32.70 percent were familiar with this breed. To meet consumer demand for crossbred native chickens in the southern region, producers should implement safe and certified farming systems to build consumer confidence. Effective marketing strategies including campaigns, advertisements, and public relations through multiple media channels are essential to establish a reputation for quality and flavor. These strategies will serve as a guideline for promoting the crossbred native chicken market and supporting long-term development.

Conclusion

This study examined consumer behavior of the Khaw Dok Khae chicken, a crossbred native chicken developed from the Sriwichai breed, a signature native chicken of Nakhon Si Thammarat Province. Data were collected from 400 consumers using a structured questionnaire, and sensory satisfaction was assessed by 50 food experts. The results indicated that most consumers were female, aged 21–30 years, held a bachelor's degree, and had an average monthly income of less than 15,000 Baht. Most consumers consumed chicken meat 1–2 times per week, typically spending 101–200 Baht per purchase and buying 1 kilogram at a time. Fresh markets were the preferred purchasing source. The primary reason consumers preferred native chicken meat was its perceived nutritional value (66%). Boiled dishes were the most favored preparation method (44%), followed by curry-based (34%), stir-fried (14%), and fried dishes (8%). Awareness of newly developed native chicken breeds in Southern Thailand was low, with only 8.50% of respondents reporting prior knowledge, while 91.50% were unaware of such developments. Sensory evaluation by food experts revealed high overall satisfaction with the cooked chicken (mean score=3.63). Three sensory attributes overall appearance (3.92), flavor (3.86), and odor (3.68) received high satisfaction ratings, whereas color (3.40) and toughness (3.32) were rated moderate.

Recommendations

Further studies should be conducted to develop appropriate culinary preparation methods and value-added food products that highlight the distinctive characteristics of this crossbred native chicken, particularly its firm yet tender meat texture. Farmers should also emphasize proper feed management and rearing practices, especially the use of nutritionally

balanced diets and an optimal rearing period not exceeding 12 weeks, to ensure carcass and meat quality suitable for market demand and diverse cooking methods.

In addition, continuous promotion and marketing activities should be strengthened to increase consumer awareness and market opportunities. These activities should highlight key selling points such as meat quality, flavor, breed identity, and safe production practices. Collaboration among government agencies, educational institutions, and private-sector organizations is also essential to support knowledge transfer in production, processing, and marketing throughout the value chain, thereby promoting sustainable income for local communities.

For future research, sensory evaluation or blind testing should be conducted to compare this crossbred native chicken with other native chicken breeds in Southern Thailand. The results could be used to identify distinctive selling points and support pricing strategies and targeted marketing communication in competitive markets.

Acknowledgments

The research team would like to extend their heartfelt gratitude to the native chicken consumers and all individuals involved in the native chicken and crossbred native chicken supply chain in Nakhon Sri Thammarat, Trang, and Phatthalung Provinces. We also wish to express our appreciation for the research funding provided by the Program Management Unit for Area Based Development (PMU A). Additionally, we are thankful to the Faculty of Agriculture and Faculty of Agro-Industry at Rajamangala University of Technology Srivijaya for their support in implementing this research project.

References

Chankong, J., N. Chuaychu-noo, P. Maliwan and P. Kakulpim. 2022. Factors affecting the frequency of consumers' purchase of Thai native chicken in Nakhon Sri Thammarat province. **Journal of Agricultural Research & Extension** 40(1): 139–149. [in Thai]

Chaosap, C. and K. Tuntivisoottikul. 2006. Carcass Quality and Some Muscle Properties of Broiler, Native, Srithong and Tanawsri Chicken. pp. 230–239. *In* **Proceedings of 44th Kasetsart University Annual Conference: Animal.** Bangkok: Veterinary Medicine. [in Thai]

Chuaychu-noo, N., P. Thananurak, J. Chankong, P. Maliwan and S. Chaipetch. 2023. Growth performance and carcass quality in Srivijaya chicken and Srivijaya crossbred chicken. **Prawarun Agricultural Journal** 20(2): 143–150. [in Thai]

Cochran, W.G. 1963. **Sampling Techniques**. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons. 413 p.

Information and Communication Technology Center, Department of livestock Development. 2024. **Data on the number of livestock in Thailand in 2024.** Retrieved from https://ict.dld.go.th/images/stories/regist/book/e-Regist%202567.pdf [in Thai]

Jaturasitha, S., A. Phongphaew, S. Saithong, T. Apichartsrungkoon and A. Leotaragul. 2003. **Carcass and Meat Quality of Native Chicken and Four-way Crossbred.** 101 p. *In* Research Report. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). [in Thai]

Jaturasitha, S. 2004. **Meat Management**. Chiang Mai: Mingmuang Press. 170 p. [in Thai]

Jaturasitha, S., T. Srikanchai, M. Kreuzer and M. Wicke. 2008. Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to northern Thailand (Black-boned and Thai native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island red). **Poultry Science** 87(1): 160–169.

Lekbangpong, S., W. Odton, S. Rakseen, T. Juthong and R. Intarasirisawat. 2024. Behavior and demand of marketing factors of consumers' purchasing of native chicken meat in Phatthalung province. **King Mongkut's Agricultural Journal** 42(3): 373–380. [in Thai]

Lengkidworraphiphat, P., R. Wongpoomchai, T. Bunmee, A. Chariyakornkul, N. Chaiwang and S. Jaturasitha. 2021. Taste-active and nutritional components of Thai native chicken meat: a perspective of consumer satisfaction. **Food Science of Animal Resources** 41(2): 237–246.

Leotaragul, A., C. Prathum and S. Morathop. 2009. **Guidelines for Creating the Awareness of Pradu-Hangdum Chicken of Consumers in Chiang Mai.** 97 p. *In* Research Report. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). [in Thai]

Orahuntgulbodee, N. and P. Suriya. 2020. Purchasing behaviors for chicken meat of consumers in Khon Kaen province. **Khon Kaen Agriculture Journal** 48(Suppl. 1): 705–712. [in Thai]

Pongvichai, S. 2008. **Statistical Data Analysis by Computer.** 19th ed. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House 479 p. [in Thai]

Prapasawat, C., S. Laothong, A. Leotaragul, P. Rattanachawanon, C. Prasert and D. Sopha. 2013. Satisfaction of consumers with Thai native chicken (Chee-Thapra) meat. **Khon Kaen Agriculture Journal** 41 (Suppl. 1): 415–419. [in Thai]

Prasertchitsan, P. 2019. **Consumer's Behaviors on Chicken Consumption in Tha-U-Then Municipality, Nakhonpanom Province.** Nakhonpanom: Faculty of Liberal Arts, Krirk University. 121 p. [in Thai]

Rattananavinkul, K. and R. Nukreaw. 2020. Production, Marketing and Export of Native Chicken along the Border. 71 p. *In* **Scholarly Work 63(2)-0211-077: Livestock Extension and Development Division.** Bangkok: Department of Livestock Development. [in Thai]

Siriwadee, P., L. Wirot, P. Thanapol and N. Wirawan. 2023. Genetic diversity among five native Thai chickens and Khiew-Phalee chickens in lower-northern Thailand using mitochondrial DNA barcodes. **Biodiversitas** 24(4): 1962–1970.

Sopha, D., C. Prapasawat, S. Laothong, P. Rattanachawanon, C. Prasert and A. Leotaragul. 2013. Buying and consumption profile for chicken of customers of Khon Kaen, Mahasarakham and Loie province. **Khon Kaen Agriculture Journal** 41(Suppl. 1): 410–414. [in Thai]

Sunanta, Y., K. Chompupun, A. Panyasak and S. Khumput. 2023. Growth performance of Thai native chicken fed diet supplemented with Mulato grass. **King Mongkut's Agricultural Journal** 41(2): 135–139. [in Thai]

Tang, H., Y.Z. Cong, C.X. Wu, J. Jiang, Y. Wang, and K. Li. 2009. Variation of meat quality traits among five genotypes of chicken. **Poultry Science** 88: 2212–2218.

Wattanachant, S., S. Benjakul and D.A. Ledward. 2005. Microstructure and thermal characteristics of Thai indigenous and broiler chicken muscles. **Poultry Science** 84: 328–336.

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 279-293

การบูรณาการเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม: กรณีศึกษา ชุมชนบ้านไผ่ขวาง ตำบลเขาพระงาม อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

Integration of Geospatial Technology and Community Participation in Flood Risk Management: A Case Study of Phai Khwang Community Khao Phra Ngam Subdistrict, Mueang District, Lopburi Province

ขวัญชัย ชัยอุดม

Kwanchai Chai-udom

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี 15000

Environmental Management, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Lop Buri, Thaialnd 15000

*Corresponding author: kwanchai.c@lawasri.tru.ac.th

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0002-4500-2504

Received: *January 25, 2026*

Revised: *June 05, 2026*

Accepted: *June 22, 2026*

Abstract

Flooding has become a recurring problem in many areas of Lopburi Province, particularly in Ban Phai Khwang Community, Khao Phra Ngam Subdistrict, where low-lying topography, continuous urban expansion, and increasing rainfall variability have intensified the frequency and severity of flood events. These conditions have significantly affected local livelihoods, property, and residents' quality of life. Effective flood management therefore requires both spatial information and active community participation. This study aimed to integrate geospatial technology with community participation in flood risk management. The study consisted of two main components: 1) flood risk area analysis using a Geographic Information System (GIS) with weighted overlay analysis based on physical and land-use factors, and 2) an assessment of community participation using questionnaires administered to 167 respondents, analyzed using descriptive statistics and correlation analysis. In addition, focus group discussions were conducted to formulate community-based flood management strategies.

The results showed that most areas of Khao Phra Ngam Subdistrict, particularly Ban Phai Khwang Community, were classified as high- and very high-risk flood zones. The community demonstrated a high level of flood-related knowledge and awareness, while the overall level of participation in flood management was moderate. Community participation was higher in problem identification, planning, and evaluation than in practical implementation. Factors significantly associated with participation

included education level, occupation, income, and flood-related knowledge and awareness. The integration of GIS-based flood risk analysis with participatory processes through focus group discussions enabled the development of flood management strategies based on the principles of prevention, preparedness, response, and recovery, which were consistent with the local context. The findings indicate that integrating geospatial technology with community participation can effectively support local-level flood risk management and may serve as a useful framework for policy development and flood management in other areas with similar characteristics.

Keywords: community participation, flood management strategies 2R 2P, flood risk areas geographic information system, weighted overlay analysis

บทคัดย่อ

ปัญหาน้ำท่วมเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นซ้ำซากในหลายพื้นที่ของจังหวัดลพบุรี โดยเฉพาะชุมชนบ้านไผ่ขวาง ตำบลเขาพระงาม ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่มต่ำ การขยายตัวของชุมชนอย่างต่อเนื่อง และความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมบ่อยครั้งและมีความรุนแรงมากขึ้น สร้างผลกระทบต่อการดำรงชีวิต ทรัพย์สิน และคุณภาพชีวิตของประชาชนอย่างมาก ดังนั้น การบริหารจัดการน้ำท่วมที่มีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องอาศัยทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และการมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อบูรณาการเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม วิธีการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยใช้การวิเคราะห์แบบถ่วงน้ำหนักจากปัจจัยด้านกายภาพและการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ 2) การศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนโดยใช้แบบสอบถามจำนวน 167 ชุด วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติสหสัมพันธ์ รวมทั้งการประชุมสนทนากลุ่มเพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การจัดการน้ำท่วมในระดับชุมชน

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของตำบลเขาพระงาม โดยเฉพาะชุมชนไผ่ขวาง อยู่ในเขตพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมระดับสูงและสูงมาก ประชาชนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาน้ำท่วมอยู่ในระดับสูง ขณะที่ระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการปัญหาน้ำท่วมโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยประชาชนมีส่วนร่วมในการกำหนดปัญหาวางแผน และการประเมินผลมากกว่าการลงมือปฏิบัติ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาน้ำท่วม การนำผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาบูรณาการร่วมกับกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนผ่านการประชุมสนทนากลุ่ม ช่วยให้เกิดการกำหนดยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำท่วมตามหลักการป้องกัน การเตรียมความพร้อม การรับมือ และการฟื้นฟูที่สอดคล้องกับบริบทพื้นที่จริง ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการมีส่วนร่วมของชุมชนสามารถสนับสนุนการบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในระดับท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนานโยบายและการจัดการน้ำท่วมในพื้นที่อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้

คำสำคัญ: การมีส่วนร่วมของชุมชน ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำท่วม 2R 2P
พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ
การวิเคราะห์แบบถ่วงน้ำหนัก

บทนำ

ปัญหาน้ำท่วมเป็นหนึ่งในภัยพิบัติทางธรรมชาติที่สร้างผลกระทบอย่างรุนแรงต่อระบบเศรษฐกิจ สังคม และคุณภาพชีวิตของประชาชน โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งมีข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐานและการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ นอกจากนี้จากการรายงานของสำนักงานเพื่อการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติแห่งสหประชาชาติ และคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ระบุว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสม และการขยายตัวของชุมชนเมือง เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ความถี่และความรุนแรงของน้ำท่วมเพิ่มสูงขึ้น (IPCC, 2022; UNDRR, 2019)

สำหรับในประเทศไทย ปัญหาน้ำท่วมยังคงเกิดขึ้นซ้ำซาก โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มต่ำและพื้นที่ชุมชนริมแหล่งน้ำ จังหวัดลพบุรีเป็นหนึ่งในพื้นที่ภาคกลางที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาน้ำท่วมอย่างสม่ำเสมอ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาและคลองชลประทานชัยนาท–ป่าสัก ประกอบกับลักษณะภูมิประเทศที่เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำและการขยายตัวของชุมชนในเขตเสี่ยงน้ำท่วม ส่งผลให้หลายพื้นที่ โดยเฉพาะตำบลเขาพระงาม ต้องเผชิญกับน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน สร้างความเสียหายต่อทรัพย์สิน การประกอบอาชีพ และคุณภาพชีวิตของประชาชนอย่างต่อเนื่อง สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าปัญหาน้ำท่วมในระดับพื้นที่ไม่ได้เป็นเพียงผลจากปัจจัยธรรมชาติเท่านั้น หากแต่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างการบริหารจัดการน้ำ การวางผังการใช้ที่ดิน และการขาดเครื่องมือเชิงพื้นที่ที่สนับสนุนการตัดสินใจอย่างเป็นระบบ

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ โดยเฉพาะระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินและวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม เนื่องจากสามารถบูรณาการข้อมูลด้านภูมิประเทศ อุทกวิทยา และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยในภูมิภาคเอเชียพบว่าการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมด้วย GIS และเทคนิคการวิเคราะห์แบบหลายเกณฑ์สามารถสะท้อนความเปราะบางของพื้นที่ได้อย่างชัดเจน และเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนจัดการน้ำท่วมในระดับท้องถิ่น (Kazakis *et al.,* 2015; Rahmati *et al*., 2016)

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยด้านการประเมินพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศส่วนใหญ่ยังคงมุ่งเน้นการวิเคราะห์เชิงเทคนิคเป็นหลัก โดยขาดการเชื่อมโยงผลการวิเคราะห์กับกระบวนการตัดสินใจและการมีส่วนร่วมของประชาชนในระดับชุมชน ขณะที่งานวิจัยด้านการจัดการภัยพิบัติในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ชี้ให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเตรียมความพร้อม การรับมือ และการฟื้นฟูหลังเกิดอุทกภัย (Shaw *et al*., 2014)

งานวิจัยนี้ใช้หลักการ 2R 2P เป็นกรอบแนวคิดในการบริหารจัดการน้ำท่วม ซึ่งประกอบด้วย การป้องกัน (prevention) การเตรียมความพร้อม (preparedness) การรับมือ (response) และการฟื้นฟู (recovery) โดยครอบคลุมการดำเนินงานทั้งก่อนเกิดภัย ระหว่างเกิดภัย และหลังเกิดภัย แนวคิดดังกล่าวช่วยให้การจัดการน้ำท่วมเป็นไปอย่างเป็นระบบ ลดความเสียหาย และเพิ่มศักยภาพของชุมชนในการรับมือกับภัยพิบัติได้อย่างยั่งยืน (Cronstedt, 2002; UNDRR, 2019)

การบูรณาการเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับการมีส่วนร่วมของชุมชนจึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในระดับท้องถิ่น เนื่องจากสามารถผสานข้อมูลเชิงพื้นที่เชิงวิทยาศาสตร์เข้ากับองค์ความรู้และประสบการณ์ของประชาชนในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม งานวิจัยเรื่อง “การบูรณาการเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม: กรณีศึกษาตำบลเขาพระงาม จังหวัดลพบุรี” จึงมีความสำคัญในการพัฒนาองค์ความรู้และแนวทางเชิงปฏิบัติที่สอดคล้องกับบริบทพื้นที่จริง

และสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผนเชิงนโยบายและการจัดการน้ำท่วมอย่างยั่งยืนในระดับชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (mixed methods research) โดยบูรณาการการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมและการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการน้ำท่วม พื้นที่ศึกษาคือ เทศบาลตำบลเขาพระงาม อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมตำบลเขาพระงาม อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี มีพื้นที่ 21.01 ตารางกิโลเมตร หรือ 13,131.25 ไร่ ลักษณะของพื้นที่เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำและระบบคลองชลประทานชัยนาท–ป่าสัก อยู่ทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมดำเนินการโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.0 โดยอาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และคัดเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่วมจำนวน 9 ปัจจัย ประกอบด้วย 1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวัน 2) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 3) ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ 4) ความหนาแน่นของเส้นทางน้ำ 5) ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 6) ความหนาแน่นของสิ่งกีดขวางทางน้ำ 7) การระบายน้ำของดิน 8) ความลาดชัน 9) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Kazakis *et al*., 2015; Rahmati *et al*., 2016; Lee and Rezaie, 2022) แต่ละปัจจัยได้รับการกำหนดค่าคะแนน (R) ตามระดับความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย และกำหนดค่าน้ำหนัก (W) ตามความสำคัญของปัจจัย (Table 1)

Table 1 Weights and scores of factors used for flood risk area analysis

Factor	Weight	Description	Score
1) Average daily rainfall	9	<35 mm	1
source: Department of Meteorology		35.1–90 mm	2
(2021)		90.1–120 mm	3
		120.1–140 mm	4
		>140 mm	5
2) Average annual rainfall	8	<1,000 mm/year	1
source: Department of Meteorology		1,000–1,100 mm/year	2
(2021)		1,101–1,200 mm/year	3
		1,201–1,300 mm/year	4
		>1,300 mm/year	5

Table 1 (Continued)

Factor	Weight	Description	Score
3) Distance from water bodies	8	<500 m	5
source: Royal Irrigation Department		501–1,000 m	4
(2012)		1,001–2,000 m	3
		2,001–3,000 m	2
		>3,000 m	4
4) Drainage density	7	<0.20 km/km²	1
source: Royal Irrigation Department		0.21–0.40 km/km²	2
(2012)		0.41–0.60 km/km²	3
		0.61–0.80 km/km²	4
		>0.80 km/km²	5
5) Elevation	6	<120 m	5
source: Mitrearth (n.d.)		121–150 m	4
		151–250 m	3
		251–350 m	2
		>350 m	1
6) Density of waterway obstructions	5	<0.1 km/km²	1
source: Royal Irrigation Department		0.11–0.20 km/km²	2
(2012)		0.21–0.30 km/km²	3
		0.31–0.40 km/km²	4
		>0.40 km/km²	5
7) Soil drainage capacity	4	Very poor	5
source: Department of Land		Poor	4
Development (2020)		Moderate	3
		Good	2
		Very good	1
8) Slope	3	<1%	5
source: Mitrearth (n.d.)		1–5 %	4
		5.1–10%	3
		10.1–20%	2
		>20 %	1

Table 1 (Continued)

Factor	Weight	Description	Score
9) Land use	2	Urban and residential areas	5
source: Department of Land		Agricultural areas	4
Development (2020)		Forest areas	3
		Water bodies	2
		Miscellaneous land	1

A score of 5 indicates areas with the highest flood risk. A score of 4 indicates areas with high flood risk.
A score of 3 indicates areas with moderate flood risk. A score of 2 indicates areas with low flood risk.
A score of 1 indicates areas with the lowest flood risk.

จากนั้นนำข้อมูลทุกชั้นมาคำนวณค่าคะแนนรวมของความเสี่ยงน้ำท่วมด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Overlay Analysis) (Alharbi, 2024) ตามสมการ

$$S = \sum (R_i x W_i)$$

โดยที่ S คือ คะแนนรวมของปัจจัยที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย
R คือ ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย
W คือ ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

ภายหลังจากการคำนวณคะแนนรวมของพื้นที่แล้ว ได้มีการจัดระดับความเสี่ยงภัยน้ำท่วมโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ตามแนวทางของ Büchele *et al*. (2006) โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมระดับสูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก ซึ่งช่วยให้สามารถจำแนกพื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงแตกต่างกันได้อย่างชัดเจนและเหมาะสม ต่อการนำไปใช้ในการวางแผนบริหารจัดการน้ำท่วมในระดับพื้นที่

การศึกษาการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการน้ำท่วม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชาชนในชุมชนบ้านไผ่ขวางมีจำนวนทั้งสิ้น 559 คน ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากสูตรของ Yamane (1973) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 ซึ่งได้จากการคำนวณจะได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 233 คน อย่างไรก็ตาม การเก็บข้อมูลภาคสนามสามารถดำเนินการได้จริงจำนวน 167 คน เนื่องจากข้อจำกัดด้านบริบทพื้นที่และความสมัครใจของประชาชนในการให้ข้อมูล โดยกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ 30 ของประชากรทั้งหมด ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในระดับชุมชน (Chuan, 2006)

เครื่องมือวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ และระยะเวลาในการตั้งถิ่นฐาน 2) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์น้ำท่วมในชุมชน โดยใช้แบบสอบถามปลายปิดชนิดเลือกตอบ 2 ตัวเลือก คือ ใช่ และไม่ใช่ จำนวน 10 ข้อ ประเมินกลุ่มที่มีความรู้ความ

เข้าใจออกเป็น 3 ระดับ ได้คะแนน 1.0–4.3 ระดับต่ำ คะแนน 4.4–7.6 ระดับปานกลาง และคะแนน 7.7–10.0 ระดับสูง และ 3) การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการน้ำท่วม 4 ด้าน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การวางแผนแก้ไขปัญหา การลงมือปฏิบัติ และการติดตามประเมินผล โดยประเมินระดับการมีส่วนร่วมตามเกณฑ์ค่าเฉลี่ยแบบจัดชั้น (class interval) แบ่งออกเป็น 6 ระดับ ตั้งแต่ไม่มีส่วนร่วมเลยคะแนนเฉลี่ย 0–0.83 จนถึงมีส่วนร่วมในระดับมากที่สุดคะแนนเฉลี่ย 4.20–5.00

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงพื้นที่วิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลจากแบบสอบถามวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมทั้งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยด้านบุคคลต่อการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำท่วม และปัจจัยทางด้านบุคคล ต่อความรู้ความเข้าใจและการรับทราบสภาพทั่วไปของปัญหาอุทกภัย โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation

การบูรณาการข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วม

ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจาก GIS นำมาบูรณาการร่วมกับข้อมูลการมีส่วนร่วมของประชาชน และใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการจัดเวทีเสวนาร่วมระหว่างชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดแนวทางการบริหารจัดการน้ำท่วมตามบริบทพื้นที่อย่างเหมาะสม (Figure 1)

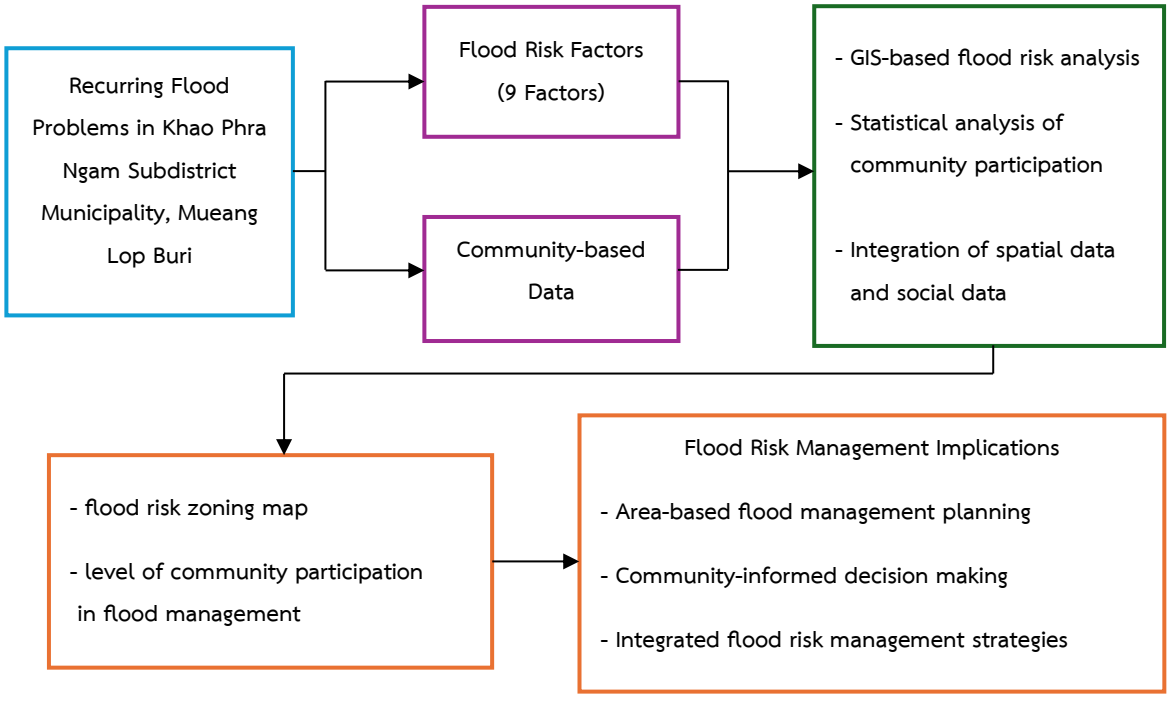


Figure 1 Conceptual framework

ผลการวิจัย

พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม

จากการวิเคราะห์แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Overlay Analysis) พบว่าตำบลเขาพระงามมีพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมรวมทั้งหมด 86,330 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมสูงมาก 508 ไร่ เสี่ยงภัยระดับสูง 5,262 ไร่ เสี่ยงภัยระดับปานกลาง 11,645 ไร่ เสี่ยงภัยระดับต่ำ 2,742 ไร่ และเสี่ยงภัยระดับต่ำมาก 171 ไร่ ซึ่งสังเกตได้ว่าชุมชนบ้านไผ่ขวางส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยสูงและสูงมาก (Figure 2) เนื่องมาจากเพราะมีหลายปัจจัยที่ส่งเสริมการเกิดน้ำท่วมพร้อมกัน ไม่ว่าจะเป็นปริมาณน้ำฝนสูงมีค่าเฉลี่ย 1.101-1.200 มิลลิเมตร/ปี ความใกล้แหล่งน้ำ ความหนาแน่นของเส้นทางน้ำมากกว่า 0.80 กม./ตร.กม. และลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มต่ำ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางน้อยกว่า 120 เมตร (Table 1)

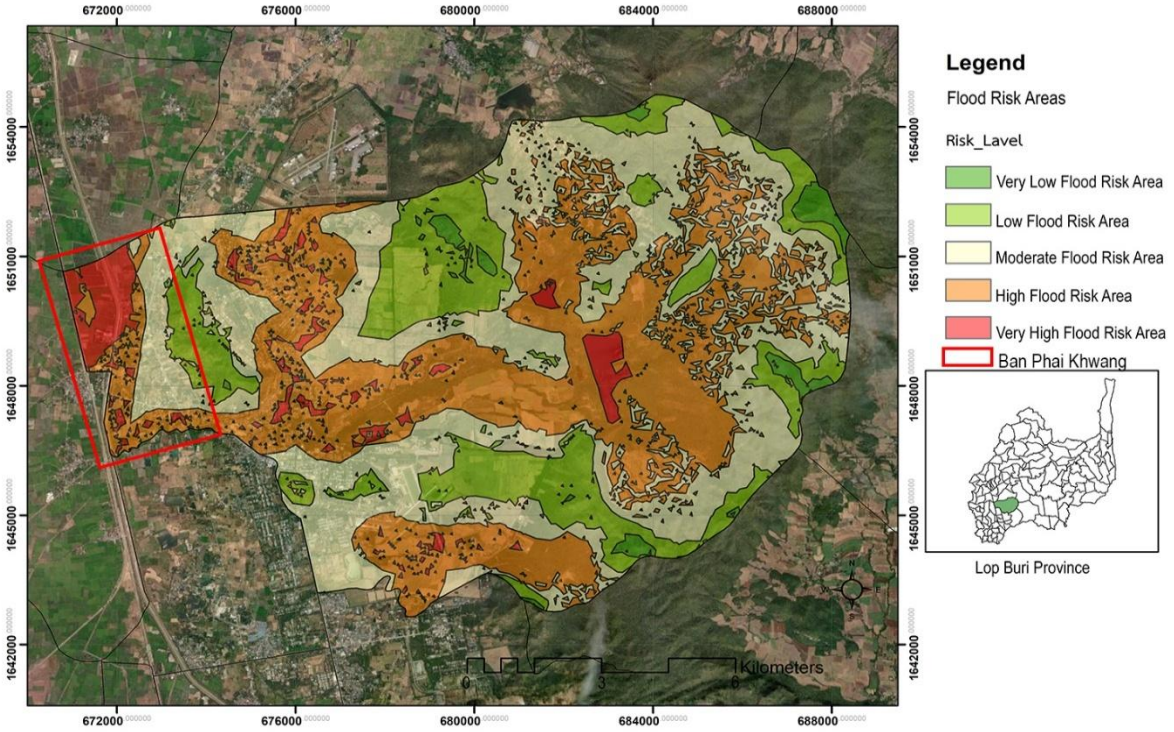


Figure 2 Flood hazard map of Khao Phra Ngam Subdistrict, Mueang Lopburi District, Lopburi Province, Thailand

การศึกษาระดับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำท่วมบ้านไผ่ขวาง

จากการเก็บรวบรวมโดยใช้แบบสอบถามจำนวน 167 ชุด วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการปัญหาน้ำท่วมชุมชนบ้านไผ่ขวาง ปรากฏผลการศึกษาดังนี้ (Table 2)

Table 2 Personal characteristics of the sample from Ban Phai Khwang Community, Khao Phra Ngam Subdistrict Lop Buri (n=167)

Characteristics	Category	Frequency (persons)	Percentage (%)
Gender	Male	69	41.3
	Female	98	58.7
Age (years)	Below 30	14	8.4
	31–40	29	17.4
	41–50	26	15.6
	51–60	38	22.8
	60 and above	60	35.9
Education level	Primary school or below	83	49.7
	Secondary school	36	21.6
	Diploma	20	12.0
	Bachelor's degree	26	15.6
	Higher than Bachelor's degree	2	1.2
Occupation	Government officer / State enterprise	15	9.0
	Agriculture	11	6.6
	General labor	67	40.1
	Trading / Business	39	23.4
	Student	8	4.8
	Others	27	16.2
Monthly income (THB)	Less than 5,000	67	40.1
	5,001–10,000	49	29.3
	10,001–15,000	30	18.0
	15,001–20,000	8	4.8
	20,001–25,000	7	4.2
	25,000 and above	6	3.6

Table 2 (Continued)

Characteristics	Category	Frequency (persons)	Percentage (%)
Length of residence	Less than 5 years	2	1.2
	6–10 years	5	3.0
	11–15 years	5	3.0
	16–20 years	15	9.0
	More than 20 years	140	83.8

ความรู้ความเข้าใจและการรับทราบปัญหาน้ำท่วมของชุมชนไผ่ขวาง

โดยภาพรวมประชาชนในชุมชนไผ่ขวางมีความรู้ความเข้าใจและการรับทราบสภาพปัญหาน้ำท่วมอยู่ในระดับสูง (คะแนนเฉลี่ย 8.4) โดยส่วนใหญ่รับรู้ว่าน้ำท่วมส่งผลกระทบและสร้างความเสียหายต่อชุมชนอย่างชัดเจน รวมทั้งตระหนักว่าการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างผู้นำชุมชนและประชาชน นอกจากนี้ ประชาชนมีความเข้าใจลักษณะพื้นที่ว่ามีสภาพเป็นที่ราบลุ่มและมีคลองอยู่ทางด้านตะวันตก ซึ่งเป็นจุดเสี่ยงสำคัญของการเกิดน้ำท่วม อย่างไรก็ตาม ประเด็นเกี่ยวกับระดับคลองชุมชนเมื่อเทียบกับคลองชลประทาน และช่องทางการขอความช่วยเหลือยังอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการเสริมสร้างการสื่อสารข้อมูลและการเตรียมความพร้อมของชุมชนให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชนไผ่ขวางในการจัดการปัญหาน้ำท่วม

พบว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชนไผ่ขวางในการจัดการปัญหาน้ำท่วมทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.52 โดยด้านการติดตามและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 2.71 รองลงมาคือ ด้านการกำหนดปัญหา ด้านการวางแผนแก้ไขปัญหา และด้านการลงมือปฏิบัติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.64, 2.49 และ 2.22 ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Level of community participation in flood management in Ban Phai Khwang Community (n=167)

Dimension of participation	Mean $(\bar{x})$	SD	Interpretation	Rank
Problem identification	2.64	1.58	Moderate	2
Planning and problem-solving	2.49	1.56	Moderate	3
Implementation	2.22	1.48	Low	4
Monitoring and evaluation	2.71	1.63	Moderate	1
Overall	**2.52**	**1.56**	**Moderate**	**-**

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการปัญหาน้ำท่วมของชุมชนบ้านไผ่ขวาง

พบว่ามี 4 ปัจจัย ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาน้ำท่วม โดยระดับการศึกษา รายได้ และความรู้ความเข้าใจมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีส่วนร่วม หมายความว่าผู้ที่มีการศึกษาสูง มีรายได้สูง และมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาน้ำท่วมมาก มีแนวโน้มเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการปัญหาน้ำท่วมมากขึ้น ขณะที่อาชีพมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการมีส่วนร่วม สะท้อนให้เห็นว่าลักษณะอาชีพบางประเภทอาจเป็นข้อจำกัดต่อการเข้ามามีส่วนร่วมของประชาชนในกิจกรรมการจัดการน้ำท่วมของชุมชน (Table 4)

Table 4 Relationship between factors influencing community participation in flood management in Ban Phai Khwang Community

Factors	Community participation in flood management	
	Correlation coefficient	Significance level (*p*-value)
Education level	0.200**	0.010
Occupation	-0.154*	0.047
Income	0.224*	0.004
Flood-related knowledge and awareness	0.159*	0.040

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

การบูรณาการข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วม

ผู้วิจัยได้มีการนำเสนอผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม และผลการมีส่วนร่วมของชุมชนบ้านไผ่ขวางในการจัดการปัญหาน้ำท่วมแก่ชุมชนบ้านไผ่ขวาง และมีการจัดการประชุมแบบสนทนากลุ่ม (Focus group) จำนวน 2 ครั้ง เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำท่วมในระดับชุมชน โดยยึดหลักการบริหารจัดการภัยพิบัติ 2R 2P ได้แก่ การป้องกัน (prevention) การเตรียมความพร้อม (preparedness) การรับมือ (response) และการฟื้นฟู (recovery)

ในการประชุมครั้งที่ 1 มีตัวแทนชุมชนเข้าร่วมจำนวน 45 คน ผลการสนทนากลุ่ม พบว่าชุมชนให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมด้านทรัพยากรอุปกรณ์จำเป็น การประชาสัมพันธ์ การจัดตั้งศูนย์อพยพ และการติดตามสถานการณ์น้ำล่วงหน้า ขณะเดียวกัน ด้านการป้องกันมุ่งเน้นมาตรการเชิงโครงสร้างและการเฝ้าระวัง เช่น การติดตั้งเครื่องสูบน้ำ การสร้างคันกั้นน้ำ และการบริหารจัดการระบบระบายน้ำในพื้นที่ ด้านการรับมือและตอบสนองเน้นการคุ้มครองกลุ่มเปราะบาง การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และการลดความเสียหายเฉพาะหน้า ส่วนด้านการฟื้นฟูให้ความสำคัญกับการเยียวยาอย่างเป็นธรรม การซ่อมแซมที่อยู่อาศัย การฟื้นฟูระบบสาธารณูปโภค และการฟื้นฟูอาชีพของประชาชนในชุมชน (Figure 3a) และในการประชุมครั้งที่ 2 โดยมีหน่วยงานราชการด้านการบริหารจัดการน้ำเข้าร่วม คือ สำนักงานชลประทานจังหวัดลพบุรี ซึ่งได้ชี้แจงผลการดำเนินงานที่ผ่านมาและแผนงานในอนาคต พร้อมเปิดโอกาสให้ชุมชนเสนอข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อใช้ประกอบการจัดการปัญหาน้ำท่วมในระยะยาว ผลการประชุมสะท้อนถึงความพยายามในการเชื่อมโยงการบริหารจัดการน้ำระหว่างชุมชนและหน่วยงานภาครัฐ เพื่อมุ่งสู่การจัดการปัญหาน้ำท่วมอย่างยั่งยืนในพื้นที่ชุมชนบ้านไผ่ขวาง (Figure 3b)



(a) The first focus group discussion



(b) The second focus group discussion with relevant government agencies

Figure 3 Focus group discussion of Phai Khwang Community for flood management

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การบูรณาการเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับการมีส่วนร่วมของชุมชน สามารถอธิบายและสนับสนุนการบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในระดับท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าพื้นที่ชุมชนบ้านไผ่ขวาง ตำบลเขาพระงาม เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ ตั้งอยู่ใกล้คลองชลประทานชัยนาท–ป่าสัก มีระดับความเสี่ยงภัยน้ำท่วมอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Rahmati *et al*. (2016) ที่ระบุว่าปัจจัยด้านความสูง ระยะห่างจากแหล่งน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำ นอกจากนี้ การขยายพื้นที่เกษตรกรรมอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดผลกระทบอย่างชัดเจน เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่มและอยู่ใกล้คลองชลประทาน ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต รายได้ และต้นทุนการฟื้นฟูของเกษตรกร โดยเฉพาะครัวเรือนที่มีรายได้น้อย ซึ่งมีความเปราะบางต่อภัยพิบัติมากกว่า โดยชุมชนได้เสนอแผนการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ การปรับปรุงระบบระบายน้ำ การสร้างคันกั้นน้ำ และการติดตามสถานการณ์น้ำล่วงหน้า จะสามารถช่วยลดระยะเวลาน้ำท่วมขังและลดความเสียหายต่อพื้นที่เกษตรกรรมได้ ผลการศึกษาในมิติด้านสังคม พบว่าประชาชนในชุมชนไผ่ขวางมีความรู้ความเข้าใจและการรับทราบปัญหาน้ำท่วมอยู่ในระดับสูง ขณะที่ระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการปัญหาน้ำท่วมโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยประชาชนมีบทบาทเด่นในด้านการรับรู้ การกำหนดปัญหาและการประเมินผล มากกว่าการลงมือปฏิบัติในเชิงปฏิบัติการ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Maskrey (2011) และ Shaw *et al*. (2014) ที่ระบุว่าชุมชนที่เผชิญภัยพิบัติซ้ำซากมักมีระดับการรับรู้ความเสี่ยงสูง แต่การมีส่วนร่วมในเชิงปฏิบัติมักถูกจำกัดด้วยข้อจำกัดด้านทรัพยากร เวลา และบทบาทของหน่วยงานภายนอก นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่าระดับการศึกษา รายได้ และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาน้ำท่วมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีส่วนร่วมของประชาชน ขณะที่อาชีพมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการมีส่วนร่วม สะท้อนให้เห็นว่าศักยภาพทางสังคมและเศรษฐกิจเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดความสามารถของประชาชนในการเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการภัยพิบัติ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cutter *et al*. (2010) ที่ชี้ว่าปัจจัยทางสังคมและเศรษฐกิจมีบทบาทสำคัญต่อความเปราะบางและความสามารถในการรับมือภัยพิบัติของชุมชน

การบูรณาการผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่จาก GIS เข้ากับกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนผ่านการประชุมสนทนากลุ่มตามหลักการ 2R 2P แสดงให้เห็นว่าข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถช่วยแปลงองค์ความรู้ทางเทคนิคให้กลายเป็นแนวทางการจัดการน้ำท่วมที่สอดคล้องกับบริบทพื้นที่จริงได้อย่างเป็นรูปธรรม สำหรับการใช้แผนที่พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมเป็นฐานในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นช่วยให้ชุมชนสามารถกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกัน การเตรียมความพร้อม การรับมือ และการฟื้นฟูได้อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการความเสี่ยงภัยพิบัติแบบมีส่วนร่วมของ UNDRR (2019) และ IPCC (2022) ที่เน้นการบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่กับองค์ความรู้ท้องถิ่นเพื่อเพิ่มความยั่งยืนในการจัดการภัยพิบัติได้ และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการตัดสินใจเชิงนโยบายและลดความเสี่ยงจากอุทกภัยในระยะยาวได้เป็นอย่างดี

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับการมีส่วนร่วมของชุมชนสามารถสนับสนุนการบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในระดับชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พบว่าตำบลเขาพระงามมีพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมรวมทั้งหมด 86,330 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมสูงมาก 508 ไร่ เสี่ยงภัยระดับสูง 5,262 ไร่ เสี่ยงภัยระดับปานกลาง 11,645 ไร่ เสี่ยงภัยระดับต่ำ 2,742 ไร่ และเสี่ยงภัยระดับต่ำมาก 171 ไร่ และยังพบว่าชุมชนบ้านไผ่ขวางส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมระดับสูงและสูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม ประกอบด้วยปริมาณน้ำฝนที่มีค่าเฉลี่ยสูง ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ พื้นที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำและมีความหนาแน่นของสิ่งกีดขวางทางน้ำสูง ผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ดังกล่าวทำหน้าที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ช่วยให้สามารถระบุจุดเสี่ยงและระดับความเปราะบางของพื้นที่ได้อย่างชัดเจนและเป็นระบบ ส่วนในด้านมิติทางสังคม ผลการศึกษาพบว่า ประชาชนในชุมชนมีความรู้ความเข้าใจและการรับทราบปัญหาน้ำท่วมอยู่ในระดับสูง ขณะที่ระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการปัญหาน้ำท่วมโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยประชาชนมีส่วนร่วมในการกำหนดปัญหา วางแผน และการประเมินผลมากกว่าการลงมือปฏิบัติ นอกจากนี้ ยังพบว่าปัจจัยด้านการศึกษา รายได้ และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาน้ำท่วมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีส่วนร่วมของประชาชน สะท้อนให้เห็นว่าศักยภาพทางสังคมและองค์ความรู้มีบทบาทสำคัญต่อการมีส่วนร่วมในการจัดน้ำท่วมในระดับชุมชน

ดังนั้น การบูรณาการเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศภูมิศาสตร์กับการมีส่วนร่วมของชุมชน จึงทำให้ผลการวิจัยสามารถตอบวัตถุประสงค์ได้ครบทั้ง 2 มิติ คือ มิติด้านพื้นที่ ซึ่งช่วยระบุจุดเสี่ยงและความเปราะบางของพื้นที่อย่างชัดเจน และมิติด้านสังคม ซึ่งช่วยอธิบายศักยภาพข้อจำกัด และความพร้อมของชุมชนในการจัดการน้ำท่วม เมื่อนำทั้งสองส่วนมารวมกันผ่านกระบวนการประชุมสนทนากลุ่ม จึงสามารถกำหนดยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำท่วมตามหลัก 2R 2P ที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่จริงได้ ทั้งในด้านการป้องกัน การเตรียมความพร้อม การรับมือ และการฟื้นฟู ทำให้การจัดการน้ำท่วมมีลักษณะเป็นระบบ ครอบคลุม และยั่งยืนมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณประชาชนชุมชนบ้านไผ่ขวาง ผู้นำชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ที่ร่วมแลกเปลี่ยนข้อมูลและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดแนวทางการบริหารจัดการน้ำท่วมในระดับชุมชน และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Alharbi, T. 2024. A weighted overlay analysis for assessing urban flood risks in arid lands: a case study of Riyadh, Saudi Arabia. **Water** 16(3): 397. https://doi.org/10.3390/w16030397

Büchele, B., H. Kreibich and F. Nestmann. 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. **Natural Hazards and Earth System Sciences** 6(3): 485–503. https://doi.org/10.5194/nhess-6-485-2006

Chuan, C.L. 2006. Sample size estimation using Krejcie and Morgan and Cohen statistical power analysis: a comparison. **Jurnal Penyelidikan IPBL** 7: 78–86.

Cronstedt, M. 2002. Prevention, preparedness, response, recovery – an outdated concept? Australian **Journal of Emergency Management** 17(2): 10–13.

Cutter, S.L., C.G. Burton and C.T. Emrich. 2010. Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. **Journal of Homeland Security and Emergency Management** 7(1): 1–24. https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732

Department of Land Development. 2020. **Soil drainage capacity data**. Retrieved from https://gdcatalog.go.th/en/dataset/gdpublish-oss01

Department of Meteorology. 2021. **Annual mean rainfall in Thailand (mm).** Retrieved from https://www.tmd.go.th/ClimateChart/annual-mean-rainfall-in-thailand-mm

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2022. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.** Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press. 3056 p. https://doi.org/10.1017/9781009325844.

Kazakis, N., I. Kougias and T. Patsialis. 2015. Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and analytical hierarchy process: application in Rhodope-Evros region, Greece. **Science of the Total Environment** 538: 555–563. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.055

Lee, S. and F. Rezaie. 2022. Data used for GIS-based flood susceptibility mapping. **GEO DATA** 4(1): 1–15. https://doi.org/10.22761/DJ2022.4.1.001

Maskrey, A. 2011. Revisiting community-based disaster risk management. **Environmental Hazards** 10(1): 42–52. https://doi.org/10.3763/ehaz.2011.0005

Mitrearth. n.d. **52 Lop Buri: geography map.** Retrieved from https://www.mitrearth.org/m52-lop-buri/

Rahmati, O., H.R. Pourghasemi and A.M. Melesse. 2016. Application of GIS-based data driven random forest and maximum entropy models for groundwater potential mapping: a case study at Mehran Region, Iran. **Catena** 137: 306–372. http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2015.10.010

Royal Irrigation Department. 2012. **Guidelines for preparing geospatial data for the irrigation area information system: irrigation area data verification project.** Retrieved from http://irrigation.rid.go.th/rid1/waterrid2/data/mand.pdf

Shaw, R., J.M. Pulhin and J.J. Pereira. 2014. Climate change adaptation and disaster risk reduction: issues and challenges. community. **Environment and Disaster Risk Management** 13: 1–19.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). 2019. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2019**. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction. 472 p.

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

Journal of Agricultural Research and Extension 43(3): 294-306

การวิเคราะห์การตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้

An Analysis of Career Decision-making after Graduation of Maejo University Graduates

ปิยะ พละปัญญา จักรพงษ์ พวงงามชื่น* และธีรภัทร์ จุ่มปี๋

Piya Palapunya, Jukkaphong Poung-Ngamchuen* and Teeraphat Jumpee

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

*Corresponding author: jukkaphong.mju@gmail.com

*ORCID iD: https://orcid.org/0009-0000-5688-3162

Received: *October 24, 20265*

Revised: *April 21, 2026*

Accepted: *May 14, 2026*

Abstract

This study aimed to investigate the personal, academic, and psychological profile, including career decision-making, and factors affecting career decision-making, as well as the reasons for pursuing a career after graduation among Maejo University graduates. Data were collected using an online questionnaire during the rehearsal day for the Royal Graduation Ceremony in the academic year 2023–2024 from 902 bachelor's graduates out of 2,101. The quota sampling and accidental random sampling methods were employed across 11 faculties, 2 colleges, and 2 educational areas to identify the sample group. The obtained data were analyzed using descriptive statistics, inferential statistics, and rationale content analysis. The results indicated that the majority of graduates (57.65%) were female, with an average age of 23.57 years, and most of them (62.19%) resided in the northern region. In addition, 61.10% had student loans debt, and 23.73% graduated from the Faculty of Business Administration. Furthermore, 74.50% had specialized knowledge in their field of graduation, and 68.74% had previously registered for cooperative education. However, 57.76% of the graduates were employed in their field of study and exhibited a favorable attitude towards pursuing careers in their field of study (mean=4.09). Meanwhile, the graduates reported high levels of inspiration from teachers (mean=4.18), motivation from friends (mean=4.07), and career decision-making after graduation (mean=4.21). Moreover, the analysis revealed four factors affecting career decision-making after graduation, namely: age, attitude towards pursuing careers in their field of study, inspiration from teachers, and motivation from friends. Finally, most graduates decided to pursue an entrepreneurial career (35.03%) due to its independence, despite the relative investment risks under uncertain economic conditions.

Keywords: career decision-making, Maejo University, pursuing career in the field of study

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจข้อมูลด้านส่วนบุคคล วิชาการ และจิตวิทยา รวมทั้งการตัดสินใจประกอบอาชีพ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพ และเหตุผลในการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามออนไลน์ในวันซ้อมใหญ่พิธีพระราชทานปริญญาบัตรประจำปีการศึกษา 2566–2567 กับบัณฑิตระดับปริญญาตรี จำนวน 902 คนจากทั้งหมด 2,101 คน กำหนดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบโควต้าและการสุ่มแบบบังเอิญจาก 11 คณะวิชา 2 วิทยาลัย และ 2 เขตพื้นที่การศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา สถิติเชิงอนุมาน และการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงเหตุผล ผลการศึกษาพบว่าบัณฑิตส่วนใหญ่ (ร้อยละ 57.65) เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 23.57 ปี มีภูมิลำเนาอยู่ในภาคเหนือ (ร้อยละ 62.19) มีภาระหนี้สินจากกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) (ร้อยละ 61.10) สำเร็จการศึกษาจากคณะบริหารธุรกิจมากที่สุด (ร้อยละ 23.73) มีความรู้เฉพาะทางสาขาวิชา (ร้อยละ 74.50) และเคยลงทะเบียนรายวิชาสหกิจศึกษา (ร้อยละ 68.74) อย่างไรก็ตาม บัณฑิตร้อยละ 57.76 มีลักษณะงานที่กำลังทำใกล้เคียงกับสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา และมีทัศนคติต่อการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (ค่าเฉลี่ย 4.09) ในขณะที่ บัณฑิตมีแรงบันดาลใจจากอาจารย์ผู้สอน (ค่าเฉลี่ย 4.18) แรงจูงใจจากเพื่อน (ค่าเฉลี่ย 4.07) และมีการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.21) นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์พบ 4 ปัจจัย ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตในภาพรวม ได้แก่ อายุ ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา แรงบันดาลใจจากอาจารย์ผู้สอน และแรงจูงใจจากเพื่อน โดยบัณฑิตตัดสินใจประกอบอาชีพผู้ประกอบการมากที่สุด (ร้อยละ 35.03) เพราะมีความเป็นอิสระสูง แม้ว่าจะมีความเสี่ยงค่อนข้างสูงในการลงทุนภายใต้สภาวะเศรษฐกิจที่ไม่แน่นอนก็ตาม

คำสำคัญ: การตัดสินใจประกอบอาชีพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ การประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วของโลกในปัจจุบันเป็นผลมาจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Poung-Ngamchuen *et al*., 2019) และวิทยาการสมัยใหม่ ดังนั้น ประเทศที่กำลังพัฒนาโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทย ควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาประชากรภายในประเทศให้มีความรู้ความเข้าใจ และทักษะต่าง ๆ ในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อการดำรงชีวิตและพัฒนาประเทศ นอกจากนี้ ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยียังส่งผลให้เกิดแนวทางของการประกอบอาชีพใหม่ ๆ ขึ้นมากมาย รวมทั้งค่านิยมของบัณฑิตจบใหม่ในการประกอบอาชีพตามกระแสสังคม เช่น อาชีพในรูปแบบออนไลน์ อาชีพที่ได้เงินเดือนมาก และอาชีพที่ไม่จำกัดคุณวุฒิ เป็นต้น โดยบัณฑิตส่วนใหญ่ในปัจจุบันให้ความสำคัญน้อยลงกับการประกอบอาชีพตรงตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา (Na Lampoon, 2025) อย่างไรก็ตาม หน่วยงานหรือสถาบันที่มีบทบาทในการพัฒนาศักยภาพประชากรในประเทศ คือ สถาบันการศึกษาในทุกระดับ โดยในภาพรวมของประเทศไทยทุกสถาบันการศึกษามีเป้าหมายหลักในการให้ความรู้ ทักษะ ความสามารถ และเสริมสร้างศักยภาพในการประกอบอาชีพแก่ผู้เรียนหลังสำเร็จการศึกษา (Srirattana *et al*., 2021) ซึ่งรวมถึงมหาวิทยาลัยแม่โจ้ด้วยเช่นกัน

มหาวิทยาลัยแม่โจ้เป็นสถาบันอุดมศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนมานานกว่า 90 ปี โดยเป็นมหาวิทยาลัยที่มีความชัดเจนและโดดเด่นในด้านการเกษตรที่ปรากฏอยู่ในปรัชญา “มุ่งมั่นพัฒนาบัณฑิตสู่ความเป็นผู้อุดมด้วยปัญญา อดทน สู้งาน เป็นผู้มีคุณธรรมและจริยธรรมเพื่อความเจริญรุ่งเรืองวัฒนาของสังคมไทย

ที่มีการเกษตรเป็นรากฐาน” ภายใต้การบริหารงานของคณะผู้บริหารที่มีการกำหนดวิสัยทัศน์ไว้ คือ “เป็นมหาวิทยาลัยชั้นนำที่มีความเป็นเลิศทางการเกษตรในระดับนานาชาติ” (Maejo University, 2024) มหาวิทยาลัยแม่โจ้มีการจัดการเรียนการสอนโดยแบ่งออกเป็นเขตพื้นที่การศึกษา 3 จังหวัด ได้แก่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ และมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ในแต่ละปีมีนักเรียนสนใจสมัครเข้าศึกษาต่อเป็นจำนวนมาก จนได้รับการจัดอันดับเป็นมหาวิทยาลัยยอดนิยมอันดับที่ 8 ของประเทศประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2566 (Thailand Education Ranking, 2023) และสามารถผลิตบัณฑิตเพื่อตอบสนองต่อตลาดแรงงานในหลากหลายวิชาชีพให้แก่ประเทศไทยมากกว่า 3,000 คนต่อปี

อย่างไรก็ตาม จากการสัมภาษณ์เบื้องต้นกับบัณฑิตพบว่า เนื่องด้วยวิกฤติเศรษฐกิจจากการระบาดของเชื้อไวรัสโคโลนา (Covid-19) ส่งผลกระทบในภาพรวมต่อบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจำนวนมากยังคงว่างงาน ในขณะที่ บัณฑิตที่ได้งานทำนั้นมีหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานไม่ตรงกับสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา ทั้งนี้ Rueannowa and Jitnopparut (2025) ได้กล่าวยืนยันว่าลักษณะงานที่ทำตรงกับสาขาที่สำเร็จการศึกษา และการนำความรู้จากสาขาวิชาที่เรียนไปใช้ในการปฏิบัติงานได้อย่างเต็มที่ มีผลต่อการได้งานทำหรือการประกอบอาชีพอิสระของบัณฑิตในระดับปริญญาตรี ในขณะที่ผู้บริหารในระดับคณะวิชากล่าวว่า การพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนต้องเป็นไปตามอัตลักษณ์ของบัณฑิตที่มหาวิทยาลัยกำหนด และความต้องการของผู้ประกอบการภายใต้กรอบมาตรฐานคุณวุฒิในระดับประเทศ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับแนวคิดของ Tintabura *et al*. (2024) ที่อธิบายว่าในอนาคตสถานประกอบการมีแนวโน้มต้องการบัณฑิตที่สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ สามารถใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยได้ มีทักษะด้านการสื่อสาร และมีความรู้ความสามารถที่ตรงกับคณะและสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา โดยเมื่อพิจารณาตามคุณลักษณะที่พึงประสงค์ภายใต้กรอบมาตรฐานคุณวุฒิ พบว่า ผู้ประกอบการมีความต้องการให้บัณฑิตมีคุณลักษณะเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ 1) ด้านคุณธรรมจริยธรรม 2) ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ 3) ด้านทักษะทางปัญญา 4) ด้านความรู้ และ 5) ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมให้บัณฑิตจบใหม่เห็นความสำคัญในการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา ถือเป็นการสนับสนุนให้บัณฑิตทุกคนได้ใช้ความรู้ความสามารถในการทำงานได้อย่างเต็มที่ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการเรียนการสอน และการบ่มเพาะให้นักศึกษามีความรู้ความเชี่ยวชาญตามสาขาวิชา ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการวิจัยไว้เพื่อศึกษา: 1) ข้อมูลด้านส่วนบุคคล ด้านวิชาการ และด้านจิตวิทยา 2) การตัดสินใจประกอบอาชีพ 3) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพ และ 4) เหตุผลในการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้กรอบของหลักการและแนวคิดของทฤษฎีทัศนคติ (Katz, 1960) ทฤษฎีแรงจูงใจ (Maslow, 1954) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแรงบันดาลใจ (Herzberg, 1995) และทฤษฎีการตัดสินใจประกอบอาชีพ (Holland, 1985) โดยคณะผู้วิจัยเชื่อมั่นว่าการศึกษาครั้งนี้จะสามารถเป็นแรงบันดาลใจให้แก่นักศึกษาทุกคนที่กำลังจะสำเร็จการศึกษาเป็นบัณฑิตในการนำความรู้ความสามารถทั้งหมดไปใช้เพื่อการทำงานและพัฒนาศักยภาพตามสายวิชาชีพของตนเองได้อย่างเต็มที่ และยังเป็นการตอบสนองต่อนโยบายของภาครัฐในการผลิตบุคลากรที่มีคุณภาพในทุกสาขาวิชาชีพให้แก่ประเทศอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ และเก็บรวบรวมข้อมูลในวันฝึกซ้อมใหญ่พิธีพระราชทานปริญญาบัตร ครั้งที่ 47 ประจำปีการศึกษา 2566–2567 ณ ศูนย์กีฬากาญจนาภิเษกรัชกาลที่ 9 ในวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 (Figure 1)



Figure 1 The rehearsal day for the royal graduation ceremony of academic year 2023–2024

ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษา ได้แก่ บัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีและเตรียมตัวเข้ารับพระราชทานปริญญาบัตร ครั้งที่ 47 ประจำปีการศึกษา 2566–2567 ในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 จาก 11 คณะวิชา 2 วิทยาลัย และ 2 พื้นที่การศึกษา รวมบัณฑิตทั้งสิ้น 2,101 คน (Office of Academic Administration and Development, 2024) โดยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling) ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกลุ่มประชากรด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จากเงื่อนไขการเป็นบัณฑิตในระดับปริญญาตรีหลักสูตร 4 ปี ผู้เข้าทำการฝึกซ้อมใหญ่ในพิธีพระราชทานปริญญาบัตร ครั้งที่ 47 ประจำปีการศึกษา 2566–2567 ณ ศูนย์กีฬากาญจนาภิเษก รัชกาลที่ 9 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 เท่านั้น

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็นด้วยวิธีการสุ่มแบบโควต้า (quota sampling) กำหนดโควต้าของกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 15 กลุ่มจาก 11 คณะวิชา 2 วิทยาลัย และ 2 พื้นที่การศึกษา

ขั้นตอนที่ 3 เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ (accidental random sampling) ในระยะเวลา 20 นาที ตามที่คณะกรรมการฝึกซ้อมบัณฑิตกำหนดไว้ในช่วงเวลา 09.00–09.20 น. ก่อนเริ่มการฝึกซ้อมใหญ่

หลังจากครบกำหนดเวลา 20 นาทีแล้ว คณะผู้วิจัยได้ตรวจสอบการตอบแบบสอบถามของบัณฑิต พบบัณฑิตที่ตอบแบบสอบถามครบถ้วนสมบูรณ์จำนวนทั้งสิ้น 902 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 42.93 จากบัณฑิตปริญญาตรีทั้งหมด โดยเป็นไปตามหลักเกณฑ์การพิจารณาจำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็นร้อยละของ Tirakanan (2014) ที่กำหนดให้ประชากร (N) ที่มีจำนวน 2,000–2,500 คน ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง (n) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 15 ของประชากรในการศึกษาทั้งหมด ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ คือ บัณฑิตปริญญาตรีจำนวน 902 คน

เครื่องมือในการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยข้อคำถามปลายปิด (close-ended questions) และปลายเปิด (open-ended questions) จำนวน 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ภูมิลำเนา ภาระหนี้สินจาก กยศ. ลักษณะทางวิชาการ ได้แก่ คณะ/วิทยาลัย/เขตพื้นที่การศึกษาที่สำเร็จการศึกษา ความรู้เฉพาะทางสาขาวิชา และการลงทะเบียนกลุ่มวิชาสหกิจศึกษา และลักษณะทางจิตวิทยา ได้แก่ ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา แรงบันดาลใจจากอาจารย์ผู้สอน และแรงจูงใจจากเพื่อน โดยลักษณะทางจิตวิทยาทั้ง 3 ตัวแปร เป็นข้อคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

ตอนที่ 2 การตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตใน 5 อาชีพ คือ 1) อาชีพรับราชการ 2) อาชีพพนักงานรัฐวิสาหกิจ 3) อาชีพพนักงานบริษัทเอกชน 4) อาชีพผู้ประกอบการ และ 5) อาชีพพนักงานองค์การระหว่างประเทศ ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

ตอนที่ 3 เหตุผลในการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิต โดยเป็นข้อคำถามแบบให้เลือกตอบได้เพียง 1 อาชีพจากทั้งหมด 5 อาชีพ และให้อธิบายถึงเหตุผลในการตัดสินใจเลือกอาชีพนั้น ๆ

ทั้งนี้ บัณฑิตได้รับอนุญาตให้สามารถนำโทรศัพท์มือถือติดตัวเข้าไปได้ แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเพียง 20 นาที ดังนั้น เพื่อความรวดเร็วจึงทำการแปลงแบบสอบถามเป็นแบบสอบถามออนไลน์ด้วยโปรแกรม Google Form โดยให้บัณฑิตสแกนแบบสอบถามผ่าน QR Code ที่เตรียมไว้แล้ว อย่างไรก็ตาม ลักษณะทางจิตวิทยาและการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตเป็นข้อคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ 5=มากที่สุด 4=มาก 3=ปานกลาง 2=น้อย และ 1=น้อยที่สุด โดยได้กำหนดการวัดระดับและช่วงคะแนนตามเกณฑ์ของ Likert (1967) ดังต่อไปนี้

ช่วงคะแนนเฉลี่ย ทัศนคติ / แรงบันดาลใจ / แรงจูงใจ / การตัดสินใจ

4.50–5.00 เห็นด้วยมากที่สุด / แรงบันดาลใจมากที่สุด / แรงจูงใจมากที่สุด / มากที่สุด

3.50–4.49 เห็นด้วยมาก / แรงบันดาลใจมาก / แรงจูงใจมาก / มาก

2.50–3.49 เห็นด้วยปานกลาง / แรงบันดาลใจปานกลาง / แรงจูงใจปานกลาง / ปานกลาง

1.50–2.49 เห็นด้วยน้อย / แรงบันดาลใจน้อย / แรงจูงใจน้อย / น้อย

1.00–1.49 เห็นด้วยน้อยที่สุด / แรงบันดาลใจน้อยที่สุด / แรงจูงใจน้อยที่สุด / น้อยที่สุด

นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความเที่ยงตรง (validity test) ของแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (Rovinelli and Hambleton, 1977) โดยผลการทดสอบพบค่า IOC ในภาพรวมเท่ากับ 0.929 ทั้งนี้ ค่า IOC เท่ากับ 0.5 ขึ้นไป ถือว่าทุกข้อคำถามมีความตรงตามเนื้อหาดีเยี่ยม สามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลได้ (Polit and Beck, 2014) และการทดสอบความเชื่อมั่น (reliability test) ด้วยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (1951) โดยผลการทดสอบได้ค่า Alpha Coefficient ดังนี้ ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพตามสาขาวิชา=0.901 แรงบันดาลใจจากอาจารย์ผู้สอน=0.875 แรงจูงใจจากเพื่อน=0.886 และการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิต=0.941 โดยค่า Alpha Coefficient ตั้งแต่ 0.71 ถึง 1.00 หมายถึงมีค่าความเชื่อมั่นสูงและสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้เป็นอย่างดี (Fisher and Corcoran, 1994)

การวิเคราะห์ข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) คือ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับข้อมูลลักษณะส่วนบุคคล ลักษณะทางวิชาการ ลักษณะทางจิตวิทยา การตัดสินใจประกอบ

อาชีพหลังสำเร็จการศึกษา และประเภทของอาชีพที่ตัดสินใจเลือกจากทั้งหมด 5 อาชีพ สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics) ได้แก่ การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) เป็นการพยากรณ์หาค่าสัมประสิทธิ์ α และ β_1 เพื่อหาสมการที่สามารถใช้พยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y) ได้แก่ การตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิต และตัวแปรอิสระ (X) ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 ตัวแปร ได้แก่ เพศ (X_1) อายุ (X_2) ภูมิลำเนา (X_3) ภาระหนี้สินจาก กยศ. (X_4) คณะที่สำเร็จการศึกษา (X_5) ความรู้เฉพาะทางสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา (X_6) การลงทะเบียนเรียนในรายวิชาสหกิจศึกษา (X_7) ลักษณะงานในปัจจุบัน (X_8) ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา (X_9) แรงบันดาลใจจากอาจารย์ (X_{10}) และแรงจูงใจจากเพื่อน (X_{11}) ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \ldots + \beta_{11} X_{11} \quad (1)$$

โดยที่

Y = การตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิต

β = ค่าคงที่ (Constant)

$\beta_1 - \beta_{11}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ

$X_1 - X_{11}$ = ตัวแปรอิสระ 11 ตัวแปร

สำหรับข้อมูลด้านเหตุผลในการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงเหตุผล (rationale content analysis)

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ลักษณะส่วนบุคคล ลักษณะทางวิชาการ และลักษณะทางจิตวิทยาของบัณฑิต

ผลการศึกษา พบว่าบัณฑิตมากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 57.65) เป็นเพศหญิงมีอายุเฉลี่ย 23.57 ปี ส่วนใหญ่มีภูมิลำเนาอยู่ในภาคเหนือ (ร้อยละ 62.19) โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และลำปาง มีภาระหนี้สินจาก กยศ. (ร้อยละ 61.10) และสำเร็จการศึกษาจากคณะบริหารธุรกิจมากที่สุด (ร้อยละ 23.73) ทั้งนี้บัณฑิตส่วนใหญ่ (ร้อยละ 74.50) มั่นใจว่ามีความรู้เฉพาะทางสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา และเคยลงทะเบียนเรียนในรายวิชาสหกิจศึกษา (ร้อยละ 68.74) ในขณะที่ ผลการศึกษาใน Table 1 เกี่ยวกับปัจจัยทางจิตวิทยาด้านทัศนคติต่อการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษาพบว่า บัณฑิตมีทัศนคติต่อการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับ “เห็นด้วยมาก” (ค่าเฉลี่ย 4.09) โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นพบว่าทั้ง 10 ประเด็น บัณฑิตมีทัศนคติอยู่ในระดับ “เห็นด้วยมาก” ในทุกประเด็นเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะประเด็นด้านการเกิดความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง (ค่าเฉลี่ย 4.15) และการเรียนรู้งานได้รวดเร็ว (ค่าเฉลี่ย 4.13) ในขณะที่ประเด็นด้านการได้รับเงินเดือนที่สูงขึ้นมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.03)

เมื่อพิจารณาถึงแรงบันดาลใจจากอาจารย์ผู้สอน พบว่า บัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้มีแรงบันดาลใจจากอาจารย์ผู้สอนในการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับ “แรงบันดาลใจมาก” (ค่าเฉลี่ย 4.18) โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นพบว่า ทุกประเด็นบัณฑิตมีแรงบันดาลใจจากอาจารย์ผู้สอนในการประกอบอาชีพอยู่ในระดับ “แรงบันดาลใจมาก” เช่นเดียวกันทุกประเด็นโดยเฉพาะแรงบันดาลใจจากความรู้ ทักษะความเชี่ยวชาญที่ได้จากอาจารย์ผู้สอน (ค่าเฉลี่ย 4.21)

ในขณะที่ ผลการศึกษาด้านแรงจูงใจจากเพื่อนพบว่า บัณฑิตมีแรงจูงใจจากเพื่อนในการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับ “แรงจูงใจมาก” (ค่าเฉลี่ย 4.07) โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นพบว่า บัณฑิตมีแรงจูงใจจากเพื่อนอยู่ในระดับ “แรงจูงใจมาก” ในทุกประเด็นเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะแรงจูงใจในการเห็นเพื่อนสามารถดูแลครอบครัวได้จากการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา (ค่าเฉลี่ย 4.12) (Table 2)

Table 1 The graduates' attitude towards pursuing the career according to the graduation field

Graduate's attitude	$\bar{x}$	SD	Rating
1. Able to use the knowledge to the fullest	4.05	0.813	Favorable
2. Causing the progress in the line of work rapidly	4.06	0.800	Favorable
3. Helping to learn the work faster	4.13	0.795	Favorable
4. Helping to expand knowledge in work	4.12	0.774	Favorable
5. Creating special expertise	4.15	0.813	Favorable
6. An opportunity to earn a higher salary	4.03	0.869	Favorable
7. Causing pride in the profession	4.09	0.834	Favorable
8. Able to transfer expertise to colleagues	4.08	0.831	Favorable
9. Able to use expertise in careers throughout life	4.12	0.804	Favorable
10. High chance of getting a job	4.12	0.888	Favorable
Total	**4.09**	**0.656**	**Favorable**

Table 2 The inspiration from teacher and motivation from friend of graduates

Factors	$\bar{x}$	SD	Rating
Inspiration from teachers			
1. Knowledge and skills gained are sufficient for a career	4.21	0.742	High inspiration
2. Professional experience	4.18	0.761	High inspiration
3. Specialization	4.17	0.785	High inspiration
4. Practical learning and problem solving-based study	4.16	0.783	High inspiration
5. Inspiration to pursue a career after graduation	4.17	0.762	High inspiration
Total	**4.18**	**0.703**	**High inspiration**
Motivation from friends			
1. Getting a job immediately after graduation	4.06	0.879	High motivation
2. Work success after graduation	4.09	0.854	High motivation
3. Invitation to work together after graduation	3.99	0.917	High motivation
4. Better quality of life from working after graduation	4.11	0.831	High motivation
5. Supporting families from working after graduation	4.12	0.835	High Motivation
Total	**4.07**	**0.774**	**High Motivation**

ตอนที่ 2 การตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิต

ผลการศึกษาตาม Table 3 พบว่าบัณฑิตมีการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับ “มาก” (ค่าเฉลี่ย 4.21) โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายอาชีพพบว่าบัณฑิตมีระดับการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาทั้ง 5 อาชีพอยู่ในระดับ “มาก” เช่นเดียวกันทั้งหมด ได้แก่ อาชีพผู้ประกอบการ (ค่าเฉลี่ย 4.23) อาชีพพนักงานองค์การระหว่างประเทศ (ค่าเฉลี่ย 4.15) อาชีพพนักงานบริษัทเอกชน (ค่าเฉลี่ย 4.13) อาชีพรับราชการ (ค่าเฉลี่ย 4.05) และอาชีพพนักงานรัฐวิสาหกิจ (ค่าเฉลี่ย 4.04)

Table 3 The career decision-making after graduation of graduates

Type of career	$\overline{x}$	SD	Rating
1. Public servant	4.05	0.856	High
2. State enterprise employee	4.04	0.759	High
3. Private company employee	4.13	0.737	High
4. Entrepreneur	4.23	0.770	High
5. International organization employee	4.15	0.788	High
Total	**4.21**	**0.671**	**High**

ตอนที่ 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิต

การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนเพื่อพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y) และตัวแปรอิสระ (X) ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 ตัวแปร ผลการวิเคราะห์พบ 4 ตัวแปร ที่มีผลต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยสามารถเขียนเป็นสมการถดถอยพหุคูณได้ ดังนี้

$$Y = 8.785 + (-0.106)\,Age + 0.231\,Attitude + 0.276\,Inspiration + 0.229\,Motivation \quad (2)$$

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาพบ 3 ปัจจัยที่ส่งผลเชิงบวกต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพ หลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตในภาพรวม อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา (t=4.701**) แรงบันดาลใจจากอาจารย์ผู้สอน (t=5.403**) และแรงจูงใจจากเพื่อน (t=5.303**) โดยพบเพียง 1 ปัจจัยที่ส่งผลเชิงลบต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพ หลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตในภาพรวม อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ อายุ (t=-3.482**) โดยทั้ง 4 ปัจจัยสามารถทำนายความผันแปรในการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตได้ร้อยละ 43.30 (R^2=0.433) และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับปรุงแล้วร้อยละ 42.90 (Adjusted R^2=0.429) (Table 4)

Table 4 Stepwise multiple regression analysis of significant independent variables and career decision-making after graduation of Maejo University graduates

Variables	Career decision-making after graduation	
	B	t-value
Gender (X_1)	0.051	0.042
Age (X_2)	-0.106	-3.482**
Student's resident (X_3)	0.130	0.118
Debt from student loans fund (X_4)	0.884	0.059
Graduated faculty (X_5)	0.016	0.018
Specialized knowledge in the graduation field (X_6)	0.037	0.030
Enrollment of cooperative education subject (X_7)	0.290	0.192
Characteristic of current work (X_8)	0.322	0.237
Attitude towards pursuing the career according to the graduation field (X_9)	0.231	4.701**
Inspiration from teachers (X_{10})	0.278	5.403**
Motivation from friends (X_{11})	0.229	5.303**
Constant=8.785; Adjusted R^2=0.429; R^2=0.433; F-value=118.972**		

** highly significant ($p \leq 0.01$)

ตอนที่ 4 เหตุผลในการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิต

ผลการศึกษาพบว่า บัณฑิตตัดสินใจประกอบอาชีพผู้ประกอบการมากที่สุด 316 คน (ร้อยละ 35.03) รองลงมาคือ อาชีพพนักงานองค์การระหว่างประเทศ 216 คน (ร้อยละ 23.94) อาชีพพนักงานบริษัทเอกชน 190 คน (ร้อยละ 21.08) อาชีพรับราชการ 108 คน (ร้อยละ 11.97) และอาชีพพนักงานรัฐวิสาหกิจ 72 คน (ร้อยละ 7.98) ตามลำดับ โดยบัณฑิตจำนวน 622 คน (ร้อยละ 68.95) จากทั้งหมด 902 คน ได้อธิบายถึงเหตุผลในการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาดังนี้

1. อาชีพผู้ประกอบการ เป็นนายตัวเอง มีเวลาเป็นส่วนตัว มีความเป็นอิสระในการบริหารจัดการและการปฏิบัติงาน สามารถตัดสินใจในการบริหารจัดการได้ด้วยตนเอง แต่เป็นอาชีพที่มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงในการลงทุนที่เกิดจากความไม่แน่นอนของสภาวะเศรษฐกิจภายในประเทศ

2. อาชีพพนักงานองค์การระหว่างประเทศ การพัฒนาศักยภาพตนเองในการทำงานกับชาวต่างชาติเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น และเป็นโอกาสที่ดีในการสร้างเครือข่ายนานาชาติเพื่อเข้าสู่สังคมใหม่ ๆ แต่ปัญหาของบัณฑิต คือ ความไม่มั่นใจในทักษะด้านภาษาและการทำงานร่วมกันเป็นทีมกับชาวต่างชาติภายใต้วัฒนธรรมที่แตกต่างกัน

3. อาชีพพนักงานบริษัทเอกชน เงินเดือนเริ่มต้นสูงกว่าอาชีพอื่น ๆ มีเงินได้เสริมพิเศษรายปีและระหว่างทำงาน เช่น โบนัส ค่าคอมมิชชั่น เป็นต้น วันหยุดน้อย ทำงานภายใต้แรงกดดันของหัวหน้างาน แต่มีความมั่นคงน้อยเนื่องจากการดำรงอยู่ของบริษัทขึ้นอยู่กับสภาวะเศรษฐกิจของประเทศที่ไม่สามารถควบคุมได้

4. อาชีพรับราชการ รายได้มั่นคง มีเกียรติและได้รับการยอมรับ มีสวัสดิการสำหรับตนเองและครอบครัว มีความก้าวหน้าในการเลื่อนขั้นตำแหน่ง และมีบำนาญหลังเกษียณอายุราชการ แต่มีการสอบคัดเลือกที่ค่อนข้างยาก มีตำแหน่งน้อย และคู่แข่งขันมาก

5. อาชีพพนักงานรัฐวิสาหกิจ เงินเดือนเริ่มต้นสูงกว่ารับราชการ ได้รับการยอมรับ มีสวัสดิการสำหรับตนเองและครอบครัว มีเงินได้พิเศษรายปี (โบนัส) และมีเงินบำเหน็จให้หลังเกษียณอายุงาน แต่การสอบคัดเลือกค่อนข้างยาก มีคู่แข่งขันมาก และมักมีการใช้ระบบอุปถัมภ์ในการสอบคัดเลือก

วิจารณ์ผลการวิจัย

บัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้มีทัศนคติต่อการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับ “เห็นด้วยมาก” เนื่องจากทำให้เกิดความเชี่ยวชาญเฉพาะทางและช่วยให้เรียนรู้งานได้เร็วขึ้น โดยบัณฑิตยังได้รับแรงจูงใจจากเพื่อนในการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับ “แรงจูงใจมาก” ทั้งนี้ การได้ทราบข่าวและเห็นเพื่อนประกอบอาชีพมีรายได้ และมีคุณภาพชีวิตที่ดีสามารถดูแลครอบครัวได้เป็นเรื่องที่น่าชื่นชม และอยากทำงานเพื่อช่วยเหลือครอบครัวเหมือนเพื่อน ๆ นอกจากนี้ บัณฑิตยังได้รับแรงบันดาลใจจากอาจารย์ผู้สอนในการประกอบอาชีพในภาพรวมอยู่ในระดับ “แรงบันดาลใจมาก” เช่นเดียวกัน ซึ่งมีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Wangsay (2022) ที่พบว่านักศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีสุดท้าย มีแรงจูงใจและเจตคติในการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Srirattana *et al*. (2021) ที่พบว่าทัศนคติต่อการประกอบอาชีพเกษตรกรรมของนักศึกษาเกษตร และการชักจูงจากเพื่อนและคนรู้จักอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่แรงจูงใจที่ได้รับจากอาจารย์ผู้สอนอยู่ในระดับมาก โดยแรงบันดาลใจและความรู้ความสามารถที่ได้จากอาจารย์ผู้สอนเป็นเหตุผลสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพตามสาขาด้านการเกษตรที่เรียนมา

บัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้มีการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับ “มาก” โดยบัณฑิตให้ความสำคัญไปที่อาชีพผู้ประกอบการมากที่สุด เนื่องจากมีความเป็นอิสระในการบริหารจัดการและสามารถตัดสินใจในการบริหารงานได้ด้วยตนเอง ในขณะที่บัณฑิตตัดสินใจประกอบอาชีพรับราชการและอาชีพพนักงานรัฐวิสาหกิจอยู่ในระดับน้อยที่สุด ถึงแม้ว่าจะเป็นอาชีพที่มีความมั่นคงด้านรายได้ และมีสวัสดิการที่ดีก็ตาม ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Wangsay (2022) ที่พบว่าเจตคติในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมหลังสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาเกษตรอยู่ในระดับมากที่สุด โดยนักศึกษามีเจตคติที่ดีที่สุดในการเป็นเจ้าของธุรกิจ รองลงมาคือ อาชีพด้านเกษตรกรรม อาชีพรับราชการ และอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาของ Panchan (2022) ค่อนข้างแตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ โดยพบว่านักศึกษาที่กำลังจะจบการศึกษามหาวิทยาลัยรัฐ มหาวิทยาลัยเอกชน และมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีแนวโน้มที่จะเลือกประเภทอาชีพรับราชการมากที่สุด รองลงมาคือ ประเภทอาชีพหน่วยงานเอกชน อาชีพอิสระ และธุรกิจส่วนตัว โดยสามารถขยายความได้จากผลการศึกษาของ Kudumrongsavut (2020) ที่พบว่าการเลือกทำงานในสายอาชีพที่ตรงกับปริญญาที่สำเร็จการศึกษาจะช่วยให้บัณฑิตนั้นรู้สึกว่าเป็นที่ยอมรับ และช่วยให้บัณฑิตมีโอกาสสร้างความประทับใจให้กับผู้ร่วมงานและหัวหน้างานได้ ทั้งนี้ อาจเป็นไปได้ว่าความชอบและแนวคิดส่วนบุคคลที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อการประกอบอาชีพในอนาคตที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม Sinsuwan (2015) ได้กล่าวโดยสรุปไว้ว่า ค่านิยมของบุคคล ครอบครัว และสภาพแวดล้อม มีผลต่อการเลือกประกอบอาชีพในอนาคตของนักเรียนและนักศึกษา

ผลการศึกษาในภาพรวมพบ 3 ปัจจัยที่ส่งผลเชิงบวกต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพ หลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้แก่ ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา แรงบันดาลใจจากอาจารย์ผู้สอน และแรงจูงใจจากเพื่อน โดยบัณฑิตอธิบายว่าการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาต้องเริ่มจากการมีทัศคติที่ดีต่อสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษามา รวมทั้งความรู้และทักษะต่าง ๆ อย่างเพียงพอจากอาจารย์ผู้สอน และแรงจูงใจที่ได้เห็นเพื่อนบัณฑิตบางคนได้งานทำตั้งแต่สำเร็จการศึกษา มีเงินเดือนสามารถเลี้ยงตัวเองและครอบครัวได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาบางประเด็นของ Wongsuwan (2022) ที่พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้ามาทำงานในระบบราชการของบุคลากรกลุ่ม Generation Y มีหลายประการ ได้แก่ ชื่อเสียงขององค์การหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน เงินเดือนที่ได้รับ สวัสดิการและสิทธิประโยชน์ต่าง ๆ ตลอดจนด้านความมั่นคงขององค์กร ทั้งนี้ยืนยันได้จากการศึกษาของ Wangsay (2022) ที่พบว่านักศึกษาที่มีทัศนคติที่ดีต่อสาขาวิชาที่กำลังศึกษาและได้รับแรงจูงใจจากหลักสูตร คณาจารย์ผู้สอน และเพื่อน ๆ อยู่ในระดับมาก จะส่งผลเชิงบวกต่อเจตคติในการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา อย่างไรก็ตาม การศึกษาพบว่าอายุมีผลเชิงลบต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพ กล่าวคือบัณฑิตมีอายุเฉลี่ย 23.57 ปี โดยทางการแพทย์ถือว่าบัณฑิตอยู่ในช่วงวัยรุ่นตอนต้นที่มีอายุ 18-35 ปี ที่อาจมีวุฒิภาวะด้านการตัดสินใจและความรับผิดชอบที่ยังไม่สูงมากนัก (Raengton, 2023) รวมไปถึงภาวะด้านการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาด้วยเช่นกัน

สรุปผลการวิจัย

เนื่องด้วยวิกฤติเศรษฐกิจจากการระบาดของเชื้อไวรัสโคโลนา (Covid-19) ส่งผลกระทบในภาพรวมต่อการว่างงานของบัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าบัณฑิตที่ได้งานทำนั้นมีหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานไม่ตรงกับสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ ดังนั้น การวิจัยนี้จึงพยายามที่จะศึกษาเกี่ยวกับการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยผลการศึกษาพบ 3 ปัจจัยที่ส่งผลเชิงบวกต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพ ได้แก่ ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพตามสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา แรงบันดาลใจจากอาจารย์ผู้สอน และแรงจูงใจจากเพื่อน ในขณะที่พบ 1 ปัจจัยที่ส่งผลเชิงลบต่อการตัดสินใจประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิต ทั้งนี้ บัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้มีการตัดสินใจประกอบอาชีพผู้ประกอบการมากที่สุด เนื่องจากมีเวลาเป็นส่วนตัว เป็นนายตัวเอง มีความเป็นอิสระในการบริหารจัดการและการปฏิบัติงาน สามารถตัดสินใจในการบริหารจัดการได้ด้วยตนเอง แต่เป็นอาชีพที่มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงในการลงทุนที่เกิดจากความไม่แน่นอนของสภาวะเศรษฐกิจภายในประเทศ รองลงมาคือ พนักงานองค์การระหว่างประเทศ พนักงานบริษัทเอกชน รับราชการ และพนักงานรัฐวิสาหกิจ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม บัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้ส่วนใหญ่มีการตัดสินใจประกอบอาชีพผู้ประกอบการ ดังนั้น เพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพและเตรียมความพร้อมให้กับบัณฑิต มหาวิทยาลัย คณะวิชา วิทยาลัย และเขตพื้นที่การศึกษาควรมีการทบทวนเพื่อพิจารณาให้มีหลักสูตรการฝึกอบรมระยะสั้นสำหรับการเป็นผู้ประกอบการสมัยใหม่ในยุคดิจิทัลให้แก่บัณฑิต และอาจมีการปรับปรุงหรือพัฒนาหลักสูตรใหม่ที่มุ่งเน้นในการบ่มเพาะและฝึกฝนให้บัณฑิตเป็นผู้ประกอบการที่ประสบความสำเร็จในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตมหาวิทยาลัยแม่โจ้กลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการกลางฝึกซ้อมบัณฑิตสำหรับพิธีพระราชทานปริญญาบัตร ครั้งที่ 47 ประจำปีการศึกษา 2566–2567 ที่อนุญาตให้คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์ในระหว่างพิธีฝึกซ้อมใหญ่ ขอขอบคุณผู้ช่วยนักวิจัย

ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาการส่งเสริมและสื่อสารเกษตร ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณกองแผนงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Cronbach, L.J. 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika** 16(1951): 297–334.

Fischer, J. and K. Corcoran. 1994. **Measures for Clinical Practice: A Sourcebook**. 2nd ed. New York: Free Press. 715 p.

Herzberg, F. 1995. **The Motivation to Work**. New York: John Wiley and Sons. 19 p.

Holland, J.L. 1985. **Making Vocational Choice: A Theory of Vocational Personalities and Work Environments.** Englewood Cliffs New Jersey: Prentice–Hall. 211 p.

Katz, D. 1960. The functional approach to the study of attitudes. **Public Opinion Quarterly** 24(2): 163–204. https://doi.org/10.1086/266945

Kudumrongsavut, N. 2020. **Career Selection of 4th Year Undergraduate Students in Kasetsart University.** Master Thesis. Ramkhamhaeng University. 78 p. [in Thai]

Likert, R. 1967. The Method of Constructing an Attitude Scale. pp. 90–96. *In* Fishbein, M. (Ed.). **Readings in Attitude Theory and Measurement**. New York: John Wiley & Sons.

Maejo University. 2024. **Philosophy, vision, and mission**. Retrieved from https://www.mju.ac.th/th/Vision.html [in Thai]

Maslow, A.H. 1954. **Motivational and Personality**. New York: Harper and Brother. 411 p.

Na Lampoon, K., J. Poung-Ngamchuen, N. Rungkawat and P. Kruekum. 2025. Factors correlating the selection of study field in agriculture of Maejo University's students, Chiang Mai. **Journal of Agricultural Research and Extension** 43(1): 271–285. [in Thai]

Office of Academic Administration and Development. 2024. **Statistics on the number of graduated**. Retrieved from http://www.education.mju.ac.th/statistic/student/studentGraduate.aspx. [in Thai]

Panchan, N. 2022. **The Concept of Graduating Student in Choosing to Work.** Master Thesis. Thammasat University. 77 p. [in Thai]

Polit D.F. and C.T. Beck. 2014. **Essentials of Nursing Research: Appraising Evidence for Nursing Practice.** 8th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 558 p.

Poung-Ngamchuen, J., R. Kongtanajaruanun and T. Buwjoom. 2019. Motive of agricultural occupation after graduation of students in Maejo University, Chiang Mai Province, Thailand. **Journal of Humanities & Social Sciences** 17(3): 135–156. [in Thai]

Raengton, P. 2023. Meditation and emotional quotient development in Thai adolescents. **Journal of Anam Nikaya Mahayana in Thailand** 3(1): 9–17. [in Thai]

Rovinelli, R.J. and R.K. Hambleton. 1977. On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test Item validity. **Tijdschrift Voor Onderwijs Research** 2(2): 49–60.

Rueannowa, P. and S. Jitnopparut. 2025. The employment status of graduates with a bachelor's degree from the Faculty of Business Administration for Society, Srinakharinwirot University, academic year 2021. **Academy Journal of Northern** 12(1): 63–77. [in Thai]

Sinsuwan, K. 2015. Career choices of Dharmajarineevidhaya school's students. **Ramkhamhaeng Research Journal of Humanities and Social Sciences** 18(2): 1–14. [in Thai]

Srirattana, S., J. Poung-Ngamchuen, N. Rungkawat and P. Kruekum. 2021. Components' analysis of decisions on agricultural occupation after graduation of agricultural students in upper northern Thailand. **Journal of MCU Social Science Review** 10(3): 169–183. [in Thai]

Thailand Education Ranking. 2023. **Top 10 popular public universities 2023.** Retrieved from https://www.thaitopu.com/ [in Thai]

Tintabura, C., N. Samranrat, P. Romphophak, P. Bunrangsee and M. Sonthanong. 2024. The market demand for labor and desired characteristics of graduates in the Bachelor of Arts program in hotel, restaurant, and cruise management. **Journal of Liberal Arts and Service Industry** 7(1): 1–15. [in Thai]

Tirakanan, S. 2014. **Social Science Research Methods: Guidelines for Practice**. 12th ed. Bangkok: Chulalongkorn University Press. 302 p. [in Thai]

Wangsay, S. 2022. **Attitude towards Occupation after Graduation of Undergraduate Students: A Case Study of the Faculty of Agriculture, Chiang Mai University.** Master Thesis. Maejo University. 72 p. [in Thai]

Wongsuwan, W. 2022. **Attitudes and Motivations towards Decision-making to Work in the Bureaucratic System of Gen Y Personnel: Case Study of Agencies under the Ministry of Social Development and Human Security.** Master Independent Study. Thammasat University. 92 p. [in Thai]

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

บทความทางวิชาการที่เผยแพร่ในวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ปีที่ 43 ฉบับที่ 1-3 ได้รับความอนุเคราะห์พิจารณาความถูกต้องทางวิชาการของบทความจากผู้ทรงคุณวุฒิจากหลากหลายสถาบัน/หน่วยงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ดังรายนามต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

รองศาสตราจารย์ ดร. สายสกุล ฟองมูล
รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภธิดา อ่ำทอง
รองศาสตราจารย์ ดร. รภัสสรณ์ คงธนจารุอนันต์
รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรินทร์ สุภาพันธ์
รองศาสตราจารย์ ดร. เกศสุดา สิทธิสันติกุล
รองศาสตราจารย์ ดร. ฑีฆา โยธาภักดี
รองศาสตราจารย์ ดร. จักรพงษ์ พวงงามชื่น
รองศาสตราจารย์ ดร. สิริวัฒน์ สาครวาสี
รองศาสตราจารย์ ดร. จีราภรณ์ อินทสาร
รองศาสตราจารย์ ดร. วินัย วิริยอลงกรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์วัลย์ เมฆกมล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาพร แสงศรีจันทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุบรรณ ฝอยกลาง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริกุล ตุลาสมบัติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรัญญา สุวรรณอังกูร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะธิดา อำนวยการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปัทมา หารนอก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรสุดา เผือกใจแผ้ว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจนจิรา หม่องอ้น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฑามาศ พิลาดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกวรรณ ตาลดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาพร ตงศิริ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาวิณี อารีศรีสม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ช่อทิพา สกูลสิงหาโรจน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. แสนวสันต์ ยอดคำ
อาจารย์ ดร. จักรพงษ์ ไชยวงศ์
อาจารย์ ดร. ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม
อาจารย์ ดร. กุลชา ชยรพ
อาจารย์ ดร. จุฑามาศ อาจนาเสียว

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร. สาทิต ฉัตรชัยพันธ์
รองศาสตราจารย์ ดร. สนธิชัย จันทร์เปรม
รองศาสตราจารย์ ดร. วีระภาส คุณรัตนสิริ
รองศาสตราจารย์ ดร. พัชราวดี ศรีบุญเรือง
รองศาสตราจารย์ ดร. เนตรนภิส เขียวขำ
รองศาสตราจารย์ ดร. นิสา เหล็กสูงเนิน
รองศาสตราจารย์ ดร. ธนพล ไชยแสน
รองศาสตราจารย์ ดร. ติยากร ฉัตรนภารัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศลิษฎ์ ศุภกิจธนากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิติพงษ์ รัตนาภรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจษฎา เตชมหาศรานนท์
อาจารย์ ดร. นิตยา ชูเกาะ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร. ยศ บริสุทธิ์
รองศาสตราจารย์ ดร. พัชริน ส่งศรี
รองศาสตราจารย์ ดร. อัมพร แซ่เอียว
รองศาสตราจารย์ ดร. สุธี วงศ์มณีประทีป
รองศาสตราจารย์ ดร. ไกรเลิศ ทวีกุล
รองศาสตราจารย์ ดร. พฤกษา หล้าวงษา
รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีย์กมล กลั่นฤทธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริภาวี เจริญวัฒนศักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรวีร์ แสงอาวุธ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ วงษ์ทหาร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ วงเจริญ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร. นริศ ยิ้มแย้ม
รองศาสตราจารย์ ดร. ปิยะลักษณ์ พุทธวงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร. อภิรัฐ บัณฑิต
รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรา ตันติประภา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปณิดา กาจี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณฐิตากานต์ พยัคฆา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัลยา เชิญขวัญ
อาจารย์ ดร. ธนะชัย พันธุเกษมสุข

มหาวิทยาลัยนเรศวร

รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริพงษ์ เปรมจิต
รองศาสตราจารย์ ดร. นิติพงศ์ จิตรีโภชน์
รองศาสตราจารย์ ดร. จรัณธร บุญญานุภาพ
รองศาสตราจารย์ ดร. วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์
รองศาสตราจารย์ ดร. มาฆะสิริ เชาวกุล
รองศาสตราจารย์ ดร. คำรพ รัตนสุต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มลิวรรณ นาคขุนทด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษฎา ภาณุมนต์วาที

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร. อภิเดช แสงดี
รองศาสตราจารย์ ดร. นพคุณ ภักดีณรงค์
รองศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา สมตระกูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญแข ธรรมเสนานุภาพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประภัสสร บุษหมั่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกรียงศักดิ์ บันลือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร รัตนสุธีระกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีรยา โชติถนอม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุษกร ทองใบ

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

รองศาสตราจารย์ ดร. สุรีพร เกตุงาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนนท์ จันทร์เกตุ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทินน์ พรหมโชติ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

รองศาสตราจารย์ ดร. นารีรัตน์ สีระสาร
รองศาสตราจารย์ ดร. เฉลิมศักดิ์ ตุ้มหิรัญ
รองศาสตราจารย์ ดร. ดุสิต เวชกิจ
รองศาสตราจารย์ ดร. จินดา ขลิบทอง
อาจารย์ ดร. อภิษฎา เรืองเกตุ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รองศาสตราจารย์ ดร. ไชยวรรณ วัฒนจันทร์
รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรา เพ็งหนู
รองศาสตราจารย์ ดร. จรัสศรี นวลศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ พูนภักดี

มหาวิทยาลัยพะเยา

รองศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์สิทธิ์ อิ่มแมน
รองศาสตราจารย์ ดร. รัชนาพร โชคชัยสิริ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนิตนาฏ อู่พุฒินันท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญฤทธิ์ สินค้างาม

มหาวิทยาลัยทักษิณ

ศาสตราจารย์ ดร. สรรพสิทธิ์ กล่อมเกล้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นันทิยา พนมจันทร์

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุลีพร ถนอมศิลป์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร. หาญพล พึ่งรัศมี

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชารีนา สือแม

มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มณฑิรา ยุติธรรม

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

รองศาสตราจารย์ ดร. ลักษณ์นารา ขวัญชุม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมใจ หนูผึ้ง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รองศาสตราจารย์อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

รองศาสตราจารย์ ดร. ฐิตา ฟูเผ่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

รองศาสตราจารย์ ดร. จานุลักษณ์ ขนบดี

รองศาสตราจารย์ ดร. ชิติ ศรีตนทิพย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะนุช รสเครือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รณชาติ มั่นศิลป์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย นิติรัฐสุวรรณ

รองศาสตราจารย์ ดร. ชุตินุช สุจริต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสาวณีย์ ชัยเพชร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิกิจ ผินรับ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรีวรรณ จันทร์คง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

รองศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ พรสุริยา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อารักษ์ ธีรอำพน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร. สุริยัณห์ สุภาพวานิช

รองศาสตราจารย์ ดร. รัชดากร พลภักดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา แย้มประชา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะนารถ จันทร์เล็ก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิราภรณ์ สิริสัณห์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดุสิต เอื้ออำนวย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภัครชา อภิรติกร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพรัตน์ วงศ์หิรัญเดชา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักรกริช อนันตศรัณย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทร์เกษม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อำนาจ ภักดีโต

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิรินาถ จงกลกลาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาวดี สำราญ

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัฒนา อัจฉริยะโพธา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิภาศักดิ์ คงงาม

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 ที่เป็นการแสดงความคิดใหม่ หรือสมมุติฐานใหม่ที่มีหลักฐานอ้างอิง หรือเป็นการแสดงความคิดเห็นอย่างกว้างขวางหรือลึกซึ้งในสาขาวิชาการใดสาขาวิชาการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร หรือเป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ก็มีสิทธิ์ได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับบทความนั้น ๆ อย่างน้อย 3 ท่าน พิจารณาให้ลงตีพิมพ์ได้เช่นเดียวกัน

การเตรียมต้นฉบับ

1. **ต้นฉบับ** เผยแพร่บทความเป็นภาษาไทย โดยใช้ตัวอักษร TH Sarabun NEW ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา ในส่วนของหัวข้อเรื่องและขนาดตัวอักษร 15 ตัวปรกติ 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 ตัวปรกติ
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 ให้บรรยายโดยสรุปและไม่จำเป็นต้องระบุวิธีการที่เป็นที่รู้กันทั่วไป
   - (3) **ผลการวิจัย** ไม่จำเป็นต้องแสดงวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่ให้เสนอในรูปของตาราง และรูปภาพโดยสรุปหลังจากวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว ทั้งนี้ **คำอธิบายและรายละเอียดต่าง ๆ ของตารางและรูปภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น** โดยมีความชัดเจน กะทัดรัด และมีหมายเลขกำกับด้านบนของตารางและด้านล่างของรูปภาพ และเมื่ออ้างถึงในเนื้อหาให้ใช้เป็นคำว่า Table และ Figure
   - (4) **การวิจารณ์ผล การสรุปผล และข้อเสนอแนะ** ควรวิจารณ์ผลการวิจัยพร้อมทั้งสรุปประเด็น และสาระสำคัญของงานวิจัย หรือให้ข้อเสนอแนะบนพื้นฐานของผลการวิจัย

   หมายเหตุ: หน่วยวัดตามระบบต่างๆ ให้ใช้ตัวย่อตามมาตรฐานในการเขียนที่กำหนดไว้ เช่น เซนติเมตร = ซม. ตารางเมตร = ตร.ม. มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม = มก./กก. แต่ถ้าเป็นหน่วยวัดที่มีพยางค์เดียวให้ใช้คำเต็มตามปรกติ เช่น เมตร กรัม ลิตร

7. กิตติกรรมประกาศ เพื่อแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง **รายชื่อเอกสารที่ใช้เป็นหลักในการค้นคว้าวิจัยและมีการอ้างถึงในเนื้อหา ต้องแสดงเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น กรณีที่อ้างอิงจากเอกสารภาษาไทยหรือภาษาอื่นๆ ให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ โดยมีวงเล็บกำกับท้ายเอกสาร [in Thai]** หรือภาษาอื่นๆ ตามคำแนะนำวิธีการเขียน ดังนี้

การเขียนเอกสารอ้างอิง

การเขียนอ้างอิงภายในเนื้อหา

ในการอ้างอิงเอกสารให้ใช้นามสกุลผู้แต่ง และปีที่ตีพิมพ์ อยู่ในวงเล็บเดียวกัน หรือเขียนนามสกุลผู้แต่ง แล้วเขียนปีที่ตีพิมพ์ไว้ในวงเล็บแล้วแต่กรณี โดย**เป็นภาษาอังกฤษ** 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 comsumables. **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 (ถ้ามี). //ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี).//สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์.

Hill, S.E. 1996. Emultions. 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.//(หน้าที่รับผิดชอบ).// 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.

Pooprompan, P., K. Duangsong and R. Sribaopern. 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): เลขที่หน้าที่อ้างอิง.

Srinuansom, K. 2018. Half-artficial breeding of *Monopterus albus*. **Maejo Vision** 18(4): 33-37. [in Thai]

3.5 บทความจากหนังสือพิมพ์

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่ตีพิมพ์.//ชื่อบทความ.//**ชื่อหนังสือพิมพ์.**//(เดือน/วันที่/ปี):/เลขที่หน้าที่อ้างอิง.

Manapaisarn, S. 2006. Kra Sate Tra Korn 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/xxxxxxxxxxxxx

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.**// ปีที่/หน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด.// แหล่งที่มา// http://www.xxxxxxxxxx /

Hasler, K., S. Bröring, S.W.F. Omta and H.W. Olfs. 2015. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. **European Journal of Agronomy** 69: 41-51. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.06.001

4. แหล่งข้อมูลอิเลคทรอนิกส์

ผู้แต่งหรือผู้รับผิดชอบ.//ปีที่บันทึกข้อมูล.//**ชื่อเรื่อง.**//แหล่งที่มา/ระบุแหล่งการติดต่อเครือข่าย หรือการถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล ชื่อแฟ้มข้อมูล

Maythiyanon, T., N. Piriyarungroj and S. Soponarit. 2004. Novel vortex-fluidized bed combustor with two combustion chambers for rice-husk fuel. **SJST** 26(6): 875-893. Retrieved from http://www2.psu.ac.th/PresidentOffice/EduService/Journal/Firstpage.htm [in Thai]

National Economic and Social Development Board (NESDB). 2001. **Input-output tables of Thailand.** Retrieved from http://www.nesdb.go.th

Singh, M. and R.P. Singh. 2001. **Siderophore producing bacteria-as potential biocontrol agents of mushroom disease.** Retrieved from http://www.uio.no/conferences June2000.htm# Samuels

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. Emultions. 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. Olfs. 2015. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. **European Journal of Agronomy** 69: 41-51. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.06.001

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.** Retrieved from http://www.nesdb.go.th

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:tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index

การส่งต้นฉบับ การตรวจสอบเบื้องต้น และการแก้ไข

1) ส่งไฟล์ต้นฉบับ **ให้มีรายละเอียดครบตรงตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ และส่งพร้อมใบลงทะเบียนวารสาร** โดยส่งผ่านระบบ ThaiJo ของวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร หรือลิ้งค์ https://www.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index เท่านั้น

2) กองบรรณาธิการจะพิจารณาบทความในเบื้องต้น 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. Suriyajaras 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. Sutheera 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	Ngernsaengsaruay	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	Chuachuad 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. 43 No. 3 September – December 2026 — ISSN 2985-0118 (Online)

Agri. RESEARCH & EXTENSION

Effects of Bio-stimulants from Freshwater Algae on Growth of Cherry Tomato in Greenhouse
Surachat Sinworn, Tipawan Wanakun and Nuttabodee Viriyawatana 1-17

Potential for Mulberry Cultivation and Value Addition of Mulberry Leaf Products among Mulberry Growers in Mukdahan Province
Kraisri Srithupthai, Chuntima Pomket and Pichet Wechvitan 18-28

Effect of Plant Spacing on Growth, Yield, and Cannabidiol Content of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Cultivars EHFGP#1, EHFGP#3, and EHFGP#8 in an Evaporative Cooling System Greenhouse
Watcharin Jantawan, Orapin Saritnum, Sasima Ganeshaborirak, Seksan Songchainthuek and Winai Wiriya-Alongkorn 29-42

Extension of Hemp as an Alternative Crop to Mitigate Forest Fires and Enhance Incomes: A Policy Design–informed Framework for Mae Hong Son Province
Sutat Jarumanee, Supot Boonraeng, Worajit Sethapun, Punlop Sinthuya and Apinun Suvrnaraksa 43-61

Chemical Composition of Durian (*Durio zibethinus*) cv. Long Lab Lae Grown in Thailand
Darunee Naksevi, Pimjai Seehanam, Phonkrit Maniwara and Vimolchat Somniyam 62-79

Nutritional Composition and Bioactive Compounds of *Cucumis melo* L. Seeds from Chiang Mai
Narin Taokaenchan, Pawinee Areesrisom and Koblap Areesrisom 80-93

Comparative Study of Organic Solvents for the Extraction of Tryptanthrin from *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze Leaves
Nuttaporn Chanchay, Songamnat Pongsomboon and Ansaya Boonpajaub 94-104

Carbon Sequestration Assessment in School Areas towards Green City: A Case Study Maejo Municipality, Chiang Mai
Luxana Summaniti, Sutheera Hermhuk and Porntip Chanrat 105-120

Efficacy of Non-thermal Atmospheric Pressure Plasma for Inhibiting *Colletotrichum* spp. the Causal Agent of Chili Anthracnose
Veeranan Chaimanee, Kunlada thayatham, Torlarp Kamyo, Wanthani Paengsri and Thummanoon Boonmee 121-136

Development of a Prototype Bio-product in Pellet Form from Agricultural Residues (Rubber Wood Sawdust and CornCobs) Incorporated with *Bacillus subtilis*
Husna Teemung, Anyarin Phumeesuk, Suhaimin Chehmalee and Narissara Darakai 137-150

Development of *Spirulina*-based Diet for the Commercial Nursery Culture of Rice-field Crab (*Sayamia germaini*)
Jongkon Promya, Chanagun Chitmanat, Jomsuda Duangwongsa, Anupap Wannakhanapol and Watinee Intharapongnuwat 151-163

Effects of Egg Replacement with Soy Protein on the Quality Characteristics of Thai Custard Dessert
Jintana Sangsopha, Sutthichai Noychor, Suchada Watee, Aschariyakul Puangphet
Pornariya Chirinang, Narathorn Satsue, Sajeemas Nuntasuton and Supaporn Pumriw 164-181

Factors Influencing Consumer Acceptance of Black Pepper Sauce Hybrid Kolon Chicken Steak Products in Phatthalung Province
Thidarat Juthong, Wisan Odton, Supreeya Thepparak, Saranyaphat Rakseen and Saowanee Lekbangpong 182-194

Assessment of Knowledge and Good Aquaculture Practices (GAqP) for Wolffia (*Wolffia* spp.) Farming as a Food Source in Four Provinces of Northeastern Thailand
Supachai Sutticharoen, Jindawan Wibuloutai, Saowalak Sutthicharoen
Chuleewan Thunyasirinon and Nuchnapa Prathumchai 195-210

Supply Chain Analysis, Consumer Behavior, Marketing Mix, and Strategic Approaches to Value Addition for One-Sun-Dried Squid Products in the Khlong Wan Community, Prachuap Khiri Khan Province, Thailand
Surinporn Sri-in, Nantipa Pansawat, Panitan Kaewjantawee, Nawaporn Wannawisan
and Chonnikarn Luangpituksa 211-225

Evaluating the Effectiveness of the Comprehensive Gastronomy Tourism @Chanthaburi Project in Enhancing Farmers' Knowledge, Production Standards, and Market Opportunities
Patcharee Preepremmote, Narin Charoenphun, Kanyarat Cheawchan, Thanaphon Phukseng and Vasin Yuvanatemiya 226-241

Factors Affecting on Rubber Production and Marketing Management According to the Forest Stewardship Council (FSC) Case Study: Khlong Chang Rubber Fund Cooperative Limited Khuan Niang District, Songkhla Province
Prai Sudjit, Milinpat Boonkongma, Buncha Somboonsuke, Chaiya Kongmanee and Rawee Chiarawipa 242-265

Market Opportunities for Khaw Dok Khae Crossbred Native Chicken Meat: Consumer Behavior and Sensory Quality
Jiranart Rongchoung, Napapch Chuaychu-noo and Jareewan Chankong 266-278

Integration of Geospatial Technology and Community Participation in Flood Risk Management: A Case Study of Phai Khwang Community Khao Phra Ngam Subdistrict, Mueang District, Lopburi Province
Kwanchai Chai-udom 279-293

An Analysis of Career Decision-making after Graduation of Maejo University Graduates
Piya Palapunya, Jukkaphong Poung-Ngamchuen and Teeraphat Jumpee 294-306