



ISSN 3088-1196 (online)

PRAWARUN
Vol. 22 No. 1 (January-June 2025)

PRAWARUN

AGRICULTURAL JOURNAL

Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Thailand

วารสาร เกษตรพระวรุณ

ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2568)



วารสารเกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

ISSN 3088-1196 (ONLINE)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการของคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และผู้สนใจในสาขาเทคโนโลยีการเกษตร ในมหาวิทยาลัย วิทยาลัย และองค์กรทางการเกษตรทั้งภาครัฐและเอกชน
2. เป็นเวทีทางวิชาการเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และวิทยาการทางด้านการเกษตรระหว่างนักวิชาการ ผู้ประกอบการ และผู้รู้อื่น ๆ
3. เพื่อเป็นเอกสารทางวิชาการอันเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในสาขาเทคโนโลยีการเกษตร และการพัฒนาอาชีพเกษตรให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจ

นโยบายและขอบเขตการตีพิมพ์

1. เป็นบทความวิจัย (Research Article) บทความปริทัศน์ (Review Article) หรือบทความวิชาการ (Academic Article) ทางด้านเกษตรศาสตร์และสาขาเทคโนโลยีการเกษตรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พืชศาสตร์ สัตวศาสตร์ ประมง วิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์ วิทยาศาสตร์การอาหารและอุตสาหกรรมเกษตร ธุรกิจการเกษตร ส่งเสริมการเกษตร สารสนเทศการเกษตร นวัตกรรมเกษตร และนวัตกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตร เป็นต้น
2. ต้องไม่เคยได้รับตีพิมพ์มาก่อน (ต้นฉบับ หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของต้นฉบับ) และต้นฉบับต้องไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด

ข้อกำหนดเฉพาะของวารสาร

1. บทความที่ลงตีพิมพ์ทุกเรื่องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการโดยผู้ประเมินอิสระ (Peer Reviewer) ซึ่งเป็นบุคคลภายนอกจากหลากหลายสถาบันอย่างน้อยบทความละ 3 ท่าน แบบ Double blind
2. กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระวรุณ ไม่สงวนสิทธิ์การคัดลอกแต่ให้อ้างอิง แสดงที่มา

เจ้าของ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันท์สว่าง	รักษาราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันทนี พลวิเศษ	คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

บรรณาธิการหลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา	ประธานสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
---	---

คณะกรรมการกองบรรณาธิการ

1. กองบรรณาธิการบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่อยู่มหาวิทยาลัยต่างประเทศ
 - 1.1 Prof. Dr. Clemen Fuchs University of Applied Sciences, Neubrandenburg, Germany
 - 1.2 Associate Professor Dr. J.T. Thomas Faculty of Veterinary Medicine, Department of Farm Animal Health, Utrecht University the Netherlands
2. กองบรรณาธิการบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่อยู่มหาวิทยาลัยอื่นในประเทศไทย
 - 2.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง วชิราภากร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - 2.2 รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชดตระกูล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
 - 2.3 รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม สร้อยทอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 - 2.4 รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ตรีโลเกศ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - 2.5 รองศาสตราจารย์ ดร.โอภาส พิมพา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
 - 2.6 รองศาสตราจารย์ ดร.นนทวิทย์ อารีชัยน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - 2.7 รองศาสตราจารย์ น.สพ. ดร. อตถพร รุ่งสิทธิชัย คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 - 2.8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมพล เอื้องกลาง คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครราชสีมา
 - 2.9 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ เชาว์เครือ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี
 - 2.10 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ เขียวสุวรรณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 - 2.11 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไกรเลิศ ทวีกุล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - 2.12 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนกานต์ อินทรกำแหง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 - 2.13 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชนี นามมาตย์ สถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. กองบรรณาธิการบุคคลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
 - 3.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา บรรณาธิการประจำบทความสาขาเทคโนโลยีการอาหาร
 - 3.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันทนีย์ พลวิเศษ บรรณาธิการประจำบทความสาขาวิชาสัตวศาสตร์
 - 3.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัตติยา ตำนโอภาส บรรณาธิการประจำบทความสาขาวิชาสัตวศาสตร์
 - 3.4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ แก่นจันทร์ บรรณาธิการประจำบทความสาขาประมง
 - 3.5 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ บรรณาธิการประจำบทความสาขาวิชาพืชศาสตร์
 - 3.6 อาจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ไกรจักร แก้วพรม บรรณาธิการประจำบทความสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์
 - 3.7 อาจารย์ ดร.มนันยา นันทสาร บรรณาธิการประจำบทความสาขาบริหารธุรกิจเกษตร
 - 3.8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรุณ โมนะตระกูล บรรณาธิการประจำบทความสาขานวัตกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกล
 - 3.9 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุตร จิตจักร บรรณาธิการประจำบทความสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตร

4. ฝ่ายจัดการงานวารสารเกษตรพระวรุณ

4.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา	ผู้จัดการวารสาร (Journal Manager)
4.2 อาจารย์วีรเดช โชนสันเทียะ	ผู้พิสูจน์อักษร (Proofreader)
4.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุทธรชาติ อิ่มใจ	ผู้ออกแบบกราฟฟิก (Graphic Designer)
4.4 อาจารย์ ดร.มนันยา นันทสาร	เหรัญญิกวารสาร
4.5 นางสาวศรัณญา ภูหัวไร่	ผู้ช่วยเหรัญญิกวารสาร
4.6 นายธรรมชาติ แสงนิล	บรรณาธิการฝ่ายผลิต (Production Editor)
4.7 นางสาวชยาภย์ ฤทธาพรหม	บรรณาธิการฝ่ายผลิต (Production Editor)

กำหนดเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน

ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

เครดิตภาพ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุทธรชาติ อิ่มใจ

สำนักงาน

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

โทรศัพท์/โทรสาร

043 - 725439

อีเมล

prawarun.j@rmu.ac.th

เว็บไซต์วารสารเกษตรพระวรุณ

<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>



QR Code วารสารเกษตรพระวรุณ

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้นๆ แต่อย่างใด

คำนำ

การพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดองค์ความรู้ งานวิจัย และนวัตกรรมทางการเกษตร ที่เกี่ยวข้องมากมาย เพื่อเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ทางด้านเกษตรศาสตร์ และเทคโนโลยีการเกษตร ทางคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงได้จัดทำวารสารวิชาการเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ และงานวิจัย ในรูปแบบบทความวิจัย (Research Article) บทความวิชาการ (Academic Article) และ บทความปริทัศน์ (Review Article) โดยมีขอบเขตการรับตีพิมพ์บทความด้านเกษตรศาสตร์และสาขาเทคโนโลยีการเกษตรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พืชศาสตร์ สัตวศาสตร์ ประมง วิทยาศาสตร์ทางสุขภาพสัตว์ วิทยาศาสตร์การอาหารและอุตสาหกรรมเกษตร ธุรกิจการเกษตร ส่งเสริมการเกษตร สารสนเทศการเกษตร นวัตกรรมการเกษตร และนวัตกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตร เป็นต้น โดยกำหนดการเผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม

วารสารเกษตรพระวรุณในปี พ.ศ. 2568 ถือเป็นปีที่ 22 โดยวารสารได้รับผลการประเมินคุณภาพวารสารอยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นวารสารที่อยู่ในผลประเมินคุณภาพมีระยะเวลาการรับรองคุณภาพวารสารตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2568 ไปจนถึง วันที่ 31 ธันวาคม 2572 ในฐานข้อมูล Thai-Journal Citation Index: TCI ของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย ตามที่ศูนย์ดังกล่าวประกาศไว้ เมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 ซึ่งหมายถึงคุณภาพเป็นที่การยอมรับและมีประโยชน์ต่อวงการด้านเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

สำหรับวารสารปีที่ 22 (Volume 22) ฉบับที่ 1 (Number 1) นี้ประกอบด้วย บทความวิจัย (Research Articles) จำนวน 18 บทความ จากหลากหลายสาขาที่เกี่ยวข้อง โดยมีกำหนดการเผยแพร่ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน พ.ศ. 2568 ผ่านการเผยแพร่ออนไลน์ผ่านระบบ Thai Journal online (ThaiJO) (ISSN 3088-1196)

ทางกองบรรณาธิการเกษตรพระวรุณหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นสื่อกลางในการช่วยเผยแพร่องค์ความรู้ใหม่และงานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีการเกษตรแก่ คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องให้ได้รับข้อมูลที่มีประโยชน์ในการต่อยอดองค์ความรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาประเทศให้ก้าวหน้าและยั่งยืนต่อไป

กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระวรุณ
30 มิถุนายน 2568

วารสาร

เกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

VOL. 22 NO. 1 January – June 2025

ISSN 3088-1196 (Online)

สารบัญ

บทความวิจัย (Research Article)

- การยอมรับการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชบนแปลงอ้อยโดยใช้ยานพาหนะทางอากาศที่ไม่มีคนขับ (โดรน) 1
อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี
กฤษฎากรณ์ ว่องไว
Approval for spraying herbicides on sugarcane fields by unmanned aerial vehicles (drones) in Kumphawapi District, Udon Thani Province
Krisdakorn Wongwai
- ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกร 11
อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน
ปิยฉัตร จันทร์ใจ นาริรัตน์ สิริสาร และ ชำรงเจต พัฒมุข
Factors affecting of adoption of Trichoderma utilization in vegetable production disease control by farmers in Santisuk District, Nan Province
Piyachat Janjai Nareerut Seerasam and Thamrongjet Puttamuk
- พฤติกรรมการบริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อเนื้อแพะของผู้บริโภคในภาคใต้ของประเทศไทย 18
พัลลภวรรณ ประพฤติ ธีรศักดิ์ จินดาบถ และ ศรัณยู กาญจนสุวรรณ
Consumption behavior and factors affecting purchase intention of goat meat of consumers in Southern Thailand
Pilaiwan Prapruit Teerasak Jindabot and Sarunyoo Kanchanasuwan
- พฤติกรรมการบริโภค และปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของผู้บริโภคใน 27
จังหวัดสงขลา
เชียรชัย พันธัง และ ปรียากร บุญส่ง
Consumer behavior and factors influencing the purchase decision of bamboo shoot-processed product among consumers in Songkhla Province
Thienchai Phankhong and Priyakorn Bunsong
- บทเรียนแห่งความสำเร็จจากการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตร 40
โสภิต อินทสร มนต์ สุวรรณ ภัทรวุฒิ สมยานะ และ ชุติวาลัญญ์ เสมมหาศักดิ์
Lessons learned on the success from applying the sufficiency economy philosophy in agricultural practices
Sopich Intasaro Manat Suwan Phatharawuth Somyana and Chutiwalanch Semmahasak

บทความวิจัย (Research Article)

- **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากส่วนเหลือทิ้งของหน่อไม้**

เปรมประชา ดรชัย สุนทร โชคสวัสดิ์ธนะกิจ ภาณุทัต สวัสดิ์ถาวร และ พรพิชญ์ ธรรมปัทม์

Snack product development from by-product of edible bamboo shoots

Prempracha Dornchai Suntorn Choksawatthanakit Phanutat Sawadthaworn and Pompisanu Thammapat

48
- **การพัฒนาเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล**

กานต์ จันทระ ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์ ปานฤทัย พุทธทองศรี ชัยพฤษณ์ หงษ์ลัดดาพร สรินทร คุ่มเขต และ ชมภูนาฏ ชมภูพันธ์

The development of a machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles

Kan Jantara Yutthasin Chaisit Panruethai Putthongsri Chaiyapruet Hongladdaporn Sarinthorn Khumkhat and Chomphunat Chomphuphan

57
- **ผลของระบบการเพาะเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนต่อค่าโลหิตวิทยา คุณภาพน้ำและสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*)**

นิชนันท์ ชูเกิด พุทธพร พุ่มโรจน์ และ สุขสันต์ ชำคง

The effect of recirculating aquaculture system (RAS) on hematology water quality and growth performance of red tilapia(*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*)

Nitchanan Chukerd Phutthaphorn Phumrojana and Suksan Kumkhong

67
- **ผลของเทคโนโลยีเฮิร์ดเดิลในการยืดอายุการเก็บรักษาถั่วลิสงป่น**

วัชรီ เทพโยธิน และ สุรพล ใจวงศ์ษา

Effects of hurdle technology on the shelf-life extension of ground dried peanut

Watcharee Thepyothin and Suraphon Chaiwongsa

78
- **การเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้หมักต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตค่าโลหิตวิทยาและคุณภาพไข่ในไก่ไข่**

วุฒิกกร สระแก้ว สุธาทิพย์ ไชยวงศ์ ธัญทิพย์ จิตตนิรมล นนทพัทธ์ เรืองโหรา รัชนี บัวระภา อภิษฎา ฝักปากเพราะ ศุภานิดา ทองปัน ทอฝัน กำคำ และ ธัญศิรินทร์ ณ น่าน

Supplementation of natural symbiotics from cocoa husk silage on production performance, blood hematological values and egg quality in laying hens

Wuttikom Srakaew Suthathip Chaiwong Tanyatip Jittaniramon Nonthapath Raunghora Ratchanee Boarapa Apichaya Feepakproa Supanida Thongpan Thofan Kakham and Tansiphorn Na Nan

88
- **ความชุกในการเกิดพยาธิในทางเดินอาหารและระบบการเลี้ยงของแพะในจังหวัดพัทลุง**

จิราพร ปานเจริญ สุภาพร สมรูป และ ธนพล อยู่เย็น

Prevalence of gastrointestinal parasites and farming systems of goats in Phatthalung Province

Jiraporn Pancharoen Supaporn Somrup and Thanapon Yooyen

98
- **ศักยภาพของบักวีตในการเป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน**

สุทธกานต์ ใจกาวิล พิษณุรัตน์ กังแฮ วิชญ์ภาส สังพาลี จักรพงษ์ กางโสภา และ เนตรนภา อินสลุต

The Potential of Buckwheat as a Green Manure for Soil Fertility Improvement

Suttakarn Jaikawin Pitchanan Kanghae Witchaphart Sungpalee Jakkapong Kangsopa and Nednapa Insalud

103
- **แนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร ในอำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู**

111

บทความวิจัย (Research Article)

- สุรีย์พร จามรพิพัฒน์ สีนินุช ครูทเมือง แสนเสริม และ เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ
 Extension Guidelines for the Use of Social Media in Agricultural by Farmer in Na Klang District of Nong Bua Lamphu Province
Sureeporn Jamornpipat Sineenuch Khrutmuang Sanserm and Benchamas Yooprasert
- ประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 119
 ชินกร จิระจรจิดกุล
 Effectiveness of Fermented Bio-extracts on Growth and Yield of Pathum Thani 1 Rice
Chinnakorn Jirakajornjaritkul
- การเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบกัญชาด้วยคลื่นอัลตราโซนิกร่วมกับตัวทำละลายขั้นสูง 128
 พนิดา วงศ์ปรีดี อภิญญา ภูมิสายดอน คณางค์ รัตนานนิคม และ พนอจิต นิติสุข
 Optimization of bioactive compound extraction from cannabis leaves via ultrasound-assisted extraction(UAE) utilizing advanced solvent systems
Panida Wongpreedee Apinya Bhomsaidon Khankhanang Ratananikom and Panorjit Nitisuk
- ผลของอุณหภูมิการสกัดด้วยน้ำต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของฟลาโวนอยด์จากใบกัญชาอบแห้ง 140
 ครองศักดิ์ ภาคณนก รพีพรรณ กองตูม รินรำไพ พุทธิพันธ์ และ ศิริชดา เปล่งพานิช
 Effect of Water Extraction Temperature on the Efficiency of α -Glucosidase Inhibition by Flavonoids from Dried Cannabis Leaves
Krongsakda Phakthanakanok Rapeepan Kongtoom Rinrampai Puttipan and Sirichada Plengphanich
- การเสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารไก่ฟอสฟอรัสต่อประสิทธิภาพทางการสืบพันธุ์และการเก็บรักษาน้ำเชื้อแบบแช่เย็น 149
 พัชรา ธานานุรักษ์ ศศิณัฐา ถนอมวงศ์วัฒนะ ปาจารย์ โทตะกุล พิริยาภรณ์ สังขปรีชา เจริญอุทัย ศิริประเสริฐ สุจิรา พึ่งเจริญ อธิภัทร แก้วกัณหา และ ณปภัช ช่วยชูหนู
 Dietary tamarind (*Tamarindus indica*) seed husk supplementation in rooster on reproductive performances and cool storage semen
Pachara Thananurak Sasinidtha Thanomwongwatana Pajaree Totakul Piriyaoporn Sungkhapreecha Tienuthai Siripraseart Sujeera Pungcharoen Theerapat Kheawkanha and Napapach Chuaychu-noo
- ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนในการปรับปรุงดินเสื่อมสภาพต่อการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica* Forsk.) 156
 ฐิติพันธ์ สืบประสิทธิ์ อุดมศักดิ์ ผ่องศรี และ จุฬาลักษณ์ ตลับนาค
 Efficiency of vermicompost in improving deteriorated soil for the growth of Morning Glory (*Ipomoea aquatica* Forsk.)
Thitipan Suebprasit Udomsak Phongsri and Chulalak Talubnak



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การยอมรับการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชบนแปลงอ้อยโดยใช้ยานพาหนะทางอากาศที่ไม่มีคนขับ (โดรน) อำเภอชุมพวง จ. บุรีรัมย์ กฤษฎาภรณ์ ว่องไว*

สาขาธุรกิจการเกษตร คณะเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ตำบลสามพร้าว อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 41000 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 4 ธันวาคม 2567

แก้ไข: 12 กุมภาพันธ์ 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 14 มีนาคม 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 17 มีนาคม 2568

คำสำคัญ

ชาวไร่อ้อย

อ้อยและน้ำตาล

การยอมรับ

อากาศยานไร้คนขับ

โดรน

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เพื่อวิเคราะห์การยอมรับการใช้สารกำจัดวัชพืชในไร่อ้อยด้วยการใช้ยานพาหนะทางอากาศที่ไม่มีคนขับ (โดรน) ในอำเภอชุมพวง จ. บุรีรัมย์ กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มชาวไร่อ้อยจำนวน 344 ราย โดยใช้แบบฟอร์มสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา เช่น ค่าความถี่ เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น พบว่าชาวไร่อ้อยมีความรู้เกี่ยวกับการใช้โดรนในการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.33, SD = ± 0.61) และสามารถเรียนรู้การใช้งานโดรนได้อย่างง่าย ไม่ยุ่งยาก ในด้านของความสนใจ ชาวไร่อ้อยมีความสนใจในการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้โดรนในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.30, SD = ± 0.66) นอกจากนี้ การใช้โดรนในไร่อ้อยยังมีความซับซ้อน เนื่องจากต้องการทักษะและความเข้าใจในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.39, SD = ± 0.65) ทำให้ชาวไร่อ้อยยังทอดทิ้งการใช้โดรนในการพ่นสารกำจัดวัชพืชแทนวิธีอื่นในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.40, SD = ± 0.63) ในส่วนของการยอมรับ เกษตรกรที่กำลังพิจารณาซื้อโดรนเพื่อการเกษตรมีความสนใจในระดับสูง (ค่าเฉลี่ย 3.52, SD = ± 0.66)

บทนำ

เศรษฐกิจของประเทศไทยขึ้นอยู่กับอุตสาหกรรมเกษตรของประเทศอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชนบทที่ผู้คนจำนวนมากยังมีอาชีพทำการเกษตรเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม การขาดแคลนแรงงานเป็นเพียงหนึ่งในปัญหามากมายที่เกษตรกรไทยต้องเผชิญ ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น และการใช้สารเคมีบ่อยครั้งซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรและสิ่งแวดล้อม (GISTDA, 2022a) ความตั้งใจของคนงานรุ่นใหม่ที่จะย้ายไปยังภาคอุตสาหกรรมหรือธุรกิจในเมืองใหญ่เป็นสาเหตุสำคัญของการขาดแคลนแรงงานในธุรกิจการเกษตร ส่งผลให้เกษตรกรถูกบังคับให้ใช้เครื่องจักรหรือใช้แรงงานต่างด้าวเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต (Charoenwikkai, 2023) ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการใช้ประโยชน์ในภาคเกษตรกรรมได้เติบโตขึ้นและเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว เทคโนโลยีโดรน (Drone Technology) จึงถูกพัฒนามาใช้ในภาคเกษตรกรรม ตั้งแต่การวางแผนพืชไปจนถึงการสำรวจพื้นที่หรือตรวจวัดอัตราการเจริญเติบโตของพืชเมื่อฉีดพ่นปุ๋ยหรือสารกำจัดวัชพืชและแมลง โดรนที่ใช้ในการเกษตรมีหลายประเภท ซึ่งโดรนที่ออกแบบมาสำหรับการฉีดพ่นสารเคมีนั้นมีประสิทธิภาพสูงและช่วยลดภาระงานของเกษตรกรได้อย่างมาก

นอกจากนั้นแล้วการลดต้นทุนการผลิตแล้ว จากข้อมูลของ (Depa, 2022a) ยังอ้างว่าการใช้โดรนเพื่อพ่นสารเคมีสามารถเพิ่ม

ประสิทธิภาพการทำงานได้มากกว่าการใช้แรงงานมนุษย์ถึง 10 เท่า แต่ถึงชวลดโอกาสที่เกษตรกรอาจสัมผัสสารเคมีโดยตรงอีกด้วย โดยเฉพาะในภูมิภาคที่ปลูกพืชเชิงพาณิชย์ที่สำคัญ เช่น ข้าว อ้อย ยางพารา ข้าวโพด และมันสำปะหลัง ที่มักต้องใช้สารเคมีในการควบคุมวัชพืชและศัตรูพืชอยู่เสมอ (GISTDA, 2022b) ด้วยการใช้ข้อมูลเซ็นเซอร์และโดรนเพื่อประเมินสภาพแวดล้อมและสุขภาพของพืช เทคโนโลยีโดรนในด้านการเกษตรยังสนับสนุนการทำฟาร์มอัจฉริยะ (Smart farming) อีกด้วย ส่งผลให้เกษตรกรสามารถจัดการพื้นที่ของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น คอยสังเกตการพัฒนาของพืช สภาพอากาศ และความชื้นในดิน การวิเคราะห์ Big Data และการเชื่อมต่อ Internet of Things (IoT) ช่วยให้งานนี้เสร็จสิ้นแบบเรียลไทม์ ซึ่งช่วยให้เกษตรกรปรับปรุงการจัดการแปลงปลูกให้เหมาะสมกับสภาพอากาศและดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (NSTDA, 2015)

พืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญสูงสุดชนิดหนึ่งของประเทศไทยคือ อ้อย โดยเฉพาะในพื้นที่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น อำเภอชุมพวง จ. บุรีรัมย์ ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีโรงงานน้ำตาลหลายแห่ง แต่เกษตรกรในภูมิภาคนี้ยังคงใช้เทคนิคการควบคุมวัชพืชแบบเดิม ๆ เช่น การใช้เครื่องพ่นสารเคมีหรือการดึงวัชพืชด้วยมือ ซึ่งทั้งสองวิธีข้างต้นมีค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานาน ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีโดรนเพื่อพ่นยาฆ่าแมลงจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เพราะมี

*Corresponding author

E-mail address: Krisdakorn.wo@udru.ac.th (K. Wongwai)

Online print: 17 March 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.1>

ศักยภาพในการแรงงานและลดค่าใช้จ่ายเมื่อเวลาผ่านไป (Charoenwikkai, 2023) งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ นำไปใช้ในกิจกรรมเกษตรของเกษตรกรแสดงให้เห็นว่า ความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีเป็นองค์ประกอบสำคัญ ต้นทุนการลงทุนความพร้อมทางการเงินและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการใช้เทคโนโลยี (Rogers, 2003) องค์ประกอบทางสังคมอาจรวมถึงความช่วยเหลือจากองค์กรภาครัฐหรือเอกชน และการเรียนการสอนเพื่อปรับปรุงความสามารถทางเทคโนโลยี ซึ่งจะเพิ่มความไว้วางใจในการประยุกต์ใช้ (Office of Agricultural Economics, 2023a) การใช้โดรนในการเกษตรมีศักยภาพในการปรับปรุงคุณภาพการผลิตให้ดีขึ้น ในขณะที่เดียวกันก็แก้ไขปัญหาการขาดแคลนแรงงานไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งยึดหลักการพัฒนาที่ยั่งยืน ช่วยลดผลกระทบด้านลบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงการใช้สารเคมีน้อยกว่าที่จำเป็น ซึ่งจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้กับทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคโดยลดการปนเปื้อนสารเคมีทั้งทางบกและทางน้ำ (Office of Agricultural Economics, 2023b) เพื่อวิจัยความเห็นชอบของเกษตรกรอำเภอชุมพลบุรี ดังนั้นการใช้โดรนในการพ่นสารเคมีในจังหวัดอุดรธานีอย่างต่อเนื่องจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการผลิตและลดค่าใช้จ่ายในการผลิตเมื่อเวลาผ่านไป การศึกษารุ่นนี้จะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจของเราเกี่ยวกับตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของเกษตรกรในการใช้เทคโนโลยีดังกล่าว ผู้กำหนดนโยบายสามารถใช้สิ่งนี้เพื่อส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในอนาคต (Depa, 2022b)

อำเภอชุมพลบุรี จังหวัดอุดรธานี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือถือเป็นภูมิภาคที่มีความสำคัญต่อการผลิตอ้อย อ้อยของประเทศไทยส่วนใหญ่ปลูกในบริเวณนี้ เนื่องจากสภาพดินและสภาพอากาศเหมาะสำหรับการปลูกอ้อย จังหวัดอุดรธานีมีพื้นที่ปลูกอ้อยมากกว่า 500,000 ไร่ในปี 2565 โดยเฉพาะในเขตอำเภอชุมพลบุรีซึ่งมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามข้อมูลจากสำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย (OCSB, 2023) เนื่องจากนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งให้เกษตรกรปลูกอ้อยแทนข้าวที่ไม่เหมาะสม สิ่งนี้ให้ผลกำไรสูงกว่า ในส่วนของการปลูกอ้อยในอำเภอชุมพลบุรี ตามบรรทัดฐานการผลิตในพื้นที่นี้ผลผลิตเฉลี่ยมากกว่า 10 ตันต่อไร่ อย่างไรก็ตามในบางปี พืชธรรมชาติอาจทำให้การผลิตลดลง เช่น ปัญหาภัยแล้งและโรคแมลง (เช่น หนอนเจาะลำต้น) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย ผลการศึกษาระบุว่า

เกษตรกรในภูมิภาคมีความสนใจที่จะใช้พันธุ์อ้อยที่ทนทานต่อศัตรูพืชและสภาพอากาศ ในกระบวนการบริหารจัดการเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (Office of Agricultural Economics, 2023b) เนื่องจากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น อยู่ในขั้นตอนการจัดการเนื่องจากปัญหาที่ระบุไว้ก่อนหน้านี้ แนวคิดหนึ่งล่าสุดที่ดึงดูดความสนใจอย่างมากคือการใช้เทคโนโลยีโดรนในการพ่นสารเคมี เมื่อทำงานในไร่อ้อย โดรนสามารถลดงานทางกายภาพและประหยัดเวลาได้ นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ในการฉีดพ่นได้อีกด้วย ด้วยพื้นที่มากกว่า 10 ไร่ต่อชั่วโมง ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขึ้น นอกจากนี้จะเร็วกว่าเทคนิคทั่วไปถึงห้าเท่าแล้ว ยังช่วยลดโอกาสที่เกษตรกรจะสัมผัสสารเคมีโดยตรงอีกด้วย (NSTDA, 2015)

การใช้โดรนฉีดพ่นยาฆ่าแมลงไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มผลผลิตในไร่อ้อย แต่ยังเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานอีกด้วย อย่างไรก็ตามยังสามารถลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมากอีกด้วย ส่งผลให้ใช้สารเคมีน้อยลงได้ถึง 30–50 % นอกจากนี้ โดรนยังอาจตรวจสอบสภาพของพืชอีกด้วย ประเมินสุขภาพของอ้อยและจัดเตรียมการเก็บเกี่ยวอย่างระมัดระวัง ผลผลิตต่อไร่ก็จะเพิ่มขึ้นในที่สุด โดรนให้ประโยชน์มากมายแต่ก็มีข้อเสียเช่นกันในการใช้เทคโนโลยีนี้ เช่น การซื้อโดรนและอุปกรณ์ที่มีต้นทุนสูง เหนือสิ่งอื่นใด เกษตรกรต้องได้รับการฝึกอบรมให้ใช้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานที่ทางไกล การเชื่อมต่อ GPS และความพร้อมใช้งานของอินเทอร์เน็ตก็เป็นปัจจัยสำคัญเช่นกัน อย่างไรก็ตาม คาดว่าการลงทุนในเทคโนโลยีโดรนจะให้ผลตอบแทนในระยะยาว การจัดการไร่อ้อยด้วยโดรนช่วยเพิ่มผลผลิตต่อไร่และลดค่าแรงลงได้อย่างมาก ข้อมูลของศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลบ่งชี้ว่าแนวโน้มนี้จะเติบโตขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาผ่านไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะที่เทคโนโลยียังคงพัฒนาต่อไป โดรนที่สามารถใช้ภาพถ่ายความละเอียดสูงเพื่อประเมินสุขภาพของพืชก็เป็นตัวอย่างหนึ่ง สิ่งนี้จะทำให้การจัดการทรัพยากรและการคาดการณ์การผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในอำเภอชุมพลบุรี จังหวัดอุดรธานี การใช้โดรนในไร่อ้อยจะช่วยปรับปรุงการจัดการโรงงานและลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมาก ในระยะยาวจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและภาคการผลิตอ้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาระบบการยอมรับการใช้โดรนในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกรชาวไร่อ้อยในอำเภอชุมพลบุรี จังหวัดอุดรธานี

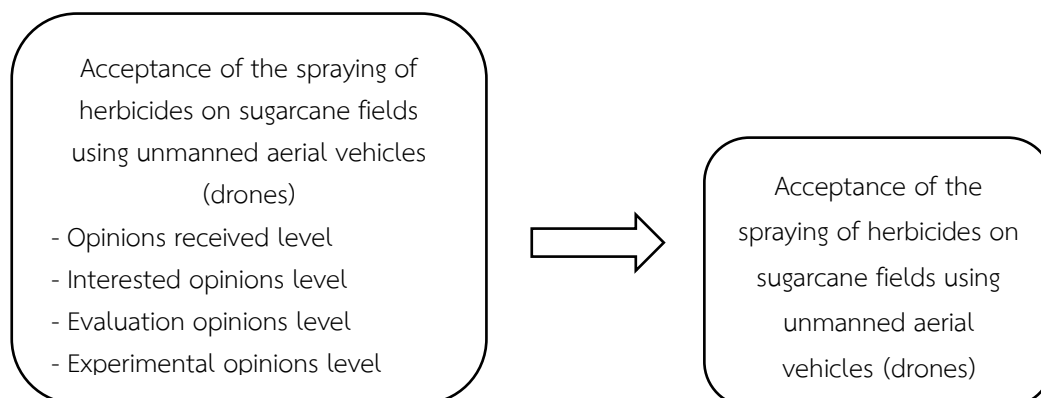


Figure 1 Conceptual framework.

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์กระบวนการที่เกษตรกรยอมรับการใช้โดรนในการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในไร่อ้อย โดยพิจารณาจากตัวแปรต้นซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการยอมรับเทคโนโลยี ได้แก่ การรับรู้, การสนใจ, การประเมินค่า, การทดลอง และการยอมรับ ซึ่งทั้งหมดนี้มีผลต่อการยอมรับการใช้โดรนในภาคเกษตรกรรม การศึกษานี้จะช่วยให้เราเข้าใจว่าปัจจัยใดมีความสำคัญต่อการตัดสินใจของเกษตรกรในการนำโดรนมาใช้ และเสนอแนวทางในการสนับสนุนการใช้งานอย่างกว้างขวางและยั่งยืนในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการยอมรับการใช้ยานพาหนะทางอากาศไร้คนขับ (โดรน) ในการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชในไร่อ้อยในอำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี การศึกษามีลักษณะเป็นเชิงปริมาณ (Quantitative Data) ที่ตรวจสอบและประเมินระดับการยอมรับการใช้โดรนในภูมิภาคเฉพาะในการฉีดพ่นสารเคมี โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่างและประชากร

ประชากรที่ทำการศึกษาได้แก่ ชาวไร่อ้อยในอำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานีจำนวน 3,256 รายเป็นสมาชิกสมาคมชาวไร่อ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผู้วิจัยใช้สูตรของ Crazy และ Morgan เพื่อหาตัวอย่าง (Vorrakitkasemkul, 2011) ในการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง

$$n = \frac{x^2 N p (1-p)}{e^2 (N-1) + x^2 p (1-p)}$$

n = กลุ่มตัวอย่าง

N = ประชากร

e = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

x^2 = ค่าโคสแควร์ที่มีอิสระ (df เท่ากับ 1 และค่าความเชื่อมั่น 95 % ($x^2 = 3.841$))

p = อัตราส่วนของลักษณะที่ต้องการศึกษาในกลุ่มประชากร

(หากไม่ทราบให้กำหนด p = 0.50)

$$n = \frac{3.841 \times 3,256 \times 0.5(1-0.5)}{(0.05)^2 (3,256-1) + 3.841 \times 0.5(1-0.5)}$$

$$n = 343.66 \approx 344$$

ในอำเภอกุมภวาปี มีเกษตรกรชาวไร่อ้อยที่ขึ้นทะเบียนทั้งหมด 3,256 คน ซึ่งได้คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างออกมาเป็นจำนวน 344 คน

2. การสุ่มจำนวนตัวอย่าง

เมื่อนำสัดส่วนที่แท้จริงมากำหนดขนาดตัวอย่าง โดยคำนวณระหว่าง (ช่วง) ระหว่างชาวไร่อ้อยเพื่อสุ่มตามสูตรข้างต้น ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบ (Linear Systematic Sampling) ทำให้สามารถสุ่มตัวอย่างได้ ดังนี้

$$K = \frac{N}{n}$$

เมื่อกำหนด

K = ระยะห่าง

N = ขนาดประชากรทั้งหมด

n = จำนวนตัวอย่าง

คำนวณได้ว่า $K = 3,256 / 344 = 9.46$ ซึ่งปัดเป็น 10

ในการสุ่มตัวอย่างจากเกษตรกรที่เป็นสมาชิกสมาคมชาวไร่อ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือในอำเภอกุมภวาปี จะใช้ช่วงระยะห่าง 10 คน จนครบจำนวน 344 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

แบบสอบถามปลายปิดที่มีคำถามเกณฑ์คะแนน 5 ระดับเป็นหนึ่งในการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการสืบสวนครั้งนี้ แบบสอบถามถูกสร้างขึ้นโดยพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษา ข้อมูลในแบบสอบถามถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยในส่วนที่ 1 จะเป็นข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 มีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สารกำจัดวัชพืช และส่วนที่ 3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการนำเทคโนโลยีโดรนมาใช้ในการพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชออกจากแปลงอ้อย

จากนั้นผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องเลือกตอบตามระดับความสำคัญ โดยใช้มาตรวัด Likert 5 ระดับ ซึ่งอ้างอิงตามแบบจำลองกระบวนการรับเทคโนโลยีของ (Ugochukwu & Phillips., 2018) มีทั้งอารมณ์ด้านบวกและด้านลบและจัดเรียงตามลำดับความสำคัญจาก "สำคัญมากที่สุด" ถึง "สำคัญน้อยที่สุด" รวมถึงการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนตามระดับนัยสำคัญดังนี้

ระดับความรู้สึกในทางบวก	ค่าเกณฑ์ความสำคัญ
- สำคัญมากที่สุด	5
- สำคัญมาก	4
- สำคัญปานกลาง	3
- สำคัญน้อย	2
- สำคัญน้อยที่สุด	1

จากนั้นผู้วิจัยจึงได้นำระเบียบวิธีวิจัยและเครื่องมือการวิจัยยื่นต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเพื่อรับการประเมินการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์เลขที่ยื่นขอโครงการ จย.ม.น. 025/2568 และได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่โครงการรับรอง อว.0622.7/066

4. ขั้นตอนเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ติดต่อและทำงานร่วมกับผู้นำเกษตรกรอำเภอกุมภวาปีและผู้แทนสมาคมชาวไร่อ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดอุดรธานีเพื่อนัดประชุมกับกลุ่มตัวอย่างของเกษตรกรชาวไร่อ้อย

2. รวบรวมข้อมูลด้วยการลงพื้นที่แนะนำตัวกับกลุ่มตัวอย่างสรุปเป้าหมายการศึกษาและขอมีส่วนร่วมในการกรอกแบบสอบถาม

3. ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง และรอผู้ตอบแบบสอบถามส่งคืนเพื่อจะได้ตรวจสอบความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูลอีกครั้ง

5. การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

ผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้ ตรวจสอบและประเมินระดับการยอมรับการใช้ยานพาหนะทางอากาศไร้คนขับ (โดรน) ในการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชในพืชไร่อ้อยของอำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี ก่อนที่จะใช้ Microsoft Excel 22 เพื่อสรุปข้อมูลก่อนที่จะทำการรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบความถูกต้องการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติต่าง ๆ เช่น ค่าเฉลี่ย % และค่าความถี่ จากนั้นจะใช้การทดสอบ t-Test เพื่อตรวจสอบค่าที่ได้รับเพิ่มเติมผู้วิจัยจะคำนวณค่าเฉลี่ยก่อน จากนั้นจึงนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมา

พิจารณาด้วย นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดค่าการแปลความหมายเป็นระดับคะแนน 5 คะแนน ตามช่วงคะแนน โดยใช้สูตรที่กำหนดไว้

(ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด)/จำนวนอันตรภาคชั้นที่กำหนด

$$= \frac{5 - 1}{5} = 0.8$$

ผู้วิจัยกำหนดช่วงคะแนนต่อไปน้ใช้เพื่อตีความปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับการยอมรับการใช้โดรนเพื่อฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกรชาวไร่อ้อยอำเภอภูมทาวปี จังหวัดอุดรธานี ดังนี้:

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

ในรายงานของบทความวิจัยครั้งนี้จะได้เสนอผลการวิจัยเฉพาะส่วนที่ 3 ซึ่งเกี่ยวข้องกับประเด็นการยอมรับการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชบนแปลงอ้อยด้วยยานพาหนะทางอากาศไร้คนขับ (โดรน) เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์การยอมรับเทคโนโลยีโดรนของชาวไร่อ้อยในอำเภอภูมทาวปี จังหวัดอุดรธานี

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการยอมรับการใช้งานโดรนสำหรับการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชในกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกอ้อยจำนวน 344 คน พบว่าผู้ที่ทำการตอบแบบสอบถามมีความ

คิดเห็นอยู่ในระดับ “กลาง” (Neutral) ในทุก ๆ ประเด็น โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.07 ถึง 3.33 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ในช่วง 0.60 ถึง 0.99 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของความคิดเห็นในระดับหนึ่ง ในแง่ของความรู้เกี่ยวกับการใช้งานโดรน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามถึง 62.38 % ระบุว่าโดรนสามารถใช้ในการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชได้ โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.12 (SD = 0.85) ขณะที่ในด้านความสามารถในการควบคุมปริมาณสารนั้น พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 63.84 % เชื่อว่าโดรนสามารถควบคุมระดับการพ่นสารได้ โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 3.19 (SD = 0.60) นอกจากนี้การใช้โดรนในทุกพื้นที่ที่มีความคิดเห็นอยู่ที่ 63.55 % โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 3.18 (SD = 0.66) และยังมีการยืนยันว่าโดรนสามารถลดระยะเวลาการทำงาน แสดงให้เห็นว่ามีความสนใจและยอมรับเทคโนโลยีในกลุ่มชาวไร่อ้อย มีผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามทั้งหมด 65.06 % โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.25 (SD = 0.61) ซึ่งแสดงว่าคุณภาพเกษตรกรมีผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามทั้งหมด (SD = 0.99) บ่งบอกว่าเกษตรกรสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในด้านความสะดวกในการเรียนรู้การใช้งานโดรน มีผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามทั้งหมด 65.35 % และได้คะแนนเฉลี่ย 3.27 (SD = 0.63) ที่บ่งชี้ว่าการใช้โดรนไม่ยากและเข้าใจได้เร็ว นอกจากนี้ เกษตรกรที่ปลูกอ้อยยังคิดว่าการเรียนรู้การใช้โดรนสะดวกและไม่ซับซ้อน โดยมีผู้ตอบแบบสอบถาม 66.57 % และคะแนนเฉลี่ย 3.33 (SD = 0.61) สุดท้าย เกษตรกรสามารถใช้งานโดรนได้อย่างชำนาญในเวลาไม่นาน โดยมีผู้ตอบแบบสอบถามประมาณ 65.64 % และคะแนนเฉลี่ย 3.28 (SD = 0.65) ซึ่งแสดงว่าเกษตรกรสามารถเรียนรู้การใช้โดรนได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การดำเนินการในไร่มีความมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังแสดงในตาราง (Table 1)

Table 1 The average, standard deviation, and proportion of received opinions

Opinions received level	Strongly agree	Agree	Neutral	Disagree	Strongly disagree	Total	$\bar{X}$	%	SD.	Interpret results
1. Do you know that drones can be used to spray herbicides.	13	93	174	50	14	344	3.12	62.38	0.85	Neutral
2. The quantity of herbicide sprayed can be managed by drones.	2	95	215	31	1	344	3.19	63.84	0.60	Neutral
3. Drones are applicable in a wide range of fields.	4	96	204	37	3	344	3.18	63.55	0.66	Neutral
4. Drones can cut down on work time.	3	108	207	25	1	344	3.25	65.06	0.61	Neutral
5. Herbicides can be independently sprayed by sugarcane farmers using drones.	5	105	186	26	2	344	3.07	61.45	0.99	Neutral
6. Easy-to-follow instructions for using a drone to spray pesticides.	6	107	205	25	1	344	3.27	65.35	0.63	Neutral
7. Sugarcane producers learn how to apply pesticides with drones in a simple and straightforward manner.	2	131	191	18	2	344	3.33	66.57	0.61	Neutral
8. Sugarcane producers can quickly and efficiently apply herbicides with drones.	3	123	188	28	2	344	3.28	65.64	0.65	Neutral

การวิจัยเกี่ยวกับความสนใจของชาวไร่อ้อยในการใช้โดรนสำหรับการพ่นสารเคมีจากกลุ่มตัวอย่าง 344 คน พบว่าความเห็นของชาวเกษตรมีระดับ "กลาง" โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.28 ถึง 3.30 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.64 ถึง 0.66 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความไม่เหมือนกันในความคิดเห็นในระดับปานกลาง ในหัวข้อแรกเกี่ยวกับความสนใจในการใช้โดรน ชาวไร่อ้อยมีความสนใจปานกลาง โดยคะแนนเฉลี่ยที่ 3.28 (SD = 0.65) และมีผู้ตอบแบบสอบถามถึง 65.58 % ที่มีความคิดเห็นเชิงบวกหรือกลาง ซึ่งแสดงถึงความต้องการทดลองใช้เทคโนโลยีใหม่ในเกษตรกรรม สำหรับหัวข้อที่สองเกี่ยวกับการหาข้อมูลเสริม ชาวเกษตรมีความตั้งใจศึกษาการใช้โดรน โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ 3.30 (SD = 0.66) และ 66.05 % แสดงความสนใจจากระดับกลางถึงสูง ซึ่งบ่งชี้ถึงความต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับนวัตกรรม

นี้ การแสดงการใช้โดรนมีความสำคัญในการช่วยให้เกษตรกรตัดสินใจได้ดีขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 3.30 (SD = 0.64) และ 66.05 % ของผู้ตอบแสดงความเห็นระดับกลางถึงสูง ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของข้อมูลและการสาธิตในการใช้เทคโนโลยีนี้ในเกษตรกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โดรน ควรมีการจัดกิจกรรมให้เกษตรกรได้ทดลองใช้โดรนจริง รวมถึงการนำเสนอข้อมูลอย่างเป็นระเบียบ การสนับสนุนการตัดสินใจผ่านการสาธิตและการให้คำปรึกษาจะช่วยให้เกษตรกรมั่นใจในการใช้งานเทคโนโลยีนี้ในการเกษตร การส่งเสริมการใช้โดรนในภาคการเกษตรจะช่วยให้ผลผลิตและสร้างความสนใจต่อเทคโนโลยีใหม่ ซึ่งเป็นแนวทางเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคต การจัดกิจกรรมและการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมจะช่วยให้เกษตรกรตัดสินใจในการเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมเกษตร (Table 2)

Table 2 % of interesting views, mean, and standard deviation

Interested opinions level	Strongly agree	Agree	Neutral	Disagree	Strongly disagree	Total	$\bar{X}$	%	SD.	Interpret results
1. Farmers who grow sugarcane are eager to test out chemical spraying with drones.	7	112	195	30	0	344	3.28	65.58	0.65	Neutral
2. Farmers that grow sugarcane learn more about the use of drones in agriculture.	4	128	182	28	2	344	3.30	66.05	0.66	Neutral
3. When agricultural drones arrive to show how to utilize them, sugarcane farmers can test them out to help them decide how best to employ them.	1	133	181	27	2	344	3.30	66.05	0.64	Neutral

จากการสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยเกี่ยวกับการใช้โดรนในการพ่นสารฆ่าพืชขึ้นสนใจ พบว่ามีความคิดเห็นที่ค่อนข้างกลาง โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3.35 ถึง 3.39 ขณะที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีระหว่าง 0.60 ถึง 0.65 ซึ่งแสดงว่ามีความหลากหลายของความคิดเห็นในระดับนี้ ในด้านประโยชน์ของการใช้โดรน เกษตรกรมองว่าการใช้โดรนมีประโยชน์ต่อการปลูกอ้อย โดยคะแนนเฉลี่ยที่ 3.35 (SD = 0.60) และประมาณ 67.03 % ของผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยในระดับกลางถึงสูง สะท้อนถึงการยอมรับในนวัตกรรมนี้ นอกจากนี้ ความเชื่อมั่นในการใช้โดรนก็อยู่ในระดับกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 3.35 (SD = 0.62) และผู้ตอบประมาณ 66.92 % เห็นด้วยในระดับกลาง ซึ่งบ่งชี้ถึงความมั่นใจในศักยภาพการใช้โดรน ถึงแม้ว่าจะมี

มุมมองที่แตกต่างกันมากมาย เกษตรกรมีมุมมองว่าการใช้โดรนมีความยุ่งยาก โดยคะแนนเฉลี่ยที่ 3.39 (SD = 0.65) และมีถึง 67.73 % มองว่าการใช้โดรนต้องการทักษะและการเข้าใจในระดับที่สูง ซึ่งแสดงถึงความท้าทายสำหรับการเริ่มต้นใช้งานเทคโนโลยีนี้ เพื่อเพิ่มการรับรู้และประสิทธิภาพการใช้โดรนในเกษตร มีข้อเสนอที่สำคัญ เช่น การจัดฝึกอบรมเพื่อให้การใช้งานง่ายขึ้น และสร้างความมั่นใจให้เกษตรกร นอกจากนี้ควรพัฒนาอุปกรณ์ให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น เพื่อลดความต้องการทักษะพิเศษ การให้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญในระยะเริ่มต้นก็สำคัญ วิธีการเหล่านี้จะช่วยลดอุปสรรคในการใช้โดรนและเพิ่มความมั่นใจให้เกษตรกร ซึ่งจะนำไปสู่การใช้นวัตกรรมที่ดีในภาคเกษตรในอนาคต (Table 3)

Table 3 % of evaluation opinions, mean, and standard deviation

Evaluation opinions level	Strongly agree	Agree	Neutral	Disagree	Strongly disagree	Total	$\bar{X}$	%	SD.	Interpret results
1. Sugarcane producers believe that their own sugarcane crops will benefit from the use of drones to spray herbicides.	2	137	185	20	0	344	3.35	67.03	0.60	Neutral
2. Sugarcane producers believe that using drones to spray chemicals would be a smart idea.	6	128	189	21	0	344	3.35	66.92	0.62	Neutral
3. Because it requires a lot of expertise and knowledge. Sugarcane producers therefore believe that using drones to spray pesticides on their fields is difficult.	8	140	175	19	2	344	3.39	67.73	0.65	Neutral

ในเรื่องการใช้โดรนสำหรับการพ่นสารกำจัดวัชพืชในไร่อ้อย ด้านการประเมินนั้น พบว่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.32 ถึง 3.40 โดยมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ระหว่าง 0.62 ถึง 0.64 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความคิดเห็นโดยรวมมีการจัดอยู่ในระดับ “ปานกลาง” พร้อมทั้งมีความหลากหลายอยู่ในระดับปานกลางเช่นกัน ในแง่ของการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของโดรน เกษตรกรยังอยู่ในระหว่างการเรียนรู้ โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.32 (SD = 0.62) และสัดส่วนผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถาม 66.40 % มีคะแนนในระดับกลางถึงสูง ซึ่งแสดงถึงการเสริมสร้างความรู้ในด้านนี้ แต่ยังมี การขาดแคลนในด้านความมั่นใจเกี่ยวกับการใช้งาน ในการใช้โดรนแทนวิธีการกำจัดวัชพืชแบบเก่า เกษตรกรมีแนวโน้มที่จะพิจารณาการใช้โดรน โดยหิยคะแนนเฉลี่ย 3.40 (SD = 0.63) และ 67.91 % ของผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยในระดับกลาง ซึ่งบ่งบอกถึงความเปิดรับเทคโนโลยีใหม่ในกระบวนการเกษตร ด้วยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการใช้โดรนกับการเกษตรแบบดั้งเดิมนั้น ควรได้รับการสนับสนุน เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร การศึกษาเปรียบเทียบแบบ

นี้จะช่วยให้เกษตรกรได้รับข้อมูลที่ชัดเจนในการตัดสินใจเกี่ยวกับการเลือกใช้โดรนในงานปฏิบัติ ซึ่งอาจนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตและลดค่าใช้จ่ายในการผลิตในลักษณะที่มีความหมาย นอกจากนี้ การพัฒนาโดรนให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่มีความหลากหลาย เช่น พื้นที่ลาดชันหรือฟาร์มขนาดเล็ก ก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นการนำโดรนไปใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร การออกแบบโดรนที่สามารถทำงานในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันนั้น จะช่วยให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้อย่างสะดวกมากขึ้น และเพิ่มโอกาสในการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ จากผลสำรวจเกษตรกรมีแนวโน้มที่จะพิจารณาการใช้โดรน ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.40 (SD = 0.63) และ 67.91 % เห็นด้วยในระดับกลาง ดังนั้นการเสริมสร้างทักษะความรู้พร้อมกับการอบรมเกี่ยวกับการใช้งานโดรน ในภาคการเกษตรจะเป็นการสนับสนุนการนำเทคโนโลยีมาใช้นี้ในระยะยาว การมอบความรู้และทักษะที่จำเป็นให้เกษตรกรจะช่วยให้พวกเขาสามารถใช้งานโดรนได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน ส่งผลเชิงบวกต่อการพัฒนาภาคเกษตรในอนาคต (Table 4)

Table 4 % of experimental viewpoints, mean, and standard deviation

Experimental opinions level	Strongly agree	Agree	Neutral	Disagree	Strongly disagree	Total	$\bar{X}$	%	SD.	Interpret results
1. Sugarcane farmers are learning concerning the use of drones to spray herbicides in sugarcane fields.	3	129	188	23	1	344	3.32	66.40	0.62	Neutral
2. Instead of using traditional methods to get rid of weeds, sugarcane farmers turn to drones to spray herbicides instead.	7	142	175	20	0	344	3.40	67.91	0.63	Neutral
3. Sugarcane farmers use drones to spray herbicides to suit their sugarcane fields.	8	137	181	16	2	344	3.39	67.73	0.64	Neutral

การศึกษาเรื่องการใช้โดรนสำหรับการพ่นสารกำจัดวัชพืชในไร่อ้อยด้านประสบการณ์ ได้เปิดเผยว่าเกษตรกรมีมุมมองในแง่ดีต่อเทคโนโลยีนี้ เนื่องจากคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.46 ถึง 3.52 ซึ่งสะท้อนถึงระดับการเห็นด้วยตามเกณฑ์ที่กำหนด ในเวลาเดียวกัน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ระหว่าง 0.57 ถึง 0.66 ซึ่งสะท้อนถึงความหลากหลายของมุมมอง ในระดับต่ำจนกระทั่งปานกลาง ในด้านการศึกษาเกี่ยวกับการใช้โดรน เกษตรกรยังคงแสดงทัศนคติบวก โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.46 (SD = 0.57) และพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามถึง 69.19 % ที่แสดงมุมมองด้านบวกในการทำ ความเข้าใจการใช้งานโดรน ซึ่งบ่งบอกถึงความสนใจและความสามารถในการปรับตัวเข้าสู่เทคโนโลยีใหม่ ในการพิจารณาการใช้โดรนแทนแนวทางเก่า เกษตรกรรู้สึกว่

โดรนสามารถทำหน้าที่แทนรูปแบบที่นำมาใช้ในปัจจุบันได้ โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 3.49 (SD = 0.58) และมีผู้ตอบแบบสอบถามถึง 69.71 % ที่เห็นด้วยกับมุมมองนี้ ซึ่งสะท้อนถึงการรับรองและความเชื่อมั่นในศักยภาพของโดรนในด้านการเกษตร เกษตรกรมีความมั่นใจ

ในศักยภาพของโดรนในการปรับการใช้งานให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในไร่อ้อย โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.52 (SD = 0.66) และมีผู้ตอบแบบสอบถามถึง 70.35 % ที่แสดงความคิดเห็นในเชิงบวก ซึ่งแสดงถึงความเชื่อมั่นที่มีต่อเทคโนโลยีนี้ ดังนั้น การสร้างโอกาสในการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้ใช้งานจริงกับผู้ที่ยังมีความไม่แน่ใจก็เป็นสิ่งสำคัญ เพื่อเสริมสร้างความเชื่อมั่นในชุมชนเกษตร ข้อเสนอในการส่งเสริมการใช้งานโดรนในพื้นที่เกษตรกรรมที่แตกต่างจะช่วยยกระดับความมั่นใจให้กับเกษตรกร โดยเฉพาะการลดค่าใช้จ่ายในการเข้าถึงเทคโนโลยีซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถใช้โดรนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การดำเนินการลักษณะนี้จะช่วยเปิดโอกาสให้เกษตรกรพัฒนากระบวนการผลิตและเพิ่มผลผลิตอย่างยั่งยืน การนำแนวทางเหล่านี้มาใช้จะทำให้การใช้โดรนในไร่อ้อยมีประสิทธิภาพและยั่งยืนในระยะยาว ซึ่งจะส่งผลดีกับภาคเกษตรกรรม การสร้างความเชื่อมั่นและการสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ จะช่วยให้เกษตรกรสามารถปรับตัวและพัฒนาเกษตรกรรมให้ทันสมัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Table 5)

Table 5 % of accepted ideas, the mean, and the standard deviation

Accepted opinions level	Strongly agree	Agree	Neutral	Disagree	Strongly disagree	Total	$\bar{X}$	%	SD.	Interpret results
1. Sugarcane farmers are learning concerning the use of drones to spray herbicides in sugarcane fields.	9	145	185	5	0	344	3.46	69.19	0.57	agree
2. Sugarcane farmers use drones to spray herbicides instead of other methods of eliminating weeds.	10	151	179	4	0	344	3.49	69.71	0.58	agree
3. Sugarcane farmers use drones to spray herbicides to suit their sugarcane fields.	20	150	163	10	1	344	3.52	70.35	0.66	agree

การศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโดรนในอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการพ่นสารเคมีและการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยในประเทศไทย มีแนวโน้มที่จะสะท้อนถึงความหลากหลายและความแตกต่างในระดับการยอมรับเทคโนโลยีในกลุ่มเกษตรกร ในที่นี้ เกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกอ้อยมีความตระหนักถึงประโยชน์ของโดรนในการลดระยะเวลาในการทำงาน รวมทั้งการจัดการการพ่นสารเคมีและการควบคุมวัชพืชอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการค้นคว้าเป็นไปตามงานวิจัยที่ดำเนินการโดย (Wachasuwan & Wongsansukcharoen, 2022) ซึ่งได้กล่าวว่าเกษตรกรมีความเข้าใจในศักยภาพของโดรนในการลดการใช้แรงงานและเพิ่มความแม่นยำในด้านการเกษตร โดยเฉพาะในการควบคุมปริมาณการพ่นสารเคมี นี่ถือว่าเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญในยุคปฏิวัติเกษตรกรรม นอกจากนี้ยังมีการอ้างอิงการวิจัยจาก (Punyawattee et al., 2017) ที่ได้แสดงว่าโดรนสามารถสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรและลดการใช้สารเคมีที่ไม่จำเป็น การนำเอาเทคโนโลยีโดรนมาประยุกต์ในงานเกษตรไม่เพียงแต่ช่วยให้เกษตรกรสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ยังส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน ดังนั้น ความยอมรับและการนำไปใช้เทคโนโลยีนี้จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรในประเทศไทยในอนาคต

แม้เกษตรกรจะเข้าใจถึงคุณค่าในการใช้โดรนสำหรับการเกษตร แต่ความสนใจจริงในการใช้งานโดรนยังไม่สูงนัก ซึ่งมีการวิจัยระบุว่าความสนใจในการทดลองใช้โดรนในเกษตรกรรมยังอยู่ในระดับต่ำ โดยมีหลายปัจจัยอธิบายเรื่องนี้ เช่น ความซับซ้อนของเทคโนโลยีที่อาจก่อให้เกิดการต่อต้านต่อการยอมรับนวัตกรรมใหม่ในภาคการเกษตร ผลการศึกษาโดย (Poolkasem et al., 2020) พบว่าเกษตรกรที่มีอายุสูงและการศึกษาไม่มากนักเผชิญกับอุปสรรคในการใช้งานเทคโนโลยีใหม่ และต้องการการสนับสนุนร่วมกับการฝึกอบรมเพิ่มเติมเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้ดียิ่งขึ้น ความขาดแคลนความเข้าใจและความชำนาญในการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยจึงถือเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้เกษตรกรไม่สามารถใช้โดรนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยิ่งไปกว่านั้น เกษตรกรกลุ่มใหญ่ยังเป็นกลุ่มที่อาจประสบความลำบากในการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ เนื่องจากพวกเขามักไม่คุ้นเคยกับการใช้งานเทคโนโลยีล้ำสมัยและมักไม่มีความสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับนวัตกรรมเหล่านี้ การสร้างการรับรู้และการสนับสนุนที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อเพิ่มระดับความสนใจและการใช้โดรนในภาคการเกษตรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น งานวิจัยของ Chantarat et. al (2019) ชี้ให้เห็นว่าเกษตรกรในประเทศไทยมี

แนวโน้มที่จะหลีกเลี่ยงความเสี่ยงและมีแนวทางการทำเกษตรที่เป็นแบบดั้งเดิม ซึ่งอาจนำไปสู่การนำเทคโนโลยีขั้นสูงมาใช้ในอุตสาหกรรมเกษตรอย่างล่าช้า เนื่องจากความไม่แน่นอนในด้านผลลัพธ์และความเหมาะสมของนวัตกรรมใหม่ ๆ นอกจากนี้ยังปรากฏว่าเกษตรกรยังมีความกังวลเกี่ยวกับความยุ่งยากในการใช้งานโดรน ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการนำโดรนมาใช้ในกระบวนการเกษตร อย่างไรก็ตาม การวิจัยโดย (Wachasuwan & Wongsansukcharoen., 2022) ชี้ให้เห็นว่า ถ้าเกษตรกรพบว่าโดรนใช้งานง่ายและไม่ยุ่งยาก ความตั้งใจในการใช้งานจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถึงกระนั้น ความกังวลเกี่ยวกับความยุ่งยากในการใช้งานที่ระบุไว้ในงานวิจัยนี้ยังคงเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา เนื่องจากอาจมีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ในกลุ่มเกษตรกร นอกจากนี้ ผลการวิจัยของ (Chantarat et al., 2019) ยังเผยให้เห็นถึงปัญหาการขาดทักษะด้านเทคนิคซึ่งมีผลกระทบสำคัญต่อการนำโดรนมาใช้ในกิจกรรมทางการเกษตร การขาดองค์ความรู้และทักษะในการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ อาจทำให้เกษตรกรรู้สึกไม่แน่ใจและไม่กล้าที่จะใช้โดรนในการดำเนินงาน ซึ่งต้องมีการพัฒนาและส่งเสริมเพื่อให้เกษตรกรสามารถนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จากผลการศึกษาเพิ่มเติมเปิดเผยว่าเกษตรกรยังคงมีความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งานโดรนในงานการเกษตรอยู่ในระดับต่ำ โดยมีจำนวนเกษตรกรที่มีโดรนหรือมีแผนที่จะซื้อโดรนในอนาคตอย่างจำกัด ข้อมูลนี้ตรงกับกรวิจัยของ (Koondee et al., 2022) ที่ระบุว่าอัตราการใช้เทคโนโลยีใหม่มักจะต่ำเนื่องจากการขาดความรู้และแหล่งเงินทุนที่จำเป็นในการเข้าถึงเทคโนโลยีเหล่านี้ แม้ว่าจะมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการใช้โดรนในการพ่นปุ๋ยในไร่อ้อยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและลดภาระการทำงานได้ (Punyawattee et al., 2017) แต่การนำโดรนมาใช้ในการพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชในไร่อ้อยยังคงประสบปัญหาเนื่องจากการพ่นสารเคมีจำเป็นต้องใช้ความแม่นยำในระดับต่ำใกล้พื้นดิน ซึ่งเป็นความท้าทายที่โดรนไม่สามารถทำได้เท่ากับการพ่นปุ๋ย ความท้าทายนี้เกิดจากความสูงของใบอ้อยและอุปสรรคต่าง ๆ ที่มีผลต่อการกระจายสารเคมีตามที่ต้องการ การพัฒนาวิธีการหรือเทคโนโลยีที่สามารถตอบสนองความต้องการนี้จึงมีความสำคัญเพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้โดรนในการจัดการวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดการใช้แรงงานในกระบวนการเกษตร การศึกษารังนี้นี้ได้ชี้ให้เห็นว่า เทคโนโลยีโดรนมีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพของการเกษตร แต่การนำไปใช้งานจริงยังเผชิญกับความท้าทายเพราะความซับซ้อนในการใช้งาน ค่าใช้จ่ายที่สูง และการขาดแคลนโปรแกรมการอบรมที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

(Srivetbodee S. & Igel, 2021) ที่เน้นย้ำถึงความสำคัญของการพัฒนาโดรนที่ใช้งานง่ายและมีราคาที่เหมาะสม เพื่อส่งเสริมความยอมรับเทคโนโลยีในหมู่เกษตรกร โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบท เพื่อให้การนำเทคโนโลยีโดรนเข้าสู่อุตสาหกรรมการเกษตรในประเทศไทยมีความก้าวหน้าและประสบความสำเร็จอย่างมากยิ่งขึ้น การแก้ไขปัญหาเหล่านี้จึงต้องได้รับการให้ความสำคัญ โดยเฉพาะการจัดทำโปรแกรมอบรมที่เหมาะสมและการพัฒนาเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับความต้องการของเกษตรกร นอกจากนี้ การสนับสนุนทางการเงินก็ยังเป็นปัจจัยสำคัญเพื่อสนับสนุนให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ งานวิจัยควรกว้างขวางไปยังกลุ่มเกษตรกรที่หลากหลาย เพื่อให้สามารถเข้าใจความต้องการและปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้น ข้อมูลที่หลากหลายจะช่วยให้การพัฒนาเทคโนโลยีโดรนสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่แท้จริงของเกษตรกร และสนับสนุนการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในภาคการเกษตรอย่างยั่งยืนในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการยอมรับและการใช้งานโดรนสำหรับพ่นสารกำจัดวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกรแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีมุมมองที่ดีต่อการนำโดรนมาใช้ในงานเกษตรกรรม โดยมีความคิดเห็นในระดับปานกลางถึงดีเกี่ยวกับประโยชน์และความสามารถในการใช้งานของโดรน โดยคะแนนเฉลี่ยสูงสุดอยู่ระหว่าง 3.30 ถึง 3.52 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ในช่วง 0.57 ถึง 0.66 ซึ่งสะท้อนถึงความหลากหลายของความคิดเห็นในระดับต่ำถึงปานกลาง ดังนี้ 1.ขั้นการรับรู้ โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.33 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ± 0.61 2. ขั้นการสนใจ โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.30 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ± 0.66 3.ขั้นการประเมินค่า โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.39 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ± 0.65 4. ขั้นการทดลอง โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.40 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ± 0.63 และ 5.ขั้นการยอมรับโดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.52 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ± 0.66 เกษตรกรส่วนใหญ่เห็นว่าโดรนมีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการเกษตรและสามารถปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพไร่อ้อยได้ อย่างไรก็ตาม ยังมีความกังวลเกี่ยวกับความซับซ้อนในการใช้งาน โดยเฉพาะในด้านทักษะเทคนิคและการควบคุมโดรน จึงมีข้อเสนอให้มีการจัดการฝึกอบรมที่มุ่งเน้นการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อเพิ่มความมั่นใจและความสามารถของเกษตรกร รวมถึงการสนับสนุนการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างเกษตรกร และการพัฒนาเทคโนโลยีให้ใช้งานง่ายขึ้นและลดต้นทุนเพื่อให้สามารถเข้าถึงได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งจะช่วยให้การนำโดรนมาใช้ในภาคเกษตรกรรมมีประสิทธิภาพและยั่งยืนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรและสมาคมชาวไร่อ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี ที่ให้การสนับสนุน พื้นที่ดำเนินการวิจัยและขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่ช่วยเหลือการสัมภาษณ์ข้อมูลวิจัยในครั้งนี้

References

- Chantrarat S, Athawanit W., Mahasuvirachai P., Thammaphanichwong K., & Jenphuengporn J., (2019). *How Will Thailand's Agricultural Landscape Transform Towards Sustainable Development?* In: Annual Academic Seminar 2019 of the Bank of Thailand, "Transforming the Economy, Conquering Competition", September 30 – October 1, 2019, Centara Grand at Central World, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Charoenwikkai, P. (2023). *Factors for acceptance of drone technology for spraying herbicides in sugarcane fields Lankrabue District Kamphaeng Phet Province.* (Master's Thesis). Phitsanulok, Thailand: Naresuan University. (in Thai)
- Digital Economy Promotion Agency (Depa). (2022a). *Tech Series: Drone for Smart Farming.* Accessed October 16, 2024. Retrieved from: <https://www.depa.or.th/th/article-view/tech-series-drone-smart-farming>. (in Thai)
- Digital Economy Promotion Agency (Depa). (2022b). *Tech Series: Drone for Smart Farming.* Accessed October 16, 2024. Retrieved from: <https://www.depa.or.th/th/article-view/tech-series-drone-smart-farming>. (in Thai)
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA). (2022a). *Drone technology for pest and weed management in sugarcane farming. Journal of Agricultural Technology, 28(2), 202-213.*
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA). (2022b). *Drone technology for precision agriculture: Applications and challenges in Thailand. Space Technology and Agriculture Journal, 14(1), 28-35.*
- Koondee, P., Sangprachathanarak, K., Posom J., Watyotha C., & Wongprathi M. (2019). *Study of field capacity and variables of UAV operation time during spraying hormone fertilizer in sugarcane field.* The 12th TSAE International Conference. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. doi:10.1088/1755-1315/301/1/012020. 1-7.
- Koondee, P., Sangprachathanarak, K., Wongpichit, S., Wongphati, M., Uengsathithitavorn, K., Pilawut, S., Phupaput, A., Pannduangnet, L., & Nothaisong, J. (2022). *A study of working time and obstacles on foliar fertilizer spraying in sugarcane fields using drones, tractors, and human. Khon Kaen Agriculture Journal, 50(4), 1083–1096.* (in Thai) doi:10.14456/kaj.2022.92.

- National Science, Technology and Innovation Policy Office (NSTDA). (2015). *Annual report 2015*. Accessed October 22, 2024. Retrieved from: <https://dl.parliament.go.th/handle/lirt/581089>
- Office of Agricultural Economics. (2023a). *Factors influencing the adoption of technology in Thai agriculture*. *Agricultural Economics Journal*, 45(2), 111-130.
- Office of Agricultural Economics. (2023b). *Sustainable agricultural practices and technology adoption in Thailand*. *Economic Report on Agriculture*, 45(4), 110-125.
- Office of the Cane and Sugar Board (OCSB). (2023). *Thailand Sugar Industry Annual Report: Guide to proper, appropriate and sustainable sugarcane cultivation*. Accessed October 22, 2024. Retrieved from: <https://www.kslgroup.com/images/download/finance/2565/OneReportEng.pdf>
- Poolkasem C., Kangwal, S., Anthon, A., & Nantasen, W. (2020). *Factors affecting the sustainability of sugarcane farmers*. *Graduate Studies Journal*, 17(76), 267-279.
- Punyawattee, P., Sutjaritthammachariyangkun W., Chaisingh N. and Supornsin S. (2017). *Efficiency of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for rice seed discoloration prevention and control*. *Pesticide application research group, entomology and zoology group*. Bangkok, Thailand: Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture. (in Thai)
- Rogers, E. M. (2003). *Attributes of Innovations and Their rate of Adoption*. *Diffusion of innovations* (5thed.). New York, USA: A Division of Simons & Schuster Inc. Press.
- Srivetbodee S., & Igel B. (2021). *Digital Technology Adoption in Agriculture: Success Factors, Obstacles and Impact on Corporate Social Responsibility Performance in Thailand's Smart Farming Projects*. 24(2), 149-170
- Ugochukwu, A. I., & Phillips. P. W. B. (2018) *Technology adoption by agricultural producers: A Review of the Literature*. Innovation, Technology and Knowledge Management Springer Books. (1st ed.). Gewerbestrasse, Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG.
- Vorrakitkasemkul, S. (2011). *Research methodology in behavioral and social sciences* (2nd ed.). Udon Thani, Thailand: Aksornsilp Printing. (in Thai)
- Wachasuwan T., & Wongsansukcharoen J. (2022). *Acceptance of technology and innovation affecting the intention of using drone for agriculture in the agricultural industry*. *Panyapiwat Journal*, 14(1), 143-157.

Research article

Approval for spraying herbicides on sugarcane fields by unmanned aerial vehicles (drones) in Kumphawapi District, Udon Thani Province

Krisdakorn Wongwai*

Department of Agribusiness, Faculty of Technology and Engineering, Udon Thani Rajabhat University, Tam Bon Samprao, Mueng Udon Thani District, Udon Thani Province, 41000 Thailand

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 4 December 2024

Revised: 12 February 2025

Accepted: 14 February 2025

Online published: 17 March 2025

Keyword

Sugarcane farmer

Sugarcane and sugar

Acceptance

Unman aerial Vehicles

Drone

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the acceptability of herbicide use in sugarcane fields using unmanned aerial vehicles (drones) in Kumphawapi District, Udon Thani Province. The sample consisted of 344 sugarcane farmers. Data was collected using a questionnaire and analyzed using descriptive statistics such as frequency, %, mean, and standard deviation. It was found that sugarcane farmers had moderate knowledge of using drones for spraying herbicides (3.33 ± 0.61) and were able to learn to use drones easily without any difficulties. Interestingly Sugarcane farmers are moderately interested in learning about drones (3.30 ± 0.66). In addition, using drones in sugarcane fields is complicated because they require a moderate level of skill and understanding (3.39 ± 0.65). Farmers Sugarcane therefore uses drones to spray herbicides instead of other methods at a moderate level (3.40 ± 0.63) in terms of acceptance. Farmers considering purchasing drones for agriculture had a high level of interest (3.52 ± 0.66)

*Corresponding author

E-mail address: Krisdakorn.wo@udru.ac.th (K. Wongwai)

Online print: 17 March 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.1>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกรอำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน

ปิยฉัตร จันทรใจ^{1*} นาริรัตน์ สิริสาร² และ อารังเจต พัฒนาข²

¹หลักสูตรเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิชาส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร สาขาวิชาเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ประเทศไทย 11120

²สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อำเภอปากเกร็ดจังหวัดนนทบุรี ประเทศไทย 11120

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 14 กันยายน 2567

แก้ไข: 2 มกราคม 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 12 กุมภาพันธ์ 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 24 มีนาคม 2568

คำสำคัญ

การยอมรับ

เชื้อราไตรโคเดอร์มา

ควบคุมโรคพืช

การผลิตผัก

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกรอำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน จากเกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรกับกรมส่งเสริมการเกษตร ประจำปีการผลิต 2566/2567 จำนวน 179 ราย โดยใช้สูตรทาร์โยยามาเน ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 124 ราย และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยแบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนมาก อายุเฉลี่ย 54.05 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 38.70 มีประสบการณ์การผลิตผักเฉลี่ย 7.87 ปี เกษตรกรฝึกอบรม เฉลี่ย 2.51 ครั้ง โดยมีรายได้ทั้งหมดต่อปี เฉลี่ย 79,669.84 บาท มีรายได้จากภาคการเกษตรเฉลี่ย 31,460.88 บาท มีรายได้จากการปลูกผักเฉลี่ย 26,461.13 บาท รายได้นอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 21,747.82 บาท ราคาผลผลิตเฉลี่ย 23.46 บาท จำนวนครั้งในการผลิตผักในการผลิต ปี 2566 เฉลี่ย 5.81 ครั้ง มีจำนวนแรงงานในการผลิตผักเฉลี่ย 2.31 คน มีพื้นที่ผลิตผักเฉลี่ย 1.31 ไร่ ใส่ปุ๋ยเฉลี่ย 2.40 ครั้ง ผลการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression Analysis) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Pearson Correlation) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ จำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ย มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.090 ส่วนตัวแปรอื่นๆ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันในระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ อายุ ราคาผลผลิตผัก จำนวนครั้งการผลิตผัก จำนวนแรงงานผลิตผัก รายได้จากการผลิตผัก พื้นที่การผลิตผัก จำนวนครั้งการใส่ปุ๋ย

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ ส่งผลให้พืชเศรษฐกิจมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและวิถีชีวิตของประชากร พืชเศรษฐกิจของไทยเป็นหนึ่งในสินค้าที่สร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมหาศาล โดยพืชเศรษฐกิจหลักของไทย ได้แก่ ข้าว ยางพารา อ้อย ปาล์มน้ำมัน มันสำปะหลัง และข้าวโพด ซึ่งแต่ละชนิดมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยมาเป็นระยะเวลายาวนาน และยังคงคาดการณ์ว่าในอนาคตต่อจากนี้ พืชเศรษฐกิจของไทยจะยังคงมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและความยั่งยืนของประเทศ อย่างไรก็ตามการพัฒนาความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการผลิต จะช่วยให้พืชเศรษฐกิจของไทยมีความแข็งแกร่งและสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้อย่างยั่งยืน (Office of Agricultural Economics , 2023) ในปีการเพาะปลูก 2566 ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกผักทั้งหมด 55,747 ไร่ มีเนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 47,167 ตัน และมีผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 64,349 ตัน

ปัจจุบันการผลิตพืชผักของประเทศไทยส่วนใหญ่เกษตรกรจะมีการปลูกพืชผักสลับหมุนเวียนกัน ขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด ความเหมาะสมของสภาพภูมิอากาศ และปริมาณน้ำในแต่ละช่วง (Department of Agricultural Extension, 2023) การเกษตรในประเทศไทยมีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตและเศรษฐกิจของประชาชน โดยเฉพาะการผลิตผักที่เป็นแหล่งรายได้หลักของเกษตรกร ในหลายพื้นที่อย่างไรก็ตาม การผลิตผักมักประสบปัญหาจากการระบาดของโรคพืชที่สามารถทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากเชื้อราที่มีผลกระทบต่อนานหลายชนิด

จังหวัดน่าน เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่เกษตรกรยังคงเผชิญกับปัญหาการระบาดของโรคพืชในกระบวนการผลิตผัก เช่น ผักคะน้า ผักบุ้ง หรือผักอื่น ๆ ที่มีความสำคัญในตลาดท้องถิ่นและการค้า อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน มีเกษตรกรผู้ผลิตผัก ทั้งหมด 179 ราย พื้นที่ประมาณ 128.75 ไร่ (Santisuk District Agricultural Office, 2023) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกผักเพื่อการจำหน่ายในตลาดทั้งในและ

*Corresponding author

E-mail address: piyachat.pupae@gmail.com (P. Janjai)

Online print: 24 March 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.2>

ต่างจังหวัด อย่างไรก็ตาม เกษตรกรในพื้นที่ยังคงเผชิญกับปัญหาที่เกิดจากการระบาดของโรคพืชจากเชื้อราที่สามารถทำลายผลผลิตและลดรายได้ของเกษตรกรได้ การควบคุมโรคพืชในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาการใช้สารเคมี ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค รวมทั้งยังส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการปนเปื้อนของสารเคมีในดินและแหล่งน้ำ การใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่องยังอาจทำให้เกิดปัญหาด้านการดื้อยาในเชื้อโรคและแมลงศัตรูพืช นอกจากนี้ ยังอาจเพิ่มต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ลดลงและขาดความยั่งยืนในการผลิตเชื้อรา *Trichoderma* หรือไตรโคเดอร์มา เป็นเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อเชื้อราโรคพืชสามารถป้องกันและควบคุมโรคพืชที่มีสาเหตุจากเชื้อราหลายชนิด ได้แก่ โรครากเน่า-โคนเน่า โรคเมล็ดเน่า กล้าไหม้ เน่าคอดิน เป็นต้น (Crop Protection Agricultural Technology Promotion Center, Khon Kaen Province, 2020) ซึ่งเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยและยั่งยืนกว่าในการควบคุมโรคพืช แต่ยังมีปัญหาคือ เกษตรกรในพื้นที่อำเภอสันติสุข มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในระดับที่จำกัด รวมถึงการขาดแคลนข้อมูลที่ชัดเจนในการใช้ และประโยชน์ของไตรโคเดอร์มา ทำให้เกิดความลังเลในการนำไปใช้

ดังนั้นผู้วิจัยในฐานะบุคลากรที่ทำงานด้านการเกษตรของพื้นที่ในจังหวัดน่าน จึงสนใจศึกษา การยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกร อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน รวมถึงความรู้ ปัญหาและข้อเสนอแนะ โดยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้จะสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมและกำจัดโรคพืชได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม เพื่อให้เกิดการลดการใช้สารเคมี ส่งผลให้สุขภาพของเกษตรกรผู้ผลิตและผู้บริโภคดีขึ้น ลดต้นทุนการผลิต ผลผลิตมีคุณภาพมากขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา

ใช้เกษตรกรผู้ผลิตผัก อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน จำนวน 179 ราย ซึ่งเป็นเกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรกับกรมส่งเสริมการเกษตร ประจำปีการผลิต 2566/2567 โดยมีรายละเอียดตาม Table 1

Table 1 Population and sample size

Santisuk Sub-District	Population (cases)	Number of samples (cases)
Du Phong	97	68
Pa Lao Luang	64	44
Phong	18	12
Total	179	124

วิธีการสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยการจับสลาก และกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยวิธี Yamane (1973) จากเกษตรกรผู้ผลิตผัก 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลทุ่งพงษ์ ตำบลป่าแลวหลวง และตำบลพงษ์ อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน โดยการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างและจำนวนสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละตำบล ดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} = \frac{179}{1 + (179)(0.05)^2}$$

โดยกำหนดให้
 n คือ จำนวนตัวอย่าง
 N คือ จำนวนประชากร
 e คือ ความคลาดเคลื่อน (Error) ที่ยอมรับได้ ร้อยละ 5

จาก Table 1 ผลการคำนวณขนาดของตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณของ Yamane (1973) ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ผลิตผักอำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน จำนวน 124 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ด้วยการสำรวจ โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามแบบปลายเปิด (open-ended question) และคำถามแบบปลายปิด (closed-ended question) โดยแบบสัมภาษณ์แบ่งออกเป็น 5 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 แบบสัมภาษณ์สภาพสภาพสังคมและเศรษฐกิจของ

เกษตรกร ประกอบด้วย ประเด็นคำถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่งทางสังคม ประสบการณ์ในการผลิตผัก หน่วยงานที่ได้รับการฝึกอบรมเรื่องการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา จำนวนการได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา และแหล่งความรู้เกี่ยวกับโรคพืชของผัก ส่วนสภาพทางเศรษฐกิจ ได้แก่ จำนวนสมาชิกครัวเรือน รายได้ทั้งหมดของครัวเรือน รายได้จากการเกษตรทั้งหมด รายได้จากการผลิตผัก รายได้นอกภาคการเกษตร และแหล่งเงินทุนที่ใช้ในการเกษตรกร โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบตรวจรายการ (Check List)

ตอนที่ 2 แบบสัมภาษณ์สภาพการผลิตผักของเกษตรกร ประกอบด้วย ประเด็นคำถาม ได้แก่ รูปแบบการผลิต ผักชนิดหลักที่ปลูก อายุการเก็บเกี่ยวผลผลิต ราคาผลผลิตเฉลี่ย จำนวนครั้งในการผลิตผัก จำนวนแรงงานในการผลิตผัก ลักษณะการถือครอง พื้นที่ผลิตผัก วิธีการผลิต ลักษณะดินที่ใช้ แหล่งน้ำ มาตรฐานการรับรองการผลิตที่ได้รับ ช่องทางการจำหน่าย จำนวนครั้งการใส่ปุ๋ย ประเภทของปุ๋ยที่ใช้ โรคพืช แมลงศัตรูพืช และการป้องกันกำจัด โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบตรวจรายการ (Check List)

ตอนที่ 3 แบบสัมภาษณ์ประเด็นการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกร ประกอบด้วยประเด็นคำถามต่าง ๆ ที่ต้องการทราบถึงความเข้าใจเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาของเกษตรกรผู้ผลิตผัก ได้แก่ ประเด็นความรู้เกี่ยวกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกร ประกอบด้วยคำถามที่ให้เลือกตอบ ถูก-ผิด ประกอบด้วยคำถามจำนวน 20 ข้อ ประกอบด้วยข้อถูก 10 ข้อ และข้อผิด 10 ข้อ โดยมี

เกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบผิด เท่ากับ 0 คะแนน และ ตอบถูก เท่ากับ 1 คะแนน

ตอนที่ 4 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกร ประกอบด้วย ประเด็นคำถามต่าง ๆ ในการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ต้องการทราบถึงการยอมรับและนำไปปฏิบัติในการควบคุมโรคพืชในการผลิตผัก โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับเป็นมาตรวัดลักษณะของข้อความ และเป็นข้อความเชิงบวก (Positive) โดยเกณฑ์การให้คะแนนเป็นดังนี้

- 5 คะแนน เท่ากับ มีระดับการยอมรับมากที่สุด
- 4 คะแนน เท่ากับ มีระดับการยอมรับมาก
- 3 คะแนน เท่ากับ มีระดับการยอมรับปานกลาง
- 2 คะแนน เท่ากับ มีระดับการยอมรับน้อย
- 1 คะแนน เท่ากับ มีระดับการยอมรับน้อยที่สุด

ตอนที่ 5 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกร ประกอบด้วย

ตอนที่ 5.1 ปัญหาเกี่ยวกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกร ประกอบด้วยคำถามที่ให้เลือกตอบ โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับเป็นมาตรวัดลักษณะของข้อความ และเป็นข้อความเชิงบวก (Positive) โดยเกณฑ์การให้คะแนนเป็นดังนี้ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- 5 คะแนน เท่ากับ มีระดับปัญหามากที่สุด
- 4 คะแนน เท่ากับ มีระดับปัญหามาก
- 3 คะแนน เท่ากับ มีระดับปัญหาปานกลาง
- 2 คะแนน เท่ากับ มีระดับปัญหาน้อย
- 1 คะแนน เท่ากับ มีระดับปัญหาน้อยที่สุด

ตอนที่ 5.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับปัญหาในการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกร ประกอบด้วยคำถามที่ให้เลือกตอบ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- 5 คะแนน เท่ากับ มีระดับข้อเสนอแนะมากที่สุด
- 4 คะแนน เท่ากับ มีระดับข้อเสนอแนะมาก
- 3 คะแนน เท่ากับ มีระดับข้อเสนอแนะปานกลาง
- 2 คะแนน เท่ากับ มีระดับข้อเสนอแนะน้อย
- 1 คะแนน เท่ากับ มีระดับข้อเสนอแนะน้อยที่สุด

ตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสัมภาษณ์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นจากสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค มีค่าความเชื่อมั่นที่ 0.825 ซึ่งค่าความเที่ยงของเครื่องมือที่แนะนำโดยทั่วไปนั้นควรจะไม่น้อยกว่า 0.80 สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยได้ หลังจากนั้นจึงได้นำแบบสอบถามและวิธีการวิจัยไปยื่นขอรับการประเมินจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่มหาวิทยาลัยมหิดล Basic course 3rd / 2018 No. 043 และดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมสำเร็จรูป หาค่าสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อบรรยายข้อมูลสภาพพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจ สภาพการผลิตผัก และการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืช และการหาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกร การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square Method: OLS) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกร โดยวัดระดับการยอมรับความต้องการส่งเสริมของเกษตรกร ซึ่งเป็นคำถามให้เกษตรกรเลือกตอบตามมาตรวัดและให้คะแนน 5 ระดับ แล้วนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกร ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถกำหนดตัวแปรอิสระ จำนวน 8 ตัวแปร ได้แก่ (1) อายุ (2) ราคาผลผลิตผัก (3) จำนวนครั้งการผลิตผัก (4) จำนวนแรงงานผลิตผัก (5) รายได้จากการผลิตผัก (6) พื้นที่การผลิตผัก (7) จำนวนครั้งการใส่ปุ๋ย (8) การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาการควบคุมโรคพืชในการผลิตผัก

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) ซึ่งรูปแบบจำลองสามารถแสดงได้ดังนี้

$$Y = \alpha_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \epsilon$$

โดยกำหนดให้

Y คือ การยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืช

α_0 คือ ค่าคงที่

β คือ สัมประสิทธิ์ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์

ϵ คือ ความคลาดเคลื่อน

X คือตัวแปรอิสระ ได้แก่ อายุ (X_1) ราคาผลผลิตผัก (X_2) จำนวนครั้งการผลิตผัก (X_3) จำนวนแรงงานผลิตผัก (X_4) รายได้จากการผลิตผัก (X_5) พื้นที่การผลิตผัก (X_6) จำนวนครั้งการใส่ปุ๋ย (X_7) การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาการควบคุมโรคพืชในการผลิตผัก (X_8)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาระดับการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเพื่อนำมาควบคุมโรคพืชของเกษตรกรผู้ผลิตผัก สามารถแบ่งเป็น 3 ประเด็นขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนการผลิต - ขยายเชื้อราไตรโคเดอร์มา (ค่าเฉลี่ย 3.87) พบว่า เกษตรกรต้องการแหล่งจำหน่ายหัวเชื้อราไตรโคเดอร์มาเพื่อให้สามารถรวมกลุ่มผลิต ขยายเชื้อ เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ต้องการสนับสนุนจากเจ้าหน้าที่หรือหน่วยงานต่าง ๆ ผ่านการฝึกอบรม สอดคล้องกับ Phuthawee (2016) พบว่า เกษตรกรต้องขอรับการสนับสนุนมาจากภาครัฐ และหัวเชื้อผลิตมีแหล่งที่หาซื้อได้ยาก

ขั้นตอนการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาก่อนปลูก (ค่าเฉลี่ย 3.81) พบว่าเกษตรกรต้องการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผสมดินก่อนปลูก ทั้งนี้เพื่อป้องกันและกำจัดโรคที่เกิดจากเชื้อราทางดิน

มีขั้นตอนที่ค่อนข้างยุ่งยาก ต้องมีการวางแผนการใช้ในปริมาณหรืออัตราส่วนที่เหมาะสม แตกต่างกับ Thepburi (2019) พบว่า การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นการจัดการโรคพืชแบบง่ายสามารถปฏิบัติได้ทันที

ขั้นตอนการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืช (ค่าเฉลี่ย 4.00) พบว่าเกษตรกรต้องการวิธีการควบคุมโรคพืชที่เห็นผลรวดเร็ว ซึ่งการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืช มักเห็นผลช้ากว่าการใช้สารเคมี และการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มามีความยุ่งยาก และมีข้อจำกัดสอดคล้องกับ Thepburi (2019) พบว่า เกษตรกรผสมเชื้อสดกับส่วนผสมแล้วต้องใช้ให้หมดไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้ เนื่องจากจะทำให้เสื่อมประสิทธิภาพการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาสด ต้องใช้ในปริมาณมากและควรใช้ในเชิงป้องกันโรคจึงจะเห็นผลดีกว่าการใช้เพื่อกำจัดโรค

ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเกษตรกรร้อยละ 33.30 เป็นเกษตรกรทั่วไป ได้รับอาชีพการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษที่ต้องทำงานในพื้นที่ทำให้ส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kamsat (2022) พบว่า เกษตรกร ร้อยละ 88.90 ไม่มีตำแหน่งทางสังคม เกษตรกรร้อยละ 77.40 เป็นเพศชาย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Samritthinok (2017) ที่ศึกษาในเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมศัตรูพืชในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า มีเกษตรกรร้อยละ 68 เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 54.05 ปี ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Yusong (2019) ที่ศึกษาเรื่องการส่งเสริมการผลิตผักปลอดภัยของเกษตรกรในอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 38.70 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suasongsin & Sriboonruang (2018) ที่ศึกษาเรื่องการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชของเกษตรกร อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา เกษตรกรได้รับการฝึกอบรมเฉลี่ย 2.51 ครั้ง/ปี เนื่องจากเกษตรกรมักจะเข้าร่วมอบรมเฉพาะในกิจกรรมที่ตนเองสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Janpan et al. (2023) พบว่าเกษตรกรได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาเฉลี่ย 2.38 ครั้ง/ปี เกษตรกรมีประสบการณ์ในการผลิตผักเฉลี่ย 7.87 ปี เนื่องจากเกษตรกรเริ่มมีการปรับเปลี่ยนจากพืชเชิงเดี่ยว และใส่ใจเรื่องสุขภาพมากขึ้นจึงเริ่มมาทำการเกษตรที่ปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Uttarkian (2011) พบว่า เกษตรกรร้อยละ 27.47 มีประสบการณ์ในการปลูกผัก 7 ปี ทั้งนี้เกษตรกร ร้อยละ 72.60 ได้รับ

การรับรองมาตรฐาน GAP สอดคล้องกับงานวิจัยของ Panumas (2019) พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ ได้รับรองมาตรฐาน GAP มีรายได้จากการปลูกผักเฉลี่ย 26,461.13 บาท สอดคล้องกับงานวิจัยของ Siritchot (2012) ที่ศึกษาเรื่อง การใช้เทคโนโลยีการผลิตผักปลอดภัยจากสารพิษของเกษตรกร ในอำเภอชนบท จังหวัดขอนแก่น พบว่า เกษตรกรมีรายได้จากการผลิตผักปลอดภัย เฉลี่ย 29,265.83 บาท ราคาผลผลิตเฉลี่ย 23.46 บาท จำนวนครั้งในการผลิตผักในปี 2566 เฉลี่ย 5.81 ครั้ง จำนวนแรงงานในการผลิตผักเฉลี่ย 2.31 คน มีพื้นที่ผลิตผักเฉลี่ย 1.31 ไร่ ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Kaewduang (2015) ได้ทำการศึกษารื่องการผลิตผักปลอดภัยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดหนองคาย พบว่าเกษตรกรมีพื้นที่ในการผลิตผักปลอดภัยเฉลี่ย 1.40 ไร่ ใ้ปลูกเฉลี่ย 2.40 ครั้ง

สำหรับผลการศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมพืช พบว่า อันดับ 1 คือ การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมโรคพืช มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.943 รองลงมา คือ การผลิตและการขยายเชื้อราไตรโคเดอร์มามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.84 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.81 และอันดับสามคือ ขั้นตอนการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาก่อนปลูกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.81 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.81 (Table 2)

จากผลการทดสอบปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) ใน Table 3 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระทุกคู่มีค่าไม่เกิน 0.80 สามารถอธิบายได้ว่าตัวแปร $X_1 - X_8$ สามารถใช้เป็นตัวแปรอิสระ เพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรอิสระ

จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณใน Table 4 ผลการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผัก สำหรับตัวแปรอิสระ 8 ตัวแปร ผลการวิเคราะห์ พบว่า มีตัวแปร 1 ตัวแปร คือ จำนวนครั้งการใส่ปุ๋ยมีผลต่อการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมโรคพืช อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีความสัมพันธ์เชิงลบหรือในทางตรงกันข้าม ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Osathaphant (2015) ซึ่งศึกษา พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์และการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในการผลิตกล้วยแบบอินทรีย์ มีผลต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเพื่อควบคุมเชื้อราในการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปัจจัยอื่นๆ ไม่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

Table 2 Adoption use of *Trichoderma* spp. control plant diseases

n = 124				
Adoption Items	Average	Standard deviation	Description	Ranking
1. Production process expansion	3.87	0.902	a lot	2
2. Using before planting	3.81	0.857	a lot	3
3. Using during plantation for control disease	4.00	0.943	Most	1
Average	3.89			

Table 3 Analysis of correlation coefficients

n = 124								
Variable	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
X ₁	1	-0.052	-.252**	0.010	-0.141	-0.044	-0.019	-.218*
X ₂		1	-0.041	0.086	.182*	.204*	0.139	-0.048
X ₃			1	-0.095	0.100	-0.027	0.135	-0.067
X ₄				1	0.032	0.082	-.266**	-0.016
X ₅					1	0.005	0.085	0.016
X ₆						1	-0.147	0.046
X ₇							1	-0.133
X ₈								1

Table 4 Multiple regression analysis

n = 124				
Constant	Variable	Coefficient Regression (b)	t	sig
X ₁	Age (years)	0.004	0.838	0.404
X ₂	Cost of vegetable production (baht)	-5.512E-06	-1.088	0.279
X ₃	Number of vegetable production (times)	-0.023	-1.132	0.260
X ₄	Number of workers in vegetable production (people)	0.002	0.049	0.961
X ₅	Income from vegetable production (baht per year)	0.001	0.814	0.417
X ₆	Area of vegetable production (rai)	0.018	0.472	0.638
X ₇	Number of times to apply fertilizer (times)	-0.090	-2.549	0.012
X ₈	The use of <i>Trichoderma</i> spp. control plant diseases	-0.011	-0.034	0.973
R ² = 0.094 SEE = 0.270 F = 1.489 Sig = 0.169				

สรุปผลการวิจัย

โดยผลจากการศึกษาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ คือ จากการศึกษาการยอมรับและการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชในการผลิตผักของเกษตรกรในอำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน พบว่าเกษตรกรที่ได้รับการอบรมหรือการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา มีแนวโน้มที่จะยอมรับและนำไปใช้มากขึ้น เนื่องจากมีความเข้าใจประโยชน์และวิธีการใช้ที่ถูกต้อง การอบรมมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความเชื่อมั่นในเชื้อราไตรโคเดอร์มา และทำให้เกษตรกรรู้สึกมั่นใจในการนำไปใช้ในแปลงของตนเอง โดยเฉพาะเมื่อเกษตรกรมองเห็นถึงประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา สามารถควบคุมโรคพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยลดการระบาดของโรคพืชที่มักพบในผัก โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากเชื้อราและแมลงศัตรูพืช การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาแทนสารเคมีทำให้เกษตรกรสามารถลดการใช้สารเคมี ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนการผลิต แต่ยังเป็นการป้องกันปัญหาสุขภาพและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ด้วย อีกทั้งการได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น การจัดหาผลิตภัณฑ์เชื้อราไตรโคเดอร์มาในราคาถูก และมีประสิทธิภาพ รวมถึงการให้คำแนะนำในการใช้เชื้อราอย่างถูกวิธี ทำให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้จริงในแปลงเกษตรของตนเอง นอกจากนี้ การจัดหาแหล่งข้อมูลหรือการจัดตั้งกลุ่มเกษตรกรเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ยังช่วยเพิ่มความมั่นใจในการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ผลิตผัก คณะผู้นำชุมชนและอาสาสมัครเกษตรกรหมู่บ้านอำเภอสันติสุข ที่ให้การสนับสนุนข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

References

- Crop Protection Agricultural Technology Promotion Center, Khon Kaen Province. (2020). *Crop protection report*. Khon Kaen, Thailand: Crop Protection Agricultural Technology Promotion Center. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension. (2023). *Farmers who grow vegetable in Santisuk District, Nan Province 2023/24*. Accessed February 15, 2023. Retrieved from https://farmer.doae.go.th/plants_detail/plants_report_66. (in Thai)
- Janpan, N., Seerasarn, N., & Sanserm, S. K. (2023). Extension of the application of *Trichoderma* spp. in vegetable production of farmers in Prachantakham District, Prachinburi Province. *Journal of Agricultural Science and Management*, 6(1), 29-39. (in Thai)
- Kaewduang, N. (2015). *Vegetable production according to Good Agricultural Practices (GAP) by farmers in Nong Khai Province*. (Master's thesis). Nonthaburi, Thailand: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Kamsat, N. (2022). *Promotion of Trichoderma fungus use in rice fields by farmers in Khon San District, Chaiyaphum Province*. (Master's thesis). Nonthaburi, Thailand: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics. (2023). *Agricultural economic information weekly production and marketing situation details of the rice production*

- and marketing situation in 2023/24. Accessed November 16, 2023. Retrieved from <https://www.oae.go.th>. (in Thai)
- Osathaphant, P. (2015). *A study of organic fertilizer use and biocontrol methods for pest management in organic soybean production*. Nonthaburi, Thailand: Department of Agricultural and Cooperative Studies, Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Panumas, N. (2019). *Promotion of vegetable production according to good agricultural practices (GAP) by farmers in Tha Muang District, Kanchanaburi Province*. (Master's thesis). Nonthaburi, Thailand: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Phuthawee, J. (2016). *Acceptance of non-chemical pest control by rice farmers in Udon Thani Province*. (Master's thesis). Nonthaburi, Thailand: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Samritthinok, P. (2017). *Factors influencing acceptance of Trichoderma fungus for pest control in rice fields by farmers in San Sai District, Chiang Mai Province*. (Master's thesis). Nonthaburi, Thailand: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Santisuk District Agricultural Office. (2023). *The Agricultural Development Plan for Santisuk District, Nan Province Years 2023-2024*. Santisuk District: Santisuk District Agricultural Office. (in Thai)
- Siritchot, A. (2012). *The use of technology for producing pesticide-free vegetables by farmers in Chonnabot District, Khon Kaen Province*. (Master's thesis). Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi. (in Thai)
- Suasongsin, T., & Sriboonruang, P. (2018). Using of *Trichoderma* sp. plant disease control of farmers Ban Phaeo District, Samut Sakhon Province. *Agricultural Science Journal*, 49(2), 159-167. (in Thai)
- Thepburi, T. (2019). *Acceptance of Using Trichoderma fungus for controlling plant diseases in oil palm by farmers in Ao Luek District, Krabi Province*. (Master's thesis). Nonthaburi, Thailand: in Agricultural Science. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Uttarkian, S. (2011). *Acceptance of organic vegetable production technology by farmers in the Royal Project areas*. (Master's thesis). Chiang Mai, Thailand: Maejo University. (in Thai)
- Yamane, T. (1973). *Statistics: an introductory analysis* (3rd ed.). New York, United States: Harper and Row.
- Yusong, A. (2019). *Promotion of safe vegetable production by farmers in Nakhon Chai Si District, Nakhon Pathom Province*. (Master's thesis). Chiang Mai, Thailand: Maejo University. (in Thai)

Research article

Factors affecting of adoption of *Trichoderma* utilization in vegetable production disease control by farmers in Santisuk District, Nan Province

Piyachat Janjai^{1*} Nareerut Seerasarn² and Thamrongjet Puttamuk²

¹Master of Agriculture Program in Agricultural Extension and Development, Agriculture and Cooperatives Program, Sukhothai Thammathirat Open University, Pak Kret District, Nonthaburi Province, Thailand 11120

²Agriculture and Cooperatives Program, Sukhothai Thammathirat Open University, Pak Kret District, Nonthaburi Province, Thailand 11120

ARTICLE INFO

Article history

Received: 14 September 2024

Revised: 2 January 2025

Accepted: 12 February 2025

Online published: 24 March 2025

Keyword

Adoption

Trichoderma

Plant disease control

Vegetable production

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze factors affecting the acceptance of *Trichoderma* plant disease control in Vegetable production of farmers in Santisuk District, Nan Province, from farmers who Register farmers with the Department of Agricultural Extension. Production year 2023/2024, a total of 179 cases, using the Taro Yamane formula at an error level of 0.05, resulting in a sample size of 124 cases. The instrument used for data collection is an interview. Data were analyzed using statistics such as percentages, averages, standard deviations, and multiple regression analysis. The results of the study found that most farmers had an average age of 54.05 years, graduated from primary school, 38.70 percentage, had an average of 7.87 years of vegetable production experience. Farmers attended training an average of 2.51 times, with an average total annual income of 79,669.84 baht, an average income from the agricultural sector of 31,460.88 baht, an average income from growing vegetables of 26,461.13 baht, an average income outside of the agricultural sector 21,747.82 baht, average production price 23.46 baht, average number of vegetable production times in the production year 2023, 5.81 times, average number of laborers in vegetable production 2.31 people, average vegetable production area 1.31 rai, and average fertilizer application 2.40 times. The results of the simple correlation coefficient test (Pearson Correlation) found that the factors affecting the acceptance of using *Trichoderma* fungus to control plant diseases in vegetable production were statistically significant at the 0.05 level is the number of times fertilizing with a correlation coefficient equal to -0.090. For other variables, it was found that there was no relationship at the level of statistical significance at the 0.05 level including age, and vegetable production prices, the number of vegetable production times, number of vegetable production workers, income from vegetable production, vegetable production area, number of times to apply fertilizer, and the use of *Trichoderma* fungus to control plant diseases in vegetable production.

*Corresponding author

E-mail address: piyachat.pupae@gmail.com (P. Janjai)

Online print: 24 March 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.2>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

พฤติกรรมการบริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อเนื้อแพะของผู้บริโภคในภาคใต้ของประเทศไทย

พิไลวรรณ ประพฤติ^{1*} อีรศักดิ์ จินดาบถ² และ ศรัณยู กาญจนสุวรรณ²

¹สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย 90110

²สาขาวิชาบริหารธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย 90110

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
Article history รับ: 24 ตุลาคม 2567 แก้ไข: 30 ตุลาคม 2567 ตอบรับการตีพิมพ์: 7 มกราคม 2568 ตีพิมพ์ออนไลน์: 8 เมษายน 2568 คำสำคัญ พฤติกรรมการบริโภค ความตั้งใจซื้อ เนื้อแพะ ภาคใต้ของประเทศไทย	การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) พฤติกรรมการบริโภคเนื้อแพะ 2) ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการบริโภค และ 3) ปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อเนื้อแพะของผู้บริโภคในภาคใต้ของประเทศไทย ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคใน 14 จังหวัดภาคใต้ จำนวน 1,000 ราย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติอนุมาน ผลการวิจัยพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่บริโภคเนื้อแพะไม่ครบทุกมื้อ ร้อยละ 56.20 บริโภคในปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ร้อยละ 42.80 โดยซื้อเพื่อบริโภคในครอบครัว ร้อยละ 63 และใช้คุณภาพเป็นเกณฑ์หลักในการเลือกซื้อ ร้อยละ 34.90 แหล่งซื้อหลักคือตลาดในชุมชน ร้อยละ 55.10 ปัจจัยส่วนบุคคลด้านอายุ ศาสนา และรายได้มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความใส่ใจสุขภาพ ($r = 0.492$, $p < 0.01$) และเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อทัศนคติ ($\beta = 0.813$) และความตั้งใจซื้อ ($\beta = 0.55$) มากที่สุด ผู้บริโภคมีการรับรู้คุณค่าด้านคุณภาพในระดับเห็นด้วย ค่าเฉลี่ย 3.41 แต่มีความคิดเห็นระดับเฉย ๆ ต่อคุณค่าด้านอารมณ์ ราคาและสังคม ด้านทัศนคติ พบว่า ผู้บริโภคเห็นด้วยว่าเนื้อแพะมีราคาแพงและไม่มีผลกระทบที่เป็นอันตราย ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนากลยุทธ์การตลาดและการสื่อสารเพื่อสร้างการรับรู้คุณค่าและทัศนคติที่ดีต่อเนื้อแพะ รวมถึงการยกระดับอุตสาหกรรมเนื้อแพะในภาคใต้ของประเทศไทย

บทนำ

เนื้อแพะเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญและมีบทบาทในด้านวัฒนธรรมและศาสนาในหลายภูมิภาคทั่วโลก โดยเฉพาะในเอเชียและตะวันออกกลาง การบริโภคเนื้อแพะทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากรายงานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 2024) พบว่าในปี ค.ศ. 2024 การผลิตเนื้อแพะทั่วโลกมีปริมาณ 6.20 ล้านตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.50 จากปีก่อนหน้า โดยเอเชียเป็นภูมิภาคที่มีการผลิตและบริโภคมากที่สุด โดย FAO ได้ประเมินความต้องการบริโภคเนื้อแพะมากถึง 2 เท่าของจำนวนแพะที่มีอยู่ทั่วโลกและประเทศไทยมีการเลี้ยงแพะเป็นอันดับ 5 ของกลุ่มประเทศอาเซียน คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 1 อุตสาหกรรมแพะมีการเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ซึ่งมีประชากรนับถือศาสนาอิสลามจำนวนมาก ปัจจุบันพบว่าประเทศไทยมีจำนวนแพะเนื้อทั้งสิ้น 1,505,381 ตัว โดยภาคใต้มีจำนวนแพะเนื้อทั้งหมด 443,809 ตัว คิดร้อยละ 29.50 ของประเทศ และมีผู้เลี้ยงแพะเนื้อ 54,537 คน คิดเป็นร้อยละ 58.70 ของประเทศ (Department of Livestock Development, 2023) การเติบโตของอุตสาหกรรม

แพะในภาคใต้ได้รับแรงขับเคลื่อนจากปัจจัยหลายประการ ทั้งความต้องการบริโภคที่เพิ่มขึ้น การสนับสนุนจากภาครัฐ และการตื่นตัวด้านสุขภาพของผู้บริโภค

แม้ว่าการผลิตแพะในปัจจุบันจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น แต่ยังมีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ จากสถิติพบว่าความต้องการแพะเพื่อวัตถุประสงค์สำคัญ 2 ประการ คือเพื่อเป็นอาหารและเพื่อใช้ประกอบพิธีกรรมทางศาสนา ซึ่งมีมากถึงสองเท่าของจำนวนผลผลิตที่มีอยู่ ความต้องการแพะเพื่อใช้ประกอบพิธีกรรมต่าง ๆ ทางศาสนา เช่น พิธีเลี้ยงรับขวัญบุตร (อาแกเกาะห์ อาเก๊ะฮหรือพิธีเชือดสัตว์) ประเพณีฮารีรายอและพิธีฮัจญ์หรือพิธีแค้น เป็นต้น (Suthammanon et al., 2013) การพัฒนาอุตสาหกรรมแพะในภาคใต้ยังเผชิญความท้าทายหลายประการ โดยเฉพาะด้านการตลาดและพฤติกรรมการบริโภค ปัญหาสำคัญในการพัฒนาตลาดเนื้อแพะในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ การขาดข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภค มาตรฐานการผลิตที่ไม่สม่ำเสมอ และข้อจำกัดด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Liang & Paengkoum, 2019) ซึ่งการพัฒนาตลาดเนื้อแพะในประเทศไทยจำเป็นต้องเข้าใจ

*Corresponding author

E-mail address: ppilaiwa@gmail.com (P. Prajurit)

Online print: 8 April 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.3>

พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคอย่างลึกซึ้ง เนื่องจากเป็นตลาดที่มีความเป็นเฉพาะและมีความต้องการบริโภคสูง (Khwanmanee & Lateh, 2020) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน โดยเฉพาะความใส่ใจด้านสุขภาพและความปลอดภัยของอาหาร ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Siddiqui et al., 2022) โดยเฉพาะเนื้อแพะซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีไขมันต่ำและเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดี (Lima et al., 2018) อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมและความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคเนื้อแพะในประเทศไทยยังมีค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ซึ่งเป็นแหล่งผลิตและบริโภคที่สำคัญ ซึ่งความตั้งใจซื้อเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคพร้อมที่จะเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดที่สอดคล้องกับความต้องการ (Zeithaml, 1988) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับจิตใจที่บ่งบอกถึงแผนการของผู้บริโภคที่จะซื้อตราสินค้าใดตราสินค้าหนึ่ง โดยเกิดจากทัศนคติที่มีต่อตราสินค้าและความมั่นใจในการประเมินตราสินค้าที่ผ่านมา (Howard, 1994) และเกิดขึ้นหลังจากผู้บริโภคได้แสวงหาข้อมูลและประเมินตราสินค้าแล้ว โดยผู้บริโภคต้องรู้สึกพึงพอใจกับระดับที่คาดหวัง อย่างไรก็ตาม ความตั้งใจซื้อและการซื้อจริงนั้นมีการบวนการตัดสินใจที่ซับซ้อน ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดทั้งการซื้อจริงหรือการไม่ซื้อได้ (Assael, 1998) การเข้าใจกระบวนการและปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาตลาดเนื้อแพะ ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคเนื้อแพะและความตั้งใจซื้อเนื้อแพะในภาคใต้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากลยุทธ์การตลาดและการยกระดับอุตสาหกรรมเนื้อแพะในภาคใต้ต่อไป

การศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคและความตั้งใจซื้อเนื้อแพะได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ งานวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคเนื้อแพะประกอบด้วยปัจจัยทางประชากรศาสตร์ วัฒนธรรมและความเชื่อทางศาสนา (Suthammanon et al., 2013) นอกจากนี้การรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ยังมีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อ ตามทฤษฎีการรับรู้คุณค่าของ Sweeney & Soutar (2001) ที่เสนอว่าการรับรู้คุณค่าในมิติต่าง ๆ ส่งผลต่อทัศนคติและความตั้งใจซื้อ ด้านปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจซื้อ ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผนของ Ajzen (1991) อธิบายว่าความตั้งใจซื้อได้รับอิทธิพลจากทัศนคติ การคล้อยตามกลุ่มอ้างอิงและการรับรู้การควบคุมพฤติกรรม จากการทบทวนวรรณกรรม สามารถตั้งสมมติฐานการวิจัยได้ดังนี้: 1. ปัจจัยส่วนบุคคล (อายุ ศาสนา และรายได้) มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคเนื้อแพะ 2. การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความใส่ใจสุขภาพ 3. การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ และความใส่ใจสุขภาพ มีอิทธิพลเชิงบวกต่อทัศนคติต่อเนื้อแพะ 4. การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะและทัศนคติต่อเนื้อแพะ มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจซื้อ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคเนื้อแพะของผู้บริโภคในภาคใต้ของประเทศไทย 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการบริโภคเนื้อแพะ 3) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อเนื้อแพะของผู้บริโภคในภาคใต้ของประเทศไทย การศึกษานี้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการรับรู้คุณค่าของ Sweeney & Soutar (2001) ร่วมกับทฤษฎีพฤติกรรมตามแผนของ

Ajzen (1991) เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยทฤษฎีการรับรู้คุณค่า อธิบายว่าการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคได้รับอิทธิพลจากการรับรู้คุณค่าในมิติต่าง ๆ ได้แก่ คุณค่าด้านคุณภาพ อารมณ์ ราคาและสังคม ขณะที่ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผนเสนอว่าความตั้งใจซื้อเป็นผลมาจากการตัดสินใจการคล้อยตามกลุ่มอ้างอิงและการรับรู้การควบคุมพฤติกรรม สอดคล้องกับการศึกษาของ Lima et al. (2018) ที่ชี้ว่าการรับรู้คุณค่าทางโภชนาการมีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อแพะ จากแนวคิดและงานวิจัยดังกล่าวนำไปสู่การตั้งสมมติฐานการวิจัยข้างต้น

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณที่ได้ผ่านการพิจารณาและรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เลขที่ HSC-HREC64-014-1-1 เมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2564 ใช้แบบสอบถามเชิงโครงสร้างเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคใน 14 จังหวัดภาคใต้ จำนวน 1,000 ราย ซึ่งการวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาผู้บริโภคในตลาดเนื้อแพะ สำหรับการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้แนวทางของ Malhotra (2004) ที่เสนอว่าการวิจัยตลาดระดับภูมิภาคควรมีขนาดตัวอย่างประมาณ 1,000 ราย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถเป็นตัวแทนของประชากรได้อย่างเหมาะสม โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนเพื่อให้ได้ตัวแทนจากทุกจังหวัดในภาคใต้ การทดสอบคุณภาพของแบบสอบถามโดย 1) ทดสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถามโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน และ 2) ทดสอบความเชื่อมั่นได้ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค ที่ 0.91 และ 0.98 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติอนุมาน โดยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้อธิบายข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม พฤติกรรมการบริโภคเนื้อแพะ การรับรู้ประโยชน์และคุณค่า ทัศนคติ และความตั้งใจซื้อ ส่วนสถิติอนุมานประกอบด้วย การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test) ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการบริโภค การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และการทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี LSD เปรียบเทียบระดับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation) ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความใส่ใจสุขภาพกับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) ใช้วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติและความตั้งใจซื้อ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายและหญิงในสัดส่วนใกล้เคียงกัน โดยเป็นเพศหญิง ร้อยละ 56.80 และเพศชาย ร้อยละ 43.20 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 31 - 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 32.20 นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 51.10 และอิสลาม ร้อยละ 40.90 มีสถานภาพโสด ร้อยละ 42.90 และสมรส ร้อยละ 41.10 ประกอบอาชีพเป็นพนักงานองค์กรรัฐบาล ร้อยละ 30.70 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ในช่วง 15,000-25,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 37.70 ผลการวิจัยพฤติกรรมผู้บริโภค รายละเอียดดังนี้

1. พฤติกรรมการบริโภคเนื้อแพะในพื้นที่ภาคใต้

ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 56.20 มีความถี่ในการบริโภคเนื้อแพะไม่ครบทุกมื้อ ร้อยละ 42.80 บริโภคเนื้อแพะในปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ร้อยละ 63 ซื้อเนื้อแพะเพื่อบริโภคในครอบครัว โดยร้อยละ 34.90 ใช้คุณภาพเป็นเกณฑ์ในการเลือกซื้อ รองลงมา ร้อยละ 15.90 ใช้ความสดเป็นเกณฑ์ในการเลือกซื้อ ร้อยละ 12.90 ใช้รสชาติเป็นเกณฑ์ ร้อยละ 12.70 ใช้ราคาเป็นเกณฑ์ ร้อยละ 11.40 ใช้ปริมาณเป็นเกณฑ์ นอกจากนั้นใช้คุณค่าทางโภชนาการ บรรจุกฎบัตร กลิ่น และความจำเป็นต่อการใช้ในพิธีกรรม คิดเป็นร้อยละ 4.80, 4.30, 2.20 และ 0.70 ตามลำดับ ผู้บริโภคมากกว่าครึ่ง หรือร้อยละ 55.10 ซื้อเนื้อแพะจากตลาดในชุมชน รองลงมาร้อยละ 15.20 ซื้อจากร้านค้าปลีกในชุมชน ร้อยละ 14.70 ซื้อจากซูเปอร์มาร์เก็ต เช่น ท็อปส์ เทสโกโลตัส ร้อยละ 12.60 ซื้อจากห้างสรรพสินค้า นอกจากนั้นซื้อจากร้านค้าออนไลน์และจากฟาร์มเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 1.40 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งสมาชิกในครอบครัวมีผลต่อการตัดสินใจในการซื้อเนื้อแพะมากที่สุด จะเห็นได้ว่าผู้บริโภคในภาคใต้ส่วนใหญ่ใช้คุณภาพของเนื้อแพะ ได้แก่ ความสดและความสะอาด เป็นเกณฑ์หลักในการเลือกซื้อ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Siddiqui et al. (2022) ที่พบว่า ผู้บริโภคในปัจจุบันให้ความสำคัญกับคุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัยของอาหารมากขึ้น นอกจากนี้ การที่ตลาดในชุมชนเป็นแหล่งซื้อหลัก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Liang et al. (2019) ที่ระบุว่า ข้อจำกัดด้านช่องทางการจัดจำหน่ายเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญของการพัฒนาตลาดเนื้อแพะในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และผู้บริโภคใช้เกณฑ์ความจำเป็นต่อการใช้ในพิธีกรรมทั้งทางศาสนาและความเชื่อ เช่น การปฏิบัติตามคำอธิษฐาน (แก้ม) หรือการตอบแทนต่อสิ่งศักดิ์สิทธิ์สอดคล้องกับบริบททางวัฒนธรรมที่พบในงานวิจัยของ Suthammanon et al. (2013) และ Mattaphong (2019)

2. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการบริโภคเนื้อแพะ

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ ศาสนาและรายได้ต่อเดือน กับพฤติกรรมการบริโภคเนื้อแพะของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภค ดังแสดงใน Table 1 มีรายละเอียดความสัมพันธ์ในแต่ละปัจจัย ดังนี้

1) ความสัมพันธ์ระหว่างอายุและพฤติกรรมการบริโภค ได้แก่ พฤติกรรมเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ที่ซื้อ เหตุผลที่ทำให้บริโภค ราคาที่เหมาะสมต่อการซื้อแต่ละครั้งและรูปแบบเนื้อแพะที่ชอบทาน

มีความสัมพันธ์กับอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สำหรับพฤติกรรมที่เกี่ยวกับปริมาณเนื้อแพะที่บริโภค เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาเลือกซื้อเนื้อแพะ ช่วงเวลาที่มักจะไปซื้อเนื้อแพะ สิ่งที่ทำให้ตัดสินใจซื้อเนื้อแพะและพฤติกรรมโดยทั่วไปในการบริโภคเนื้อแพะพบว่า มีความสัมพันธ์กับอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนพฤติกรรมเกี่ยวกับความถี่ที่บริโภคเนื้อแพะ ร้านที่มักจะไปซื้อเนื้อแพะ สถานการณ์ที่มักจะบริโภคเนื้อแพะ คนหรือกลุ่มคนที่มีผลต่อการตัดสินใจในการซื้อเนื้อแพะ ลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่คิดว่าเหมาะสมกับเนื้อแพะ และบทบาทในกระบวนการบริโภคเนื้อแพะ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) ความสัมพันธ์ระหว่างการนับถือศาสนาและพฤติกรรมการบริโภคเนื้อแพะ ได้แก่ พฤติกรรมเกี่ยวกับปริมาณเนื้อแพะที่บริโภค เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาเลือกซื้อเนื้อแพะ ร้านที่ได้รับความนิยมไปซื้อเนื้อแพะ ช่วงเวลาที่นิยมไปซื้อเนื้อแพะ สถานการณ์ที่เลือกบริโภคเนื้อแพะ เหตุผลที่ทำให้บริโภคเนื้อแพะ ราคาเนื้อแพะที่มีความเหมาะสมต่อการซื้อแต่ละครั้ง คนหรือกลุ่มคนที่มีผลต่อการตัดสินใจในการซื้อเนื้อแพะ สิ่งที่ทำให้ตัดสินใจซื้อเนื้อแพะ ลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่คิดว่าเหมาะสมกับเนื้อแพะ พฤติกรรมโดยทั่วไปในการบริโภคเนื้อแพะ รูปแบบเนื้อแพะที่ชอบทานและบทบาทในกระบวนการบริโภคเนื้อแพะ มีความสัมพันธ์กับการนับถือศาสนา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนพฤติกรรมเกี่ยวกับความถี่ที่บริโภคเนื้อแพะและวัตถุประสงค์ที่ซื้อเนื้อแพะพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับการนับถือศาสนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้เฉลี่ยต่อเดือนและพฤติกรรมการบริโภคเนื้อแพะ ได้แก่ ความถี่ที่บริโภคเนื้อแพะ ปริมาณเนื้อแพะที่บริโภค เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาเลือกซื้อเนื้อแพะ ร้านที่ได้รับความนิยมไปซื้อเนื้อแพะ ช่วงเวลาที่นิยมไปซื้อเนื้อแพะ สถานการณ์ที่เลือกบริโภคเนื้อแพะ เหตุผลที่ทำให้บริโภคเนื้อแพะ ราคาเนื้อแพะที่เหมาะสมต่อการซื้อแต่ละครั้ง บทบาทในกระบวนการบริโภคเนื้อแพะ ลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่คิดว่าเหมาะสมกับเนื้อแพะ พฤติกรรมโดยทั่วไปในการบริโภคเนื้อแพะ คนหรือกลุ่มคนที่มีผลต่อการตัดสินใจในการซื้อเนื้อแพะ มีความสัมพันธ์กับรายได้เฉลี่ยต่อเดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนพฤติกรรมเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ที่ซื้อเนื้อแพะ สิ่งที่ทำให้ตัดสินใจซื้อเนื้อแพะและรูปแบบเนื้อแพะที่ชอบทานพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับการนับถือศาสนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 1 Relationship between personal factors and goat meat consumption behavior of consumer samples in Southern Thailand by using Chi-square test

Behavior	Age			Religion			Monthly Income		
	χ^2	df	Sig.	χ^2	df	Sig.	χ^2	df	Sig.
Frequency of goat meat consumption	6.343	3	.096 ^{ns}	.938	2	.626 ^{ns}	11.974	3	.007**
Amount of goat meat consumption	16.488	6	.011*	16.715	4	.002**	20.910	6	.002**
Purpose of purchase	24.028	3	.000**	3.402	2	.182 ^{ns}	2.087	3	.555 ^{ns}
Criteria for purchase decision	36.809	21	.018*	54.833	14	.000**	50.516	21	.000**
Preferred store for purchase	15.393	12	.221 ^{ns}	51.685	8	.000**	61.712	12	.000**
Preferred time of purchase	27.501	15	.025*	42.553	10	.000**	52.209	15	.000**
Situations of consumption	10.590	12	.564 ^{ns}	35.568	8	.000**	36.879	12	.000**
Reasons for consumption	33.530	15	.004**	45.355	8	.000**	43.397	15	.000**
Appropriate price per purchase	47.241	15	.000**	74.800	10	.000**	39.633	15	.001**
Influences on purchase decision	18.773	12	.094 ^{ns}	40.627	8	.000**	45.398	12	.000**
Factors affecting purchase decision	26.635	15	.032*	31.319	10	.001**	20.201	15	.164 ^{ns}
Preferred packaging characteristics	16.454	12	.171 ^{ns}	41.896	8	.000**	42.910	12	.000**
General consumption behavior	24.092	12	.020*	122.478	8	.000**	27.690	12	.006**
Preferred form of goat meat	37.965	15	.001**	41.746	10	.000**	22.571	15	.094 ^{ns}
Role in consumption process	20.780	12	.054 ^{ns}	79.608	8	.000**	42.903	12	.000**

ns = not significant, * = significant at 0.05 level, ** = significant at 0.01 level.

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการบริโภคสะท้อนให้เห็นอิทธิพลของปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อการบริโภคเนื้อแพะ โดยเฉพาะบทบาทของศาสนาที่มีความสัมพันธ์กับเกือบทุกมิติของพฤติกรรมการบริโภค สอดคล้องกับทฤษฎีพฤติกรรมตามแผนของ Ajzen (1991) ที่ให้ความสำคัญกับอิทธิพลของกลุ่มอ้างอิงและบรรทัดฐานทางสังคม ขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้กับพฤติกรรมการบริโภคสะท้อนให้เห็นว่าเนื้อแพะยังเป็นสินค้าที่มีความอ่อนไหวต่อกำลังซื้อของผู้บริโภค

3. การรับรู้ประโยชน์และคุณค่า ที่คนคิด ความใส่ใจต่อสุขภาพของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อแพะ

3.1 การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ

การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ ซึ่งพิจารณาการรับรู้ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านคุณภาพ อารมณ์ ราคา และสังคม ตลอดจนภาพรวม ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Perceived benefit and value of goat meat

Perceived Benefits and Value	Mean	S.D.	Interpretation
Quality Dimension	3.41	0.80	Agree
Emotional Dimension	3.09	1.11	Neutral
Price Dimension	3.28	0.88	Neutral
Social Dimension	3.04	1.08	Neutral
Overall	3.21	0.85	Neutral

จาก Table 2 จะเห็นได้ว่า ผู้บริโภคแพะในภาคใต้มีความคิดเห็นหรือรู้สึกเฉย ๆ ในการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะในภาพรวม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าผู้บริโภคมีความคิดเห็นหรือรู้สึกเฉย ๆ ในทุกด้าน ยกเว้นด้านคุณภาพที่เห็นด้วยกับประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.41 โดยเห็นว่าเนื้อแพะต้องมีคุณภาพมาตรฐานยอมรับได้มากที่สุด สำหรับด้านอื่น ๆ กลุ่มตัวอย่างเฉย ๆ กับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าเรียงตามลำดับ

คะแนนเฉลี่ย ได้แก่ ด้านราคา ค่าเฉลี่ย 3.28 ด้านอารมณ์ ค่าเฉลี่ย 3.09 และด้านสังคม ค่าเฉลี่ย 3.04

เมื่อนำข้อมูลระดับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะของกลุ่มตัวอย่างเปรียบเทียบกับข้อมูลทั่วไป ดังแสดงใน Table 3 พบว่า กลุ่มผู้บริโภคที่มีข้อมูลทั่วไป ได้แก่ อายุ ศาสนาและรายได้ต่อเดือนแตกต่างกันมีระดับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

Table 3 Comparison of perceived benefits and value of goat meat by personal factors using one-way ANOVA

Personal Factors	F	df	Sig.
Age (years)	6.926	3	.000**
Religion	18.920	2	.000**
Monthly Income	8.276	3	.000**

** = significant at 0.01 level.

ผลการเปรียบเทียบระดับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธี LSD พบว่า ผู้บริโภคที่มีอายุไม่เกิน 30 ปี มีคะแนนระดับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะน้อยกว่าและแตกต่างจากผู้บริโภคที่มีอายุในกลุ่มอื่น ๆ ส่วนกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่นับถือศาสนาคริสต์และอื่น ๆ มีคะแนนระดับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะน้อยกว่าและแตกต่างจากผู้บริโภคที่นับถือศาสนาอิสลามและศาสนาพุทธ ส่วนกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่มีรายได้น้อยกว่า 15,000 บาทต่อเดือน มีคะแนนระดับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะน้อยกว่าและแตกต่างจากผู้บริโภคที่มีรายได้ในระดับอื่น ๆ

3.2 ทศคติต่อเนื้อแพะ

ในภาพรวมผู้บริโภคเนื้อแพะในภาคใต้มีความคิดเห็นหรือรู้สึกเฉย ๆ กับทศคติต่อเนื้อแพะ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.34) เมื่อพิจารณาเป็น

รายประเด็น พบว่า เห็นด้วยกับประเด็นเนื้อแพะมีราคาแพง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.52) และประเด็นเนื้อแพะไม่มีผลกระทบต่อที่เป็นอันตราย (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.45) และมีความคิดเห็นหรือรู้สึกเฉย ๆ กับประเด็นต่าง ๆ เรียงตามลำดับค่าเฉลี่ย ได้แก่ ประเด็นเนื้อแพะมีคุณภาพดี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40) ประเด็นเนื้อแพะเป็นเนื้อที่มีรสชาติดี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.39) ประเด็นเนื้อแพะเป็นเนื้อเพื่อสุขภาพ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.37) ประเด็นเนื้อแพะมีความน่าสนใจ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.34) ประเด็นเนื้อแพะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทันสมัย (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.30) ประเด็นเนื้อแพะเป็นผลิตภัณฑ์ที่แสดงถึงรสนิยมที่ดี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.27) ประเด็นเนื้อแพะมีประโยชน์มากกว่าเนื้ออื่น ๆ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.26) ประเด็นเนื้อแพะดีกว่าเนื้ออื่น ๆ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.21) และประเด็นเนื้อแพะเป็นเนื้อที่มีกลิ่นดี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.20) ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Consumer attitudes towards goat meat

Attitude Items	Mean	S.D.	Interpretation
Goat meat is healthy	3.37	1.11	Neutral
Goat meat has good quality	3.40	1.00	Neutral
More beneficial than other meats	3.26	1.05	Neutral
Shows good taste	3.27	1.06	Neutral
Better than other meats	3.21	1.11	Neutral
Goat meat is expensive	3.52	0.97	Agree
Goat meat is interesting	3.34	1.06	Neutral
Goat meat has no harmful effects	3.45	1.02	Agree
Goat meat is a modern product	3.30	1.04	Neutral
Goat meat has good taste	3.39	1.07	Neutral
Goat meat has good smell	3.20	1.14	Neutral
Overall	3.34	0.88	Neutral

3.3 ระดับความใส่ใจสุขภาพ

ในภาพรวม ผู้บริโภคส่วนใหญ่เห็นด้วยกับความใส่ใจสุขภาพ ค่าเฉลี่ย 3.75 เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า ผู้บริโภคเห็นด้วยกับความใส่ใจในทุกประเด็น โดยมีค่าเฉลี่ยเรียงตามลำดับ ได้แก่ ด้านความใส่ใจเกี่ยวกับสุขภาพของตนเองเป็นอย่างมาก ค่าเฉลี่ย 3.85

ด้านความตระหนักถึงสุขภาพของตนเองเป็นอย่างมาก ค่าเฉลี่ย 3.80 โดยทั่วไปแล้วมีจิตสำนึกต่อสุขภาพของตนเอง ค่าเฉลี่ย 3.77 และด้านการตรวจเช็คสุขภาพเป็นประจำ ค่าเฉลี่ย 3.58 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 5

Table 5 Health consciousness levels of consumer samples

Health Consciousness Items	Mean	S.D.	Interpretation
Very concerned about personal health	3.85	0.99	Agree
Very aware of personal health	3.80	0.96	Agree
Generally conscious about health	3.77	0.95	Agree
Regular health check-up	3.58	1.00	Agree
Overall	3.75	0.84	Agree

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความใส่ใจสุขภาพกับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ ดังแสดงใน Table 6 พบว่า ความใส่ใจสุขภาพกับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ

มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 กล่าวคือ ผู้บริโภคที่มีความใส่ใจสุขภาพมากขึ้นจะมีการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะมากขึ้นเช่นกัน

Table 6 Analyze the relationship between health consciousness and the perceived benefits and value of goat meat using the person correlation method

	Health consciousness	Perceived benefits and value
Health Consciousness	1.000	
Perceived Benefits and Value of Goat Meat	0.492**	1.000

** = significant at 0.01 level.

เมื่อวิเคราะห์การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะและความใส่ใจสุขภาพที่ส่งผลต่อทัศนคติต่อเนื้อแพะ พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อทัศนคติต่อเนื้อแพะหรือเป็นตัวแปรที่เข้าสู่สมการทำนายได้แก่ การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ และความใส่ใจสุขภาพ โดยปัจจัยการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อทัศนคติต่อเนื้อแพะสูงสุด (Beta = 0.813) และความใส่ใจสุขภาพเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อทัศนคติต่อเนื้อแพะในอันดับรองลงมา (Beta = 0.115) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความใส่ใจสุขภาพกับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ ดังแสดงใน Table 6 พบว่า ความใส่ใจสุขภาพกับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน

อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 กล่าวคือ ผู้บริโภคที่มีความใส่ใจสุขภาพมากขึ้นจะมีการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะมากขึ้นเช่นกัน ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.492 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยตัวแปรทั้งสองมีความผันแปรร่วมกันร้อยละ 24.20 ($r^2 = 0.242$)

โดยทั้ง 2 ตัวแปรสามารถอธิบายความแปรปรวนของทัศนคติต่อเนื้อแพะได้ร้อยละ 76.50 ($F = 1349.114$, $P = 0.000$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนาย 0.42698 ดังแสดงใน Table 7

Table 7 Multiple regression analysis of factors affecting attitudes towards goat meat

Factors	B	SE	Beta	t	p-value
Constant	0.193	0.073		2.641	.008**
Perceived benefits and value	0.839	0.020	0.813	42.004	.000**
Health consciousness	0.121	0.020	0.115	5.958	.000**

$$R = .875 \quad R^2 = .766 \quad \text{adj.} R^2 = .765 \quad df = 3, 391 \quad F = 1349.114*** \quad SE_{\text{est}} = .42698 \quad p\text{-value} = .000$$

ns = not significant, * = significant at 0.05 level, ** = significant at 0.01 level.

เมื่อวิเคราะห์การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะและความใส่ใจสุขภาพที่ส่งผลต่อทัศนคติต่อเนื้อแพะ พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อทัศนคติต่อเนื้อแพะหรือเป็นตัวแปรที่เข้าสู่สมการทำนายได้แก่ การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ และความใส่ใจสุขภาพ โดยปัจจัยการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อทัศนคติต่อเนื้อแพะสูงสุด (Beta = 0.813) และความใส่ใจสุขภาพเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อทัศนคติต่อเนื้อแพะในอันดับรองลงมา (Beta = 0.115)

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว สามารถเขียนเป็นสมการทำนายได้ดังนี้

คะแนนดิบ

$$\text{ทัศนคติต่อเนื้อแพะ} = 0.193 + 0.839(\text{การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ}) + 0.121(\text{ความใส่ใจสุขภาพ})$$

คะแนนมาตรฐาน

$$Z(\text{ทัศนคติต่อเนื้อแพะ}) = 0.813(Z\text{การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ}) + 0.115(Z\text{ความใส่ใจสุขภาพ})$$

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแสดงว่า ตัวแปรอิสระทั้งสองตัวสามารถร่วมกันทำนายทัศนคติต่อเนื้อแพะได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) เท่ากับ 0.875 และค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2) เท่ากับ 0.766 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งสองสามารถอธิบายความผันแปรของทัศนคติต่อเนื้อแพะได้ร้อยละ 76.60 ส่วนที่เหลือร้อยละ 23.40 เป็นผลจากตัวแปรอื่นที่ไม่ได้นำมาวิเคราะห์ โดยมีค่าความ

คลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนาย (SE_{est}) เท่ากับ 0.42698 กล่าวคือ หากผู้บริโภคมีการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ และมีความใส่ใจสุขภาพมากขึ้น จะส่งผลให้ทัศนคติที่มีต่อเนื้อแพะเพิ่มมากขึ้น

จะเห็นได้ว่าการที่ผู้บริโภคมีการรับรู้คุณค่าด้านคุณภาพในระดับเห็นด้วย แต่มีความคิดเห็นระดับเฉย ๆ ต่อคุณค่าด้านอื่น ๆ สะท้อนให้เห็นโอกาสในการพัฒนาการสื่อสารการตลาดที่เน้นคุณค่าด้านอารมณ์และสังคม นอกเหนือจากคุณค่าด้านคุณภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของ Sweeney & Soutar (2001) ที่เสนอว่าการรับรู้คุณค่าในหลายมิติมีผลต่อการตัดสินใจซื้อ ขณะที่ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความใส่ใจสุขภาพกับการรับรู้ประโยชน์

4. ความตั้งใจซื้อเนื้อแพะเพื่อบริโภคและอิทธิพลของทัศนคติต่อเนื้อแพะ ความใส่ใจสุขภาพ การรับรู้ประโยชน์และคุณค่า

ในภาพรวมผู้บริโภคเนื้อแพะในภาคใต้มีความคิดเห็นหรือรู้สึกเฉย ๆ กับความตั้งใจซื้อเนื้อแพะ ค่าเฉลี่ย 3.17 เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า ผู้บริโภคมีความคิดเห็นหรือรู้สึกเฉย ๆ กับความตั้งใจซื้อในทุกประเด็น โดยมีค่าเฉลี่ยเรียงตามลำดับ ได้แก่ ประเด็นมีความยินดีซื้อเนื้อแพะเพื่อการบริโภค ค่าเฉลี่ย 3.24 ประเด็นมีการแนะนำเนื้อแพะให้บุคคลอื่นบริโภค ค่าเฉลี่ย 3.22 มีความยินดีจ่ายเงินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพื่อซื้อเนื้อแพะบริโภค ค่าเฉลี่ย 3.18 และประเด็นมีความยินดีจะซื้อเนื้อแพะเพื่อการบริโภคอย่างต่อเนื่อง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.05) ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 8

Table 8 Purchase intention for consuming goat meat

Purchase intention items	Mean	S.D.	Interpretation
Willing to purchase goat meat	3.24	1.19	Neutral
Willing to pay slightly more for goat meat	3.18	1.14	Neutral
Willing to purchase continuously	3.05	1.19	Neutral
Would recommend to others	3.22	1.13	Neutral
Overall	3.17	1.05	Neutral

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อเนื้อแพะเพื่อการบริโภค ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ ทศนคติต่อเนื้อแพะและความใส่ใจสุขภาพ (Table 9) พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจซื้อเนื้อแพะเพื่อการบริโภคหรือเป็นตัวแปรที่เข้าสู่สมการทำนายได้แก่ การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะและทศนคติต่อเนื้อแพะ โดยปัจจัยการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ เป็นปัจจัยที่

ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อเนื้อแพะเพื่อการบริโภคสูงที่สุด (Beta = 0.551) รองลงมาได้แก่ ทศนคติต่อเนื้อแพะ (Beta = 0.308) โดยทั้ง 2 ตัวแปรสามารถอธิบายความแปรปรวนของความตั้งใจซื้อเนื้อแพะเพื่อการบริโภคได้ร้อยละ 71.0 ($F = 676.163$, $P = 0.000$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนาย 0.56804

Table 9 Results of the multiple regression analysis of factors affecting the purchase intention for consuming goat meat

Factors	B	SE	Beta	t	p-value
Constant	-0.336	0.098		-3.446	.001**
Perceived benefits and value	0.681	0.047	0.551	14.459	.000**
Attitude towards goat meat	0.369	0.046	0.308	7.968	.000**
Health consciousness	0.025	0.028	0.020	0.905	.366 ^{ns}

$$R = .843 \quad R^2 = .711 \quad \text{adj.} R^2 = .710 \quad df = 3, 391 \quad F = 676.163^{***} \quad SE_{\text{est}} = .56804 \quad p - \text{value} = .000$$

ns = not significant, * = significant at 0.05 level, ** = significant at 0.01 level.

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว สามารถเขียนเป็นสมการทำนายได้ดังนี้

คะแนนดิบ

$$\text{ความตั้งใจซื้อเนื้อแพะเพื่อการบริโภค} = -0.336 + 0.681 (\text{การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ}) + 0.369 (\text{ทศนคติต่อเนื้อแพะ})$$

คะแนนมาตรฐาน

$$Z(\text{ความตั้งใจซื้อเนื้อแพะเพื่อการบริโภค}) = 0.551(Z\text{การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ}) + 0.308(Z\text{ทศนคติต่อเนื้อแพะ})$$

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อเนื้อแพะ พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลในการทำนายความตั้งใจซื้อได้แก่ การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะและทศนคติต่อเนื้อแพะ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2) เท่ากับ 0.711 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองสามารถอธิบายความผันแปรของความตั้งใจซื้อเนื้อแพะได้ร้อยละ 71.10 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (β) พบว่า การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะมีอิทธิพลต่อความตั้งใจซื้อมากที่สุด ($\beta = 0.551$) รองลงมา คือ ทศนคติต่อเนื้อแพะ ($\beta = 0.308$) โดยมีค่าคงที่ (Constant) เท่ากับ -0.336 หมายความว่า หากไม่มีอิทธิพลจากตัวแปรทำนายทั้งสอง ความตั้งใจซื้อจะมีค่าติดลบ ส่วนความใส่ใจสุขภาพไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความตั้งใจซื้อ ($\beta = 0.020$, $P = 0.366$)

จากผลวิเคราะห์ทำให้เห็นว่า หากผู้บริโภคได้รับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะและมีทศนคติที่ดีต่อเนื้อแพะเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีความตั้งใจที่จะซื้อเนื้อแพะเพื่อการบริโภคมากขึ้น ทั้งนี้ หากผู้บริโภคไม่มีการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะและทศนคติที่ดีต่อเนื้อแพะเลยผู้บริโภคจะมีความตั้งใจซื้อเนื้อแพะที่ติดลบหรืออาจกล่าวได้ว่า นอกจากไม่มีความตั้งใจซื้อเนื้อแพะแล้วนั้นยังอาจมองข้ามที่จะเลือกบริโภคเนื้อแพะ

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจซื้อสะท้อนความสำคัญของการสร้างการรับรู้คุณค่าและทศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์ โดยการที่การรับรู้ประโยชน์และคุณค่ามีอิทธิพลสูงสุด ($\beta = 0.551$) สอดคล้องกับ Sweeney & Soutar (2001) ที่รายงานถึงทฤษฎีการรับรู้คุณค่าโดยเน้นความสำคัญของการรับรู้คุณค่าในมิติต่าง ๆ ต่อการตัดสินใจซื้อ นอกจากนี้ยังรวมถึง ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความใส่ใจสุขภาพกับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ อย่างไรก็ตาม

ตาม การที่ความตั้งใจซื้อโดยรวมอยู่ในระดับเฉย ๆ และค่าคงที่ในสมการถดถอยมีค่าเป็นลบ (-0.336) สะท้อนให้เห็นความท้าทายในการพัฒนาตลาดเนื้อแพะและความจำเป็นในการสร้างแรงจูงใจเชิงบวกให้กับผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ พบว่า ผู้บริโภคเนื้อแพะในภาคใต้ส่วนใหญ่บริโภคเนื้อแพะไม่ครบทุกมื้อ โดยบริโภคประมาณ 1 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ วัตถุประสงค์หลักในการซื้อ คือ เพื่อบริโภคในครอบครัวและนิยมซื้อจากตลาดในชุมชนเป็นหลัก ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณภาพเป็นเกณฑ์หลักในการเลือกซื้อ โดยสมาชิกในครอบครัวมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด การศึกษาพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการบริโภค โดยอายุมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อและเหตุผลในการบริโภค ศาสนามีความสัมพันธ์กับเกณฑ์การเลือกซื้อและสถานการณ์การบริโภค ส่วนรายได้มีความสัมพันธ์กับความถี่และปริมาณการบริโภค ด้านปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ พบว่า การรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจซื้อมากที่สุด รองลงมาคือทศนคติต่อเนื้อแพะ นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความใส่ใจสุขภาพกับการรับรู้ประโยชน์และคุณค่าของเนื้อแพะ ผู้บริโภคมีการรับรู้คุณค่าด้านคุณภาพในระดับเห็นด้วย แต่มีความคิดเห็นระดับเฉย ๆ ต่อคุณค่าด้านอารมณ์ ราคาและสังคม โดยเห็นว่าเนื้อแพะมีราคาแพงและไม่ค่อยมีผลกระทบที่เป็นอันตราย แต่มีความตั้งใจซื้อโดยรวมในระดับเฉย ๆ ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย ได้แก่ 1) ควรพัฒนากลยุทธ์การสื่อสารการตลาดที่เน้นการสร้างการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของเนื้อแพะ โดยเฉพาะด้านคุณภาพและประโยชน์ต่อสุขภาพ 2) ควรพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่ายที่หลากหลายและเข้าถึงง่าย นอกเหนือจากตลาดในชุมชน 3) ควรมีการพัฒนามาตรฐานคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะให้สม่ำเสมอเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ใช้คุณภาพเป็นเกณฑ์หลักในการเลือกซื้อ 4) ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะให้มีความหลากหลายและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มต่าง ๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้แผนงานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตแพะ ที่สนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้

References

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211. doi: 10.1016/0749-5978(91)90020-T.
- Assael, H. (1998). *Consumer behavior and marketing actions*. New York, United States: South-Western College Pub.
- Department of Livestock Development. (2023). *Livestock statistics of Thailand 2023*. Bangkok, Thailand: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). *The statistics of goat farming worldwide*. Accessed October 22, 2024. Retrieved from <https://www.fao.org/livestock-systems/global-distributions/goats/en/>
- Howard, J. A. (1994). *Buyer behavior in marketing strategy* (2nd ed.). New Jersey, United States: Prentice-Hall.
- Khwanmanee, N., & Lahteh, K. (2020). Development of marketing strategies for meat goats in Songkhla Province. *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal*, 12(1), 160–170. (in Thai)
- Liang, J. B., & Paengkoum, P. (2019). Current status, challenges and the way forward for dairy goat production in Asia—conference summary of dairy goats in Asia. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(8), 1233-1243. doi: 10.5713/ajas.19.0272
- Lima, M. J. R., Teixeira-Lemos, E., Oliveira, J., Teixeira-Lemos, L. P., Monteiro, A. M., & Costa, J. M. (2018). Nutritional and health profile of goat products: focus on health benefits of goat milk. In S. Kukovics (Ed.), *Goat science* (pp. 189-232). IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.70327
- Malhotra, N. K. (2004). *Marketing research: an applied orientation* (4th ed.). New Jersey, United States: Pearson Education, Inc.
- Mattaphong, I. (2019). *Study of production, marketing, and consumption behavior of goat meat in upper Southern Thailand*. (Master's thesis). Songkhla, Thailand: Prince of Songkla University. (in Thai)
- Siddiqui, S. A., Khan, S., Farooqi, M. Q. U., Singh, P., Fernando, I., & Nagdalian, A. (2022). Consumer behavior towards cultured meat: a review since 2014. *Appetite*, 179, 106314. doi: 10.1016/j.appet.2022.106314.
- Suthammanon, S., Siriwongpaisan, N., Penjamras, P., Wunsious, R., & Buakeeree, K. (2013). *A Study of supply chain management systems of the goat industry in Satun Province*. Bangkok, Thailand: Thailand Research Fund. (in Thai)
- Sweeney, J. C., & Soutar, G. N. (2001). Consumer perceived value: the development of a multiple item scale. *Journal of Retailing*, 77(2), 203-220. doi: 10.1016/S0022-4359(01)00041-0.
- 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. doi: 10.2307/1251446.

Research article

Consumption behavior and factors affecting purchase intention of goat meat of consumers in Southern Thailand

Pilaiwan Prapruit^{1*} Teerasak Jindabot² and Sarunyoo Kanchanasuwan²

¹*Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Hat Yai District, Songkhla Province Thailand 90110*

²*Business Administration Department, Faculty of Management Sciences, Prince of Songkla University, Hat Yai District, Songkhla Province Thailand 90110*

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 24 October 2024

Revised: 30 October 2024

Accepted: 7 January 2025

Online published: 8 April 2025

Keyword

Consumer Behavior

Purchase Intention

Goat Meat

Southern Thailand

ABSTRACT

This research aimed to study 1) goat meat consumption behavior, 2) the relationship between personal factors and consumption behavior, and 3) factors affecting purchase intention of goat meat among consumers in Southern Thailand. Using a quantitative research methodology, data were collected through questionnaires from 1,000 consumers in 14 southern provinces and were analyzed using descriptive and inferential statistics. The results showed that most consumers did not consume goat meat at every meal (56.20 %), instead, they consumed 1 kilogram per week (42.80 %), purchased it for family consumption (63 %), and used quality as the main criterion for purchase (34.90 %). The main purchase channel was community markets (55.10 %). Personal factors including age, religion, and income were significantly related to consumption behavior ($p < .01$). The perceived benefits and value of goat meat were positively correlated with health consciousness ($r = 0.492$, $p < .01$) and were the strongest predictors of attitude ($\beta = 0.813$) and purchase intention ($\beta = 0.551$). Consumers agreed with quality value perception (mean 3.41) but were neutral towards emotional, price, and social values. Regarding attitudes, consumers agreed that goat meat was expensive and had no harmful effects. These findings can be applied to develop marketing and communication strategies to enhance value perception and positive attitudes towards goat meat, as well as improve the goat meat industry in Southern Thailand.

*Corresponding author

E-mail address: ppilaiwa@gmail.com (P. Prapruit)

Online print: 8 April 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.3>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

พฤติกรรมผู้บริโภค และปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา

เจียรชัย พันธัง^{1*} และ ปรียากร บุญส่ง²

¹สาขาวิชาผู้ประกอบการฐานนวัตกรรมและการออกแบบ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดจังหวัดสงขลา ประเทศไทย 90110

²สาขาวิชานวัตกรรมอาหารและการจัดการธุรกิจ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ประเทศไทย 90000

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

Article history

รับ: 14 ตุลาคม 2567

แก้ไข: 23 ธันวาคม 2567

ตอบรับการตีพิมพ์: 9 กุมภาพันธ์ 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 22 เมษายน 2568

คำสำคัญ

ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้

กลยุทธ์ทางการตลาด

ส่วนประสมทางการตลาด

การตัดสินใจซื้อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภค ส่วนประสมทางการตลาดในการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา และเพื่อศึกษากลยุทธ์ทางการตลาดที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ให้มีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ ประชากรและกลุ่มตัวอย่างกลุ่มแรก คือ ผู้บริโภคที่ซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ในจังหวัดสงขลา จำนวน 400 คน ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ ใช้แบบสอบถามเชิงโครงสร้างเป็นเครื่องมือในการวิจัย กลุ่มตัวอย่างที่สองคือ เกษตรกรผู้ปลูกไผ่และแปรรูปผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ และนักวิชาการด้านการตลาดเกษตร จำนวน 5 คน โดยใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ใช้วิธีการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) และแบบสัมภาษณ์เชิงลึกในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การวิเคราะห์เชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) และใช้การประชุมกลุ่มย่อยในการวิเคราะห์ SWOT Analysis และนำมากำหนดกลยุทธ์ใช้การวิเคราะห์ TOWS Matrix Analysis

ผลการวิจัยพบว่า ผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้จากตลาดนัดหรือตลาดสดในหมู่บ้านบ่อยที่สุด ความถี่ในการซื้อ 1-2 ครั้ง/เดือน วัตถุประสงค์หลักในการซื้อคือซื้อมาประกอบอาหารมื้อหลักบริโภคในครอบครัว ผู้มีอิทธิพลสูงใจในการซื้อคือตนเองและคนในครอบครัว ปัญหาที่ผู้บริโภคพบคือสินค้าขาดตลาดในบางฤดูกาลและคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ระดับการให้ความสำคัญในปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ พบว่าด้านผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับรสชาติดี สดใหม่ คงความเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติมากที่สุด ด้านราคาคือราคาคุ้มค่ากับปริมาณในระดับมากที่สุด ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายคือหาซื้อได้ง่าย สะดวก และด้านการส่งเสริมการตลาดคือการสื่อสาร การโฆษณาผ่านสื่อออนไลน์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ ประกอบด้วย (1) ความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ (2) ประเภทบรรจุภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ที่ซื้อเป็นประจำ (3) รสชาติดี สดใหม่ วัตถุดิบมาจากธรรมชาติ (4) จำนวนผู้บริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ในครอบครัว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับกระบวนการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ (5) สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้เป็นประจำ มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กลยุทธ์การตลาดที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ให้มีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐานระดับสากล เช่น ออ. และ GMP กำหนดราคาขายเท่ากับหรือเหนือกว่าคู่แข่งในตลาด เพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อ และใช้กลยุทธ์การประชาสัมพันธ์ผ่านผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร การลดราคา ของแถม และการสะสมคะแนน

บทนำ

ไผ่ถือเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญยิ่งต่อความหลากหลายทางชีวภาพภายในระบบนิเวศ รวมถึงมีบทบาทที่สำคัญต่อเศรษฐกิจทั้งในระดับประเทศและท้องถิ่น การที่ไผ่สามารถแปรรูปได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ทั้งจากตัวไผ่และหน่อไม้ ส่งผลให้ไผ่กลายเป็นวัตถุดิบหลักในหลายอุตสาหกรรม (Asia-Pacific Community Forestry Training Center, 2014) ในขณะที่หน่อไม้เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มาจากต้นไผ่ มีประโยชน์อย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นในประเทศหรือในต่างประเทศ เช่น จีน อินเดีย และญี่ปุ่น เนื่องจากหน่อไม้นิยมใช้เป็นวัตถุดิบที่มีรสชาติดีและอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ การพัฒนา

ผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ในมิติของรูปแบบ คุณภาพ และมาตรฐานจึงมีความสำคัญ เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและนอกประเทศ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับหน่อไม้อย่างมีนัยสำคัญ (Phakichai & Charoenphan, 2021) นอกจากนี้หน่อไม้ยังมีศักยภาพในการเป็นแหล่งโภชนาการที่ยั่งยืน เพื่อตอบสนองความต้องการของประชากรในอนาคตและเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหาร หน่อไม้มีปริมาณโปรตีน เส้นใย แร่ธาตุ วิตามิน และองค์ประกอบชีวภาพอื่นๆ ในปริมาณมาก มีไขมันต่ำ ทำให้หน่อไม้มีคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ต่อสุขภาพสูง (Zhang et al., 2024) ในขณะที่ยุทธศาสตร์การบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของคนในภาคใต้โดยเฉพาะใน

*Corresponding author

E-mail address: thienchai@hu.ac.th (T.Phankhong)

Online print: 22 April 2025 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.4>

อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา พบว่า ผู้บริโภคมีการใช้หน่อไม้ ทำอาหารเมนูต่าง ๆ เช่น แกงส้ม ซุปหน่อไม้ ต้มหน่อไม้ แกงกะทิ หน่อไม้ ผัดเปรี้ยวหวาน แกงเผ็ด แกงไตปลา และทำผักเหนาะกับกับ น้ำพริก โดยนิยมซื้อหน่อไม้สดและแปรรูปอย่างง่ายจากตลาดในท้องถิ่นและจากเกษตรกรผู้ปลูกไม่โดยตรง (Lim-u-sanno et al., 2022)

อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา มีพื้นที่ทำการเกษตร 204,965 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 59 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนใหญ่ปลูกยางพารา สวนผลไม้ และพืชพันธุ์อื่นๆ เนื่องจากสถานการณ์ราคาพืชผลทางการเกษตรตกต่ำ ทำให้รายได้ไม่เพียงพอ บางพื้นที่เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ ใกล้เคียงน้ำท่วม ทำให้เหมาะแก่การปลูกไม้ ไม้เป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมายทั้งทางตรงและทางอ้อม กลุ่มเกษตรกรในอำเภอรัตภูมิได้รวมตัวกันปลูกพืชสวนยางพาราที่แห้งแล้งให้เป็นแปลงผักปลอดสารพิษและการปลูกไม้ด่างแบบอินทรีย์ หนึ่งในนั้น คือ วิชาทิกชุมชนกลีกริมไทยบ้านภูติตา ตั้งอยู่ที่หมู่ 10 ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา เป็นการรวมตัวของเกษตรกร จำนวน 10 ราย โดยหลังจากโค่นยางพาราเกษตรกรจะปลูกไม้ด่างทดแทนการปลูกยางพารา และส่วนหนึ่งปลูกไม้ด่างจริงจังเพื่อจัดจำหน่ายผลผลิต มีการวางระบบการให้น้ำ ให้อายุ แบ่งโซนพื้นที่ ตกแต่งพื้นที่ เนื่องจากไม้ด่างเป็นพืชที่ดูแลง่าย ทนทานต่อสภาพอากาศหนาวร้อนหรือแห้งแล้งได้ดี และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี ขายง่าย มีลูกค้าประจำ ส่วนสายพันธุ์ที่ปลูก มี 2 พันธุ์ คือ ไม้ด่างดำและไม้ด่างเขียว ในขณะที่ผลผลิตยังอยู่ในปริมาณน้อย ด้านการตลาด พบว่า เกษตรกรขายผลผลิตผ่านตลาดนัดในชุมชนด้วยตนเอง โดยการแปรรูปเป็นหน่อไม้ต้มใส่ถุงมัดยางและส่วนหนึ่งยังขายเป็นหน่อไม้สด ปอกและหั่นเป็นท่อน ๆ ใส่ถุงพลาสติก ยังไม่มีการแปรรูปขั้นสูง หรือการสร้างแบรนด์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทันสมัยและยังไม่มีการขายตลาดไปสู่บริเวณกว้าง

ในส่วนของการปลูกนั้นเกษตรกรให้ความสำคัญกับการดำเนินการเกษตรตามวิถีเกษตรอินทรีย์ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีมาตรฐานอินทรีย์และเป็นไปตามหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี หรือ GAP ปลูกโดยเน้นความปลอดภัยและคุณภาพสูง ปัจจุบันเกษตรกรขยายพื้นที่ปลูกไม้ด่างเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ ในท้องถิ่นแบบอย่างง่าย แต่ไม่สามารถเพิ่มมูลค่าให้เป็นจุดเด่นของชุมชนได้ เนื่องจากเกษตรกรยังขาดองค์ความรู้และประสบการณ์ในด้านการจัดการผลผลิตจากหน่อไม้ การทำการตลาดสมัยใหม่และการแปรรูปเพื่อขายในเชิงพาณิชย์ จึงจำเป็นต้องศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาข้อมูลอันจะนำไปสู่การยกระดับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ในเชิงพาณิชย์ มิฉะนั้นจะทำให้ผลผลิตไม้ที่เกษตรกรปลูกและจัดจำหน่ายนั้นไม่สามารถขายได้ในราคาที่เหมาะสม และไม่สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน

ในการพัฒนาและยกระดับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ นั้น การศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับธุรกิจ เนื่องจากช่วยให้ผู้ประกอบการเข้าใจความต้องการ ความชอบและปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของลูกค้าอย่างลึกซึ้ง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้ธุรกิจสามารถพัฒนากลยุทธ์การตลาด พัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการให้ตรงกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย เพิ่มโอกาสในการดึงดูดและรักษา

ลูกค้าได้ดีขึ้น รวมถึงสามารถปรับตัวเข้ากับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตลาดและพฤติกรรมของผู้บริโภคในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการศึกษาส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix) ประกอบด้วย 4 Ps (Product, Price, Place, Promotion) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยกำหนดแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของตลาดและสร้างความสำเร็จให้กับธุรกิจ

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา และศึกษาแนวทางการกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยยกระดับและพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของเกษตรกรเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ นำไปสู่การสร้างรายได้และยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรในพื้นที่ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคและส่วนประสมทางการตลาดในการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้
3. เพื่อศึกษากลยุทธ์ทางการตลาดที่เหมาะสมในการยกระดับและพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ให้มีความเป็นไปได้ในการจำหน่ายเชิงพาณิชย์

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยพฤติกรรมผู้บริโภค และปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method) มีวิธีการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกประกอบด้วยผู้บริโภคที่เคยซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้และอาศัยอยู่ในจังหวัดสงขลา ทำการกำหนดขนาดตัวอย่างตามสูตรของทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane, 1973; Sinjaru, 2008) โดยมีความเชื่อมั่นที่ระดับร้อยละ 95 ข้อมูลจากสำนักงานสถิติจังหวัดสงขลาในปี 2565 ระบุว่าประชากร 1,431,536 คน เมื่อนำสูตรของทาโร่ ยามาเน่ มาคำนวณ พบว่าจำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 399.88 คน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาข้อมูลที่อาจขาดความครบถ้วน ผู้วิจัยจึงเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 400 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างใดไม่ยินยอมหรือไม่ตรงตามคุณสมบัติที่กำหนดจะไม่เก็บข้อมูลจากกลุ่มนั้น แต่หากได้พบกลุ่มที่ยินยอมก็จะดำเนินการเก็บข้อมูล กลุ่มที่สองคือกลุ่มตัวอย่างสำหรับการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) ที่ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกเกษตรกรที่แปรรูปผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้และนักวิชาการที่เกี่ยวข้องทางด้านการตลาดเกษตรในอำเภอรัตภูมิจำนวน 5 คน ประกอบด้วย ตัวแทนเกษตรกรผู้ปลูกและแปรรูปไม้บ้านท่าหมอยไซ จำนวน 2 คน ตัวแทนจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนไทยกลุ่มบ้านภูติตา จำนวน 2 คน และตัวแทนนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญด้านสินค้าเกษตรอินทรีย์ในอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา จำนวน 1 คน

2. เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิประกอบด้วย แบบบันทึกการประชุมกลุ่มย่อย 1 ชุด แบบสัมภาษณ์เชิงลึก 1 ชุด และแบบสอบถามเชิงโครงสร้าง 1 ชุด โดยในแบบสอบถามเชิงโครงสร้าง แบ่งออกเป็น 4 ส่วน รวมทั้งสิ้น 54 ข้อ รายละเอียดมีดังนี้ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 7 ข้อ ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 10 ข้อ ส่วนที่ 3 เกี่ยวข้องกับระดับความสำคัญของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ จะมีคำถามทั้งหมด 19 ข้อ โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) ด้านราคา (Price) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place) และด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion) ส่วนที่ 4 กระบวนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 18 ข้อ แบ่งเป็น 5 ด้าน ดังนี้ การรับรู้ปัญหา (Problem recognition) การแสวงหาข้อมูล (Search for Information) การประเมินทางเลือก (Evaluation) การตัดสินใจซื้อ (Decision Making) และพฤติกรรมภายหลังการซื้อ (Post-buying behavior)

ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่พัฒนาขึ้น ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ประเมินและตรวจสอบความเที่ยงตรงของข้อคำถาม พบว่าข้อคำถามทั้งหมดมีค่า IOC มากกว่า 0.60 ทุกข้อ (แบบสอบถามผ่านเกณฑ์มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60-1.00) และนำแบบสอบถามไปทดสอบกับผู้บริโภคที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ราย เพื่อทำการทดสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์ของแอลฟา (Alpha-Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) ซึ่งได้ผลลัพธ์มีค่า 0.87 และสำหรับตัวแปรใดในแบบสอบถามที่ไม่ใช่ Interval scale ใช้การหาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรของคูเดอร์และริชาร์ดสัน (Kuder and Richardson) มีค่า 0.81 แบบสอบถามในครั้งนี้มีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยได้ หลังจากนั้นจึงได้นำแบบสอบถามและวิธีการวิจัยไปยื่นขอรับการประเมินจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา เลขที่โครงการ HREC No.044/2566 และดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

3. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้บริโภคที่เคยซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้และอาศัยอยู่ในจังหวัดสงขลา และกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้และนักวิชาการด้านการตลาดเกษตร โดยใช้เครื่องมือและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่แตกต่างกัน

สำหรับกลุ่มผู้บริโภค ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญแบบไม่เฉพาะเจาะจง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเชิงโครงสร้างเพื่อศึกษาพฤติกรรมและความคิดเห็นต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive analysis) ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมการบริโภคระดับความสำคัญของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด และความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการตัดสินใจซื้อ ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อ การวิเคราะห์ถดถอย

พหุคูณแบบขั้นตอน ในการศึกษานี้ มีตัวแปรตามคือ กระบวนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ ซึ่งวัดในรูปแบบคะแนนเฉลี่ยมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีตัวแปรอิสระแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก กลุ่มแรก คือ ตัวแปรด้านพฤติกรรมการบริโภค ประกอบด้วย ความถี่ในการซื้อ (วัดเป็นจำนวนครั้งต่อเดือน), สถานที่ซื้อประจำ (แปลงเป็นตัวแปรหุ่น โดย 0 แทนร้านค้าทั่วไป และ 1 แทนร้านสะดวกซื้อหรือห้างสรรพสินค้า), ปริมาณการซื้อต่อครั้ง (วัดเป็นกิโลกรัม), จำนวนผู้บริโภคในครอบครัว (วัดเป็นจำนวนคน) และประเภทบรรจุภัณฑ์ (แปลงเป็นตัวแปรหุ่น โดย 0 แทนบรรจุภัณฑ์ทั่วไป และ 1 แทนบรรจุภัณฑ์มาตรฐาน) กลุ่มที่สองคือตัวแปรด้านส่วนประสมทางการตลาด ประกอบด้วย ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด ซึ่งทั้งหมดวัดในรูปแบบคะแนนเฉลี่ยมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับเช่นเดียวกับตัวแปรตามในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้แปลงตัวแปรที่มีมาตรวัดแบบนามบัญญัติให้เป็นตัวแปรหุ่นก่อน จากนั้นจึงใช้วิธีการวิเคราะห์แบบขั้นตอน ซึ่งจะคัดเลือกตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติเข้าสู่สมการที่ละตัวจนได้สมการที่เหมาะสมที่สุดในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ กับกระบวนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้

สำหรับกลุ่มเกษตรกรและนักวิชาการ ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจงตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านการจัดประชุมกลุ่มย่อยและการสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกในการดำเนินการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ของวิสาหกิจชุมชนกลีกรมไทยบ้านภูติตาและเกษตรกรผู้ปลูกและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้บ้านท่าหมอยไซ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ด้วย SWOT Analysis และ TOWS Matrix ร่วมกับข้อมูลจากแบบสอบถามเพื่อกำหนดกลยุทธ์การตลาดที่เหมาะสมในการยกระดับและพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้สำหรับการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ โดยนำกลยุทธ์ที่กำหนดขึ้นมาให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและนักวิชาการด้านการตลาดเกษตรร่วมวิพากษ์จนได้กลยุทธ์การตลาดที่มีความเหมาะสมและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. พฤติกรรมผู้บริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ในจังหวัดสงขลา พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 315 คน คิดเป็นร้อยละ 78.80 อายุระหว่าง 41-50 ปี จำนวน 128 คน คิดเป็นร้อยละ 32 สถานภาพโสด จำนวน 196 คน คิดเป็นร้อยละ 49 ระดับการศึกษาปริญญาตรีหรือเทียบเท่า จำนวน 246 คน คิดเป็นร้อยละ 61.50 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,001 – 20,000 บาท จำนวน 157 คน คิดเป็นร้อยละ 39.30 ทำงานเป็นพนักงานบริษัทเอกชน หรือดำเนินธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย จำนวน 145 คน คิดเป็นร้อยละ 36.30 และส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ จำนวน 278 คน คิดเป็นร้อยละ 69.50

ผลการวิจัยพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้จากตลาดนัด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาโดย Kaewpipob (2021) ที่ระบุว่าผู้บริโภคนิยมซื้อหน่อไม้ดองจากตลาดสดมากที่สุด รองลงมาคือร้านค้าในชุมชน เนื่องจากการซื้อในปริมาณไม่มากนักและเน้นความสะดวกในการเดินทางและการจอดรถ รวมทั้งมีโอกาสได้ซื้อสินค้าอื่น ๆ

ควบคู่ไปด้วย สำหรับความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ นั้น ส่วนใหญ่จะซื้อเพียงนาน ๆ ครั้ง หรือเดือนละ 1-2 ครั้ง ซึ่งเป็นลักษณะที่สอดคล้องกับวิถีการบริโภคของคนภาคใต้ที่ไม่ค่อยใช้หน่อไม้เป็นวัตถุดิบหลัก เป้าหมายหลักจากการซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้คือ ใช้ทำอาหารมื้อหลักในครอบครัว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับผลการศึกษาดียวกัน ส่วนใหญ่การบริโภคในครอบครัวมีเพียง 2-3 คน และปริมาณการซื้อต่อครั้งนั้นมักน้อยกว่า 1 กิโลกรัมหรือไม่เกิน 1-2 กิโลกรัม เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายหลักเป็นพนักงานบริษัทหรือเจ้าของธุรกิจส่วนตัว ซึ่งมีสมาชิกในครอบครัวน้อย การทำอาหารในปริมาณน้อยจึงสะดวกและง่ายกว่า ผู้ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อหรือบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ คือ ตนเองและสมาชิกในครอบครัว สอดคล้องกับที่ Kaewpipob (2021) ศึกษาพบว่า การซื้อหน่อไม้ต้องนั้นได้รับอิทธิพลจากสมาชิกในครอบครัวหรือด้วยตนเอง เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับปริญญาตรี จึงสามารถเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์หน่อไม้ได้ดีและสามารถตัดสินใจซื้อได้เอง ในขณะที่ผู้ตอบแบบสอบถามบางส่วนอาจไม่มีประสบการณ์หรือความรู้เกี่ยวกับหน่อไม้ก็อาจต้องพึ่งพาประสบการณ์ของสมาชิกในครอบครัวในการช่วยตัดสินใจ ในขณะที่ Ariyawiriyanan et al. (2022) ศึกษาการเพิ่มศักยภาพตัวแบบเชิงธุรกิจและโครงข่ายการตลาดเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานรากจากทรัพยากรไม้ จังหวัดปทุมธานีบุรีรัมย์ผ่านกระบวนการเรียนรู้ตลอดห่วงโซ่คุณค่า พบว่าพฤติกรรมผู้บริโภค ซื้อหน่อไม้มารับประทานเดือนละ 1 ครั้ง เน้นการซื้อหน่อไม้ที่ไม่เปรี้ยว มีความสะอาดและปลอดภัย และเป็นหน่อไม้สด นิยมทานเป็นครอบครัว ซื้อจากตลาดนัดชุมชนบ่อยที่สุด ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อหน่อไม้ ด้านผลิตภัณฑ์ ได้แก่ วัตถุดิบสด สะอาด อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านราคา มีความเหมาะสมกับคุณภาพสินค้า อยู่ในระดับมาก ด้านการตลาด คือ การโฆษณาบนสื่อออนไลน์และการจัดกิจกรรมส่งเสริมการตลาด และด้านการบริการให้

ความสำคัญกับการพูดจา การบริการของพนักงาน ความรวดเร็ว และการมีช่องทางชำระเงินหลายช่องทาง

บรรจุภัณฑ์ของหน่อไม้ที่มักซื้อมาประกอบอาหารจะบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกมัดด้วยยางวงหรือถุงสุญญากาศ เนื่องจากผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ที่มีมาตรฐานยังไม่ได้มีความนิยมในวงกว้าง ผู้บริโภคจึงมักเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่มีบรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน โดยเน้นความสะดวกในการซื้อแล้วนำไปใช้ประกอบอาหารทันที ทำให้ไม่ต้องพึ่งพาผลิตภัณฑ์แปรรูป ค่าใช้จ่ายในการซื้อผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้แต่ละครั้งมักไม่เกิน 100 บาท เนื่องจากส่วนใหญ่ซื้อไปรับประทานในครอบครัวที่มีสมาชิกไม่เกิน 2-3 คน ปริมาณการซื้อมักไม่เกิน 150 กรัม ปัญหาหลักที่ผู้บริโภคพบเจอเมื่อซื้อผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้คือ บางฤดูกาลอาจไม่มีสินค้า หน่อไม้อาจไม่สะอาดและมีสิ่งเจือปน ไม่ทราบถึงแหล่งที่มา ราคาขายไม่แน่นอน ไม่มีป้ายหรือฉลาก รวมถึงไม่ระบุวันหมดอายุ ทำให้บางครั้งหาซื้อได้ยาก การผลิตไม่ได้มาตรฐานและบรรจุภัณฑ์ไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน เนื่องจากการแปรรูปหน่อไม้ยังมีจำกัดและไม่ได้เป็นที่นิยม ส่งผลให้ผู้บริโภคต้องหาซื้อในตลาดนัดหรือชุมชนซึ่งไม่ได้มีการผลิตตามมาตรฐาน ผู้ผลิตหรือผู้ขายก็ยังไม่มีความสนใจในการขยายการผลิตและการจำหน่ายให้ครอบคลุม ส่งผลให้ขาดการลงทุนในด้านการผลิตและแปรรูปเพื่อการค้า ซึ่งผลการวิจัยในส่วนนี้สอดคล้องกับทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภค (Consumer Behavior) ซึ่งหมายถึง การกระทำของผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการจัดหาให้ได้มาและการใช้สินค้าและบริการ (Serirat et al., 2017) เป็นไปตามแบบจำลองพฤติกรรมผู้บริโภค หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า S-R Theory เป็นการศึกษาถึงเหตุจูงใจที่ทำให้เกิดการซื้อสินค้าและบริการ ผลจากการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคจะนำไปปรับปรุงกลยุทธ์ทางการตลาดที่สามารถตอบสนองความต้องการ และความพึงพอใจของผู้บริโภคได้อย่างเหมาะสม (Khananurak, 2020)

Table 1

Table 1 Consumer behavior of bamboo shoot-processed product (n = 400)

Items	Frequency (Person)	Percentages
Source of bamboo shoot-processed products purchase regularly		
Flea markets or village markets	355	88.80
Direct purchase from farmers or sellers	20	5
Convenience stores (e.g., 7-11, Mini Big C, Lotus Express)	11	2.80
Department stores (e.g., Big C Extra, Lotus)	7	1.80
Grocery stores	3	0.80
Others	3	0.80
Online platforms (e.g., Facebook, Shopee, Lazada)	1	0.30
Types of bamboo shoot-processed products most frequently purchased		
Fresh bamboo shoots	228	57
Boiled bamboo shoots	90	22.50
Pickled bamboo shoots	48	12
Others (e.g., dishes with bamboo shoots as an ingredient)	20	5
Canned bamboo shoots	11	2.80
Dried bamboo shoots	3	0.80
Frequency of purchasing bamboo shoot-processed products		
Occasionally	221	55.30
1-2 times per month	133	33.30
3-4 times per month	32	8
More than 4 times per month	14	3.50
Main aims of purchasing bamboo shoot-processed products		
To prepare main meals for personal family consumption	386	96.5
To prepare food for sale or resale	11	2.8
Others (e.g., as gifts)	3	0.8

Table 1 Consumer behavior of bamboo shoot-processed product (n = 400) (Continue)

Items	Frequency (Person)	Percentages
Number of bamboo shoot-processed products in the household		
Consumed by 2-3 people	227	56.80
Consumed by more than 3 people	126	31.50
Consumed by one person	47	11.8
Influencers motivating the purchase of bamboo shoot-processed products		
Oneself	192	48
Family members	190	47.50
Friends	10	2.50
Vendors	7	1.80
Advertising through various media	1	0.30
Quantity purchased per transaction		
Less than 1 kilogram	291	72.80
1-2 kilograms	102	25.50
3-5 kilograms	5	1.30
More than 5 kilograms	2	0.50
Types of packaging for bamboo shoot-processed products regularly		
Plastic bag tied with a rubber band	322	80.50
Vacuum-sealed plastic bag	28	7
Non-vacuum-sealed plastic bag	28	7
Plastic jar	11	2.80
Canned	9	2.30
Others	2	0.50
Average spending on bamboo shoot-processed products per purchase		
Less than 50 baht	220	55
51 – 100 baht	157	39.30
101 – 150 baht	19	4.80
More than 150 baht	4	1

ระดับการให้ความสำคัญในปัจจุบันส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix) หรือ 4 Ps ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ (Product) คือ สิ่งที่เกิดการเสนอขายครอบคลุมทั้งสินค้าและบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ราคา (Price) คือ ราคาของผลิตภัณฑ์ เป็นราคาที่ผู้บริโภคยินดีจ่ายเพื่อซื้อหาผลิตภัณฑ์นั้นๆ และพิจารณาถึงความคุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งที่ได้รับ การจัดจำหน่าย (Place) คือ กิจกรรมที่เกิดขึ้นในการส่งมอบผลิตภัณฑ์หรือบริการจากผู้ขายไปยังผู้บริโภค และการส่งเสริมการตลาด (Promotion) คือ กิจกรรมต่างๆ ที่เป็นการสื่อสาร โฆษณา และประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคได้รับถึงคุณสมบัติ ประโยชน์และคุณค่าของผลิตภัณฑ์และบริการ (Wittawat, 2020) ที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากหน่อไม้ พบว่าปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุดคือเรื่องของรสชาติที่ดี ความสดใหม่ ความเป็นธรรมชาติของวัตถุดิบ รองลงมาคือสินค้ามีคุณภาพ ความปลอดภัยได้มาตรฐาน และผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการ ตามลำดับ สอดคล้องกับ Sangsri (2023) ที่ศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของชุมชนของผู้บริโภค คือ การพิจารณาจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์และความใหม่ของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก รองลงมา คือ รูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ไม่ต่างจากผักสดให้อยู่ในประเภทสินค้าออร์แกนิกและระดับพรีเมียม ต้องสะท้อนทั้งความอร่อยและความปลอดภัยสำหรับสุขภาพ ผู้บริโภคจึงต้องการข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม เพื่อให้พวกเขาเข้าใจสินค้าทุกประเภทมากขึ้น รวมถึงต้องมีการรับรองมาตรฐานคุณภาพในระดับสากลเพื่อช่วยในการตัดสินใจซื้อ ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษา

ของ Taiwong et al. (2024) ที่ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อทุเรียนทอดกรอบคือรสชาติ ซึ่งหากรสชาติตรงกับความต้องการของผู้บริโภคก็จะเกิดการตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น ความเห็นนี้ยังตรงกับผลการศึกษาโดย Kaewpipob (2021) ที่พบว่า ผู้บริโภคหน่อไม้ดองน้ำมะพร้าวให้ความสำคัญสูงสุดกับการรับรองมาตรฐาน หากมีเครื่องหมายรับรองชัดเจนจะเพิ่มความรู้สึกปลอดภัยในการบริโภค และสอดคล้องกับ Thanalerdsopit et al. (2021) ที่พบว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตร โดยเฉพาะหน่อไม้ฝรั่งนั้น ควรนำเสนอคุณค่าด้านความปลอดภัย ปลอดภัย และได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP หรือเกษตรอินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ยินดีจ่ายในราคาที่ สูงกว่าสินค้าปกติ ในขณะที่ Pipeline & Tamulienė (2021) พบว่าผู้บริโภคสินค้าออร์แกนิกในประเทศลิทัวเนียจะไม่ยินดีจ่ายในการซื้อสินค้าออร์แกนิกในราคาที่สูงกว่าราคาสินค้าเกษตรปกติ เนื่องจาก ผู้บริโภคไม่มีความตระหนักเกี่ยวกับผลกระทบจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีสารเคมีปนเปื้อน ฉะนั้นควรมีการเพิ่มความตระหนักของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลกระทบจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารเคมีในการเพาะปลูก และควรแบ่งกลุ่มตลาดผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ออร์แกนิกเป็นกลุ่มลูกค้าระดับบน จะช่วยให้ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคกลุ่มนี้ได้

ปัจจัยด้านราคาที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุด คือ ราคา คุ้มค่ากับปริมาณและคุณภาพสินค้า รองลงมา คือ ราคาเหมาะสมกับคุณภาพสินค้า และราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับสินค้าอื่น ๆ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Taiwong et al. (2024)

ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับราคาสินค้ารองจากด้านผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสินค้าที่เป็นของกินผู้บริโภคจะคำนึงถึงรสชาติของผลิตภัณฑ์ก่อน จากนั้นจะพิจารณาความคุ้มค่าของราคาเป็นปัจจัยรอง เช่นเดียวกับ Kaewpipob (2021) พบว่า ผู้บริโภคหน่อไม้ต้องน้ำมะพร้าวรับรู้ถึงคุณค่าของผลิตภัณฑ์ว่าเป็นสินค้าสะอาด ปลอดภัย และเหมาะสมกับราคา และสอดคล้องกับ Thanalerdsopit et al. (2021) ที่พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP หรือการรับรองการปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ สามารถกำหนดราคาขายสูงกว่าหน่อไม้ปกติได้ เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความปลอดภัยมากขึ้นหลังวิกฤติโควิด-19 ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุด คือ ความสะดวกในการหาซื้อสินค้า รองลงมาคือ สินค้ามีจำหน่ายในร้านค้าปลีกทั่วไป เช่น ร้านสะดวกซื้อ ซูเปอร์มาร์เก็ต

และมีบริการส่งสินค้าถึงบ้าน ตามลำดับ สอดคล้องกับ Punyo (2020) ที่ศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลไม้ โดยเฉพาะช่องทางออนไลน์ เนื่องจากผู้บริโภควัยทำงาน และปัจจุบันมีเทคโนโลยีดิจิทัลที่เอื้อต่อการซื้อขายออนไลน์ ผู้บริโภคสามารถสั่งซื้อสินค้าผ่านโทรศัพท์ได้ และเนื่องจากหลังการระบาดของไวรัสโควิด-19 ผู้คนเดินทางน้อยลง การมีช่องทางการซื้อขายออนไลน์ ไม่ยุ่งยาก และยังมีบริการส่งสินค้าถึงบ้าน ส่งผลให้มีการตัดสินใจซื้อเพิ่มมากขึ้น สำหรับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านการส่งเสริมการตลาด ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุด คือ การให้ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหารหรือหน่อไม้ รองลงมาคือ การให้ความรู้โดยผู้เชี่ยวชาญทางวิชาการอาหารหรือหน่อไม้ และการสื่อสารการโฆษณาผ่านสื่อออนไลน์ ตามลำดับ ดังรายละเอียด Table 2

Table 2 The level of importance given to marketing mix factors affecting the overall consumption of ready to-eat bamboo shoot products

Marketing Mix	$\bar{X}$	S.D.	Level of Opinion
Product			
1. Good taste, fresh, and retains its natural ingredients.	4.37	0.72	Strongly Agree
2. High-quality, safe, and meets standards.	4.12	0.91	Agree
3. The product provides nutritional value.	4.01	0.89	Agree
4. Durable packaging that is not easily torn.	3.90	0.95	Agree
5. A wide variety of product options available.	3.84	0.90	Agree
6. The brand is easily recognizable.	3.72	1.03	Agree
	3.99	0.9	Agree
Price			
1. The price is reasonable for the quantity of the product.	4.16	0.80	Agree
2. The price matches the quality of the product.	4.14	0.82	Agree
3. The price is reasonable compared to other brands.	3.93	0.90	Agree
4. A variety of price ranges are available.	3.89	0.92	Agree
	4.03	0.86	Agree
Place			
1. Easily accessible and convenient to purchase.	4.23	0.76	Strongly Agree
2. Products are available in general retail stores, such as convenience stores and supermarkets.	3.84	0.84	Agree
3. Home delivery service is provided.	3.70	1.09	Agree
4. Products are available for online purchase.	3.67	1.08	Agree
	3.86	0.94	Agree
Promotion			
1. Communicating information about the process of cultivation, processing, and distribution.	3.74	1.10	Agree
2. Providing knowledge by food or bamboo shoot experts.	3.68	1.09	Agree
3. Communication and advertising through online media.	3.65	1.08	Agree
4. Marketing promotions, such as discounts, freebies, and loyalty points.	3.63	1.11	Agree
	3.68	1.10	Agree

2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา

กระบวนการตัดสินใจซื้อ (Consumer Decision Process) เป็นกระบวนการในการเลือกที่จะกระทำการสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากทางเลือกต่างๆ ที่มีอยู่ของผู้บริโภค โดยการวิจัยในครั้งนี้ศึกษากระบวนการตัดสินใจซื้อ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย การรับรู้ปัญหา (Problem Recognition) เกิดจากผู้บริโภครู้สึกถึงความต้องการเติมเต็มปัญหา การแสวงหาข้อมูล (Information Search) เป็นการการแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อหาหนทางแก้ไขปัญหา การประเมินทางเลือก (Evaluation of Alternative) เป็นการนำทางเลือกมาทำการเปรียบเทียบข้อมูล ความเชื่อ ค่านิยม หรือประสบการณ์ในอดีต การตัดสินใจซื้อ (Purchase Decision) เป็นการพิจารณาของผู้บริโภคใน

การตัดสินใจซื้อหรือไม่ซื้อ และพฤติกรรมภายหลังการซื้อ (Post Purchase Behavior) เมื่อผู้บริโภคจะได้รับประสบการณ์ในการบริโภค ซึ่งอาจจะได้รับความพอใจหรือไม่พอใจก็ได้ ถ้าพอใจผู้บริโภคได้รับความพึงพอใจ จะทำให้เกิดการซื้อซ้ำหรือมีการแนะนำลูกค้ายาวใหม่ (Sereerat et al., 2017) ผลการศึกษาความคิดเห็นต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา พบว่า ด้านการรับรู้ปัญหาหรือความต้องการ ผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมาก ด้านการค้นหาข้อมูลข่าวสารอยู่ในระดับปานกลาง ด้านการประเมินทางเลือก ผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมาก ด้านการตัดสินใจซื้ออยู่ในระดับมาก และในด้านพฤติกรรมหลังการซื้อนั้น ผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมากเช่นกัน Table 3

Table 3 The decision-making process for purchasing processed bamboo shoot products

Decision-making process	$\bar{X}$	S.D.	Level of Opinion
Problem Recognition			
1. Purchase bamboo shoot-processed products due to a desire for consumption.	4.11	0.91	Agree
2. Purchase bamboo shoot-processed products influenced by the persuasion of people around.	3.16	1.11	Neutral
3. Purchase bamboo shoot-processed products based on advertisements.	2.98	1.11	Neutral
4. Purchase bamboo shoot-processed products based on recommendations from famous individuals in society, such as celebrities, singers, or YouTubers.	2.77	1.17	Neutral
	3.26	1.08	Neutral
Information Search			
1. Consider past purchasing experiences before buying bamboo shoot-processed products	3.58	1.08	Agree
2. Survey and inquire at stores selling the product before deciding to purchasing bamboo shoot-processed products	3.46	1.07	Agree
3. Ask for information from people around you before deciding to purchasing bamboo shoot-processed products	3.36	1.06	Neutral
4. Search for information from various sources before purchasing bamboo shoot-processed products	3.19	1.08	Neutral
	3.40	1.07	Neutral
Evaluation of Alternative			
1. Consider the price when purchasing bamboo shoot-processed products	3.84	0.93	Agree
2. Consider the packaging when purchasing bamboo shoot-processed products	3.70	0.98	Agree
3. Consider sales promotions when purchasing bamboo shoot-processed products	3.52	1.09	Agree
4. Consider the brand when purchasing bamboo shoot-processed products	3.50	1.08	Agree
	3.64	1.02	Agree
Purchase Decision			
1. Decide to purchase bamboo shoot-processed products based on product quality.	3.87	1.00	Agree
2. Decide to purchase bamboo shoot-processed products based on recommendations from previous consumers.	3.70	1.81	Agree
3. Consider sales promotions when purchasing bamboo shoot-processed products.	3.49	1.08	Agree
4. Advertising and various promotional media influence the decision to purchase bamboo shoot-processed products	3.45	1.08	Agree
	3.63	1.24	Agree
Post Purchase Behavior			
1. Repurchase if satisfied with the consumption of bamboo shoot-processed products.	3.71	1.08	Agree
2. Share feelings or feedback with others after consuming bamboo shoot-processed products.	3.36	1.12	Neutral
3. Recommend others to purchase bamboo shoot-processed products.	3.24	1.13	Neutral
	3.44	1.11	Agree

การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 เพื่อตรวจสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ในจังหวัดสงขลา โดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression) พบว่า ค่า F-Statistics เท่ากับ 776.779 โดยมี p-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวที่มีความสัมพันธ์และสามารถทำนายตัวแปรตามในลักษณะเชิงเส้น เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การทำนายในแบบพหุ (Multiple Coefficient of Determination) พบว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.908 (p เท่ากับ 0.000) หมายความว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้ถึงร้อยละ 90.78 ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าตัวแปรอิสระ จำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่

1) ความถี่ในการซื้อส่งผลต่อการตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากการที่ผู้บริโภคมีปริมาณความต้องการซื้อสูง มีความพึงพอใจ ได้รับประสบการณ์ที่ดี และความต้องการในการบริโภคที่สูง ส่งผลให้เกิดการตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น

2) ประเภทบรรจุภัณฑ์ของหน่อไม้ที่ซื้อเป็นประจำ มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลาในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่ดี มีมาตรฐาน มีป้ายฉลากและข้อมูลครบถ้วน จะส่งผลให้ผู้บริโภคเกิด

ความมั่นใจ และตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับ Lim-u-sanno et al. (2022) ที่ศึกษากลยุทธ์การตลาดแบบ PDB (Positioning, Differentiation and Brand) ของหน่อไม้และผักของสมาชิกสหกรณ์การเกษตรควนเนียง อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา พบว่าผลิตภัณฑ์ต้องมีความนวัตกรรม การออกแบบบรรจุภัณฑ์ และหีบห่อของผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ควรทำให้ผู้บริโภคจดจำได้ง่าย สร้างความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่น ๆ และหากสามารถใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ก็จะส่งผลดีในระยะยาว สอดคล้องกับ Kong-im (2021) พบว่ารูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุอาหาร มีข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ครบถ้วน วัสดุรูปทรง ขนาด สี และการออกแบบมีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ในระดับมาก เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญกับมาตรฐานและความมั่นใจในคุณภาพ ฉะนั้น บรรจุภัณฑ์เป็นสิ่งที่มีผู้บริโภคพบเห็นก่อนตัดสินใจซื้อ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaewpipob (2021) ที่พบว่าทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์หน่อไม้ต้องนำมาพิจารณาจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปลงใหญ่ไผ่ในจังหวัดปราจีนบุรีแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการได้รับมาตรฐาน โดยเฉพาะหากหน่อไม้ต้องได้รับการรับรองมาตรฐาน จะยิ่งเพิ่มความมั่นใจในการบริโภค

3) ในด้านรสชาติ ผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติดี สดใหม่ และคงความเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูป

จากหน่อไม้ในจังหวัดสงขลา ผู้บริโภคจะให้ความสำคัญกับความสดใหม่ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูปนี้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม จากการวิจัยพบว่าถึงแม้จะมีคุณลักษณะดังกล่าว หากไม่มีฉลากหรือป้ายประกาศที่แสดงถึงการได้รับรองมาตรฐานการผลิต ก็อาจทำให้ความเชื่อมั่นของผู้บริโภคลดลง เนื่องจากขาดหลักฐานสนับสนุนความปลอดภัยและคุณภาพที่แท้จริง ทั้งนี้อาจส่งผลให้ผู้บริโภครับรู้ว่าเป็นการโฆษณาเกินจริงและลดทอนการตัดสินใจซื้อ สอดคล้องกับ Daengta et al.(2020) ที่พบว่าปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ในระดับมาก แต่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังขาดความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ เนื่องจากผู้บริโภคขาดความเชื่อมั่นและไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ และผลิตภัณฑ์เกษตรแบบธรรมดาได้ ฉะนั้นการเพิ่มความถี่และช่องทางการประชาสัมพันธ์ และการสร้างภาพลักษณ์ ทั้งด้านหีบห่อ บรรจุภัณฑ์ รวมไปถึงการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารของผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรในวงกว้างจะช่วยเสริมความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภคได้

4) จำนวนผู้บริโภคที่บริโภคผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ภายในครอบครัวสัมพันธ์อย่างผกผันกับกระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา เมื่อมีสมาชิกในครอบครัวมาก การรับรู้ปัญหา การแสวงหาข้อมูล และการประเมินทางเลือกต่างๆ จะช้าลง ซึ่งอาจทำให้เกิดการตัดสินใจไม่ซื้อหน่อไม้มาทำอาหารรับประทานเอง แต่เลือกไปรับประทานอาหารนอกบ้านแทน นอกจากนี้ เมื่อจำนวนสมาชิกครอบครัวมากขึ้น ปริมาณการซื้อจะเพิ่มขึ้น รวมถึงความยุ่งยากในการเตรียมอาหารปริมาณมากก็เพิ่มขึ้นด้วย ไม่สอดคล้องกับ Chainarong & Phuthamma (2021)

ที่พบว่าจำนวนสมาชิกในครอบครัวส่งผลต่อพฤติกรรมการซื้อข้าวสารในเขตเทศบาลเมืองเลย จังหวัดเลย เนื่องจากในผลิตภัณฑ์บางประเภท เช่น ข้าวสารจำนวนสมาชิกในครอบครัวจะมีผลในทิศทางเดียวกันกับปริมาณซื้อ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต่อการบริโภค และไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Suksomboon & Richkamrooph (2022) ที่พบว่าจำนวนสมาชิกในครอบครัวส่งผลต่อการซื้อสินค้าจากร้านค้าปลีกแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะสินค้าที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตประจำวัน

5) ส่วนแหล่งที่ซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้เป็นประจำมีผลผกผันต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา สถานที่ที่ซื้อประจำ เช่น ตลาดสด ตลาดนัด และร้านค้าธรรมดา อาจไม่มีข้อมูลเชิงลึกหรือการประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ทำให้ผู้บริโภคต้องหาข้อมูลจากแหล่งอื่น หากสถานที่จัดจำหน่ายเป็นสถานที่ที่มีมาตรฐานอย่างร้านสะดวกซื้อหรือห้างสรรพสินค้า ผู้บริโภคจะสามารถรับรู้ปัญหา แสวงหาข้อมูล และประเมินตัวเลือกได้ดีขึ้น ส่งผลให้การตัดสินใจซื้อมากขึ้น ไม่สอดคล้องกับ Detthamrong et al. (2019) ที่ได้ทำการศึกษาปัจจัยพฤติกรรมผู้บริโภคต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าในร้านค้าปลีกแบบดั้งเดิม พบว่า ลูกค้าให้ความสำคัญในประเด็นการแนะนำสินค้า การแจ้งหรืออธิบายรายละเอียด คุณสมบัติเกี่ยวกับสินค้า เพื่อสร้างความเชื่อมั่น และส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของลูกค้า ฉะนั้นหากเจ้าของร้านค้าปลีกแบบดั้งเดิมมีการอธิบายรายละเอียดของสินค้าได้อย่างชัดเจนจนทำให้ลูกค้ามีข้อมูลเพียงพอที่จะส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น รายละเอียดดังแสดงใน Table 4

Table 4 The factors affecting consumers' purchase decisions for bamboo shoot-processed products in Songkhla Province

Factors	B	S.E.	Beta	t	P-value
Consumer Behavior Variables					
Constant	0.778	0.046		16.892	0.000*
Frequency of purchasing	0.343	0.008	0.958	61.988	0.000*
Types of products purchased	0.012	0.015	0.021	0.800	0.424
Good taste and freshness	-0.023	0.009	-0.042	-2.676	0.008*
Number of consumers in household	-0.043	0.013	-0.054	-3.388	0.001*
Type of packaging	0.022	0.008	0.042	2.651	0.008*
Purchase location	-0.021	0.009	-0.040	-2.469	0.014*
Purchase amount per time	0.009	0.012	0.018	0.750	0.454
Marketing Mix Variables					
Product factors	0.011	0.014	0.020	0.786	0.433
Price factors	0.008	0.013	0.016	0.615	0.539
Place factors	0.007	0.012	0.015	0.583	0.560
Promotion factors	0.005	0.011	0.012	0.455	0.650
R = 0.953 R ² = 0.908 adj.R ² = 0.907 df = 5 F = 776.779 S.E _{est} = 0.15196 P - value = .000*					

*indicates statistical significance at the .05 level.

จาก Table 4 สามารถสรุปแบบจำลองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา ได้ดังนี้

$$Y = 0.778 + 0.343X_1 - 0.023X_2 - 0.043X_3 + 0.022X_4 - 0.021X_5$$

เมื่อ	Y	หมายถึง การตัดสินใจบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้
	X ₁	หมายถึง ความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ (ครั้งต่อเดือน)
	X ₂	หมายถึง รสชาติดี สดใหม่ คงความเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ (คะแนน)
	X ₃	หมายถึง จำนวนผู้บริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ในครอบครัว (คน)
	X ₄	หมายถึง ประเภทบรรจุภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ที่ซื้อเป็นประจำ (ประเภท)
	X ₅	หมายถึง แหล่งที่ซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้เป็นประจำ (ประเภทร้านค้า)

จากผลการวิเคราะห์สมการถดถอย พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ (X_1) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ โดยความถี่ในการซื้อที่มีอิทธิพลเชิงบวกมากที่สุด เมื่อผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์บ่อยขึ้น 1 ครั้งต่อเดือน จะส่งผลให้ระดับการตัดสินใจซื้อเพิ่มขึ้น 0.343 คะแนน ในขณะที่ประเภทบรรจุภัณฑ์ (X_4) ก็มีอิทธิพลเชิงบวกเช่นกัน โดยหากความพึงพอใจต่อประเภทบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้น 1 ประเภท จะทำให้ระดับการตัดสินใจซื้อเพิ่มขึ้น 0.022 คะแนน

อย่างไรก็ตาม ปัจจัยบางตัวกลับมีความสัมพันธ์เชิงลบ ได้แก่รสชาติและความสดใหม่ (X_2) จำนวนผู้บริโภคในครอบครัว (X_3) และแหล่งที่ซื้อประจำ (X_5) กล่าวคือ เมื่อคะแนนความพึงพอใจด้านรสชาติและความสดใหม่เพิ่มขึ้น 1 คะแนน จะทำให้ระดับการตัดสินใจซื้อลดลง 0.023 คะแนน ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้บริโภคในครอบครัว 1 คน จะส่งผลให้ระดับการตัดสินใจซื้อลดลง 0.043 คะแนน และเมื่อจำนวนแหล่งที่ซื้อเพิ่มขึ้น 1 ประเภทร้านค้า จะทำให้ระดับการตัดสินใจซื้อลดลง 0.021 คะแนน โดยทั้งหมดนี้กำหนดให้ตัวแปรอื่นๆ คงที่

สำหรับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ผลการวิเคราะห์พบว่าไม่มีตัวแปรใดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งด้านผลิตภัณฑ์ ($\beta = 0.020$, $p = 0.433$) ด้านราคา ($\beta = 0.016$, $p = 0.539$) ด้านช่องทางจัดจำหน่าย ($\beta = 0.015$, $p = 0.560$) และด้านการส่งเสริมการตลาด ($\beta = 0.012$, $p = 0.650$) อย่างไรก็ตามแบบจำลองโดยรวมมีความน่าเชื่อถือสูง โดยมีค่า $R^2 = 0.908$ แสดงว่า

ตัวแปรอิสระในแบบจำลองสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของการตัดสินใจซื้อได้ถึงร้อยละ 90.80

3. กลยุทธ์ทางการตลาดที่เหมาะสมในการยกระดับและพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ให้มีความเป็นไปได้ในการจำหน่ายเชิงพาณิชย์

การวิเคราะห์ SWOT เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้องค์กรธุรกิจเข้าใจสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอย่างเป็นระบบ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ มีหลักเกณฑ์และแนวทาง ดังนี้ 1) การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกองค์กร เป็นการวิเคราะห์โอกาส (Opportunities - O) และอุปสรรค (Threats - T) 2) การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในองค์กร เป็นการพิจารณาจุดแข็ง (Strengths- S) และจุดอ่อน (Weaknesses - W) จากนั้นจะนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ SWOT ไปพิจารณาเพื่อกำหนดกลยุทธ์ทางเลือกต่างๆ (Alternative Strategies) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า TOWS Matrix แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ คือ กลยุทธ์ SO (The SO Strategy) เป็นกลยุทธ์เชิงรุก กลยุทธ์ ST (The ST Strategy) คือ กลยุทธ์เชิงป้องกัน กลยุทธ์ WO (The WO Strategy) คือ กลยุทธ์เชิงแก้ไข และกลยุทธ์ WT (The WT Strategy) คือ กลยุทธ์เชิงรับ (Nitichaowakul, 2022) จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความสำคัญของปัจจัยในส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา และผลการวิเคราะห์ SWOT Analysis เพื่อใช้ในการกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดด้วยวิธีการ TOWS Matrix ในการพัฒนาและยกระดับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ให้มีความสามารถในการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ มีผลการวิจัยดัง Table 5

Table 5 SWOT analysis

S (Strengths)		W (Weaknesses)	
1.	Bamboo shoot-processed product are long-lasting products that can be distributed nationwide.	1.	The product has not yet been certified by the FDA or produced according to Good Manufacturing Practices (GMP) standards.
2.	Bamboo shoot-processed product are organic products aligning with the needs of health-conscious consumers.	2.	The Bamboo shoot-processed has not yet been certified under the Good Agricultural Practices (GAP) standard.
3.	The enterprise group has been established for a long time, possesses operational potential, and is open to learning new things.	3.	The enterprise group consists of new-generation farmers who lack knowledge in business planning, marketing, and food processing for distribution.
4.	The raw materials have a verified source, undergo nutritional value analysis, and ensure product credibility.	4.	There is no large-scale bamboo plantation, resulting in low production volume that does not meet demand.
		5.	Farmers have not yet formed a cooperative for production, processing, and distribution.
		6.	There is a lack of funding, equipment, facilities, and machinery for production and processing.
		7.	The product type lack of diversity.
O (Opportunities)		T (Threats)	
1.	Digital technology, especially social media, can serve as an effective marketing tool and channel.	1.	The industry is highly competitive due to the large number of producers and distributors of processed bamboo shoots.
2.	Processed bamboo shoots are high consumption potential.	2.	Fresh bamboo shoot production is seasonal, leading to supply shortages during certain periods.
3.	The overall demand for bamboo shoots nationwide is increasing, and they can be used in a variety of dishes.	3.	Government support for bamboo cultivation, processing, and product distribution among farmers and enterprise groups is still lacking.
4.	Educational institutions provide support, promotion, and knowledge transfer, covering the entire supply chain from upstream to downstream.		

จาก Table 5 นำผลการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT Analysis) มาวิเคราะห์กลยุทธ์ ด้วย TOWS Matrix พบว่า สามารถกำหนดกลยุทธ์ได้ 4 ประเภท ประกอบด้วย กลยุทธ์เชิงรุก (SO) กลยุทธ์เชิงรับ (WT) กลยุทธ์เชิงป้องกัน (ST) และกลยุทธ์เชิงพัฒนา (WO) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กลยุทธ์เชิงรุก (SO) ได้แก่

S1S2O1 ทำการแปรรูปหน่อไม้ให้เป็นผลิตภัณฑ์พรีเมียม เน้นความอร่อยแก๊นคของวัตถุดิบ อายุผลิตภัณฑ์ยาวนานมากขึ้น เจาะกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ จัดจำหน่ายทั่วประเทศผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ และโซเชียลมีเดีย

2. กลยุทธ์เชิงรับ (WT) ได้แก่

W4W5W6T2 เกษตรกรควรมีการรวมตัวกันขยายแปลงปลูก รวบรวมผลผลิตให้ได้มาก แปรรูปเพื่อสต็อกไว้จัดจำหน่ายนอกฤดูกาลได้

3. กลยุทธ์เชิงป้องกัน (ST) ได้แก่

S1T1 แปรรูปผลิตภัณฑ์ให้แตกต่างและมีอายุสินค้ามากขึ้น เช่น ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากไม้ตงดำออร์แกนิก

4. กลยุทธ์เชิงพัฒนา (WO) ได้แก่

W1W3O4 พัฒนาระบบการปลูกให้ได้รับมาตรฐาน GAP พัฒนาระบบการผลิต และการแปรรูปให้ได้รับมาตรฐาน ออย. และ GMP โดยทำความร่วมมือกับสถาบันอุดมศึกษาในพื้นที่ในการเป็นพี่เลี้ยง และสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผลิตภัณฑ์

การศึกษาความเป็นไปได้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์หน่อไม้ในเชิงพาณิชย์นั้นสอดคล้องกับ Pakeechai & Charoenphun (2021) ที่ได้ศึกษาอาหารแปรรูปจากหน่อไม้และความเป็นไปได้ของการผลิตเชิงพาณิชย์ พบว่า หน่อไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพสูงในเชิงพาณิชย์ เช่น หน่อไม้กระป๋อง หน่อไม้ดอง หน่อไม้แห้ง หน่อไม้แช่แข็งและนำมาเป็นวัตถุดิบแปรรูปได้หลากหลาย เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว แหวนจากหน่อไม้ หน่อไม้ปรุงรสทอดกรอบ เป็นต้น ตอบโจทย์กลุ่มลูกค้าที่รักสุขภาพ โดยเฉพาะในตลาดต่างประเทศที่มีแนวโน้มความต้องการในการบริโภคเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสรุปผลได้ดังนี้ พฤติกรรมผู้บริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ในจังหวัดสงขลา ส่วนใหญ่ซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้จากตลาดนัดหรือในหมู่บ้าน ความถี่ในการซื้อเดือนละ 1-2 ครั้ง นำไปทำอาหารมื้อหลักในครอบครัว ท่านร่วมกับสมาชิกในครอบครัว 2-3 คน และปริมาณการซื้อต่อครั้งไม่เกิน 1-2 กิโลกรัม ได้รับอิทธิพลการซื้อจากสมาชิกในครอบครัวหรือด้วยตนเอง ระดับการให้ความสำคัญในปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากหน่อไม้ พบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุดคือเรื่องของรสชาติที่ดี ความสดใหม่ ความเป็นธรรมชาติของวัตถุดิบ และคุณภาพสินค้าที่ปลอดภัยได้มาตรฐาน ด้านราคา ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความคุ้มค่ากับปริมาณและคุณภาพสินค้า ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุดคือ ความสะดวกในการหาซื้อสินค้า สำหรับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านการส่งเสริมการตลาด ผู้บริโภคให้ความสำคัญในทุกประเด็น ได้แก่ ด้านการสื่อสาร การโฆษณาผ่านสื่อออนไลน์ การให้

ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหารหรือหน่อไม้ รวมถึงการส่งเสริมการตลาด เช่น การให้ส่วนลดราคาสินค้า การแจกของแถม และการสะสมคะแนน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา พบว่า มีตัวแปรอิสระจากพฤติกรรมผู้บริโภค จำนวน 5 ตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อ ได้แก่ (1) ความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ (2) ประเภทบรรจุภัณฑ์ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (3) รสชาติดี สดใหม่ คงความเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ (4) จำนวนผู้บริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ในครอบครัว และ (5) แหล่งที่ซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้เป็นประจำ มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดไม่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้

ผลการวิเคราะห์ SWOT และกลยุทธ์ด้วย TOWS Matrix สรุปได้ดังนี้ ควรกำหนดกลยุทธ์เชิงรุก คือ ทำการแปรรูปหน่อไม้ให้เป็นผลิตภัณฑ์พรีเมียม เน้นความอร่อยแก๊นคของวัตถุดิบ อายุผลิตภัณฑ์ยาวนานมากขึ้น เจาะกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ จัดจำหน่ายทั่วประเทศผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ และโซเชียลมีเดีย กลยุทธ์เชิงรับ คือ เกษตรกรควรมีการรวมตัวกันขยายแปลงปลูก รวบรวมผลผลิตให้ได้มาก แปรรูปเพื่อสต็อกไว้จัดจำหน่ายนอกฤดูกาลได้ กลยุทธ์เชิงป้องกัน คือ แปรรูปผลิตภัณฑ์ให้แตกต่างและมีอายุสินค้ามากขึ้น เช่น ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากไม้ตงดำออร์แกนิก และกลยุทธ์เชิงพัฒนา คือ พัฒนาระบบการปลูกให้ได้รับมาตรฐาน GAP พัฒนาระบบการผลิต และการแปรรูปให้ได้รับมาตรฐาน ออย. และ GMP โดยทำความร่วมมือกับสถาบันอุดมศึกษาในพื้นที่ในการเป็นพี่เลี้ยง และสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผลิตภัณฑ์

ข้อเสนอแนะการวิจัย

จากผลการวิจัย เรื่อง พฤติกรรมผู้บริโภค และปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อให้องค์กรภาคีรัฐที่เกี่ยวข้อง เช่น เกษตรอำเภอ พัฒนาชุมชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และกลุ่มเกษตรกร และวิสาหกิจชุมชนกลีกรมไทยบ้านภูริตาผู้ปลูกไม้ตงและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้สามารถยกระดับและพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้เพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ต่อไปได้ ดังนี้

1) วิสาหกิจชุมชนกลีกรมไทยบ้านภูริตา ควรกำหนดกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย (Customer Persona) ของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ เป็นกลุ่มผู้หญิงอายุ 35 ปีขึ้นไป มีระดับการศึกษาปริญญาตรีหรือเทียบเท่า มีรายได้มากกว่า 20,000 บาทต่อเดือน ทำงานในบริษัทเอกชนหรือประกอบธุรกิจส่วนตัว และมีไลฟ์สไตล์ที่ชอบทำอาหารรับประทานเองที่บ้าน ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์หน่อไม้ด้วยตัวเอง ให้ความสำคัญกับตัวผลิตภัณฑ์ ด้านรสชาติดี สดใหม่ คงความเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ และสินค้ามีคุณภาพ ความปลอดภัย ได้มาตรฐาน ฉะนั้นควรผลักดันกระบวนการผลิตและตัวผลิตภัณฑ์ให้ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP ออย. GMP และเครื่องหมายฮาลาล รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ควรพัฒนา คือ ผลิตภัณฑ์หน่อไม้ไม้ตงดำต้มสุกออร์แกนิก

บรรจุถุงสุญญากาศ ปริมาณไม่เกิน 1 กิโลกรัม ที่เหมาะสมกับผู้บริโภคที่จะนำไปประกอบอาหารสำหรับครอบครัวที่มีจำนวนสมาชิก ไม่เกิน 3 คน กำหนดราคาที่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสินค้า และคุณภาพสินค้า โดยหน่อไม้ต้มสุกในถุงสุญญากาศ ปริมาณ 150 กรัม มีราคาจำหน่าย 35-50 บาท กลยุทธ์ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place Strategy) ที่เหมาะสมคือ การจัดจำหน่ายผ่านร้านสะดวกซื้อ เช่น 7-11, Big C Mini, และ Lotus Express เป็นหลัก ในขณะที่ช่องทางรองควรมีการขายสินค้าผ่านโซเชียลมีเดียด้วย กลยุทธ์ด้านการส่งเสริมการขาย (Promotion Strategy) ใช้ช่องทางออนไลน์อย่างเต็มรูปแบบ ใช้อินฟลูเอนเซอร์ที่มีความเชี่ยวชาญในด้านวิชาการอาหารหรือผลิตภัณฑ์หน่อไม้ เช่น Key Opinion Leaders (KOLs) ผู้เผยแพร่ข้อมูลมีอาชีพ หรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง เพื่อให้ความรู้แก่ผู้บริโภคผ่านสื่อที่ได้รับความนิยม นอกจากนี้ การสร้างสื่อชั้นนำสำหรับการนำผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ไปปรุงอาหาร เช่น การจัดทำเนื้อหาการปรุงอาหารเมนูต่าง ๆ และเผยแพร่ผ่านแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดียหลากหลาย ได้แก่ TikTok, Facebook และ YouTube เป็นวิธีการหนึ่งที่จะเพิ่มความน่าเชื่อถือและภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ ยังควรส่งเสริมการตลาดผ่านกลยุทธ์ต่าง ๆ เช่น การให้ส่วนลด ของแถม และระบบสมาชิกที่สนับสนุนให้เกิดการสะสมแต้มหรือคะแนน

References

- Ariyawiriyanan, W., Chaiyapong, S., Hathaiwaseewong, S., Chotiko, A., Noisaeng, C., & Peawfaeng, K. (2022). *Local economic empowerment for sustainable of business model and marketing network based on bamboo resources in Prachinburi Province by co-supply chain knowledge* (Research Report). Patum Thani, Thailand: Rajamangala University of Technology Thanyaburi.
- Asia-Pacific Community Forestry Training Center. (2014). *Bamboo and Thai lifestyles: Knowledge and local management models*. Dumaibase Company Limited. 152. Accessed December 13, 2023. Retrieved from <https://www.recoftc.org/sites/default/files/publications/resources/recoftc-0000255-0001-th.pdf>. (In Thai)
- Chainarong, S., & Phuthamma, A. (2021). Factors on marketing mix of rice shop in Loei Town Municipality Loei Province. *Research and Development Journal, Loei Rajabhat*. 16(57), 10-21. (In Thai).
- Daengta, S., Kongpunya, P., & Chayomchai, A. (2020). Marketing mix factors and motivation affecting consumers' purchase decision on organic products in Phetchabun Province. *NEUARJ NUE Academic and Research Journal*, 10(3), 41-54. (In Thai)
- Detthamrong, U., Mankham, W., Santhisan, T., & Surapongsakorn, C. (2019). Consumers' behavior and marketing mix factors affecting to purchase decision making of traditional retail stores in Chaiyaphum Province. *Lampang Rajabhat University Journal*, 8(1), 173-190. (In Thai)
- 2) เกษตรอำเภอกพัฒนาชุมชน องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ควรกำหนดโครงการหรือกิจกรรมสำหรับส่งเสริมการปลูกและการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ โดยเฉพาะการพัฒนากระบวนการผลิตและแปรรูปได้มาตรฐาน รวมไปถึงการจัดหาแหล่งทุนสนับสนุนให้กับกลุ่มเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนกสิกรรมไทยบ้านภูริตา
- กิตติกรรมประกาศ**
- คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) ประจำปี 2565 ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณหัวหน้าชุดโครงการวิจัย คณะนักวิจัย คณาจารย์และบุคลากรสายสนับสนุนคณะเทคโนโลยีการเกษตร และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยและประสานงานต่าง ๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา ขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนไทยกลุ่มบ้านภูริตา และเกษตรกรผู้ปลูกไผ่ตงดำทุกท่านที่ให้ข้อมูลในการวิจัย รวมทั้งผู้บริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากหน่อไม้ในจังหวัดสงขลาทุกท่านที่ใช้ข้อมูลในการวิจัยทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี
- Kaewpipob, P. (2021). *Development of marketing strategies based on the philosophy of sufficiency economy for the sustainability of environmentally friendly products: a case study of coconut water pickled bamboo shoots from the large community enterprise group in Prachinburi Province*. Master of Business Administration Program, Faculty of Commerce, Burapha University. Accessed October 22, 2023. Retrieved from <https://buuir.buu.ac.th/jspui/bitstream/1234567890/10151/1/62710007.pdf>. (In Thai)
- Khananurak, N. (2020). *Consumer behavior*. (2nd ed.). Nonthaburi, Thailand: Green Apple Graphic Printing. (In Thai).
- Kong-im, J. (2021). The style of packaging that affects the decision of purchasing bakery products among consumers in Nonthaburi Province. *Journal of Humanities and Social Sciences. Rajapruk University*, 7(Spec. 1), 324-358. (In Thai)
- Lim-u-sanno, K., Bussabong, P., & Wiroomrath. (2022). PDB marketing strategy of bamboo shoots and vegetables for members of Khuan Niang Agricultural Cooperative Limited, Khuan Niang District, Songkhla Province. *Journal of Liberal Arts and Service Industry*, 5(1), 345-360. (In Thai)
- Nitichaowakul, T. (2022). SWOT analysis with statistics. *Quality of Life and Law Journal*, 18(1), 108-120. (In Thai).

- Pakeechai, K., & Charoenphun, N. (2021). Bamboo shoot-processed food and the possibility of commercial production. *Thai Science and Technology Journal(TSTJ)*, 29(5), 866-879. (In Thai)
doi: 10.14456/tstj.2021.73
- Pilelienė, L., & Tamulienė, V. (2021). Consumer attitudes and behavior towards organic products: evidence from the Lithuanian market. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, 17(1), 269-299. doi:10.7341/20211719
- Punyo, P. (2020). *Factors influencing the decision of working-age consumers in Bangkok and Metropolitan region to buy fruit directly from the orchardists through online channels*. (Master's thesis). Pathum Thani, Thailand: Faculty of Commerce and Accountancy, Thammasat University. (In Thai)
- Sangsri, E. (2023). The comparison of marketing mix factors affecting the purchase of community products by consumers Pakham District Buriram Province. *Journal of Srivanalai Vijai Humanities & Social Science*, 13(2), 72-84. (In Thai)
- Serirat, S., Serirat, S., Meejinda, P., Anuwichanont, J., & Lertwannawit, O. (2017). *Marketing management*. Bangkok, Thailand: Diamond in Business World. (In Thai)
- Sinjaru, T. (2008). *Research and statistical data analysis with SPSS*. Bangkok, Thailand: Business R&D. (In Thai)
- Suksomboon, S., & Richkamroth, K. (2022). Factors influencing consumers' purchasing decisions from traditional retail stores in Bangkok Metropolitan region. *Journal of Humanities and Social Sciences, Rajapruk University*, 8(3), 196-215. (In Thai)
- Taiwong, P., Sayruamyat, S., & Premashthira, A. (2024). Developing attributes affecting purchasing decision on durian crisps. *Applied Economics, Management and Social Sciences*, 1(1), 70-83. (In Thai)
- Thanalerdsopit, P., Khiawcha-um, O., & Nunta, S. (2021). Development of community enterprise through agricultural products to online markets: the Asparagus and seasonal vegetable community enterprise San Sai Subdistrict, Saraphi District, Chiang Mai Province. *RMUTL Journal of Socially Engaged Scholarship*, 5(2), 11-23. (In Thai)
- Yamane, T. (1973). *Statistics: an introductory analysis* (3rd ed.). New York, United States: Harper & Row.
- Zhang, Y., Wu, L., Li, Y., Yang, J., Yang, H., Zhao, Y., & Chen, G. (2024). Bamboo shoot and its food applications in last decade: an undervalued edible resource from forest to feed future people. *Trends in Food Science & Technology*, 146, 104399. doi:10.1016/j.tifs.2024.104399

Research article

Consumer behavior and factors influencing the purchase decision of bamboo shoot-processed product among consumers in Songkhla Province

Thienchai Phankhong^{1*} and Priyakorn Bunsong²

¹*Innovative and Design for Entrepreneur Department, Hatyai Business School, Hatyai University, Hatyai District, Songkhla Province, Thailand 90110*

²*Food Innovation and Business Management Department, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Songkhla University, Mueang Songkhla District, Songkhla Province, Thailand 90000*

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 14 October 2024

Revised: 23 December 2024

Accepted: 9 February 2025

Online published: 22 April 2025

Keyword

Bamboo shoot-processed product

Marketing strategies

Marketing mix

Purchasing decisions

ABSTRACT

This research aims to study consumer behavior and the marketing mix in the consumption of bamboo shoot-processed products. It also seeks to examine the factors influencing consumers' decision-making processes regarding bamboo shoot-processed products in Songkhla Province and to explore appropriate marketing strategies for developing these products to achieve commercial viability. The study sample consisted of two groups. The first group comprised 400 consumers who purchase bamboo shoot-processed products in Songkhla Province, selected through accidental sampling. The research utilized questionnaires as the primary tool for data collection. The second group included five participants—bamboo farmers and agricultural marketing experts—who were selected through purposive sampling. Data from this group were gathered using focus group discussions and in-depth interviews. Statistical methods used for data analysis included descriptive statistics such as percentages, means, and standard deviations. Factors influencing the decision-making process for purchasing bamboo shoot-processed products were analyzed using Stepwise Multiple Regression Analysis. Additionally, a SWOT Analysis was conducted through focus group discussions, and strategies were formulated using the TOWS Matrix Analysis.

The study results revealed that: Most consumers purchase bamboo shoot-processed products from flea markets or village markets. The main problems encountered include product unavailability in certain seasons and inconsistent quality. Consumers prioritize good taste, freshness, and the retention of natural ingredients. Additionally, they consider the price to be a crucial factor. Factors influencing the decision to consume bamboo shoot-processed products include: the frequency of purchasing bamboo shoot-processed products, the type of packaging of regularly purchased bamboo shoot-processed products, good taste, freshness, and the preservation of natural raw materials, the number of consumers of bamboo shoot-processed products in the household, the location of purchase, which has a significant inverse relationship with the purchase decision at the 0.05 level of statistical significance. Farmers primarily sell fresh bamboo shoots through community market distribution channels. There is currently no advanced processing, branding, or availability of modern products for sale on online platforms. An appropriate marketing strategy should focus on producing products that meet quality standards, with prices at or above market rates. Additionally, distribution should be tailored to ensure adequate quantity and quality through convenience store channels. Sales promotion strategies should include public relations efforts involving food experts, price reductions, free gifts, and loyalty programs such as point collection systems.

*Corresponding author

E-mail address: thienchai@hu.ac.th (T. Phankhong)

Online print: 22 April 2025 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.4>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

บทเรียนแห่งความสำเร็จจากการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตร

โสภิต อินทสร^{1*} มนัส สุวรรณ² ภัทรวุฒิ สมยานะ³ และชุติวลัยชน์ เสมมหาคักดิ์⁴

¹สาขาวิชาศาสตร์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นที่ยั่งยืน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย 50300

²บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย 50300

³ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย 50300

⁴สาขาวิชาการพัฒนาชุมชน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย 50300

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 22 พฤศจิกายน 2567

แก้ไข: 27 กุมภาพันธ์ 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 2 มีนาคม 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 25 เมษายน 2568

คำสำคัญ

การถอดบทเรียน

บทเรียนความสำเร็จ

ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) การถอดบทเรียนความสำเร็จจากการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในการเกษตร และ (2) เสนอแนวทางส่งเสริมการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตรสำหรับเกษตรกรและผู้สนใจทั่วไป รวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสานจากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วมและการสัมภาษณ์ โดยกลุ่มตัวอย่างของการสัมภาษณ์ได้มาจากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง จากเกษตรกรผู้เป็นต้นแบบในการถอดบทเรียน จำนวน 10 ราย เป็นชาวไทย 5 ราย และชาวต่างชาติ 5 ราย ผลการศึกษาพบว่า สิ่งนำไปสู่ความสำเร็จ คือ การยึดหลักการพึ่งพาตนเอง การเพิ่มรายได้ การลดรายจ่าย ยึดหลักความสุขอย่างพอเพียงและยั่งยืน สร้างเครือข่ายเกษตรกร และอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในส่วนของแนวทางส่งเสริมการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตร โดยจัดเรียงตามลำดับได้ 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย (1) มีความเชื่อมั่นและความศรัทธาในรัชกาลที่ 9 และพระราชกรณียกิจของพระองค์ (2) รู้จักตนเองและประมาณตนเอง (3) ศึกษาหาความรู้และทำความเข้าใจในหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงอย่างลึกซึ้ง (4) การลงมือทำโดยเริ่มจากการทดลองแบบค่อยเป็นค่อยไป (5) แสวงหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เป็นนิจ และรู้จักปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลง (6) การสร้างเครือข่าย และ (7) การเผยแพร่ความรู้สู่สังคม

บทนำ

หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงเป็นหลักปรัชญาซึ่งในหลวงรัชกาลที่ 9 ทรงพระราชทานเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินชีวิตให้มีความเป็นอยู่อย่างพอเพียง โดยเฉพาะการน้อมนำไปปฏิบัติในกลุ่มของเกษตรกร ด้วยหลักคิด หลักธรรม และหลักปฏิบัติซึ่งประกอบด้วย องค์ประกอบ 3 ห่วง 2 เงื่อนไข ประกอบด้วย ความรู้ คุณธรรม ความพอประมาณ ความมีเหตุผล และการมีภูมิคุ้มกันที่ดี สามารถนำพาให้ผู้ที่น้อมนำไปปฏิบัติมีชีวิตความเป็นอยู่ที่เป็นสุขและพอเพียง สามารถพึ่งพาตนเองได้ มีข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ยืนยันได้ว่าผู้ที่น้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติจำนวนไม่น้อยทั้งที่เป็นชาวไทยและชาวต่างชาติที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างพอเพียง ทั้งนี้เป็นเพราะหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (1) เป็นหลักการและแนวคิดที่ไม่มีความซับซ้อน (2) ไม่เน้นการเปลี่ยนแปลงวิถีดั้งเดิมของชุมชน (3) เริ่มต้นการพัฒนาจากระดับล่าง (think globally, act locally) (4) ไม่เน้นการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงแต่นำใช้สิ่งที่มีในท้องถิ่น และ (5) เน้นการพัฒนาแบบ “สมดุล” เป็นที่น่าเสียดายที่ในหลวงรัชกาลที่ 9 ทรงพระราชทานแนวทางที่ดีที่สุดสำหรับพสกนิกรชาวไทย โดยทรงหวังในพระราชหฤทัยว่าคนไทยส่วนใหญ่โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรซึ่งยังมี

ฐานะยากจนและพึ่งพาตนเองยังไม่ได้ก็น้อมนำไปปฏิบัติ แต่กลับกลายเป็นว่ามีประชาชนบางกลุ่มเท่านั้นซึ่งเป็นส่วนน้อยที่ตระหนักและเห็นความสำคัญในปรัชญา ดังกล่าว ในขณะที่เดียวกันประชาชนชาวไทยจำนวนมากที่ยังไม่รู้และไม่เห็นคุณค่าและประโยชน์ของการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปสู่การปฏิบัติกันอย่างจริงจัง หลายคนอาจรู้จักหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงแต่ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจแต่ไม่สามารถนำไปสู่การปฏิบัติ ทั้งนี้ อาจเนื่องด้วยเหตุปัจจัยหลักที่เกษตรกรยังมีชุดความคิดแบบเดิมที่ว่าบรรพบุรุษเคยทำเคยปฏิบัติอย่างไรมา ก็ทำก็ปฏิบัติไปตามนั้นอย่างน้อยก็พอประกำกันได้ว่าจะได้ผลผลิตเพียงพอเพื่อการบริโภคถ้าไม่มีปัญหาระยะชาติมาทำให้เสียหาย แม้ว่าจะมีชาวต่างชาติที่นำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติจนประสบความสำเร็จ มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดี มีความมั่นคง และมีความสุขอย่างพอเพียง แต่คนไทยจำนวนมากยังขาดการตระหนักและนำไปปฏิบัติ (Weerasumrit & Kangsanant, 2018) ด้วยเหตุดังกล่าว การศึกษาเพื่อถอดบทเรียนแห่งความสำเร็จของเกษตรกรผู้เป็นต้นแบบได้มีการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตรจนประสบความสำเร็จแล้ว ย่อมเป็นแนวทางของความพยายามในการสร้างกระบวนการเรียนรู้เกี่ยวกับ

*Corresponding author

E-mail address: 62886009@cmru.ac.th (S. Intasaro)

Online print: 25 April 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.5>

ความพอเพียงในรูปแบบการศึกษาประสบการณ์ที่ได้นำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้แล้วประสบความสำเร็จ โดยมีเป้าหมายสำคัญคือ ส่งผลต่อเศรษฐกิจและสังคมไทย ทั้งนี้ยังเป็นการปลูกฝังให้เกษตรกรและผู้สนใจมีความรู้และมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง พร้อมทั้งเสนอแนวทางที่จะน้อมนำไปปฏิบัติให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ ตลอดจนรู้จักการใช้ชีวิตที่พอเพียงในระดับพื้นฐาน สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ ช่วยเหลือและแบ่งปัน โดยไม่เบียดเบียนตนเองหรือผู้อื่น มีจิตสำนึกรักสิ่งแวดล้อม โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการประกอบด้วย (1) เพื่อถอดบทเรียนความสำเร็จจากการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในด้านการเกษตร จากเกษตรกรต้นแบบ และ (2) เสนอแนวทางส่งเสริมการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในด้านการเกษตรสำหรับเกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ อาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเอกสาร (Documentary Research) และช่องทางสื่อออนไลน์ต่างๆ การสัมภาษณ์เชิงลึก และการสังเกตแบบมีส่วนร่วม โดยมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มเป้าหมาย คือ เกษตรกรผู้ที่ประสบความสำเร็จในการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติ มีจำนวนทั้งหมด 10 ราย กลุ่มเป้าหมาย คือ ได้จากการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากผู้เป็นต้นแบบที่มีคุณลักษณะตามที่กำหนด 6 ประการ ได้แก่ 1) เป็นเกษตรกรผู้น้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการดำเนินชีวิตในอาชีพเกษตร 2) มีผลงานจนประสบความสำเร็จเป็นที่ยอมรับของสังคม 3) มีคุณธรรมจริยธรรมและความเสียสละ 4) ประโยชน์ของผลงานที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจและสังคมภาคการเกษตร 5) การนำผลงานไปใช้ในการแก้ไขปัญหา 6) มีการขยายผลงานและการถ่ายทอดความสำเร็จให้กับผู้อื่นผ่านช่องทางต่างๆ เป็นวิทยากรและการตั้งศูนย์เรียนรู้ศึกษา โดยสรุปแล้วได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นต้นแบบที่มีผลงานเชิงประจักษ์ จำนวน 10 ราย จำแนกเป็นเกษตรกรต้นแบบชาวไทย 5 ราย และเกษตรกรต้นแบบชาวต่างชาติ 5 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์เชิงลึก ที่มีข้อความปลายเปิด เพื่อให้ผู้ให้ข้อมูลสามารถเล่าเรื่องราวและแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลส่วนบุคคลและหนังสือขอเข้าพบเพื่อทำการสัมภาษณ์และศึกษาพื้นที่ทำเกษตร และระหว่างกรเก็บรวบรวมข้อมูลได้ขออนุญาตบันทึกภาพและเสียง โดยผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยตามหนังสือรับรองการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย เลขที่ COA No.231/2022 เมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 2565

การวิเคราะห์ข้อมูล เริ่มต้นจากข้อมูลการสัมภาษณ์เชิงลึก การศึกษาเอกสารและสื่อต่างๆ และการสังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วม ได้รับการจัดกลุ่มตามประเด็นของคำถามวิจัย จากนั้นจึงนำข้อมูลมาเปรียบเทียบเพื่อหาความเหมือนและความแตกต่างระหว่างผู้ให้ข้อมูลแต่ละราย ข้อมูลที่ได้นี้จะถูกนำไปวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ร่วมกับข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อสรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนแห่งความสำเร็จในการน้อมนำปรัชญา

เศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการทำเกษตรกรรม ผลการวิจัยจะนำเสนอในรูปแบบของการพรรณนา

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) บทเรียนแห่งความสำเร็จของเกษตรกรต้นแบบในการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในด้านการเกษตร จากการสังเคราะห์สารสนเทศที่รวบรวมได้จากการสนทนาเฉพาะเป็นราย ๆ จากผู้เป็นต้นแบบทั้ง 10 ราย สามารถเสนอเป็นแนวทางส่งเสริมให้เกษตรกรและผู้สนใจนำไปปฏิบัติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1) ภูมิหลังของผู้เป็นต้นแบบในการถอดบทเรียน การกำหนดผู้เป็นต้นแบบในการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในด้านการเกษตรได้อาศัยเกณฑ์การได้มาซึ่งผู้เป็นต้นแบบดังกล่าว การศึกษาได้ข้อค้นพบ สิ่งที่น่าสนใจที่ทำให้เข้าใจมากขึ้นว่าเพราะเหตุใดผู้เป็นต้นแบบเหล่านี้จึงมุ่งมั่นและศรัทธาในปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง จากผู้เป็นต้นแบบในการถอดบทเรียนทั้งที่เป็นชาวไทยและชาวต่างชาติทั้ง 10 ราย มีภูมิหลังทางการศึกษาและการดำรงชีวิตที่ค่อนข้างหลากหลาย กล่าวคือ มีทั้งผู้ที่เป็นเกษตรกรชาวไร่ชาวนาที่มีการศึกษาเพียงชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และผู้ที่มีการศึกษาจนถึงระดับปริญญาเอกและเคยเป็นนักวิชาการและ/หรืออาจารย์ในสถาบันการศึกษามาก่อน เป็นเกษตรกรผู้ปฏิบัติตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และน้อมนำปฏิบัติตามมาไม่น้อยกว่า 10 ปี ตามความเป็นจริง ผู้เป็นต้นแบบหลายรายโดยเฉพาะอย่างยิ่งชาวต่างชาติทั้ง 5 ราย น่าจะมีชีวิตที่สะดวกสบายในประเทศของตนเองด้วยฐานะทางสังคมที่ดี แต่พวกเขากลับทั้งความสะดวกสบายที่พึงมี พึงได้รับมาอยู่กับชีวิตที่เรียบง่ายแบบพอเพียง ถึงกระนั้นก็ตาม แม้ภูมิหลังบางประการจะต่างกัน แต่ผู้เป็นต้นแบบทั้ง 10 ราย มีภูมิหลังอย่างหนึ่งที่เหมือนกัน เมื่อกล่าวถึงการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติ ภูมิหลังดังกล่าว คือ การรับรู้และความเชื่อมั่นศรัทธาในพระบรมชนกธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ในหลวงรัชกาลที่ 9 ผู้เป็นต้นแบบทุกรายรับรู้เหมือนกันว่าการดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างพอเพียงไม่มีวิธีการใดที่ดีไปกว่าการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติ ผู้เป็นต้นแบบแต่ละรายมีปัญหาและอุปสรรคในเบื้องต้นก่อนน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติที่แตกต่างกัน บางรายทำการเกษตรอยู่ก่อนแล้วแต่ไม่ได้ผลเนื่องจากภัยธรรมชาติ บางรายประสบปัญหาด้านสุขภาพจากการเกษตรที่ต้องพึ่งพาสารเคมี ในขณะที่บางรายต้องกระเสือกกระสนดิ้นรนอยู่ในสังคมเมืองที่พลุกพล่าน และต้องแข่งขันกันเพื่อความอยู่รอด ความเชื่อมั่นอย่างหนึ่งของผู้เป็นต้นแบบในการถอดบทเรียน คือ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมิใช่ปรัชญาที่เพ้อฝันและไม่สามารถเป็นจริงได้ แต่เป็นหลักปรัชญาที่ไม่มีความซับซ้อนสามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้โดยง่าย เพียงเรามีความรู้ในสิ่งที่เราจะทำและมีความมุ่งมั่น ขยันหมั่นเพียร อดทน และซื่อสัตย์ที่จะทำเป็นพื้นฐาน แล้วนำหลักของความมีเหตุผล มีความพอประมาณ และมีภูมิคุ้มกันมาประกอบการดำเนินชีวิตอย่างพอเพียงและเป็นสุขก็เกิดขึ้นได้

1.2) แรงบันดาลใจ การกระทำสิ่งใดให้ประสบความสำเร็จนั้น ย่อมต้องอาศัยปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญ คือ แรงบันดาลใจ มนุษย์เราแต่ละคนอาจมีแรงบันดาลใจที่แตกต่างกัน แม้จะมีเป้าหมาย

เดียวกันก็ตาม กรณีของบทเรียนแห่งความสำเร็จในการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติของผู้เป็นต้นแบบทั้ง 10 รายก็เช่นเดียวกัน บางรายมีแรงบันดาลใจมาจากความล้มเหลวในการทำเกษตรแบบเดิมที่ไม่ได้ผลผลิตเนื่องภัยธรรมชาติเพราะไม่มีภูมิคุ้มกัน บางรายมีแรงบันดาลใจจากการเห็นเกษตรกรต้องตกทุกข์ได้ยากเป็นหนี้สินจากการไม่มีเหตุผลและไม่รู้จักประมาณตน ในขณะที่บางรายมีแรงบันดาลใจจากความไม่พอเพียงของสังคมในยุคปัจจุบัน เหล่านี้ล้วนเป็นแรงบันดาลใจด้านลบที่ต้องการหาทางทำให้การดำเนินชีวิตเปลี่ยนไปในทางที่ดีขึ้น การถอดบทเรียนในประเด็นนี้ทำให้ทราบว่าผู้เป็นต้นแบบทั้ง 10 รายแสดงความคิดเห็นตรงกันทั้งหมดว่าหลักการทรงงานของในหลวงรัชกาลที่ 9 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหลักว่าด้วยปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง คือ แนวทางที่จะทำให้ชีวิตที่ไม่พอเพียงเพราะ ความอึดอัดขัดสนจากการเป็นหนี้สินกีด และชีวิตความเป็นอยู่ที่ต้องดิ้นรนแข่งขันกันก็ดีขึ้น สามารถหมดสิ้นไปหรือทุเลาลงได้ ที่เป็นแรงบันดาลใจให้ผู้เป็นต้นแบบในการถอดบทเรียนน้อมนำเอาปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติ คือ พระราชกรณียกิจของในหลวงรัชกาลที่ 9 เพื่อความสุขของพสกนิกรของพระองค์ที่เป็นที่ประจักษ์ตลอดระยะเวลา 70 ปีแห่งการครองราชย์ ที่สมควรกล่าวเพื่อการสรรเสริญพระมหากรุณาธิคุณของล้นเกล้ารัชกาลที่ 9 ส่วนหนึ่งของบทสนทนาของผู้เป็นต้นแบบชาวต่างชาติรายหนึ่งได้กล่าวว่าเธอสงสัยว่าทำไมเกือบทุกบ้านเรือนของคนไทยจึงมีรูปในหลวงรัชกาลที่ 9 ขวบนประดับไว้ ไม่ทราบมาก่อนว่าเป็นใคร เมื่อมีคนไทยมาเล่าให้ฟังจึงทราบว่าป็นกษัตริย์ของประเทศไทยที่สอนให้คนไทยรู้จักเศรษฐกิจพอเพียง และทำเกษตรแบบพอเพียง เพื่อความพออยู่ พอกิน พอใช้ และพอมีพอกิน ทำให้เกิดความประทับใจและกลายเป็นแรงบันดาลใจให้ค้นคว้าหาความรู้เกี่ยวกับปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและน้อมนำไปปฏิบัติ ปัจจุบันเธอสามารถดำเนินชีวิตอยู่ได้อย่างพอเพียงด้วยการสร้างบ้านเองจากวัสดุธรรมชาติ ปลูกผักทำสวนครัวเอง ใช้ชีวิตอยู่กับธรรมชาติอย่างเรียบง่าย

1.3 ขั้นตอนที่น่าไปสู่ความสำเร็จ จากแรงบันดาลใจซึ่งเป็นแรงผลักดันในด้านลบดังกล่าวแล้วข้างต้น ทำให้ผู้เป็นต้นแบบในการถอดบทเรียนได้แรงบันดาลใจในการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติ แม้ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงเองจะไม่มีผลสลบซับซ้อนในขั้นตอนของการน้อมนำไปสู่การปฏิบัติ แต่การดำเนินการจริงต้องคำนึงถึงความแตกต่างด้านภูมิกายภาพและภูมิสังคมของแต่ละพื้นที่ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันตามหลักการทรงงาน ที่สำคัญด้วยเช่นเดียวกันบนเงื่อนไขของปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง คือ ก่อนลงมือดำเนินการอะไรก็ตามต้องมีความรู้ในเรื่องนั้นอย่างดีควบคู่ไปกับหลักคุณธรรม ผลจากการถอดบทเรียนในส่วนนี้ทำให้ทราบว่าผู้เป็นต้นแบบทุกรายมีขั้นตอนในการปฏิบัติคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ 1) เกษตรกรต้องศึกษาหาความรู้ให้เข้าใจในปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น รายการโทรทัศน์ สื่อสังคมออนไลน์ การเข้ารับการฝึกอบรมในเรื่องที่เกี่ยวข้องที่จัดโดยหน่วยงานภาครัฐ และการศึกษาดูงานจากศูนย์การเรียนรู้ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในที่ต่าง ๆ 2) ต้องลงมือปฏิบัติจริงและทดลองแบบค่อยเป็นค่อยไป ในความหมายของคำว่าค่อยเป็นค่อยไปในที่นี้สามารถตีความได้สองนัย นัยแรกเป็นไปตามหลักการทรงงานที่ว่าดำเนินกิจการหรือโครงการใด ๆ ให้ประสบความสำเร็จควรเริ่มต้นจากจุดเล็ก ๆ

ก่อน เพื่อว่ามีปัญหาหรืออุปสรรคจึงได้จัดการแก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้องเหมาะสมซึ่งจะทำให้ได้ง่ายกว่าการเริ่มต้นโครงการที่มีขนาดใหญ่ เมื่อพบว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมแล้วจึงค่อยขยายขนาดของกิจการหรือโครงการต่อไป อีกนัยหนึ่งของคำว่าค่อยเป็นค่อยไป คือ ขั้นตอนของปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมี 3 ลำดับ คือ ขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นก้าวหน้า การน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงปฏิบัติเพื่อให้ประสบความสำเร็จต้องเริ่มต้นจากขั้นต้นเพื่อให้พออยู่ พอกิน พอใช้พอมีพอกิน ก่อน จากนั้นจึงขยายการดำเนินการในขั้นต่อไป トラバโดที่เกษตรกรผู้ปฏิบัติยังไม่สามารถยืนอยู่บนขาตนเองได้ (self-reliability) การออม การแบ่งปัน รวมไปถึงการรวมกลุ่มเป็นสหกรณ์เพื่อกิจกรรมซึ่งเป็นปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงขั้นกลางและขั้นก้าวหน้าย่อมเป็นไปได้ยาก ผู้เป็นต้นแบบในการถอดบทเรียนทุกรายได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าว เมื่อสามารถพึ่งพาตนเองได้แล้วถึงขั้นของการออม การทำบุญ และการแบ่งปันและการทำบุญ ซึ่งเป็นขั้นกลาง จากนั้นจึงดำเนินการในขั้นก้าวหน้า ความสำเร็จของการดำเนินการดังกล่าวได้ถูกนำไปขยายผลในหลากหลายรูปแบบ ทั้งการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างบุคคลหรือกลุ่มบุคคลเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน การเป็นวิทยากรบรรยายให้ความรู้ในโอกาสต่าง ๆ การจัดเป็นศูนย์การเรียนรู้ศาสตร์พระราชา หรือศูนย์เรียนรู้ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเผยแพร่ความรู้ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสู่สังคม จากการติดตามผ่านสื่อและการสนทนาระหว่างผู้ศึกษากับผู้ที่เป็นต้นแบบทุกรายทราบและเห็นว่าผู้เป็นต้นแบบทุกรายมีการเผยแพร่ความรู้และประสบการณ์อยู่อย่างต่อเนื่องและค่อนข้างกว้างขวางทั้งในรูปแบบของการเป็นวิทยากรในพื้นที่ และ/หรือวิทยากรรับเชิญ และในรูปแบบเอกสารสิ่งพิมพ์ที่มีการเผยแพร่ปกติและเอกสารในระบบออนไลน์

1.4) บทเรียนแห่งความสำเร็จ คือ ความสุขอย่างพอเพียงและยั่งยืน ผู้เป็นต้นแบบทุกรายสามารถพึ่งพาตนเองได้โดยไม่ต้องเบียดเบียนตนเองและผู้อื่น สิ่งที่สำคัญ คือ การได้เผยแพร่ความรู้และประสบการณ์แห่งความสำเร็จให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจทั่วไปซึ่งก็เป็นความสุขที่เกี่ยวข้องอีกรูปแบบหนึ่ง การน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ประกอบอาชีพการเกษตรโดยยึดหลักการ ต้องมีความรู้เป็นอย่างดีในเรื่องนั้นซึ่งก็คือ เงื่อนไขความรู้ เมื่อมีความรู้ดีแล้ว การลงมือปฏิบัติต้องยึดหลักคุณธรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งความมานะอดทน ความขยันหมั่นเพียร และความซื่อสัตย์ เมื่อฐานความรู้และฐานคุณธรรมพร้อม การรู้จักตนและการประมาณตน (อัตตัญญูตาและมัตตัญญูตา) ต้องนำมาพิจารณาประกอบ หากเกษตรกรจะทำการเกษตรให้ได้ผล ต้องมีเหตุผลบนเงื่อนไขของความรู้ที่มี เกษตรกรต้องไม่ปฏิบัติกิจกรรมใด ๆ ที่เกิณภัยภาพและความพร้อมที่มี ซึ่งหมายถึงความพอประมาณ ทั้งนี้การทำกิจกรรมดังกล่าวต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต และเตรียมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงนั้นซึ่งหมายถึงการมีภูมิคุ้มกันที่ดี เป็นสิ่งที่เกษตรกรต้องยึดถือปฏิบัติ ซึ่งนำไปสู่ความสำเร็จ มีดังนี้

(1) ความสามารถในการพึ่งพาตนเอง เป้าหมายพื้นฐานของปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงที่เป็นพระราชประสงค์ของในหลวงรัชกาลที่ 9 ถือเป็นหัวใจสำคัญของเกษตรกรที่จะต้องเป็นอันดับแรก ซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถยืนอยู่ได้บนขาของตัวเอง ผู้เป็นต้นแบบในการถอดบทเรียนทั้ง 10 รายได้ยืนยันผลให้เห็นเป็นที่

ประจักษ์ การดำเนินชีวิตอย่างมีเหตุผล มีความพอประมาณ และมีภูมิคุ้มกันที่ดี ทำให้ชีวิตสามารถดำรงอยู่ได้อย่างพอเพียงโดยไม่ต้องเบียดเบียนตนเองและผู้อื่น สิ่งสะท้อนจากผู้เป็นต้นแบบชาวต่างชาติทั้ง 5 รายในประเด็นนี้ คือ การปฏิบัติตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงทำให้พวกเขาดำเนินชีวิตได้อย่างเรียบง่ายไม่ต้องดิ้นรน ยากเกินอะไรก็มีกินในสิ่งที่เราปลูก อยู่ได้อย่างเป็นสุขในสิ่งที่เราสร้าง ไม่ต้องกั๊กให้เป็นที่เป็นสิน

(2) การเพิ่มรายได้ การดำเนินชีวิตบนพื้นฐานปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในด้านการเกษตร เมื่อเข้าสู่ขั้นกลางหรือขั้นก้าวหน้าจะมีผลผลิตที่สามารถนำไปขายเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัว

(3) การลดรายจ่าย การยึดหลักความมีเหตุผลและความพอประมาณ เพียง 2 องค์ประกอบของปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสามารถช่วยลดรายจ่ายในครัวเรือนได้ อย่างน้อยที่สุดคือรายจ่ายในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอาหารการกินและรายจ่ายในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสุขภาพ

(4) การมีสุขภาพที่ดี การทำเกษตรตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง คือการทำการเกษตรทฤษฎีใหม่ อย่างน้อยก็เป็นการสร้างภูมิคุ้มกันไม่ให้เกิดการสูญเสียอย่างสิ้นเชิงด้วยการเกษตรแบบผสมผสานโดยไม่ใช้สารเคมี เกษตรกรผู้ปฏิบัติตามแนวทางนี้นอกจากการได้ออกกำลังกายในการทำงานแล้ว ยังได้บริโภคอาหารครบถ้วนตามหลักโภชนาการ รวมถึงการบริโภคอาหารที่ปลอดภัย

สารเคมี ซึ่งล้วนมีผลต่อการมีสุขภาพที่ดีด้วย

(5) การมีความสุขอย่างพอเพียงและยั่งยืน เกษตรกรที่รู้จักตนเองและรู้จักประมาณตนเองจะมีคุณสมบัติคล้ายกับผู้เป็นต้นแบบในการถ่ายทอดบทเรียน คือ มีความมีเหตุผลและความพอประมาณอยู่ในตัว การทำการเกษตรอย่างมีเหตุผลและรู้จักพอประมาณย่อมส่งผลให้ผู้ปฏิบัติสามารถมีความสุขอย่างพอเพียงเพราะนอกจากจะทำให้พออยู่ พอกิน พอใช้ และพอร่มเย็นแล้ว ยังเป็นการสร้างสมดุลให้กับสังคมและสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสุขอย่างยั่งยืนด้วย

(6) การมีเครือข่ายเกษตรกร ผลสำเร็จจากการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติทำให้ผู้ปฏิบัติไม่รู้สึกโดดเดี่ยวเหมือนอยู่แบบตัวใครตัวมัน นอกจากการมีเพื่อนเครือข่ายที่สนใจและปฏิบัติในเรื่องเดียวกันหรือเรื่องที่คล้ายกันแล้ว ยังมีเครือข่ายเกษตรกรหรือผู้สนใจที่มาขอศึกษาเรียนรู้ ดูงาน และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ จัดว่าเป็นการสร้างสุขและสร้างกำลังใจในการดำเนินชีวิตด้วยอีกทางหนึ่ง

การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การทำอาชีพด้านการเกษตรต้องอาศัยปัจจัยที่สำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรดินและน้ำ ถ้าดินไม่ดี น้ำไม่ดี ไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตรย่อมไม่ได้ผล นี่หมายความว่า การดำรงชีวิตอย่างพออยู่พอกินอาจไม่เกิดขึ้น ความมีเหตุผลและความมีภูมิคุ้มกันที่ดีจะทำให้เกษตรกรใส่ใจในการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้ดีที่สุด

Table 1 Ranking of success achieved through the application of the sufficiency economy philosophy in agriculture by role model farmers

Aspect	Thai Role Models (Number of People)	Foreign Role Models (Number of People)
Self-reliance	1	1
Income enhancement	1	3
Expense reduction	1	4
Good health	3	1
Sufficient and sustainable happiness	2	1
Agricultural network creation	1	2
Conservation of natural resources and the environment	1	3

Take out lessons from role model farmers.

จากตาราง จะเห็นว่า ความสำเร็จจากการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติโดยเกษตรกรผู้เป็นต้นแบบในการถอดบทเรียนดังแสดงใน Table 1 สามารถอธิบายโดยสามารถกล่าวสรุปได้ว่าเกษตรกรที่เป็นต้นแบบการถอดบทเรียนชาวไทยที่ประสบความสำเร็จในการพึ่งพาตัวเอง การลดรายจ่าย โดยการปลูกผักสวนครัวทานเอง และเพิ่มรายได้โดยการนำผลผลิตทางการเกษตรที่ปลูกสร้างรายได้ในทุกวัน ซึ่งถือว่าเป็นการสร้างความมั่นคงให้กับตัวเองและครอบครัว นอกเหนือจากนี้ยังพบว่า มีความสำเร็จที่ดีเยี่ยมอีก 2 ประเด็น คือ การมีเครือข่ายเกษตรกรที่สนใจเรื่องเดียวกันไว้เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ และการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ตลอดจนความสำเร็จในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อรักษาสมดุลทางนิเวศวิทยา กรณีของผู้เป็นต้นแบบการถอดบทเรียนชาวต่างชาติ พบความสำเร็จจากการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติที่โดดเด่น 3 ประการ ประกอบด้วยความสามารถในการพึ่งพาตนเอง การมีสุขภาพที่ดีจากการบริโภคผลผลิตทางการเกษตรที่ปลอดภัย และ การมีความสุขที่พอเพียง

และยั่งยืนจากสภาพการณ์ของความพออยู่ พอกิน พอใช้ และพอร่มเย็น ไม่มีหนี้สิน ไม่เบียดเบียนตนเองและผู้อื่น

1.5) รางวัลแห่งความสำเร็จ การน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติมิใช่เป็นการแข่งขันหรือการประกวดเพื่อหวังผลแพ้/ชนะและมีการมอบรางวัล แต่เป็นการปฏิบัติเพื่อให้เกิดผลประโยชน์แก่ผู้ปฏิบัติเองซึ่งอยู่ในรูปแบบที่เป็นนามธรรมหรือจับต้องไม่ได้ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับรางวัลแห่งความสำเร็จจากการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติ ผู้ศึกษาได้ทราบจากการสนทนากับผู้เป็นต้นแบบทุกรายที่มีความคิดเห็นไปในทางเดียวกันว่ามีอยู่ 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นรางวัลที่อยู่ในรูปแบบของการได้รับการยกย่องเชิดชูในลักษณะต่าง ๆ เช่น เป็นปราชญ์ชาวบ้านด้านการเกษตร เป็นเกษตรกรตัวอย่าง รับเชิญเป็นวิทยากรในการอบรมให้ความรู้ รวมตลอดจนการได้รับเกียรติเป็นแขกรับเชิญในรายการที่มีการเผยแพร่ผ่านสื่อโทรทัศน์ อีกส่วนหนึ่ง คือ รางวัลชีวิต นับว่าเป็นสิ่งที่น่าประทับใจเป็นที่สุดที่ผู้เป็นต้นแบบในการถอดบทเรียนทุกรายตอบตรงกันว่ารางวัลที่ยิ่งใหญ่ที่ทุกคนได้รับจากการน้อมนำปรัชญาของ

เศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติ คือ ความสุขที่พอเพียงในชีวิต การดำเนินชีวิตอย่างพออยู่ พอกิน พอใช้ พอร่มเย็นคือพื้นฐานความสุขที่ไม่ต้องเบียดเบียนตนเองและผู้อื่น นอกเหนือจากนี้ ความสุขอย่างพอเพียงดังกล่าวยังได้รับการแบ่งปัน การทำบุญ และการออม เมื่อพัฒนาไปสู่ขั้นกลางของการปฏิบัติตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง รวมไปถึงการมีเพื่อนร่วมเครือข่ายความสนใจร่วมกัน และการมีชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางสังคมที่ดี

2) แนวทางการส่งเสริมการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตร สำหรับเกษตรกรและผู้สนใจทั่วไป มีเหตุปัจจัยหลายประการที่น่าจะมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของเกษตรกรในการนำไปใช้ ประการแรก คือ วัฒนธรรมการปฏิบัติในการทำเกษตรที่ถ่ายทอดสืบต่อกันมาตั้งแต่บรรพบุรุษ กล่าวให้ง่ายคือเคยทำมาอย่างใดทำต่อไปอย่างนั้นเพราะอย่างน้อยที่สุดก็ยังได้ผลผลิตเพื่อการบริโภค ประการถัดมา คือ ความคิดของเกษตรกรที่เปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงของสังคมสมัยใหม่ ในประเด็นนี้เกษตรกรอาจมองว่าการทำการเกษตรบนพื้นฐานปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงซึ่งเน้นความพออยู่ พอกิน พอใช้ และพอร่มเย็นซึ่งไม่เหมาะสมกับบริบทความเป็นอยู่ในยุคสมัยใหม่ อย่างไรก็ตาม เป้าประสงค์สำคัญของการศึกษานี้ คือ ความต้องการที่จะให้เกษตรกรและผู้สนใจทั่วไปเปลี่ยนชุดความคิด (mindset) แบบเก่าที่เคยคิดถึงความมั่งคั่ง แต่ไม่คำนึงถึงความมั่นคง มาเป็นชุดความคิดแบบใหม่ที่จะทำให้ชีวิตความเป็นอยู่มีความสมดุลกับสิ่งแวดล้อมทางสังคมและสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ การหาแนวทางให้เกษตรกรและผู้สนใจเปลี่ยนชุดความคิดดังกล่าวข้างต้นในความคิดของผู้ศึกษา คือ คงไม่มีวิธีใดที่ดีไปกว่าการถอดบทเรียนจากเกษตรกรหรือผู้ที่เขาน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติและประสบความสำเร็จ ทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ของพวกเขาเหล่านั้นสามารถดำรงอยู่ได้อย่างเป็นสุข พอเพียง และยั่งยืน การถอดบทเรียนจากการประมวลและสังเคราะห์สารสนเทศที่ได้จากการสนทนากับผู้เป็นต้นแบบจำนวนทั้ง 10 ราย สามารถสรุปผลการเก็บรวบรวมข้อมูลมาเป็นแนวทางส่งเสริมการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในการทำการเกษตรโดยจัดเรียงตามลำดับขั้นตอนได้ 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย (1) มีความเชื่อมั่นและความศรัทธาในรัชกาลที่ 9 และพระราชกรณียกิจของพระองค์ (2) รู้จักตนเองและประมาณตนเอง (3) ศึกษาหาความรู้และทำความเข้าใจให้ลึกซึ้งในปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (4) การลงมือทำโดยเริ่มจากการทดลองแบบค่อยเป็นค่อยไป (5) แสวงหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เป็นนิจ และรู้จักปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลง (6) การสร้างเครือข่าย (7) การเผยแพร่ความรู้สู่สังคม

ผลที่ได้จากการวิจัยสามารถอภิปรายได้ 2 แนวทาง แนวทางแรกเป็นการอภิปรายผลการวิจัย เพื่อดูว่าผลการศึกษามีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับแนวคิด ทฤษฎี และ/หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือไม่และอย่างไร อีกแนวทางหนึ่งเป็นการอภิปรายเป็นกรณีพิเศษเมื่อผลของการศึกษาที่ได้เป็นข้อค้นพบใหม่หรือเป็นองค์ความรู้ใหม่

1) บทเรียนความสำเร็จจากการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในการเกษตร จากการศึกษาทำให้ทราบว่าเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจที่มีการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในการทำการเกษตรอย่างครบถ้วน เริ่มตั้งแต่ทำตนเองให้มีความพร้อมด้านความรู้และการมีคุณธรรม ตาม

ด้วยการทำการเกษตรตั้งอยู่บนเหตุผลที่เหมาะสม มีความพอประมาณ ไม่ทำอะไรที่เกินไปกว่าศักยภาพและความพร้อมของคนที่มีความรู้ มี รวมถึงมีการเตรียมตัวตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยความสำเร็จของการศึกษานี้หมายถึงการดำเนินชีวิตที่มีความสุขอย่างพอเพียงและยั่งยืน จักเกิดขึ้นกับตนเองคล้ายหรือเหมือนกับความสำเร็จที่เกิดขึ้นแก่ผู้เป็นต้นแบบทั้ง 10 รายที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ โดยการศึกษาสามารถสรุปบทเรียนแห่งความสำเร็จได้ทั้งสิ้น 7 ประการ ประกอบด้วย (1) ความสามารถในการพึ่งพาตนเอง (2) การเพิ่มรายได้ (3) การลดรายจ่าย (4) การมีสุขภาพที่ดี (5) การมีความสุขอย่างพอเพียงและยั่งยืน (6) การมีเครือข่ายเกษตรกร และ (7) การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และจากบทสรุปของการศึกษาที่กล่าวมาพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาหลากหลายงาน โดยเริ่มจากการวิจัยของ Boonthiang (2011) ซึ่งให้เห็นถึงความสำเร็จของการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาและแนวคิดเศรษฐกิจชุมชนในการแก้ไขปัญหาความยากจนและหนี้สินของเกษตรกร โดยการขยายผลทางความคิดและสร้างความเป็นผู้นำทางปัญญา ทำให้หมู่บ้านสามารถพึ่งพาตนเองและมีความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจ มีการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ การเรียนรู้ร่วมกันของคนในชุมชน และการเพิ่มรายได้ ลดรายจ่ายในครัวเรือน ถัดมาการศึกษาที่สองที่สอดคล้องกับผลการศึกษาคืองานของ Department of Agriculture Extension (2018) ที่ส่งเสริมแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงให้เกษตรกรลดรายจ่าย เพิ่มรายได้ และมีคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืน โดยใช้ทรัพยากรในครัวเรือนให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การแปรรูปอาหาร งานฝีมือ เลี้ยงสัตว์ และเพาะปลูกพืชต่างๆ พร้อมทั้งสร้างเครือข่ายกลุ่มอาชีพและขยายกิจกรรมทางเศรษฐกิจ โดยร่วมมือกับภาครัฐ องค์กรพัฒนาเอกชน และภาครัฐ นอกจากนี้ยังเน้นการอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมโดยการพัฒนาการเรียนรู้ของชุมชนบนพื้นฐานภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยจะเห็นได้ว่าทั้งสองงานชิ้นต้นสอดคล้องในมิติของความสามารถในการพึ่งพาตนเอง การเพิ่มรายได้ และการลดรายจ่าย ต่อมาการศึกษาชิ้นที่สามที่กล่าวถึงเศรษฐกิจพอเพียงจะสามารถเป็นแกนหลักในการพัฒนาคือการศึกษาศึกษาของ Khaokhruamuang (2017) ที่ได้ทำการศึกษาการท่องเที่ยวชุมชนอย่างยั่งยืนโดยการผสมผสานแนวคิดของญี่ปุ่นและแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงของไทยโดยผลการศึกษาระบุว่าแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงสามารถสร้างความมั่นคงแก่ชุมชนและความมั่นคงทางอาหารได้ การศึกษาถัดมาเป็นการศึกษาของ Ruangsang (2024) ที่กล่าวว่าการทำเกษตรแบบวิถีชีวิตที่เน้นเชิงเดี่ยวและการใช้สารเคมี ส่งผลให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม ผลผลิตมีสารพิษ ต้นทุนสูง เกษตรกรมีหนี้สิน และวัฒนธรรมดั้งเดิมสูญหาย พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 จึงทรงพระราชทานแนวคิด "เกษตรทฤษฎีใหม่" เพื่อให้เกษตรกรแบ่งพื้นที่ทำการเกษตรอย่างยั่งยืน พึ่งพาตนเองได้ และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น โดยมี 3 ขั้นตอนคือ การเกษตรเพื่อเลี้ยงครอบครัว กลุ่มเกษตรกรเข้มแข็ง และชุมชนเข้มแข็ง อีกทั้งยังพบการศึกษาของ Nilkote et al. (2021) ที่มีผลการศึกษาที่น่าสนใจว่าแนวทางการพัฒนาเครือข่ายเกษตรอย่างยั่งยืนคือ การพัฒนาทุนศักยภาพพื้นที่ โดยประยุกต์ใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และมีปัจจัยแห่งความสำเร็จคือ ความสอดคล้องบริบทของพื้นที่ ศักยภาพของตนเอง ความรอบรู้ทางสุขภาพ และการทำงานเป็นเครือข่าย ในส่วนของ

การศึกษาของ Kridkajornkornkul (2019) ที่กล่าวว่าปราชญ์ชาวบ้านที่ใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในการพัฒนาการทำเกษตรอินทรีย์ มีการจัดการความรู้และเชื่อมโยงเครือข่ายการเรียนรู้ และการทำเกษตรอินทรีย์สามารถตอบสนองต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน 6 เป้าหมาย ได้แก่ การลดความยากจน ความมั่นคงทางอาหาร สุขภาพที่ดี น้ำสะอาด การผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน และการลดปัญหาโลกร้อน และสุดท้ายการศึกษาของ Suwannawong et al. (2023) ที่ทำการศึกษาศึกษาการเสริมสร้างความสุขแท้ตามแนวนุชนิยม โดยศึกษาปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในฐานะมรรคของการเสริมสร้างความสุขแท้ ผลการวิจัยพบว่า นุชนิยมเชื่อว่ามนุษย์มีปัญญาและสามารถเข้าถึงความจริงได้ ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงเป็นแนวทางของการพัฒนามนุษย์พื้นฐานทางสายกลาง การบูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในการเสริมสร้างความสุขแท้ทำได้โดยการสร้างความสุขบนความสุขของผู้อื่น การพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างมีสติสัมปชัญญะ และการพึ่งพาตนเอง ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน จากการอธิบายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้สามารถก่อให้เกิดการดำเนินชีวิตอย่างยั่งยืนแก่ตนเอง กลุ่มเครือข่าย และสิ่งแวดล้อม

2) แนวทางส่งเสริมการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตรสำหรับเกษตรกรและผู้สนใจทั่วไป จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานเขียนส่วนใหญ่เน้นหลักการและแนวคิดในการสร้างความสำเร็จในการดำรงชีวิต การทำงาน หรือการบริหารองค์กร โดยมีขั้นตอนสู่ความสำเร็จ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. มีเป้าหมายที่ชัดเจน 2. มีการวางแผนการทำงานที่เหมาะสม 3. ลงมือทำ 4. วิเคราะห์ผลการดำเนินการ และ 5. เรียนรู้จากประสบการณ์ อย่างไรก็ตาม หลักการเหล่านี้มีความเชื่อมโยงกับแนวทางที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติ น้อยมาก ดังนั้นในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ความสำเร็จจากการปฏิบัติจริงของผู้ที่เป็นต้นแบบในการถอดบทเรียน เพื่อนำเสนอแนวทางส่งเสริมการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการทำการเกษตร โดยมีเป้าหมายสำคัญคือ ต้องการให้เกษตรกรและผู้สนใจที่ต้องการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการทำการเกษตร แต่ยังไม่รู้ว่าควรจะเริ่มต้นอย่างไร โดยสามารถสรุปหลักการและแนวคิดที่สะท้อนให้เห็นว่าแนวทางที่นำเสนอมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติจริงประกอบด้วย 3 หลักการที่ค้นพบ หลักการที่ 1 อิทธิบาท 4 สามารถกล่าวได้ว่าองค์กรจะประสบความสำเร็จได้ถ้าผู้บริหารมี 1) ฉันทะ (ความพอใจ) 2) วิริยะ (ความเพียร) 3) จิตตะ (มีใจฝักใฝ่) และ 4) วิมังสา (หมั่นไตร่ตรองพิจารณาหาเหตุผล) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางที่เสนอ คือ ความเชื่อมั่นและความศรัทธา ศึกษาหาความรู้และทำความเข้าใจให้ลึกซึ้ง และแสวงหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เป็นนิจ และรู้จักปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องไปกับการศึกษาของ Kositathammo (2022) และการศึกษาของ Saofu (2024) หลักการที่ 2 หลักการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับสังคมภายนอกด้วยการสร้างเครือข่าย มีการศึกษาหลากหลายที่มุ่งเน้นศึกษาถึงหลักการนี้ อาทิ การศึกษาของ Kongkaneramt & Utairat (2021) และการศึกษาของ Heetakson (2023) โดยหลักหลักการแลกเปลี่ยนเรียนรู้สอดคล้องกับแนวทางส่งเสริมการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติที่เสนอโดยการศึกษาครั้งนี้ คือ รู้จักตนเองและประมาณ

ตนเอง แสวงหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เป็นนิจ และรู้จักปรับตัวเข้ากับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลง และการสร้างเครือข่าย และผลลัพธ์ดังกล่าวยังเป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ The Prince Royal's College (2024) และการศึกษาของ Human Solutions and Consulting (2023) และหลักการที่ 3 หลักแนวคิดของการประสบความสำเร็จของการศึกษาของ Human Solutions and Consulting (2023) กล่าวถึงคุณลักษณะ 7 ประการที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ ประกอบด้วย 1) ตั้งเป้าหมายให้ชัดเจน 2) อดทนมุ่งมั่นสู่เป้าหมายแม้เจออุปสรรค 3) สร้างโอกาสไม่รอคอยโชคชะตา 4) เรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง 5) ยืดหยุ่นและปรับตัวต่อสถานการณ์ต่างๆ อย่างเหมาะสม 6) บริหารเวลาและดูแลสุขภาพตนเอง และ 7) สร้างและรักษาความสัมพันธ์กับผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางส่งเสริมการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติ คือ แสวงหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เป็นนิจ รู้จักปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลง และการสร้างเครือข่าย

จากหลักการและแนวคิดดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า การน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตร จะนำไปสู่ความสำเร็จในการดำเนินชีวิตที่ยั่งยืนได้

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ถอดบทเรียนความสำเร็จจากการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในการเกษตรจากเกษตรกรต้นแบบ และ (2) เสนอแนวทางส่งเสริมการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตรสำหรับเกษตรกรและผู้สนใจทั่วไป ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรต้นแบบทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติล้วนมีภูมิหลังที่หลากหลาย แต่มีจุดร่วมคือความศรัทธาในพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ในหลวงรัชกาลที่ 9 และเชื่อมั่นว่าปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง ขั้นตอนสู่ความสำเร็จประกอบด้วยการศึกษาหาความรู้ ลงมือปฏิบัติจริงแบบค่อยเป็นค่อยไป และขยายผลสู่การสร้างเครือข่ายและการเผยแพร่ความรู้ รางวัลแห่งความสำเร็จคือความสุขอย่างพอเพียงและยั่งยืน การพึ่งพาตนเองได้ การมีสุขภาพที่ดี การมีเครือข่าย และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ แนวทางการส่งเสริมการน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตรสำหรับเกษตรกรและผู้สนใจทั่วไป เริ่มจากการสร้างความเชื่อมั่นและศรัทธาในรัชกาลที่ 9 รู้จักตนเองและประมาณตนเอง ศึกษาหาความรู้ให้ลึกซึ้ง ลงมือทำโดยเริ่มจากเล็กๆ แสวงหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอ สร้างเครือข่าย และเผยแพร่ความรู้สู่สังคม การถอดบทเรียนจากเกษตรกรต้นแบบเป็นแนวทางสำคัญในการเปลี่ยนชุดความคิดของเกษตรกรและผู้สนใจทั่วไปให้หันมาทำการเกษตรแบบพอเพียง ซึ่งจะนำไปสู่ชีวิตที่สมดุลและยั่งยืน

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1) ควรมียานวิจัยเพื่อส่งเสริมและติดตามผลของกลุ่มเกษตรกรที่มีความรู้ความเข้าใจและได้น้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตรแล้ว แต่ยังประสบปัญหาขาดความยั่งยืน

2) หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรมีการเผยแพร่หรือนำหลักการการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการเกษตรไปจัดทำเป็นหลักสูตรอบรมให้แก่บุคคลที่สนใจ โดยมีการส่งเสริม ติดตามในระยะยาว เพื่อร่วมกันแก้ปัญหาที่เกษตรกรบางรายไม่สามารถแก้ปัญหาได้เอง

3) ภาครัฐควรจัดสรรที่ทำกินให้กับราษฎรที่ขาดโอกาส และส่งเสริมให้เกษตรกรมีที่ทำกินเป็นของตนเองซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงทำเกษตรบนที่ดินของตนเอง และทำให้เกิดความยั่งยืน

References

- Boonthieng, S. (2011). *Local wisdom scholars: integrating teachings for the development of self-sufficient community villages in the Northeastern region*. (Doctoral Dissertation), Maha Sarakham, Thailand: Maha Sarakham University. (in Thai)
- Department of Agriculture Extension. (2018). *Sufficiency economy and the agricultural sector*. Bangkok, Thailand: New Thammasat Press (Thailand) Co., Ltd. (in Thai)
- Heetakson, T. (2023). Creating a lifelong learning network: a case study of herbal yellow oil making. *UMT Poly Journal*, 20(2), 69-78. (in Thai)
- Human Solutions and Consulting. (2023). *7 Habits of successful people*. Accessed July 30, 2023. Retrieved from <https://www.humanconsulting.co.th/content/29501/7-แนวคิดประสบความสำเร็จ>. (in Thai)
- Khaokhrueamuang, A. (2017). Agricultural heritage systems of orchard based on the concept of satoyama and sufficiency economy: green tourism perspectives for Japan and Thailand. *Journal of Thai Interdisciplinary Research*, 12(3), 38-49. (in Thai) doi: 10.14456/jtir.2017.19.
- Kongkaneramt, U., & Utairat, W. (2021). Approaches for community participation in developing a lifelong learning society for providing non-formal and informal education networks. *Journal of MCU Nakhondhat*, 8(3), 44-58. (in Thai)
- Kositathammo, K. (2022). The application of iddhipāda IV for successful organization. *Journal of Thammawat*, 3(1), 39-47. (in Thai)
- Kridkajornkornkul, N. (2019). Planting organic agriculture according to the philosophy of sufficiency economy for sustainable development: a case study of folk gurus in Nakhonsawan Province. *Burapha. Journal of Political Economy*, 7(1), 116-135. (in Thai)
- Nilkote, R., Boonloy, W., Warabamrunkul, T., & Lundam, C. (2021). Integrating the philosophy of sufficiency economy to develop a sustainable agricultural network in Nakhon Pathom Province. *Journal of MCU Nakhondhat*, 8(6), 14-29. (in Thai)
- Ruangsang, S. (2024). The new theory agriculture basing on philosophy of sufficiency economy for live quality development of farmers and community. *Journal of Palisueksabuddhaghosa Review*, 10(2), 301-316. (in Thai)
- Saofu, W. (2024). Operational effectiveness of the sufficiency economy center based on iddhipāddham of Umong Subdistrict Municipality, Muang Lamphun District, Lamphun Province. *Journal of MCU Haripunchai Review*, 8(2), 342-356. (in Thai)
- Suwannawong, K., Anothai, S., & Sathapong, K. (2023). The sufficiency economy philosophy for strengthening the authentic happiness along humanity in the present society. *Journal of Dhammasuksa Research*, 6(1), 315-326. (in Thai)
- The Prince Royal's College. (2024). *Lessons of success in promoting the sufficiency economy philosophy in schools*. Accessed January 27, 2025. Retrieved from <https://www.prc.ac.th>.
- Weerasumrit, S., & Kangsanant, K. (2018). People's perception and application of the principles of sufficiency economy philosophy in Banglane Subdistrict, Bangyai District, Nontaburi Province. *Rajapark Journal*, 12(26), 385-397. (in Thai)

Research article

Lessons learned on the success from applying the sufficiency economy philosophy in agricultural practices

Sopich Intasaro^{1*} Manat Suwan² Phatharawuth Somyana³
and Chutiwalanch Semmahasak⁴

¹Science for Sustainable Local Development, Graduate School, Chiang Mai Rajabhat University Mueang District, Chiang Mai Province, Thailand 50300

²Graduate School, Chiang Mai Rajabhat University Mueang District, Chiang Mai Province, Thailand 50300

³Economics Program Faculty of Management Sciences Chiang Mai Rajabhat University Mueang District, Chiang Mai Province, Thailand 50300

⁴Department of Community Development Faculty of Humanities and Social Sciences Chiang Mai Rajabhat University Mueang District, Chiang Mai Province, Thailand 50300

ARTICLE INFO

Article history

Received: 22 November 2024

Revised: 27 February 2025

Accepted: 2 March 2025

Online published: 25 April 2025

Keyword

Lessons Learned

Success Lessons

the Sufficiency Economy Philosophy

ABSTRACT

This research aims to (1) extract lessons on success from the implementation of the Sufficiency Economy Philosophy in agriculture and (2) propose guidelines for promoting its application among farmers and other interested individuals. Data were collected using a mixed-methods research approach, incorporating a review of relevant research documents, non-participant observation, and interviews. The interview sample was selected through purposive sampling and included 10 exemplary farmers—5 Thai and 5 foreign—who served as case studies for extracting success lessons. The study found that key factors contributing to success include adherence to the principles of self-reliance, increasing income, reducing expenses, embracing a philosophy of sustainable happiness, establishing farmer networks, and conserving natural resources and the environment. Regarding the guidelines for promoting the application of the Sufficiency Economy Philosophy in agriculture, they are presented in seven sequential steps: (1) having faith and trust in King Rama IX and his royal initiatives; (2) understanding oneself and practicing moderation; (3) thoroughly studying and comprehending the Sufficiency Economy Philosophy; (4) taking action by starting with gradual experimentation; (5) continuously seeking additional knowledge and adapting to change; (6) building networks; and (7) disseminating knowledge to society.

*Corresponding author

E-mail address: 62886009@cmru.ac.th (S. Intasaro)

Online print: 25 April 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.5>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrnu/index>

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากส่วนเหลือทิ้งของหน่อไม้

เปรมประชา ดรชัย¹ สุนทร โชคสวัสดิ์ธนะกิจ² ภาณุทัต สวัสดิ์ถาวร³ และ พรพิชญ ธรรมปัทม^{4*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 ประเทศไทย

²สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 ประเทศไทย

³สาขาวิชาการจัดการ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 ประเทศไทย

⁴สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 1 ธันวาคม 2567

แก้ไข: 31 มกราคม 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 3 มีนาคม 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 2 พฤษภาคม 2568

คำสำคัญ

ขนมขบเคี้ยว

การพัฒนาผลิตภัณฑ์

ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากส่วนเหลือทิ้งของหน่อไม้ โดยใช้ประโยชน์จากส่วนเหลือทิ้งที่ได้จากการตัดแต่งหน่อไม้ ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของหน่อไม้ (ร้อยละ 30–50) แป้งข้าวหอมมะลิ (ร้อยละ 30–50) และไข่ไก่ (ร้อยละ 20–40) ต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ 14 สูตร ผลการศึกษาพบว่าสูตรที่ดีที่สุดประกอบด้วยหน่อไม้ แป้งข้าวหอมมะลิ และไข่ไก่ในสัดส่วนร้อยละ 31.40, 30.00 และ 38.60 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้รับค่าความชอบรวมสูงสุด 7.10 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ใน 100 กรัม ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ใยอาหาร ความชื้น ไขมัน และเถ้า ในปริมาณ 54.09, 17.15, 9.42, 7.86, 6.52 และ 4.96 กรัม ตามลำดับ สำหรับลักษณะทางกายภาพผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 54.96 ค่า a* เท่ากับ 8.45 และค่า b* เท่ากับ 21.04 ด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging อยู่ที่ร้อยละ 51.65 และตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราที่น้อยกว่า 10 cfu/g ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำหน่อไม้ส่วนเหลือทิ้งมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

บทนำ

ขนมขบเคี้ยวมักเป็นอาหารที่ทำซื้อได้ง่ายและรับประทานได้ทันที ทำให้เป็นตัวเลือกที่นิยมในสังคมที่มีวิถีชีวิตเร่งรีบ (Hess et al., 2016) นักวิจัยระบุว่าในหลายวัฒนธรรมขนมขบเคี้ยวช่วยเติมเต็มช่วงเวลาที่พักผ่อนอาหารหลักหรือใช้เป็นของทานเล่นในระหว่างวัน (Goyal & Singh, 2007) การผลิตขนมขบเคี้ยวเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมอาหารที่มีการเติบโตสูง ซึ่งส่งผลให้เกิดการสร้างงานและสร้างรายได้ในระบบเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และอเมริกาเหนือ ขนมขบเคี้ยวมักได้รับการส่งเสริมการขายในรูปแบบที่ดึงดูดผู้บริโภคผ่านสื่อและช่องทางต่าง ๆ โดยเฉพาะในกลุ่มเด็กและวัยรุ่นซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก (Harris et al., 2009) การใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีสีสันและการจัดโปรโมชันช่วยกระตุ้นความต้องการซื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wang et al., 2023)

ขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่ประกอบด้วยไขมัน น้ำตาล และเกลือสูง ซึ่งการบริโภคในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน โรคหลอดเลือด โรคเบาหวาน และโรคหัวใจ (Njike et al., 2016) โดยเฉพาะการบริโภคในเด็กเล็กซึ่งอาจส่งผลเสียต่อพัฒนาการด้านร่างกายและสมอง (Swinburn et al., 2011) การรับประทานขนมขบเคี้ยวบ่อย ๆ อาจส่งผลให้เกิดพฤติกรรมทานอาหารที่ไม่สมดุล ลดการทานอาหารมื้อหลัก และเพิ่มความเสี่ยง

ในการขาดสารอาหารที่จำเป็น (Kerver et al., 2006) ดังนั้นผู้ผลิตขนมขบเคี้ยวจึงมีการตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลง เช่น การใช้วัตถุดิบออร์แกนิก การเพิ่มปริมาณโปรตีนและใยอาหาร การลดน้ำตาลและโซเดียม ส่งผลให้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น (Pangaribowo & Gerber, 2016) มูลค่าการตลาดขนมขบเคี้ยวในประเทศไทย พ.ศ. 2568 คาดว่ามีมูลค่าทางการตลาดอยู่ที่ 50,400 ล้านบาท ซึ่งมีมูลค่าทางการตลาดเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 2 จากปี พ.ศ. 2567 (Chalermsanyakorn, 2024)

หน่อไม้ (*Bambusa vulgaris*) เป็นผลผลิตจากต้นไผ่เป็นไม้ยืนต้นมีอายุยืนยาว มีเหง้าใต้ดิน แตกกิ่งขึ้นเป็นกอ ออกหน่อเหนือดิน มีกาบหุ้มหน่อสีเหลืองอมเขียว หน่อไม้เป็นพืชที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอาหารทั้งในประเทศไทยและประเทศอื่น ๆ ทำให้มีการเพิ่มพื้นที่ในการเพาะปลูกมากขึ้นทุกปี และได้ขยายไปในหลายจังหวัดทั่วทุกภาคของประเทศไทย นอกจากหน่อไม้จะใช้บริโภคสดภายในประเทศแล้ว ยังมีส่วนหนึ่งได้ส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศในรูปผลิตภัณฑ์หน่อไม้ต้ม หน่อไม้ดอง หน่อไม้ในน้ำเกลือ หน่อไม้แห้ง และหน่อไม้สดแช่แข็ง (Kusalaruk & Limsangouan, 2015) ประเทศไทยสามารถสร้างรายได้จากการส่งออกรวม 422.09 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2562 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.9 ในปี พ.ศ. 2563 โดยเฉพาะกลุ่มตลาดรัสเซีย สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย แคนาดา

*Corresponding author

E-mail address: Thammapat.p@gmail.com (P. Thammapat)

Online print: 2 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.6>

และเกาหลีใต้ จากแนวโน้มทางการตลาดที่เพิ่มสูงขึ้นมาโดยตลอด ส่งผลให้หลายภาคส่วนได้ให้การสนับสนุนสร้างป่าเศรษฐกิจชุมชนและพัฒนาลิขสิทธิ์จากไม้ ทั้งในอุตสาหกรรมครัวเรือนและอุตสาหกรรมโรงงาน (Pakeechai & Charoenphun, 2021)

หน่อไม้ที่นิยมบริโภคในประเทศไทยมีหลายชนิด เช่น ไม้รวก ไม้ตง ไม้หวาน แต่ชนิดที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย คือ หน่อไม้ตง (*Dendrocalamus asper*) เนื่องจากไม้ตงเป็นไม้โตเร็วสามารถขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิด จึงมีการปลูกกันโดยทั่วไป ซึ่งปัจจุบันได้มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้นและได้ขยายไปในหลายจังหวัดทั่วทุกภาค นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่ให้โปรตีนสูง ให้ไขมันและน้ำตาลต่ำรับประทานแล้วไม่อ้วน มีเส้นใยมากจึงช่วยในการย่อยอาหาร ช่วยกระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ ป้องกันอาการท้องผูก มีวิตามินและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Kusalaruk & Limsangouan, 2015) และยังมีสรรพคุณทางยาที่สำคัญ เช่น ขับพิษได้ผิวหนัง ขับผื่นหัด แก้กษัย ขี้ปัสสาวะ ละลายเสมหะ แก้ไอบำรุงกำลัง แก้อาการร้อนต่าง ๆ ได้ดี เพราะมีฤทธิ์เย็นเช่นเดียวกับเห็ด และเป็นผักมีคุณค่าทางอาหารสูง ทั้งโปรตีน วิตามิน และที่สำคัญมีกรดอะมิโนที่ร่างกายผลิตเองไม่ได้ มีเส้นใยสูงที่เป็นประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย ทำให้ระบบขับถ่ายเป็นปกติ ป้องกันมะเร็งลำไส้ได้อีกด้วย (Mahayotpanya & Phoungchandang, 2015)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้เป็นแนวทางที่น่าสนใจในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบจากธรรมชาติที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง โดยหน่อไม้ถือเป็นพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจสูงเนื่องจากมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์และสามารถแปรรูปได้ในหลายรูปแบบ เช่น หน่อไม้แช่แข็งและกระป๋อง (Pakeechai & Charoenphun, 2021; Singhal et al., 2013) ผลิตภัณฑ์ หน่อไม้ดองเต้าเจี้ยว (Yunchalad et al., 2007) หน่อไม้แปรรูปในภาชนะปิดสนิท (Yunchalad et al., 2007) และหน่อไม้อบแห้ง (Chattiang, 2020) ซึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ทำให้เกิดของเหลือทิ้ง (by-product) ที่สามารถนำมารับประทานได้เป็นจำนวนมาก Roxana et al. (2023) ได้กล่าวถึงการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่ก็นำไปใช้สำหรับอุตสาหกรรมอาหารเฉพาะทางหรืออาหารเพื่อสุขภาพเป็นหลัก แต่การนำมาใช้ประโยชน์ในด้านขนมขบเคี้ยวยังมีน้อยมาก จากหลักการและเหตุผลดังกล่าวข้างต้นดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นอบกรอบจากหน่อไม้และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ รวมไปถึงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับเด็กและผู้บริโภคในการรับประทานขนมขบเคี้ยวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ หน่อไม้ตงที่มีอายุเก็บเกี่ยวทางการค้า (น้ำหนัก 1.50-2.00 กิโลกรัมต่อหน่อ) และปราศจากโรคและแมลง ได้จากตลาดในท้องถิ่น อ.เสลภูมิ จ.ร้อยเอ็ด

2. การเตรียมวัตถุดิบ

2.1 การเตรียมหน่อไม้

1) นำหน่อไม้ตงที่มีอายุเก็บเกี่ยวทางการค้ามาทำ

การปอกเปลือก ตัดแต่งส่วนที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ และล้างทำความสะอาด

2) ทำการต้มด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที

3) นำหน่อไม้ตงที่ผ่านการต้มแช่ในน้ำเย็นทันที หลังจากนั้นทำการสับและปั่นให้ละเอียด เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

2.2 การเตรียมสารช่วยให้ความคงตัวหรือสารสำหรับยัดเกาะ

1) สารช่วยให้ความคงตัวหรือสารสำหรับยัดเกาะในการศึกษาครั้งนี้ใช้ แป้งข้าวหอมมะลิ ซื้อมาจากตลาดในท้องถิ่น อ.เมือง จ.มหาสารคาม

2) ทำการละลายแป้งข้าวหอมมะลิในน้ำที่อัตราส่วน แป้งข้าวหอมมะลิต่อน้ำที่อัตราส่วน 1 : 4 หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

3. การหาสูตรผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

การศึกษาค้นคว้าส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ จาก 3 ปัจจัย คือ หน่อไม้ร้อยละ 30-50 ปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิละเอียด ร้อยละ 30-50 และปริมาณไข่ไก่ร้อยละ 20-40 ตามลำดับ โดยกำหนดสูตรพื้นฐานดัง Table 1 จัดกรรมวิธีการทดลองแบบ Mixture design (Table 2) หลังจากนั้นทำการผสมและนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นขนาด 4x7x0.1 เซนติเมตร และอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส (organoleptic test) โดยศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้เพื่อหาสูตรที่ดีที่สุด ใช้ผู้บริโภคทั่วไปอายุตั้งแต่ 18-60 ปี จำนวน 100 คน โดยใช้ 9-point hedonic scale วัดคะแนนความชอบคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม ค่าคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ดังนี้ (Nicolas et al., 2010)

9	หมายถึง	ชอบมากที่สุด
8	หมายถึง	ชอบมาก
7	หมายถึง	ชอบปานกลาง
6	หมายถึง	ชอบเล็กน้อย
5	หมายถึง	เฉย ๆ
4	หมายถึง	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	หมายถึง	ไม่ชอบปานกลาง
2	หมายถึง	ไม่ชอบมาก
1	หมายถึง	ไม่ชอบมากที่สุด

สร้างสมการถดถอย quadratic canonical polynomial แบบ Scheffe ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Design expert version 6 จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยสร้างกราฟ contour plot ของค่าการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์

4. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุด

4.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay โดยดูค่าการละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์

3 มิลลิลิตร ลงในสารสกัดจากตัวอย่าง 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-visible spectrophotometer) ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร (Mokbel et al., 2005) เพื่อคำนวณหา % radical scavenging จากสมการ

$$\% \text{ DPPH radical scavenging} = [(X-Y)/X] \times 100$$

เมื่อ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง
X คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ control

4.2 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น CQXE/SAV-2 ตามระบบสีแบบ CIE system โดยแสดงค่าเป็น L* a* และ b* โดยทำการสุ่มตัวอย่างมา 3 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์ค่าสีแผ่นละ 3 ตำแหน่ง (Pathare et al., 2013)

L* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว)

a* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว

ค่า a เป็นบวกจะแสดงค่าสีแดง

ค่า a เป็นลบจะแสดงค่าสีเขียว

b* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน

ค่า b เป็นบวกจะแสดงค่าสีเหลือง

ค่า b เป็นลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน

4.3 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีประกอบด้วย ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร (AOAC, 2002)

4.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ประกอบด้วยปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2002) การวิเคราะห์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โดยเจือจางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 25 กรัมในสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.10 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำของเหลวปริมาตร 1 มิลลิลิตร ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้วไปทำการเจือจางต่อด้วยสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.10 หลอดละ 9 มิลลิลิตร ทำการเจือจางต่อเนื่องจนได้ระดับความเจือจาง (dilution) ที่ 10^{-5} ดูดตัวอย่างแต่ละค่าความเจือจางมา 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อ สำหรับการตรวจสอบปริมาณยีสต์ และรา เติมนครทาร์ทริก (ร้อยละ 10 w/v) 1.1 มิลลิลิตร (เพื่อป้องกันการเจริญของแบคทีเรีย) ในขวดอาหาร potato dextrose agar (PDA) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ส่วนการตรวจสอบ

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) ปล่อยอาหารเลี้ยงเชื้อให้มีอุณหภูมิลดลงจนถึง 42-45 องศาเซลเซียส เทอาหาร PDA และ PCA ลงในจานเลี้ยงเชื้อทุกจานทันที หมุนจานไป มาให้อาหารเลี้ยงเชื้อผสมเข้ากันกับตัวอย่าง ปล่อยทิ้งให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งและนำไปบ่ม สำหรับอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน ส่วนอาหาร PCA บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของยีสต์และราบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และแบคทีเรียบนจานอาหาร PCA ที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าความเจือจาง บันทึกผลและคำนวณปริมาณยีสต์และราต่อกรัมของอาหาร (cfu/g) และแบคทีเรียต่อกรัมอาหาร

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้จาก 3 ปัจจัย คือ หน่อไม้ร้อยละ 30-50 ปริมาณ แป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 30-50 และปริมาณไข่ไก่ร้อยละ 20-40 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อลดปริมาณหน่อไม้และแป้งข้าวหอมมะลิจะทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ที่ได้มีความชอบกลืน สี รสชาติ ลักษณะปรากฏ ความกรอบและความชอบโดยรวมสูงขึ้น (Table 3 และ Figure 1) การเติมไข่ไก่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีและกลิ่นดีขึ้น เมื่อพิจารณาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ในด้านกลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และความชอบโดยรวม โดยการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสใช้วิธี 9-point hedonic scale (Nicolas et al., 2010) ในการพิจารณาสูตรที่เหมาะสมเพื่อนำไปผลิตต่อไป จากการหาพื้นผิวตอบสนองขององค์ประกอบที่เหมาะสม (Figure 2) ภายใต้อุณหภูมิสูงสุดของแกนในการทำนายค่าความชอบโดยรวมสูงสุดของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ได้ค่าสูงสุดเท่ากับ 7.10 โดยใช้ปริมาณหน่อไม้ร้อยละ 31.40 ปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 30 และปริมาณไข่ไก่ร้อยละ 38.60 ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่ใช้ในการทำนายมีความเหมาะสม เนื่องจากผลที่ได้จากการทำนายสูตรที่ดีที่สุดและผลจากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบสูตรที่ดีที่สุดมีค่าใกล้เคียงกัน (Table 4) และสามารถนำสมการทำนายไปใช้ในการทำนายสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าการยอมรับด้านลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ได้ (Table 5) ซึ่งสมการในการทำนายสามารถใช้ปรับเปลี่ยนปริมาณของสูตรในส่วนผสมและสามารถทำนายผลทางประสาทสัมผัสได้

Table 1 The basic formula for developing snack product from edible bamboo shoots

Ingredient	Amount (g)	%
Seasoning	14	48.12
Sugar	10	34.36
Butter	5	17.18
Salt	0.1	0.34
Sum	29.1	100.00

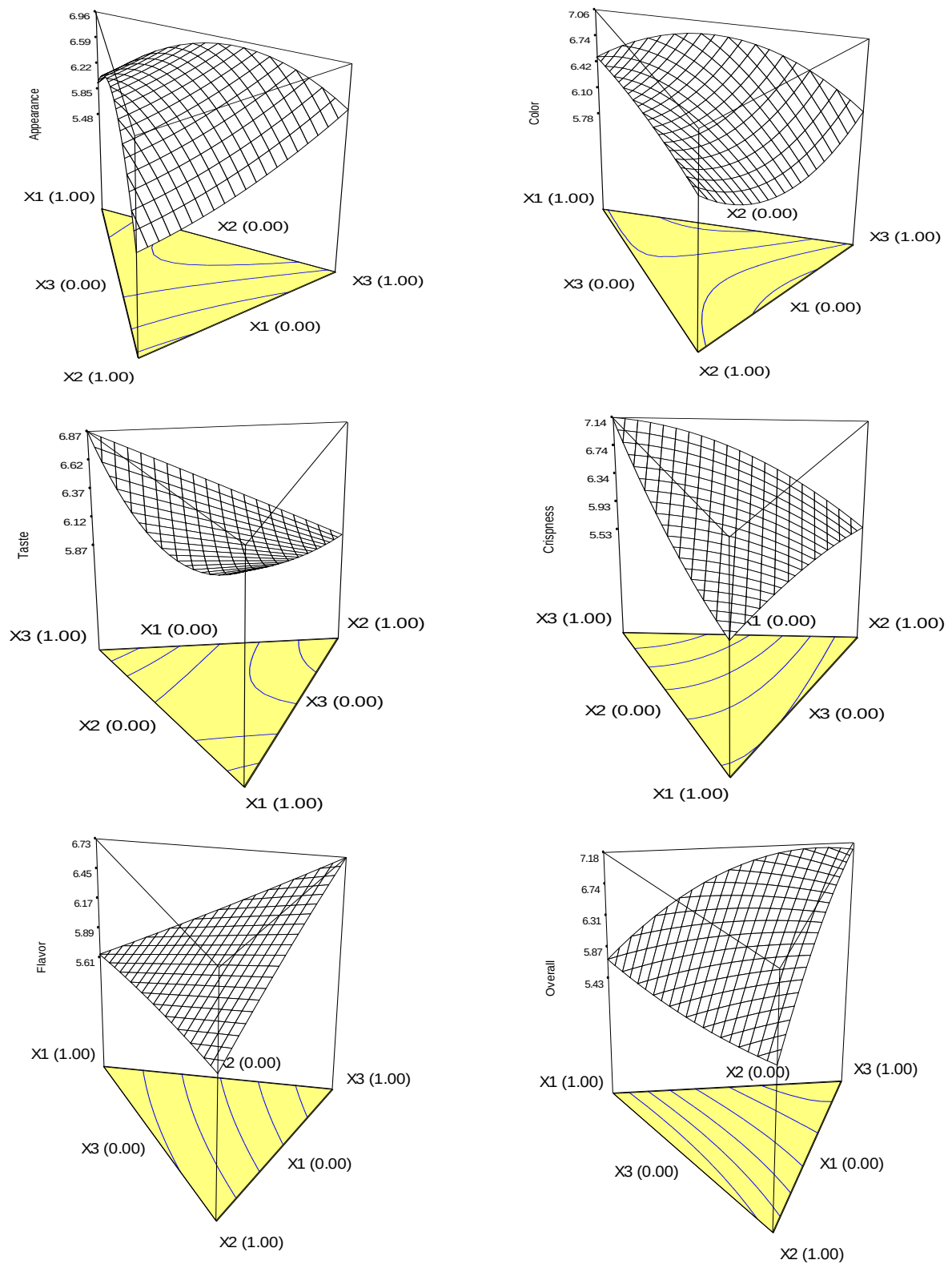


Figure 1 Response surface of organoleptic test of snack product from edible bamboo shoots.

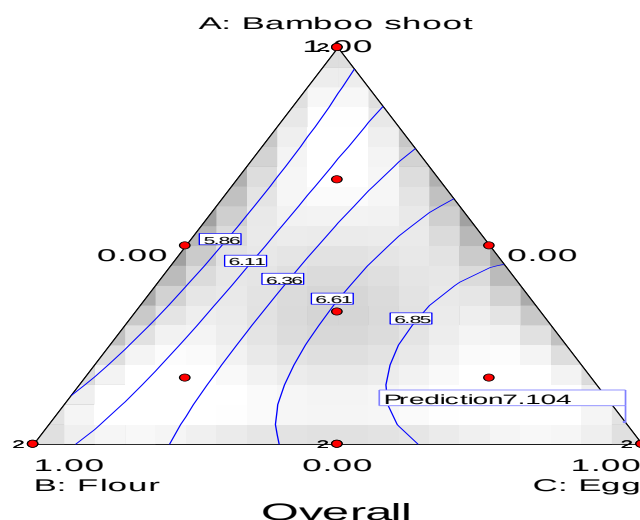


Figure 2 The score accepted at 7.10 of attribute sensory evaluation formula of snack product from edible bamboo shoots.

2. คุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุด

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้สูตรที่ดีที่สุด คือ การใช้ปริมาณหน่อไม้ แป้งข้าวหอมมะลิ และไข่ไก่ร้อยละ 31.40, 30.00 และ 38.60 ตามลำดับ ผลการศึกษพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้มีคุณค่าทางโภชนาการในด้านปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน โยอาหาร ความชื้น ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 54.09, 17.15, 9.42, 7.86, 6.52 และ 4.96 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Table 6) มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 54.96 ค่า a^* เท่ากับ 8.45 และค่า b^* เท่ากับ 21.04 ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีค่อนข้างสว่างจากการเติมส่วนผสมของหน่อไม้ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากเอนไซม์ เนื่องจากเอนไซม์ พอลิ ฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) ถูกทำลายไปในขั้นตอนการต้มหน่อไม้ในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ (Bal et al., 2011) และผลิตภัณฑ์มีสีออกสีน้ำตาล-เหลือง (Table 5) ในขณะที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging เท่ากับร้อยละ 51.65 ซึ่งสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงกว่าร้อยละ 50 นับว่ามีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งในระบบของอาหาร (food system) และร่างกายมนุษย์ (human body) ในระบบของอาหารนั้นจะมีส่วนช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันในอาหาร และกำจัดหรือลดอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นทุติยภูมิ (secondary state) ซึ่งจะมีส่วนช่วยรักษาคุณภาพของอาหารด้านต่าง ๆ เช่น เนื้อสัมผัส กลิ่นรส คุณค่าทางโภชนาการและการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารในระหว่างการแปรรูปและเก็บรักษา

นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโปรตีนและอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างโปรตีนและหมู่คาร์บอนิลของอนุพันธ์ลิพิด (Elias et al., 2008)

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้สูตรที่ดีที่สุดมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง (17.15 กรัมต่อ 100 กรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดอื่น ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหม่อนผสมลำไยชนิดแห้งมีปริมาณโปรตีน 7.50 กรัมต่อ 100 กรัม (Thamee et al., 2018) ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวกล้องงอกสังขยุดพทุลงมีปริมาณโปรตีน 8.28 กรัมต่อ 100 กรัม (Thongnok et al., 2023) ข้าวเกรียบเสริมส่วนเหลือทิ้งจากมันเทศมีปริมาณโปรตีน 9.94 กรัมต่อ 100 กรัม (Dornchai et al., 2023) นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ที่พัฒนาขึ้นยังมีปริมาณไขมันค่อนข้างต่ำ (6.52 กรัมต่อ 100 กรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดอื่น ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหม่อนผสมลำไยชนิดแห้งมีปริมาณไขมัน 8.12 กรัมต่อ 100 กรัม (Thamee et al., 2018) ขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งเสริมปลาชีวก้าวตากแห้งมีปริมาณไขมัน 8.12 กรัมต่อ 100 กรัม (Treeinthong et al., 2024)

ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราพบปริมาณน้อยกว่า 10 cfu/g ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมกรอบจากธัญชาติ (มอก. 1534-2541) ที่กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดพบได้ไม่เกิน 1×10^4 cfu/g ส่วนยีสต์และราพบได้ไม่เกิน 10 cfu/g (Thai Industrial Standards Institute, 2022)

Table 2 Variables (factors) used for mixture design of product

Coded- variable levels			Natural-variable levels		
Z ₁	Z ₂	Z ₃	X ₁ (Bamboo shoot, %)	X ₂ (Flour, %)	X ₃ (Egg, %)
0.00	0.50	0.50	30.00	40.00	30.00
1.00	0.00	0.00	50.00	30.00	20.00
0.00	0.00	1.00	30.00	30.00	40.00
0.67	0.17	0.17	43.40	33.40	23.40
0.50	0.00	0.50	40.00	30.00	30.00
0.17	0.17	0.67	33.40	33.40	33.40
0.33	0.33	0.33	36.60	36.60	26.60
1.00	0.00	0.00	50.00	30.00	20.00
0.00	0.00	1.00	30.00	30.00	40.00
0.50	0.50	0.00	40.00	40.00	20.00
0.00	1.00	0.00	30.00	50.00	20.00
0.00	0.50	0.50	30.00	40.00	30.00
0.17	0.67	0.17	33.40	43.30	23.40
0.00	1.00	0.00	30.00	50.00	20.00

Table 3 Organoleptic test of snack product from edible bamboo shoots

Coded- variable levels			Organoleptic test					
			Appearance	Color	Taste	Crispness	Flavor	Overall
30.00	40.00	30.00	5.77±0.92	5.73±1.08	6.40±0.56	6.74±0.78	6.35±0.58	6.77±0.85
50.00	30.00	20.00	5.96±0.65	6.50±0.64	6.68±0.84	5.93±0.82	5.67±0.76	5.92±0.74
30.00	30.00	40.00	6.40±0.74	6.23±0.98	6.87±0.96	7.12±0.94	6.75±0.92	7.14±1.02
43.40	33.40	23.40	6.50±0.68	6.67±0.54	6.47±0.82	5.63±0.80	5.70±0.90	6.34±1.08
40.00	30.00	30.00	7.00±0.54	6.86±0.76	6.40±0.86	6.20±0.76	6.21±0.84	6.80±0.86
33.40	33.40	33.40	6.17±0.98	6.23±0.86	6.47±0.64	6.45±0.98	6.42±1.04	6.93±0.72
36.60	36.60	26.60	6.60±1.02	6.53±0.94	6.30±0.52	6.18±1.06	6.17±0.86	6.53±0.80
50.00	30.00	20.00	5.96±0.62	6.50±0.70	6.63±0.80	5.93±0.80	5.67±0.58	6.47±0.64
30.00	30.00	40.00	6.40±0.78	6.23±0.86	6.87±0.98	7.07±0.72	6.70±0.64	7.10±0.72
40.00	40.00	20.00	6.47±0.96	6.37±0.82	6.23±1.04	6.07±0.90	5.82±0.68	5.56±0.68
30.00	50.00	20.00	5.43±0.57	6.33±0.70	5.96±0.90	5.64±0.96	5.74±0.90	5.87±0.70
30.00	40.00	30.00	5.75±0.76	5.73±0.78	6.40±0.84	6.74±0.72	6.28±0.82	6.67±0.96
33.40	43.30	23.40	6.37±0.90	6.40±0.80	5.93±0.76	6.09±1.02	6.03±0.78	6.42±0.90
30.00	50.00	20.00	5.45±0.85	6.33±0.98	5.84±1.02	5.56±0.84	5.94±0.98	6.07±0.78

Data is shown as mean values ± standard deviation and was obtained from one hundred panelists.

Table 4 Predicted and observed values for response variables of the suitable formula of snack product from edible bamboo shoots

Response variable	Critical values of independent variables			Stationary point	Predicted value	Observed value ^a
	X ₁	X ₂	X ₃			
	(Bamboo shoot, %)	(Flour, %)	(Egg, %)			
Overall	31.40	30.00	38.60	Maximum	7.10	7.20 ± 0.92

^aData is shown as mean values ± standard deviation and was obtained from one hundred panelists.

Table 5 Regression coefficients of predicted polynomial model for response variable

Organoleptic test	Equation	R ²
Appearance	Y = 5.95X ₁ + 5.48X ₂ + 6.35X ₃ + 3.33X ₁ X ₂ + 2.91X ₁ X ₃ – 0.57X ₂ X ₃ – 0.50X ₁ X ₂ X ₃	0.9167
Color	Y = 6.50X ₁ + 6.35X ₂ + 6.21X ₃ – 0.05X ₁ X ₂ + 1.85X ₁ X ₃ – 2.20X ₂ X ₃ + 6.04X ₁ X ₂ X ₃	0.9691
Taste	Y = 6.68X ₁ + 5.87X ₂ + 6.87X ₃ – 0.23X ₁ X ₂ – 1.72X ₁ X ₃ + 0.01X ₂ X ₃ + 0.19X ₁ X ₂ X ₃	0.9575
Crispness	Y = 5.82X ₁ + 5.61X ₂ + 7.14X ₃ + 1.04X ₁ X ₂ – 0.25X ₁ X ₃ + 1.59X ₂ X ₃ – 8.31X ₁ X ₂ X ₃	0.9439
Flavor	Y = 5.64X ₁ + 5.85X ₂ + 6.73X ₃ + 0.17X ₁ X ₂ – 0.08X ₁ X ₃ + 0.16X ₂ X ₃ – 0.01X ₁ X ₂ X ₃	0.9635
Overall	Y = 5.71X ₁ + 5.99X ₂ + 7.10X ₃ – 0.86X ₁ X ₂ + 1.56X ₁ X ₃ + 0.70X ₂ X ₃ + 5.80X ₁ X ₂ X ₃	0.9485

X₁ (Bamboo shoot), X₂ (Flour), X₃ (Egg).

Table 6 Chemical, physical, microorganism and antioxidant properties of snack product from edible bamboo shoots

Chemical, physical, microorganism and antioxidant properties		Content
Chemical properties		
	Carbohydrate (g/100g)	54.09±1.35
	Protein (g/100g)	17.15±0.94
	Fiber (g/100g)	9.42±0.56
	Moisture (g/100g)	7.86±0.62
	Lipid (g/100g)	6.52±0.40
	Ash (g/100g)	4.96±0.24
Physical properties		
Color		
	L	54.96±0.32
	a*	8.45±0.18
	b*	21.04±0.20
Antioxidant activity		
	DPPH radical scavenging (% inhibition)	51.65±1.80
Microorganism		
	Total plate count (cfu/g)	<10
	Yeast and mold (cfu/g)	<10

Data is shown as mean values ± standard deviation and was obtained from triplicate samples.

สรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้สูตรที่ดีที่สุดที่ผู้บริโภคให้การยอมรับคือ เมื่อใช้ปริมาณหน่อไม้ แบ่งข้าวหอมมะลิ และไข่ไก่ร้อยละ 31.40, 30.00 และ 38.60 ตามลำดับ ทำให้มีค่าความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.10 โดยผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการในด้านปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน โยอาหาร ความชื้น ไขมัน และเถ้าเท่ากับ 54.09, 17.15, 9.42, 7.86, 6.52 และ 4.96 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 54.96 ค่า a* เท่ากับ 8.45 และค่า b* เท่ากับ 21.04 ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging เท่ากับร้อยละ 51.65 ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราพบน้อยกว่า 10 cfu/g

References

Association Official Analytical Chemists (AOAC). (2002). *Official methods of analysis of AOAC International*. Maryland, United States: Gaithersburg.

Bal, L. M. Kar, A., Satya, S., & Naik, S. N. (2011). Kinetics of colour change of bamboo shoot slices during microwave drying. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(4), 827-833. doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02553.

Chalermksanyakorn, L. (2024). Industry analysis and outlook. *Kresearch*, 12, 1-6. (in Thai)

Chattiang, T., Nualkaekul, S., Kerdpi boon, S., Ingkasupart, P. & Supaphon, P. (2020). Characteristics of dried bamboo shoot stick and its rehydration. *Thai Science and Technology Journal*, 29, 850-864. (in Thai)

Dornchai, P., Phusoomta, R., Patatayo, O. & Thammapat, P. (2023). Development of rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect. *Prawarun Agricultural Journal*, 20(1), 11-1. doi: 10.14456/paj.2023.2. (in Thai)

Elias, R. J., Kellerby, S. S., & Decker, E. A. (2008). Antioxidant activity of proteins and peptides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(5), 430-441. doi: 10.1080/10408390701425615.

Goyal, R. K., & Singh, J. (2007). Consumer perception about fast food in India: An exploratory study. *British Food Journal*, 109(2), 182-195. doi: 10.1108/00070700710725536.

Harris, J. L., Bargh, J. A., & Brownell, K. D. (2009). Priming effects of television food advertising on eating behavior. *Health Psychology*, 28(4), 404-413. doi: 10.1037/a0014399.

Hess, J. M., Jonnalagadda, S. S., & Slavin, J. L. (2016). What is a snack, why do we snack, and how can we choose better snacks? A review of the definitions of snacking, motivations to snack, contributions to dietary intake, and recommendations for improvement. *Advances Nutrition*, 7(3), 466-475. doi: 10.3945/an.115.009571.

Kerver, J.M., Yang, E.J., Obayashi, S., Bianchi, L., & Song, W.O. (2006). Meal and snack patterns are associated with dietary intake of energy and nutrients in US adults. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(1), 46-53. doi: 10.1016/j.jada.2005.09.045.

Kusalaruk, W., & Limsangouan, N. (2015). Nutrition and nutraceutical of *Bambusa burmanica* gamble and *Thyostachys siamensis* gamble shoots. *Thai Agriculture Research Journal*, 33(2), 169-178. (in Thai)

Mahayotpanya, C., & Phoungchandang, S. (2015). Study of physical and chemical properties and desorption isotherms for bamboo shoots (*Dendrocalamus asper* Backer). *Proceedings of the 34th National Graduate Research Conference* (pp. 591-599). Khon Kaen, Thailand: Khon Kaen University. (in Thai)

- Mokbel, M., Saif, F., & Hashinaga, F. (2005). Antibacterial and antioxidant activities of banana (*Musa*, AAA cv. *cavendish*) fruits peel. *Asian Journal Biotechnology*, 2, 1-4. doi: <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2005.125.131>.
- Nicolas, L., Marquilly, C., & O'Mahony, M. (2010). The 9-point hedonic scale: Are words and numbers compatible?. *Food Quality and Preference*, 21(8), 1008-1015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.05.017>.
- Njike, V. Y., Smith, T. M., Shuval, O., Shuval, K., Edshteyn, I., Kalantari, V., & Yaroch, A.L. (2016). Snack food, satiety, and weight. *Advance Nutrition*, 7, 866-878. doi: 10.3945/an.115.009340.
- Pangaribowo, E. H. & Gerber, N. (2016). Innovations for food and nutrition security: Impacts and trends. *Food Systems*, 3, 41-64. doi: 10.1007/978-3-319-25718-13.
- Pakeechai, K., & Charoenphun, N. (2021). Bamboo shoot-processed food and the possibility of commercial production. *Thai Science and Technology Journal*, 29(5), 865-879. doi: 10.14456/tstj.2021.73. (in Thai)
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Said, F. A. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36-60. doi:10.1007/s11947-012-0867-9.
- Roxana, N. R., Veleşcu, I. D., Stoica, F., Usturoi, A., Arsenoaia, V. N., Crivei, I. C., et al. (2023). Application of agri-food by-products in the food industry. *Agriculture*, 13(8), 1-25. doi: 10.3390/agriculture13081559.
- Singhal, P., Bal, L., Satya, S., Sudhakar, P., & Naik, S. (2013). Bamboo Shoots: A novel source of nutrition and medicine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 517-534. doi: 10.1080/10408398.2010.531488
- Swinburn, B. A., Sacks, G., & Hall, K. D. (2011). The global obesity pandemic: Shaped by global drivers and local environments. *The Lancet*, 378(9793), 804-814. doi: 10.1016/S0140-6736(11)60813-1.
- Thamee, T., Intipunya, P., Noppakun, M., & Buntam, D. (2018). The study of optimum ingredients of mulberry mixed bar with longan. *Thai Agricultural Research Journal*, 36(3), 240-254. doi: 10.14456/thaidoa-agres.2018.19. (in Thai)
- Thongnok, S. (2023). Development of puffed snack made from Sungyod Phatthalung brown rice flour by extrusion process fortified with inulin. *Prawarun Agricultural Journal*, 20(1), 19-26. doi: 10.14456/paj.2023.3. (in Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. (2022). *Crispy cereal-based snacks (TIS 1534-2541)*. Bangkok, Thailand: Information and Communication Technology Center.
- Treeinthong, J., Samanros, A., & Wiriyaampaiwong, P. (2024). Product development of snack bar enriched with dried Thai river sprat (*Clupeichthys aesamensis*). *Prawarun Agricultural Journal*, 20(1), 96-105. doi: 10.14456/paj.2024.11. (in Thai)
- Wang, H., Gani, M.A. & Liu, C. (2023). Impact of snack food packaging design characteristics on consumer purchase decisions. *SAGE Journal*, 10, 1-15. doi: 10.1177/21582440231167.
- Yunchalad, M., Sathonsaowapark, S., & Supasri, R. (2007). Shoot processing of highland bamboo: Pickled bamboo shoot in fermented soybean. *Thai Journal of Forestry*, 26, 13-22. (in Thai)
- Yunchalad, M., Sathonsaowapark, S., Supasri, R., & Loawitool, N. (2007). Shoot processing of highland bamboo: Acidified bamboo shoot in hermetically sealed container. *Thai Journal of Forestry*, 26, 1-12. (in Thai)

Research article

Snack product development from by-product of edible bamboo shoots

Prempracha Dornchai¹ Suntorn Choksawatthanakit² Phanutat Sawadthaworn³
and Pornpisanu Thammapat^{4*}

¹*Program in Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajabhat Maha Sarakham University, Muang District, Maha Sarakham Province, 44000, Thailand*

²*Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Muang District, Maha Sarakham Province, 44000, Thailand*

³*Program in Management, Faculty of Management, Rajabhat Maha Sarakham University, Muang District, Maha Sarakham Province, 44000, Thailand*

⁴*Program in Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Muang District, Maha Sarakham Province, 44000, Thailand*

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 1 December 2024

Revised: 31 January 2025

Accepted: 3 March 2025

Online published: 2 May 2025

Keyword

Snack

Product development

By-product

ABSTRACT

This study aimed to develop a snack product from bamboo shoots by utilizing leftover bamboo shoot trimmings. The research evaluated the optimal proportions of bamboo shoots (30–50%), jasmine rice flour (30–50%), and eggs (20–40%) to determine consumer preferences among 14 formulations. The results showed that the best formulation consisted of 31.40% bamboo shoots, 30.00% jasmine rice flour, and 38.60% eggs, achieving the highest overall liking score of 7.10. The nutritional content per 100 grams of the product included carbohydrates (54.09 g), protein (17.15 g), dietary fiber (9.42 g), moisture (7.86 g), fat (6.52 g), and ash (4.96 g). In terms of physical properties, the product exhibited color values of L* 54.96, a* 8.45, and b* 21.04. The antioxidant activity, measured using the DPPH radical scavenging method, was 51.56%. Additionally, total microbial counts and yeast and mold levels were found to be less than 10 cfu/g. This research demonstrates the potential of utilizing leftover bamboo shoot trimmings to create a nutritious and consumer-accepted snack product.

*Corresponding author

E-mail address: Thammapat.p@gmail.com (P. Thammapat)

Online print: 2 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.6>



บทความวิจัย

การพัฒนาเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล

กานต์ จันทระ¹ ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์² ปานฤทัย พุทธทองศรี³ ชัยพลฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร⁴ สรินทร คุ่มเขต⁵ และชมภูนาฏ ชมภูพันธ์^{6*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

² สาขาวิชาวิศวกรรมการออกแบบและผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

³ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

⁴ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

⁵ สาขาวิชานาฏศิลป์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

⁶ กลุ่มวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 8 สิงหาคม 2567

แก้ไข: 22 พฤศจิกายน 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 27 มีนาคม 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 8 พฤษภาคม 2568

คำสำคัญ

เครื่องมือสกัด

มะม่วง

ระดับนาโนโมเลกุล

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล โดยนำส่วนสกัดหยาบ “เบต้าแคโรทีน” จากมะม่วงสุกโดยเฉพาะมะม่วงที่ไม่ผ่านการคัดเกรดส่งออกของจังหวัดเลย มาพัฒนาเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดนาโนเมตร ผลการศึกษาพบว่า เครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีขนาดเครื่องบริเวณฐาน 60 x 40 เซนติเมตร ความสูงรางสไลด์ 40 เซนติเมตร ประกอบด้วย 3 ใบวน ต้นกำลัง มอเตอร์ไฟฟ้า สปีดมอเตอร์ ขนาด 1500 วัตต์ ความถี่ 300 เฮิร์ต พร้อมชุดควบคุมความเร็ว (อินเวอร์เตอร์ ขนาด 1500 วัตต์) ชุดทำความร้อน ใช้เตาความร้อนแม่เหล็กไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต 2200 วัตต์ จากการศึกษาสมรรถนะของเครื่อง พบว่า ความเร็วรอบของเครื่องที่ 900 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่ดีที่สุด ในสภาวะการผลิตที่ประกอบด้วย 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เบต้าแคโรทีน จำนวนร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เติมหวีน 20 ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และเลซิติน ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ความเร็วรอบของเครื่องมีผลต่อการเกิดอิมัลชัน ซึ่งจะทำให้เบต้าแคโรทีนถูกห่อหุ้มอยู่ในหรือจับกับเลซิติน ทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลง สอดคล้องกับร้อยละการเกิดอิมัลชันที่พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบร้อยละการเกิดอิมัลชันจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ เครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุลที่สร้างขึ้น สามารถลดขนาดของอิมัลชันน้อยกว่า 200 นาโนเมตร ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของนาโนอิมัลชันที่ต้องอยู่ในช่วง 20-200 นาโนเมตร

บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะม่วง ประมาณ 994,087 ไร่ ในส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูกประมาณ 245,042 ไร่ หรือร้อยละ 24.65 ของพื้นที่ปลูกมะม่วงทั้งประเทศ พบมากที่สุดในจังหวัดเลย (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2018) ในปีการผลิต 2566/67 จังหวัดเลย มีพื้นที่เพาะปลูกมะม่วง 62,644 ไร่ ผลผลิตรวม 69,580 ตัน พันธุ์ที่นิยมปลูก คือ พันธุ์โชคอนันต์ เชียวสวย เชียวใหญ่น้ำดอกไม้ สีทอง ทองดำ มหาชนก เป็นต้น มีปริมาณผลผลิตมะม่วงออกมาสู่ตลาดมากในช่วงประมาณปลายเดือนเมษายน-มิถุนายน (Office of Provincial Commercial Affairs Loei, 2024) จากประสบการณ์ที่นักวิจัยเคยศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตมะม่วงของจังหวัดเลย พบประเด็นปัญหาสำคัญ คือมะม่วงที่ส่งขายในประเทศมีราคาค่อนข้างต่ำ หากต้องการราคาสูงต้องส่งขายตลาดต่างประเทศ ส่งผลให้มะม่วงที่ไม่ผ่านการคัดเกรดส่งออก ตกค้างอยู่ที่สถานที่รับซื้อมะม่วงเป็นจำนวนมาก ในขณะที่มะม่วงยังคงมีลักษณะทางกายภาพและคุณภาพดี แต่ถูกทิ้งเน่าเสียเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ และเป็นที่ขยายพันธุ์ของ

แมลงก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้ประกอบการได้กล่าวว่า มะม่วงที่ไม่ผ่านการคัดเกรดเหล่านี้ สามารถนำไปแปรรูปหรือนำไปแปรรูปได้โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำมะม่วงไม่ผ่านการคัดเกรดส่งออกที่ถูกทิ้งไว้ที่สถานรับซื้อมาสกัดสารสำคัญเพื่อสร้างมูลค่าให้สินค้าทางการเกษตรอีกทางหนึ่ง มะม่วงสุกประกอบด้วยเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของโปรวิตามินเอ จัดอยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบแคโรทีนอยด์ที่มากจากธรรมชาติยังควบคุมกระบวนการเผาผลาญอาหารของมนุษย์ ป้องกันโรคริ้วรอย โรคหัวใจและหลอดเลือด เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งหลายชนิด (Pakpot, 2019) จึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อาหารและเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมทางการเกษตร ผสมในอาหารสัตว์น้ำ และสัตว์ปีก (Phukasmas, 2015) จากกระแสความนิยมด้านสุขภาพที่ผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพและความงามตามวิถีธรรมชาติ ประกอบกับประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง พืชพันธุ์ไม้ที่

*Corresponding author

E-mail address: chomphunat@gmail.com (C. Chomphuphan)

Online print: XX May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.7>

หลากหลายเป็นข้อได้เปรียบต่อการตอบสนองกระแสความต้องการของผู้บริโภค การนำมาซึ่งที่ไม่ผ่านการคัดกรองของจังหวัดเลย มาสกัดสารสำคัญและพัฒนาเป็นนวัตกรรมเพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง และใช้ในระบบการเลี้ยงไก่เนื้อและไก่ไข่ จึงตอบโจทย์กระแสความนิยม ทั้งยังเป็นแนวทางแก้ปัญหาเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเลยได้อีกรูปแบบหนึ่ง

เทคนิคการสกัด (extraction) สารสำคัญในพืช ผัก ผลไม้ สมุนไพรชนิดต่าง ๆ เป็นเทคนิคในการแยกสารอินทรีย์ออกจากของผสม ตัวอย่าง โดยใช้กระบวนการที่เหมาะสม เช่น การสกัดแยกสารประกอบบางชนิดออกจากแหล่งผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ รวมทั้งการสกัดแยกสารผลิตภัณฑ์ออกจากของผสมหลังทำปฏิกิริยา (Athipornchai & Saeeng, 2015) เพื่อนำสารสำคัญที่ได้ไปพัฒนาเป็นอาหารเสริม ยา รักษาโรค หรือเครื่องสำอาง โดยนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการผลิต อย่างไรก็ตามพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มักออกฤทธิ์ได้ไม่นานและไม่เฉพาะเจาะจง ทั้งนี้เพราะการนำส่งสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ไปยังเป้าหมายที่ต้องการเป็นไปได้ยากเนื่องจากโมเลกุลเหล่านี้จะต้องนำส่งผ่านเยื่อกั้นชนิดต่างๆ ในร่างกาย และอาจเสียสภาพก่อนถึงอวัยวะเป้าหมายได้ (Crommelin et al., 2003) จึงต้องมีการพัฒนาระบบการนำส่งสารสำคัญที่เพิ่มการดูดซึมและการนำส่งสู่บริเวณเป้าหมาย การใช้อนุภาคนาโนเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้แก้ปัญหา โดยอนุภาคนาโนสามารถป้องกันโมเลกุลไม่ให้ถูกทำลายระหว่างนำส่ง ช่วยเพิ่มการซึมของโมเลกุลขนาดใหญ่ผ่านเยื่อเมือก และควบคุมการปลดปล่อยโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ถูกกักไว้ภายในอนุภาคได้ (Takeuchi et al., 2001) นาโนอิมัลชัน (nanoemulsion) หมายถึงระบบที่ประกอบด้วยสารลดแรงตึงผิว น้ำมันหอมระเหยและน้ำโดยทั่วไปจะมีขนาดอยู่ในช่วง 20-200 นาโนเมตร มีลักษณะโปร่งใส หรือโปร่งแสงเมื่อมองด้วยตาเปล่า เนื่องจากมีความคงตัวทางจลนศาสตร์สูง และมีการเคลื่อนไหวแบบบราวน์เนียน อีกทั้งเป็นระบบที่ไม่เป็นพิษ และไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง และเยื่อต่างๆ ในร่างกาย ในด้านการผลิตระบบนาโนอิมัลชันเป็นระบบที่ง่ายต่อการเพิ่มปริมาณการผลิตต้นทุนการผลิตต่ำ และมีความคงตัวสูง (Thirapong, 2018)

การสกัดสารสำคัญเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ สามารถผลิตได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องไฮไมจีในเซอร์ที่มีราคาสูง แต่ผลิตจากวิธีการเกิดอิมัลชันได้เอง โดยก่อกำเนิดระหว่างกวนส่วนผสมที่ประกอบด้วยน้ำมัน สารลดแรงตึงผิว และน้ำ วิธีการเกิดอิมัลชันได้เองสามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เนื่องจากทำได้ง่าย ต้นทุนต่ำ และใช้เพียงอุปกรณ์ปั่นผสมที่ความเร็วรอบไม่สูงนัก (Ariyaprakai, 2017) อย่างไรก็ตาม เครื่องไฮไมจีในเซอร์ที่มีขนาดและกำลังการผลิตต่ำ มักมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการใช้งาน เมื่อใช้ไปในระยะเวลาหนึ่งตัวเครื่องจะมีอุณหภูมิสูงจนไม่สามารถใช้งานต่อได้ ในขณะที่เครื่องขนาดใหญ่มีเทคโนโลยีและระบบควบคุมที่ใช้

ดีกว่าจะมีราคาสูงจนผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถนำมาใช้ในสถานประกอบการได้ งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุลที่ใช้ต้นทุนการพัฒนาไม่สูง แต่มีประสิทธิภาพในการผลิต โดยเทคนิคสำคัญที่ทำให้สารสำคัญอยู่ในรูปของนาโนโมเลกุลในงานวิจัยนี้ ได้แก่ water-in-oil ซึ่งจะอยู่ในรูปของ microemulsion ที่ถือว่าเป็นระดับนาโนโมเลกุล เป็นการนำส่วนสกัดหยาบเบตาแคโรทีนจากมะม่วงสุก มาพัฒนาเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดนาโนเมตรจากเครื่องที่สร้างขึ้น เพื่อนำสารสำคัญที่สกัดได้ไปประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง และกระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อและไก่ไข่ในจังหวัดเลยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. หลักการสร้างเครื่อง ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยมีหลักการคือเป็นเครื่องที่มีขนาดกะทัดรัด แข็งแรง ใช้งานง่าย วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างและซ่อมบำรุงหาได้ง่าย เหมาะสำหรับผู้ประกอบการในระดับวิสาหกิจชุมชนของจังหวัดเลย การออกแบบและสร้างเครื่องคำนึงถึงหลักการสำคัญที่ทำให้วัตถุดิบพืช ผัก ผลไม้และสมุนไพรในท้องถิ่นต่างๆ โดยเฉพาะมะม่วง ให้สารสกัดออกมาในลักษณะ water-in-oil ซึ่งจะอยู่ในรูปของ microemulsion โดยการพัฒนาเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล เพื่อสามารถนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้ในการทำเครื่องสำอาง และใช้ในระบบการเลี้ยงไก่เนื้อและไก่ไข่ในจังหวัดเลยต่อไป

2. การออกแบบและสร้างเครื่อง ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดการจัดสร้างเครื่องเริ่มจากการวางแผนและออกแบบเครื่องจักรตามกระบวนการทางด้านวิศวกรรมโดยเบื้องต้น คือ การวิเคราะห์ปัญหาและออกแบบเครื่องค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องและรูปแบบการทำงานวิจัย และทำการออกแบบเครื่องด้วยโปรแกรมการออกแบบ 3 มิติ Solid work และ SolidCAM ดังแสดงใน Figure 1

ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีขนาดของเครื่องบริเวณฐานขนาด 60 x 40 เซนติเมตร มีรางสไลด์ความสูง 40-70 เซนติเมตร สำหรับยึดมอเตอร์เคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งประกอบชุดใบกวน 3 แบบ ที่สามารถถอดออกจากตัวเครื่องได้ ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า สปินเดิลมอเตอร์ ขนาด 1,500 วัตต์ ความถี่ 300 เฮิร์ต ความเร็วรอบสูงสุด 18,000 รอบต่อนาที ถึงกวนรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ความจุถึง 6,280 มิลลิลิตร พร้อมชุดทำความร้อนและชุดตรวจวัดใช้ควบคุมอุณหภูมิของเหลวในถังให้อยู่ในระดับที่ต้องการ

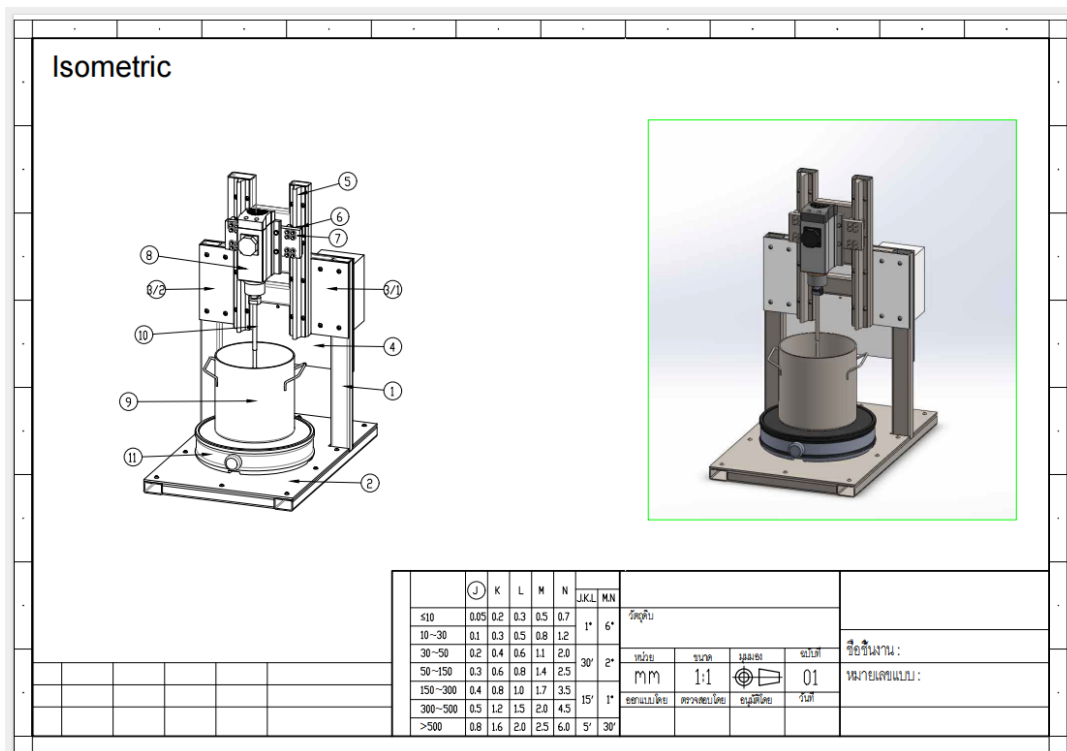


Figure 1 The designing of a machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles

3. การหาประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องทำให้อาหารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีกระบวนการศึกษา ดังนี้

1) ศึกษาความเร็วรอบของเครื่องทำให้อาหารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล และลักษณะของใบกวน จากปัญหาของการวิจัยที่พบว่า เครื่องโฮมोजิไนเซอร์ที่มีขนาดและกำลังการผลิตต่ำ ที่มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการใช้งาน เมื่อใช้ไปในช่วงเวลาหนึ่งตัวเครื่องจะมีอุณหภูมิสูงจนไม่สามารถใช้งานต่อได้ งานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมต่ออุณหภูมิของสปีนเดอร์มอเตอร์สำหรับทำให้อาหารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล รวมถึงเมื่อต้องการใช้งานในระดับชีวทิกซมชนที่เพิ่มปริมาณการผลิตต่อครั้งมากกว่าการทดลองในห้องปฏิบัติการ จึงมีการศึกษาลักษณะของใบกวนที่สามารถกวนสารที่เหมาะสมกับปริมาณความจุของสารละลาย จึงแบ่งการทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1: ศึกษาหาความเร็วรอบของมอเตอร์ต่ออุณหภูมิของมอเตอร์

แผนการทดลอง: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 5 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบของเครื่องปั่น จำนวน 5 ระดับ (ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที) ปัจจัยละ 3 ซ้ำ

การเก็บข้อมูล: บันทึกข้อมูล อุณหภูมิของมอเตอร์ที่เวลา 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 นาที ของแต่ละความเร็วรอบ โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ (Model: Benetech GM320)

ลักษณะที่ต้องการศึกษา: อุณหภูมิของมอเตอร์แต่ละความเร็วรอบในแต่ละช่วงเวลา

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 5 ปัจจัย (ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที)

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย The Duncan's New Multiple Range Tests (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998)

การทดลองที่ 2: ศึกษาหาชนิดของใบกวนต่อปริมาณความจุของสารละลาย

แผนการทดลอง: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 3 ปัจจัย คือ ชนิดของใบกวน จำนวน 3 ชนิด (spinning mixer, spiral mixer, bridges mixer) ปัจจัยละ 4 ซ้ำ ที่ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที

การเก็บข้อมูล: บันทึกข้อมูลปริมาณสารละลายที่บรรจุได้สูงสุดของใบกวนแต่ละชนิด ที่ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที

ลักษณะที่ต้องการศึกษา: ปริมาณสารละลายที่บรรจุได้สูงสุดของใบกวนแต่ละชนิด ในแต่ละความเร็วรอบ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 3 ปัจจัย (spinning mixer, spiral mixer, bridges mixer) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย The Duncan's New Multiple Range Tests (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998)

2) ศึกษาสมรรถนะของเครื่องในการทำให้อาหารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีการทดสอบประสิทธิภาพโดยการนำส่วนสกัดหยาบ “เบต้าแคโรทีน” จากมะม่วงสุก มาพัฒนาเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดนาโนเมตร โดยเฉพาะในระบบการทำให้อยู่ในรูป

ของไลโปโซมและอิมัลชัน เพื่อให้ได้ขนาดของอิมัลชันน้อยกว่า 200 นาโนเมตร มีรายละเอียดดังนี้

แผนการทดลอง: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 5 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบของเครื่องปั่น จำนวน 5 ระดับ (ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที) ปัจจัยละ 3 ซ้ำ

มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง: มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่ไม่ผ่านการคัดเกรดส่งออก ที่ถูกทิ้งไว้ที่สถานรับซื้อมะม่วง อำเภอปากชม จังหวัดเลย

การเก็บข้อมูล: เมื่อนำในสภาวะที่ประกอบด้วย 1000 ppm betacarotene จำนวน 10% w/w เติม tween 20 5% w/w เลซิทีน 1 % w/w ปรับปริมาตรให้ได้ 100 กรัมด้วยน้ำกลั่น นำมาทวนด้วยเครื่อง ใช้ใบกวน spinning mixer ด้วยความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แต่ละสภาวะศึกษาลักษณะของสารละลายอิมัลชัน ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH และร้อยละการเกิดอิมัลชันโดยคำนวณจากปริมาณเบต้า แคโรทีนก่อนและหลังการเกิดเป็นอิมัลชันที่ความเร็วรอบทั้งหมดข้างต้น นำมาศึกษาขนาดโมเลกุลด้วยกล้องจุลทรรศน์ รุ่น OLYMPUS CX23 กำลังขยาย 100 และศึกษาฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

ลักษณะที่ต้องการศึกษา: ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และร้อยละการเกิดอิมัลชัน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 5 ปัจจัย (ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย The Duncan's New Multiple Range Tests (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล ได้เครื่องต้นแบบ โครงสร้างเครื่อง มีขนาดของเครื่องบริเวณฐานขนาด 60 x 40 เซนติเมตร ทำจากเหล็กกล่องสแตนเลสสตีล 304 ขนาด 1 นิ้ว x 2 นิ้ว หนา 2.0 มิลลิเมตร พื้นทำจากสแตนเลสแผ่น 304 หนา 2.0 มิลลิเมตร ยึดรางสไลด์ความสูง 40-70 เซนติเมตร สำหรับจับยึดมอเตอร์ให้สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งได้ ทำจากสแตนเลสสตีลทั้งชุด มีรายละเอียดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1) ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า สปินเดิลมอเตอร์ ขนาด 1500 วัตต์ ความถี่ 300 เฮิร์ต ความเร็วรอบสูงสุด 18,000 รอบต่อนาที พร้อมชุดควบคุมความเร็ว (inverter ขนาด 1,500 วัตต์) สามารถควบคุมกำหนดระดับความเร็วรอบของสปินเดิลมอเตอร์ ได้ตามต้องการ

2) ชุดทำความร้อน ประกอบไปด้วย เตาความร้อนแม่เหล็กไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต 2,100 วัตต์ ให้ความร้อนแก่ถังบรรจุ และชุดตรวจวัด ใช้ควบคุมอุณหภูมิของของเหลวในถังให้อยู่ในระดับที่ต้องการ รวมถึงปลั๊กไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์ และชุดสายไฟต่าง ๆ ภายในเครื่อง

3) ชุดใบกวน ใบกวนทำจากสแตนเลสสตีล 304 ทั้งชุด ความสูงสำหรับชุดเพลลาที่ติดกับมอเตอร์ 30 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร ประกอบด้วย 3 ใบกวน (spinning mixer, spiral mixer, Bridges mixer) หมุนวนเข้มนาฬิกา จากมุมมองของมอเตอร์ที่มองลง

4) ถังปั่น ตัวถังสร้างจากสแตนเลสสตีล (Food Grade 304) ความหนาประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร ตัวถังความจุ 6,280 มิลลิลิตร ความสูง 20 เซนติเมตร ขอบรัศมีปากถังและก้นถัง 20 เซนติเมตร มีด้ามจับ 2 ข้าง รายละเอียดของเครื่องแสดงดัง Figure 2 และ Figure 3 เพื่อใช้ในการทดลองประสิทธิภาพต่อไป

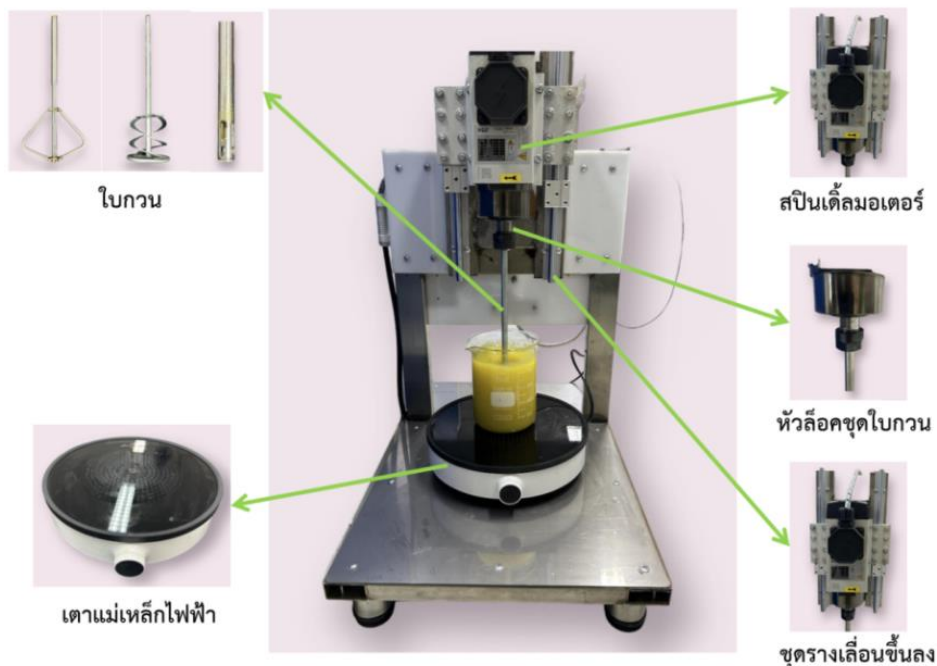


Figure 2 Front components of a machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles.

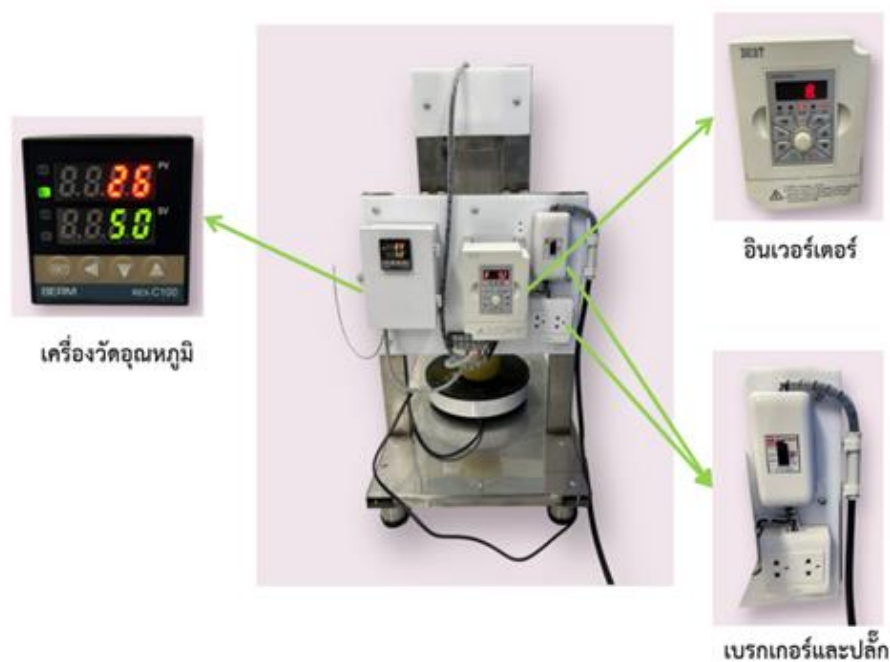


Figure 3 Rear components of a machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles.

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีผลการทดสอบประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

1) ผลการศึกษาลักษณะใบกวนและความเร็วรอบของเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุลแบ่งเป็น

การศึกษาค้นหาความเร็วรอบของมอเตอร์ต่ออุณหภูมิของมอเตอร์ จากผลการศึกษา พบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์มีผลกระทบต่ออุณหภูมิของมอเตอร์ โดยพบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ความเร็วรอบต่ำ 100 รอบต่อนาที จะมีอุณหภูมิของมอเตอร์สูงกว่าความเร็วรอบ 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที และอุณหภูมิของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการใช้งานเพิ่มขึ้น ผลการศึกษพบว่าเมื่อเครื่องทำงานเป็นเวลา 15 นาที อุณหภูมิของเครื่องที่ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 53.20, 31.00, 30.50, 30.00 และ 29.60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับเมื่อเครื่องทำงานเป็นเวลา 30 นาที (56.20, 35.40, 34.20, 34.10 และ 34.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ), 45 นาที (70.00, 36.30, 35.00, 36.00 และ 35.80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ), 60 นาที (76.00, 37.50, 36.20, 37.30 และ 37.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ), 75

นาที (80.00, 38.00, 37.90, 37.80 และ 37.60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ), 90 นาที (84.00, 38.50, 38.20, 38.10 และ 38.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ), 105 นาที (86.00, 38.80, 38.40, 38.30 และ 38.10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) และ 120 นาที (90.00, 39.00, 38.70, 38.40 และ 38.30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ดังแสดงใน Table 1

ศึกษาค้นหาชนิดของใบกวนต่อปริมาณความจุของสารละลาย จากผลการศึกษา พบว่า ใบกวนแบบที่ 1 (spinning mixer) สามารถกวนของเหลวได้ 6000 มิลลิลิตร (95.5%) เกือบเต็มความจุของภาชนะ ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที โดยไม่ทำให้ของเหลวกระเด็นออกนอกภาชนะแม้จะใช้ความเร็วเพิ่มขึ้น ใบกวนชนิดที่ 2 (spiral mixer) ใช้ความเร็วได้สูงสุดที่ 500 รอบต่อนาที ได้ปริมาณความจุของเหลว 500 มิลลิลิตร (7.96%) ส่วนใบกวนชนิดที่ 3 (bridge mixer) ใช้ความเร็วสูงสุดไม่เกิน 100 รอบต่อนาที ได้ปริมาณความจุของเหลว 500 มิลลิลิตร (7.96%) ทั้งนี้ ใบกวนกวนของเหลวจากตรงกลางไปสู่ขอบภาชนะ และทำให้ของเหลวกระเด็นออกนอกภาชนะได้ง่าย เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นการกระเด็นก็เพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งชนิดของใบกวนส่งผลต่อปริมาณความจุของสารละลาย แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ดังแสดงใน Table 2

Table 1 Effect of motor speed on motor temperature

Item	Motor speed (rpm)					P- Value
	100	300	500	700	900	
15 minute	53.20 ^a	31.00 ^b	30.50 ^b	30.00 ^b	29.60 ^b	0.0001
30 minute	56.20 ^a	35.40 ^b	34.20 ^b	34.10 ^b	34.00 ^b	0.0001
45 minute	70.00 ^a	36.30 ^b	35.00 ^b	36.00 ^b	35.80 ^b	0.0001
60 minute	76.00 ^a	37.50 ^b	36.20 ^b	37.30 ^b	37.00 ^b	0.0001
75 minute	80.00 ^a	38.00 ^b	37.90 ^b	37.80 ^b	37.60 ^b	0.0001
90 minute	84.00 ^a	38.50 ^b	38.20 ^b	38.10 ^b	38.00 ^b	0.0001
105 minute	86.00 ^a	38.80 ^b	38.40 ^b	38.30 ^b	38.10 ^b	0.0001
120 minute	90.00 ^a	39.00 ^b	38.70 ^b	38.40 ^b	38.30 ^b	0.0001

Remark: Means in the same row with different superscript letters are significantly different ($p < 0.01$).

Table 2 Effect of stirring blades type on solution capacity

Item	Stirring blades type			P- Value
	spinning mixer	Spiral mixer	Bridges mixer	
100 rpm	6000 ^a	2000 ^b	500 ^c	0.0001
300 rpm	6000 ^a	1000 ^b	0 ^c	0.0001
500 rpm	6000 ^a	500 ^b	0 ^c	0.0001
700 rpm	6000 ^a	0 ^b	0 ^c	0.0001
900 rpm	6000	0 ^b	0 ^c	0.0001

Remark: Means in the same row with different superscript letters are significantly different ($p < 0.01$).

2) สมรรถนะของเครื่องในการทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีการทดสอบโดยนำส่วนผสมยาบ “เบต้าแคโรทีน” จากมะม่วงสุก มาพัฒนาเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดนาโนเมตร

การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และร้อยละการเกิดอิมัลชัน จากผลการศึกษา พบว่าความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องในการทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และ ร้อยละการเกิดอิมัลชัน โดยพบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 900 รอบต่อนาที อิมัลชันมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีกว่าความเร็วรอบ 700, 500, 300 และ 100 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 8.98, 9.88, 10.06, 10.65 และ 24.25 ตามลำดับ และความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 900 รอบต่อนาที มีร้อยละการเกิดอิมัลชันสูงกว่าความเร็วรอบ 700, 500, 300 และ 100 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 33.52, 32.57, 29.81, 26.04 และ 10.02 ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 100 รอบต่อนาที เป็น 300 รอบต่อนาที อิมัลชันมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 300 รอบต่อนาที เป็น 700 และ 900 รอบต่อนาที อิมัลชันมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงเล็กน้อยไม่ชัดเจน แสดงให้เห็นว่าความเร็วรอบมีผลต่อการเกิดอิมัลชัน ซึ่งทำให้เบต้าแคโรทีนถูกห่อหุ้มอยู่ภายในหรือจับกับเลซิทีน ทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลง สอดคล้องกับร้อยละการเกิดอิมัลชันที่พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบร้อยละการเกิดอิมัลชันจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและร้อยละการเกิดอิมัลชันแสดงดัง **Table 3** และ **Table 4**

จากผลการศึกษา สามารถสรุปได้ว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ตั้งแต่ 300 รอบต่อนาทีขึ้นไป เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการปั่นสารละลาย เนื่องจากเมื่อมอเตอร์หมุนที่ความเร็วรอบสูง ใบพัดของระบบการระบายความร้อนที่ยึดติดกับแกนของมอเตอร์จะหมุนเร็วตามไปด้วย ทำให้ระบายความร้อนได้ดีกว่าความเร็วรอบต่ำ ส่วนความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 100 รอบต่อนาที จะทำให้อุณหภูมิของมอเตอร์สูงเนื่องจากใบพัดของระบบระบายความร้อนหมุนช้า ทำให้ระบายความร้อนออกจากมอเตอร์ได้ไม่ดีเท่ากับความเร็วยรอบที่สูง ความเร็วรอบของเครื่องที่ 900 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่ดีที่สุด ในสภาวะการผลิตที่ประกอบด้วย 1000 ppm betacarotene จำนวน 10% w/w เติม tween 20 5% w/w เลซิทีน 1 % w/w ปริมาณให้ได้ 100 กรัมด้วยน้ำกลั่น นำมากรวนด้วยเครื่อง ใช้ใบกวน spinning mixer เนื่องจากความเร็วรอบของเครื่องยิ่งสูงจะมีผลต่อการเกิดอิมัลชัน ซึ่งทำให้เบต้าแคโรทีนถูกห่อหุ้มอยู่ภายในหรือจับกับเลซิทีน ส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลง

เครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีหลักการออกแบบคือ มีขนาดกะทัดรัด แข็งแรง ใช้งานง่าย

วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างและซ่อมบำรุงหาได้ง่าย และเหมาะสำหรับผู้ประกอบการในระดับวิสาหกิจชุมชนเพื่อใช้ในการทำให้วัตถุดิบพืช ผัก ผลไม้และสมุนไพรในท้องถิ่นให้สารสกัดออกมาเพื่อไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุลที่สร้างขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด รวมทั้งลดระยะเวลาในการสกัดเนื่องจากเลือกใช้ใบกวน (impeller) เหมาะสมกับการใช้งาน การทำงานของใบกวนที่ยึดติดอยู่บนเพลาทาหน้าที่หมุนวนของเหลวเพื่อแลกเปลี่ยนสารตามความต้องการของกระบวนการผลิตลักษณะการไหลในถังผสมเป็น Axial flow กล่าวคือ ของเหลวถูกดูดและไหลในแนวแกนขนานกับเพล่า และใบกวนกลุ่มนี้ใช้เพิ่มการไหลของของเหลว (pumping capacity) เหมาะสำหรับการผสมของเหลวที่สามารถละลายเข้าด้วยกัน (blending) และการผสมของแข็งเข้ากับของเหลว (suspension) (Wannaphrom et al., 2020) ผลของการกรวนด้วยเครื่องที่ 700 rpm เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สามารถลดขนาดของอิมัลชันน้อยกว่า 200 นาโนเมตร มีปัจจัยที่สำคัญ คือการออกแบบความสัมพันธ์ระหว่างใบกวน ระยะเวลา และความเร็วในการหมุน สอดคล้องกับ Boonrong et al. (2020) ที่ศึกษาผลกระทบของปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการลดขนาดอนุภาคของเม็ดแป้งมันสำปะหลังมากที่สุด ผลการศึกษพบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการลดขนาดอนุภาคคือรูปแบบของใบพัด ตามด้วยความเร็วปลายใบพัด ชนิดของแป้งมันสำปะหลัง และความชื้นของแป้งมันสำปะหลัง ตามลำดับ เนื่องจากอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่ทำให้การผสมสารเป็นไปอย่างไม่ราบรื่น คือ ความหนืด เมื่อใดที่ทำการกรวนสารผสมที่มีความหนืดสูงขณะความเร็วกรวนสูง จะทำให้แรงต้านจากแรงเฉือนระหว่างใบพัดกวนสารกับสารผสมมากกว่าแรงที่ถูกส่งมาจากมอเตอร์ ส่งผลทำให้ความเร็วและประสิทธิภาพของเครื่องกวนสารลดลงไปด้วย ดังนั้น สมรรถนะที่ดีของเครื่องกวนสารถือเป็นสิ่งสำคัญ (Phuisaengpan, 2022) การจัดวางถังกวนและใบกวน ใช้รูปแบบ Top entry เครื่องกวนติดตั้งด้านบนเนื่องจากติดตั้งง่าย ประสิทธิภาพในการผสมของเหลวที่มีความหนืดต่างกัน ทำความสะอาดง่าย (Phaiwan, 2024)

การสร้างเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล อาศัยหลักการของเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (homogenizer) ทำให้สารที่เป็นองค์ประกอบในการผลิตรวมตัวเป็นอิมัลชันไม่แยกชั้น โดยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์จะทำให้เม็ดอนุภาคไขมันแตก เพื่อลดขนาดของเม็ดไขมันให้มีขนาดเล็กโดยเฉลี่ยต่ำกว่า 1 ไมครอน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดไขมันเกิด การรวมตัวกันเป็นชั้นของครีม และทำให้ส่วนผสมต่าง ๆ ละลายเป็นเนื้อเดียว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียดเนียน (Pornchaloempong, n.d.) โดยความเร็วรอบมีผลต่อการทำให้อนุภาคเล็กลง ซึ่งเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น สามารถปั่นเหวี่ยงได้ถึง 18,000 rpm สอดคล้องกับ Kongwan et al. (2017) ในการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพของเจลอิโนลิน เพื่อ

นำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้ก โดยการนำสารละลายอินูลิน ความเข้มข้นร้อยละ 20 มาผ่านกระบวนการโฮโมจิไนซ์เซชันที่ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 0 ไปเป็น 10,000 รอบต่อนาที และเก็บที่ อุณหภูมิ 10+1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการศึกษา พบว่าการเพิ่มความเร็วรอบในกระบวนการโฮโมจิไนซ์เซชันส่งผลให้เจลอินูลินมีขนาดอนุภาคที่เล็กลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับ Phromyothin et al. (2016) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของอนุภาคเฉลี่ยของอิมัลชันในระดับนัยสำคัญ แบ่งออกเป็นปัจจัยหลัก คือ ค่าความเร็วรอบในการปั่นเหวี่ยง (ค่าอุณหภูมิที่ใช้ขณะปั่นเหวี่ยง และปัจจัยร่วมของค่าความเร็วรอบกับอุณหภูมิที่ใช้ในการปั่นเหวี่ยง โดยความสัมพันธ์ของปัจจัยร่วมเป็นแบบแปรผกผันตรงกัน คือ ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที จะให้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของอิมัลชันเล็กที่สุด ที่อุณหภูมิขณะปั่นเหวี่ยงสาร ที่ 25 องศาเซลเซียส และที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที จะให้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของอิมัลชันเล็กที่สุด ที่อุณหภูมิขณะปั่นเหวี่ยงสาร ที่ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ นาโนอิมัลชันกักเก็บน้ำมันในน้ำที่มีขนาดอนุภาคเล็กระดับ 50–200 นาโนเมตร สามารถเตรียมได้โดยวิธีการเกิดอิมัลชันได้เอง สัดส่วนผสมที่เหมาะสมโดยประมาณประกอบด้วย สารลดแรง

ดึงผิวในปริมาณอย่างน้อย 10% โดยน้ำหนัก น้ำมัน 10% โดยน้ำหนัก และน้ำ 80% โดยน้ำหนัก กวนผสมด้วยความเร็วรอบ ~800 รอบต่อนาที เป็นเวลา~15 นาที (Ariyaprakai, 2017)

นาโนอิมัลชัน สามารถผลิตได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ที่มีราคาสูง หรือใช้พลังงานสูงในการออกแรงเฉือน แต่ผลิตจากวิธีที่เรียกว่าวิธีการเกิดอิมัลชันได้เอง โดยอิมัลชันสามารถก่อกำเนิดได้เองระหว่างกวนส่วนผสมที่ประกอบด้วยน้ำมัน สารลดแรงดึงผิว และน้ำ ทั้งนี้ วิธีการเกิดอิมัลชันได้เองเป็นวิธีที่น่าสนใจในการนำไปประยุกต์ใช้จริงในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เนื่องจากเป็นวิธีทำได้ง่าย ต้นทุนต่ำ และใช้เพียง อุปกรณ์ปั่นผสมที่ความเร็วรอบไม่สูงนัก (Ariyaprakai, 2017) เครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล สามารถช่วยแก้ปัญหา มะม่วงที่ไม่ผ่านการคัดเกรดส่งออกของจังหวัดเลย โดยนำมะม่วงที่ยังมีลักษณะทางกายภาพ และคุณภาพดี มาทำให้เกิดมูลค่า โดยใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเองที่ใช้งานง่าย ราคาถูก เหมาะสำหรับผู้ประกอบการในระดับวิสาหกิจชุมชน เพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง และกระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อและไก่ไข่ของจังหวัดเลยต่อไป

Table 3 Results of the study on the antioxidant activity and percentage of emulsification of machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles

Motor speed (rpm)	Property	Time	Result	Mean	Physical appearance
100	antioxidant activity DPPH (%)	1	23.12	24.25	
		2	25.28		
		3	24.35		
	% of emulsion formation	1	10.29	10.02	
		2	9.82		
		3	9.95		
300	antioxidant activity DPPH (%)	1	10.03	10.65	
		2	10.98		
		3	10.95		
	% of emulsion formation	1	25.38	26.04	
		2	26.08		
		3	26.68		
500	antioxidant activity DPPH (%)	1	10.35	10.06	
		2	9.94		
		3	9.89		
	% of emulsion formation	1	29.28	29.81	
		2	30.32		
		3	29.85		
		2	34.01		
		3	33.56		

Table 3 Results of the study on the antioxidant activity and percentage of emulsification of machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles (Continue)

Motor speed (rpm)	Property	Time	Result	Mean	Physical appearance
700	antioxidant activity DPPH (%)	1	9.92	9.88	
		2	9.78		
		3	9.95		
	% of emulsion formation	1	32.95	32.57	
		2	32.87		
		3	31.89		
900	antioxidant activity DPPH (%)	1	9.34	8.98	
		2	8.65		
		3	8.96		
	% of emulsion formation	1	32.99	33.52	
		2	34.01		
		3	33.56		

Table 4 Effect of rotational speed on antioxidant activity and emulsion formation

Item	Motor speed (rpm)					P- Value
	100	300	500	700	900	
antioxidant activity DPPH	24.25 ^a	10.65 ^b	10.06 ^{bc}	9.88 ^{bc}	8.98 ^c	0.0001
% of emulsion formation	10.05 ^e	26.05 ^d	29.82 ^c	32.57 ^b	33.52 ^a	0.0001

Remark: Means in the same row with different superscript letters are significantly different ($p < 0.01$).

สรุปผลการวิจัย

เครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล ที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดเรื่องอุณหภูมิของเครื่องที่สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการใช้งานมากขึ้นของเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ที่มีขนาดและกำลังการผลิตต่ำ รวมถึงออกแบบให้สามารถปรับใช้งานในระดับวิสาหกิจชุมชนที่เพิ่มปริมาณการผลิตต่อครั้งมากกว่าการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยการทำงานของเครื่องกวนที่ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที ใช้ใบพัดแบบ spinning mixer สามารถกวนสารได้ 24 ลิตรต่อชั่วโมง การปั่นกวนสามารถทำให้ส่วนสกัดหายจากมะม่วงสุกมีอนุภาคเล็กลงขนาดนาโนเมตร มีประสิทธิภาพที่สุดในสภาวะการผลิตที่ประกอบด้วย 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เบต้าแคโรทีน จำนวนร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เติมน้ำตาล 20 ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และเลซิติน ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก สามารถลดขนาดของอิมัลชันน้อยกว่า 200 นา

โนเมตร ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของนาโนอิมัลชันที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง และกระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อและไข่ ที่ต้องอยู่ในช่วง 20-200 นาโนเมตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 (รหัสข้อเสนอการวิจัย 65A152000005 รหัสโครงการ 172527) โดยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ผู้เขียนขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย สำหรับอุปกรณ์และสถานที่สำหรับใช้ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

References

- Ariyaprakai, S. (2017). Nanoemulsion production by simple and low energy method. *Food and Applied Bioscience Journal*, 5(3), 155–164. (in Thai)
- Athipornchai, A., & Saeeng, R. (2015). *Bioactive compounds from plants in the genus tabernaemontana* (Research reports). Chonburi, Thailand: Faculty of Science, Burapha University. (in Thai)
- Boonrong, W., Siwadamrongpong, S., & Rooppakhun, S. (2020). Parameters affecting particle size reduction of tapioca starch in drying process. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 30(1), 60–70. (in Thai)
- Crommelin, D. J. A., Storm, G., Jiskoot, W., Stenekes, R., Mastrobattista, E., & Hennink, W. E. (2003). Nanotechnological approaches for the delivery of macromolecules. *Journal of Controlled Release*, 87, 81–88. doi: 10.1016/s0168-3659(03)00014-2.
- Kongwan, S., Waidecha, S., & Teepat, P. (2017). Modification of physical properties of inulin gel with homogenization for using as a fat replacement in butter cake product. *Naresuan University Journal Science and Technology*, 25(3), 89–101. (in Thai)
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2018). *Land use zone for mango economic crops*. Accessed July 1, 2024. Retrieved from https://webapp.ddd.go.th/lpd/node_modules/img/Download/zonmap/zonmap1/mango.pdf. (in Thai)
- Office of Provincial Commercial Affairs Loei. (2024). *Office of Provincial Commercial Affairs Loei, go to the area to survey and follow up and evaluate production situation and marketing of mangoes, production year 2023/24*. Accessed July 1, 2024. Retrieved from <https://loeimoc.go.th/th/content/category/detail/id/161/iid/34259>. (in Thai)
- Pakpot, W. (2019). *Chemical composition of mango “Nam Dok Mai No. 4” peels and brownie product development*. (Master’s thesis). Pathum Thani, Thailand: Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology. (in Thai)
- Phaiwan, P., Lonkunthos, N., Wannakayont, A., & Sitthichantsen, T. (2024). Development of prototype semi-automatic chitosan stirrer for community. *Journal of Social Science and Cultural*, 8(7), 1–12. (in Thai)
- Phromyothin, D., Chutipaijit, S., Hoangkamhaeng, N., Charoenkul, K., & Chanthawong, D. (2016). *Preparation and characterization of nanoemulsion from natural products*. (Research reports). Bangkok, Thailand: College of nanotechnology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Phuisaengpan, P. (2022). *The operation controlling of portable agitator using closed loop control system*. (Master’s thesis). Mahasarakham, Thailand. Department of electrical and computer engineering, Mahasarakham University. (in Thai)
- Phukasmas, U. (2015). Carotenoid: color compound in food. *Food Journal*, 45(2), 47–49. (in Thai)
- Pornchaloempong, P. (n.d.). *Homogenizer*. Accessed July 1, 2024. Retrieved from <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1026/homogenizer>. (in Thai)
- SAS. (1998). *SAS/STAT user’s guide*. North Carolina: SAS Institute Inc.
- Steel, J. C., & J. H. Torrie. (1980). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach* (2nd Ed.). New York: Mc Graw-Hill Book Co.
- Takeuchi, H., Yamamoto, H., & Kawashima, Y. (2001). Mucoadhesivenanoparticulate systems for peptide drug delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 47(1), 39–54. doi: 10.1016/S0169-409X(00) 00120-4.
- Thirapong, S. (2018). *Development of Angelica sinensis extractin nanoemulsion form*. (Master’s thesis). Pathum Thani, Thailand: College of Oriental Medicinegraduate School, Rangsit University. (in Thai)
- Wannaphrom, W., Kerdachchan, C., Salee, S., Lertbuaban, P., Siruang, S., Kittiworachet, W., & Salee, N. (2020). *Semi-automatic of pasteurization and curd production for Feta cheese processing*. (Research reports). Bangkok, Thailand: Royal Project Foundation. (in Thai)

Research article

The development of a machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles

Kan Jantara¹ Yutthasin Chaisit² Panruethai Putthongsri³ Chaiyapruet Hongladdaporn⁴ Sarinthorn Khumkhat⁵ and Chomphunat Chomphuphan^{6*}

¹Industrial Management Engineering Program, Faculty of Industrial Technology, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei Province, 42000 Thailand

²Design & Production Engineering Program, Faculty of Industrial Technology, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei Province, 42000 Thailand

³Chemical Program, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei Province, 42000 Thailand

⁴Animal Science Program, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei Province, 42000 Thailand

⁵Dramatic arts Program, Faculty of Education, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei Province, 42000 Thailand

⁶Educational technology and innovation Division, Faculty of Education, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei, 42000 Thailand

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 8 August 2024

Revised: 22 November 2025

Accepted: 27 March 2025

Online published: 8 May 2025

Keyword

extraction tools

mango

nano-molecular level

ABSTRACT

This study aims to develop extraction tools and synthesize key bioactive compounds from mangoes at the nano-molecular level. Beta-carotene was extracted from ripe mangoes, particularly those that failed to meet export standards in Loei Province and was subsequently processed into a nano-sized formulation. The extraction system developed in this study consists of a machine with a base area of 60 × 40 cm and a slide rail height of 40 cm, equipped with three stirring blades. It is powered by a 1500-watt, 300-Hz electric spindle motor, a 1500-watt inverter for speed control, and a 220-volt, 50-Hz, 2200-watt electromagnetic heating element. Performance evaluation revealed that the optimal rotational speed for the system was 900 rpm. Under production conditions using 1000 ppm beta-carotene at 10% w/w, with 5% w/w Tween 20 and 1% w/w lecithin, it was found that mixing speed significantly influenced emulsion formation. Increased speed promoted the encapsulation of beta-carotene with lecithin, which corresponded to a reduction in antioxidant activity. This result aligned with the trend of higher emulsion formation percentages at increased rotational speeds. The developed machine successfully transformed mango-derived active compounds into nanoemulsions with droplet sizes below 200 nanometers, meeting the standard nanoemulsion size range of 20–200 nanometers.

*Corresponding author

E-mail address: chomphunat@gmail.com (C. Chomphuphan)

Online print: 8 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.7>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ผลของระบบการเพาะเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนต่อค่าโลหิตวิทยา คุณภาพน้ำและสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*)

นิชนันท์ ชูเกิด¹ พุทธพร พุ่มโรจน์¹ และ สุขสันต์ ชำคัง^{1*}

¹สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี 70150 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 15 พฤศจิกายน 2567

แก้ไข: 12 มกราคม 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 11 เมษายน 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 13 พฤษภาคม 2568

คำสำคัญ

ปลานิลแดง

ระบบน้ำหมุนเวียน

การเปลี่ยนถ่ายน้ำ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระบบการเลี้ยงที่มีการถ่ายน้ำ (Change fish tank water; CFT) กับระบบการเลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียน (Recirculating aquaculture systems; RAS) จำนวน 6 บ่อต่อระบบการทดลองในปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 10.20 ± 0.05 g จำนวนตัว 12 ตัวต่อบ่อระยะเวลาการเลี้ยง 60 วัน ต่อการเจริญเติบโต (น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย; FBW, น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน; ADG, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ; SGR, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก; FCR, และอัตราการรอด; SR) โลหิตวิทยา (ค่าเม็ดเลือดแดง; RBC, ฮีโมโกลบิน; Hb, ฮีมาโตคริต; Ht, กลูโคส; Glu, ไตรกลีเซอไรด์; TG, โปรตีนรวม; TP) คุณภาพน้ำ (แอมโมเนีย; NH_3 , ไนโตร; NO_2^- , ไนเตรต; NO_3^- , Total bacteria; *Vibrio* spp.; Yeast and fungi และ ปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ (The total suspended solids; TSS) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระบบ RAS สามารถเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโต FBW ที่ระดับ 95.46 ± 4.72 g; ADG 1.59 ± 0.08 g/day; SGR 3.89 ± 0.07 %/day; FCR 1.56 ± 0.07 ; และ SR 97.5 ± 2.74 % ค่า Ht ที่ระดับ 26.26 ± 1.10 % และ TP 35.86 ± 1.38 g/L สูงกว่าระบบ CFT ($p < 0.05$) ที่มีค่า Ht และ TP อยู่ที 23.08 ± 1.22 % และ 32.57 ± 0.34 g/L ตามลำดับ ขณะที่ค่าคุณภาพน้ำ NO_3^- และ TSS ระบบ RAS ต่ำกว่าระบบ CFT ($p < 0.05$) โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในน้ำทั้งระบบ CFT และ RAS ($p > 0.05$) ดังนั้นการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงแบบ RAS สามารถเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตราการรอด โดยระบบการเพาะเลี้ยงแบบ RAS สามารถลดระดับ NO_3^- TSS และปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง โดยไม่มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยง

บทนำ

ระบบการเลี้ยงปลาแบบน้ำหมุนเวียน (Recirculation Aquaculture System; RAS) มีรายงานการเริ่มต้นเลี้ยงเมื่อช่วงตั้งแต่ประมาณคริสต์ศักราช 1950 ในระบบการเพาะเลี้ยงปลาแคร์ฟ (*Cyprinus carpio*) ปลาเทราต์ (*Oncorhynchus mykiss*) รวมถึงปลาคูเทต (*Clarias gariepinus*) (Dalsgaard et al., 2013) เป็นรูปแบบการจัดการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่เน้นรูปแบบการจัดการ การเพาะเลี้ยงโดยการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ (Lal et al., 2024) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำแบบฉับพลัน ลดการสูญเสียสารอาหาร สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและควบคุมคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Xue et al., 2022) ซึ่งรูปแบบการจัดการระบบการเพาะเลี้ยงขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของปลาที่เลี้ยง (Taufik et al., 2024; Zhao et al., 2022) โดยการจัดการระบบสามารถลดของเสียจากบ่อเพาะเลี้ยงและการปนเปื้อนสำหรับบ่อเลี้ยงที่ใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำให้เกิดการตกตะกอนของของแข็งที่ไม่ละลายน้ำทั้งหมด เพิ่มกระบวนการกำจัดของเสียในระบบโดยการออกซิโดส์อนุกรมแอมโมเนียให้เป็นสารประกอบไนไตรต์หรือไนเตรต

(Malone & Pfeiffer, 2006; Emparanza, 2009) ที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ระบบการเพาะเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนสามารถประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย (Aich et al., 2020) โดยเฉพาะสัตว์น้ำเศรษฐกิจกลุ่มกุ้งรวมทั้งปลาน้ำจืดและปลาทะเล เช่น กุ้ง (Shrimp), ปลาสเตอร์เจียน (Sturgeon), ปลาเก๋า (Grouper), ปลาเทราต์ (Trout), ปลาเทอร์บอต (Turbot), ปลาโซล (Sole), ปู (Crab), ปลาแซลมอน (Salmon), ปลากระพงขาว (Seabass), ปลาปักเป้า (Pufferfish), ปลิงทะเล (Sea cucumber) และ ปลานิล (Nile tilapia) (Mugwanya et al., 2020) โดยระบบการเพาะเลี้ยงแบบ RAS มีผลต่อการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำโดยการรักษาคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยงไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมีผลต่อการลดความเครียดของปลาระหว่างการเลี้ยงและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของสัตว์น้ำ (Li et al., 2019; Cacho et al., 2020) การศึกษาในปลาเทราต์ (Rain brow trout; *Oncorhynchus mykiss*) ที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนสามารถควบคุมปริมาณผลผลิตให้คงที่ตามที่ต้องการได้มากกว่าระบบการเพาะเลี้ยงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (Roque d'Orbcastel et al., 2009; Docan et al., 2011) การศึกษาใน

*Corresponding author

E-mail address: suksankum@mcru.ac.th (S. Kumkhong)

Online print: 13 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.8>

ปลาซีบริม (Seabream; *Sparus aurata*) ปลาตุ๊กตากลม (Catfish; *C. macrocephalus* x *C. gariepinus*) การใช้ระบบน้ำหมุนเวียนสามารถควบคุมคุณภาพน้ำให้คงที่และมีผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาตุ๊กตากลมและปลาซีบริม (Arechavala-Lopez et al., 2020; Atse et al., 2009) การศึกษาในปลานิล (Nile tilapia; *Oreochromis niloticus*) ระบบการเพาะเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลานิลเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการเพาะเลี้ยงแบบเดิม (Arredondo-Figueroa et al., 2015) ในขณะที่ปลาคาร์พระบบการเพาะเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนสามารถควบคุมคุณภาพน้ำให้มีการตกตะกอนของของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ ลดความเป็นพิษของแอมโมเนียและเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นสารประกอบกลุ่มไนไตรท์หรือไนเตรตในระบบการเลี้ยง (Jelkic et al., 2012; Nuwansi et al., 2017) อย่างไรก็ตามรูปแบบการจัดการระบบการเพาะเลี้ยงแบบ RAS ยังคงมีต้นทุนค่าใช้จ่ายของระบบในการจัดการให้มีความเหมาะสมกับสัตว์น้ำที่ทำการเพาะเลี้ยงแต่ละชนิด (Badiola et al., 2018) โดยเฉพาะเรื่องของการกำหนดปริมาณการผลิตให้มีระดับใกล้เคียงกับรูปแบบการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม ทำให้ต้นทุนของสัตว์น้ำที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนยังคงมีราคาสูง แต่ยังสามารถจำหน่ายได้ในราคาที่เทียบเท่ากับรูปแบบการผลิตแบบดั้งเดิม (Hakuć-Blazowska et al., 2024) โดยเฉพาะช่วงการอนุบาลลูกปลาที่ต้องอาศัยการจัดการด้านอาหาร การควบคุมคุณภาพน้ำรวมถึงปริมาณผลผลิตเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการก่อนการเลี้ยงต่อเป็นปลาเนื้อที่ส่วนใหญ่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างแพร่หลาย (FAO, 2020)

ปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมบริโภค เนื่องจากเป็นปลาที่มีรสชาติดี สามารถประกอบเมนูอาหารบริโภคได้หลากหลาย (FAO, 2020) อีกทั้งยังมีสีสันที่ดึงดูดผู้บริโภค (Behrends et al., 1982) โดยรูปแบบการเลี้ยงปลานิลแดงส่วนใหญ่นิยมการเลี้ยงในระบบบ่อดิน การเลี้ยงแบบบ่อซีเมนต์ รวมถึงรูปแบบการเพาะเลี้ยงแบบกระชังลอยน้ำในแม่น้ำ เนื่องจากเป็นปลาที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี มีความต้านทานโรคสูง (Dey & Gupta, 2000) อย่างไรก็ตามระบบการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมยังมียieldต่อปริมาณผลผลิตไม่แน่นอน โดยในช่วงปี พ.ศ. 2564-2566 ปริมาณผลผลิตปี พ.ศ. 2564 เฉลี่ยอยู่ที่ 253,489 ตัน ปี พ.ศ. 2565 มีปริมาณผลผลิตที่ 269,394 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.90 ในขณะที่ปี พ.ศ. 2566 ปริมาณผลผลิตมีแนวโน้มลดลงเหลือเพียง 266,480 ตัน ลดลงร้อยละ 1.08 (Department of Fisheries, 2023) จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อปริมาณการผลิตปลานิลแดงเพื่อการค้า (Sakunphun et al., 2024) รูปแบบการจัดการระบบการเลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนสำหรับเลี้ยงปลานิลแดงสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการผลิตและการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงเชิงพาณิชย์และการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ในสาขาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่มีผลต่อรูปแบบการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิลแดง (Zhao et al., 2022) เพื่อให้สามารถเพิ่มผลผลิตปลานิลแดงให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบการเลี้ยงที่มีการถ่ายเทน้ำ (Change fish tank water; CFT) กับระบบการเลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียน (Recirculating aquaculture systems; RAS) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต สุขภาพ และการ

เปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษาเปรียบเทียบระบบการเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) ถูกออกแบบให้มีความเหมาะสมตามหลักจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลองมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง เลขที่อนุญาตใช้สัตว์ AS6611010 ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) เพื่อทดสอบความแตกต่างของผลการเลี้ยงปลานิลแดง 2 ระบบประกอบด้วย 1) ระบบการเลี้ยงที่มีการถ่ายเทน้ำ (Change fish tank water; CFT) 2) ระบบการเลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียน (Recirculating aquaculture systems; RAS) จำนวนชุดการทดลองละ 6 ชุด (ทั้งหมด 12 บ่อการทดลอง) เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำสำหรับปลาทุกชนิด (โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30%) ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง/วัน (เวลา 10.00 น. และ 16.00 น.) ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติที่ระดับการให้อาหาร 5% ของน้ำหนักตัว/มื้ออาหาร ทำการเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาการเลี้ยงที่ 30 วัน (Timing-I) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลาการเลี้ยงที่ 60 วัน (Timing-II)

การเตรียมปลาทดลอง

นำปลานิลแดงจากฟาร์มปลาเอกชนเชิงพาณิชย์ในท้องถิ่น (น้ำหนักตัวเฉลี่ย 8.08 ± 0.09 g) เลี้ยงเพื่อปรับสภาพปลาในบ่อขนาดความจุ น้ำ 800 L (กว้าง 1.0 m x ยาว 1.0 m x ลึก 0.8 m) เป็นระยะเวลา 14 วัน เพื่อปรับสภาพปลาให้คุ้นชินกับสภาพแวดล้อมของการเลี้ยงก่อนทำการสุ่มปลาเพื่อชั่งน้ำหนักจำนวน 12 ตัวต่อบ่อ (ปลาทั้งหมด 144 ตัว) น้ำหนักตัวปลาเริ่มต้นเฉลี่ย 10.20 ± 0.05 g เลี้ยงในถังวงกลมขนาดความจุ 100 L (กว้าง 0.58 m x ลึก 0.45 m) ที่มีระบบเติมน้ำเพื่อควบคุมระดับน้ำให้คงที่ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

การเตรียมบ่อทดลอง

ระบบการเลี้ยงในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ระบบ (จำนวน 6 บ่อต่อระบบการเลี้ยง) โดยติดตั้งระบบเดิมอากาศในถังเลี้ยงปลาด้วยเครื่องเติมอากาศ (LP-100) ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยแบ่งระบบการเลี้ยงประกอบด้วย 1) ระบบ CFT โดยถ่ายน้ำทุก ๆ 7 วัน ปริมาตร 30 % ของน้ำทั้งหมดและทำการจดบันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยง 2) ระบบ RAS ที่มีการควบคุมอัตราการไหลแบบคงที่ (อัตราการไหล 10 LPM) ในระบบไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยมีการติดตั้งลูกลอยสำหรับเติมน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำให้คงที่ในระบบการเลี้ยง ติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณน้ำในระบบการเลี้ยงเพื่อบันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบจากถังพักน้ำที่มีขนาดความจุ 2,000 L ติดตั้งจุดน้ำล้นและพันตาข่ายอวนมุ้งในลอนสีฟ้าขนาด 16 ตาต่อนิ้ว (ขนาด 10 cm x 10 cm) บุบริเวณจุดน้ำล้นเพื่อป้องกันอาหารล้นออกนอกถังเลี้ยง ระบบ RAS มีการรวมน้ำล้นจากถังเลี้ยงเพื่อกรองกับระบบชุดกรองน้ำที่ประกอบด้วย 1) ถังกรองตะกอน (Mechanical filtration tank) ที่มีการใส่ตาข่าย เม็ดพลาสติกขนาดเล็กที่ทำเป็นรูปแฉกเพื่อสร้างพื้นที่ให้แบคทีเรีย (Moving-bed bioreactor tank) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนเตรทและ 2) ถังกรองชีวภาพ (Biological filter tank) ก่อนเวียนน้ำเข้าสู่ระบบการเลี้ยงดัง Figure 1

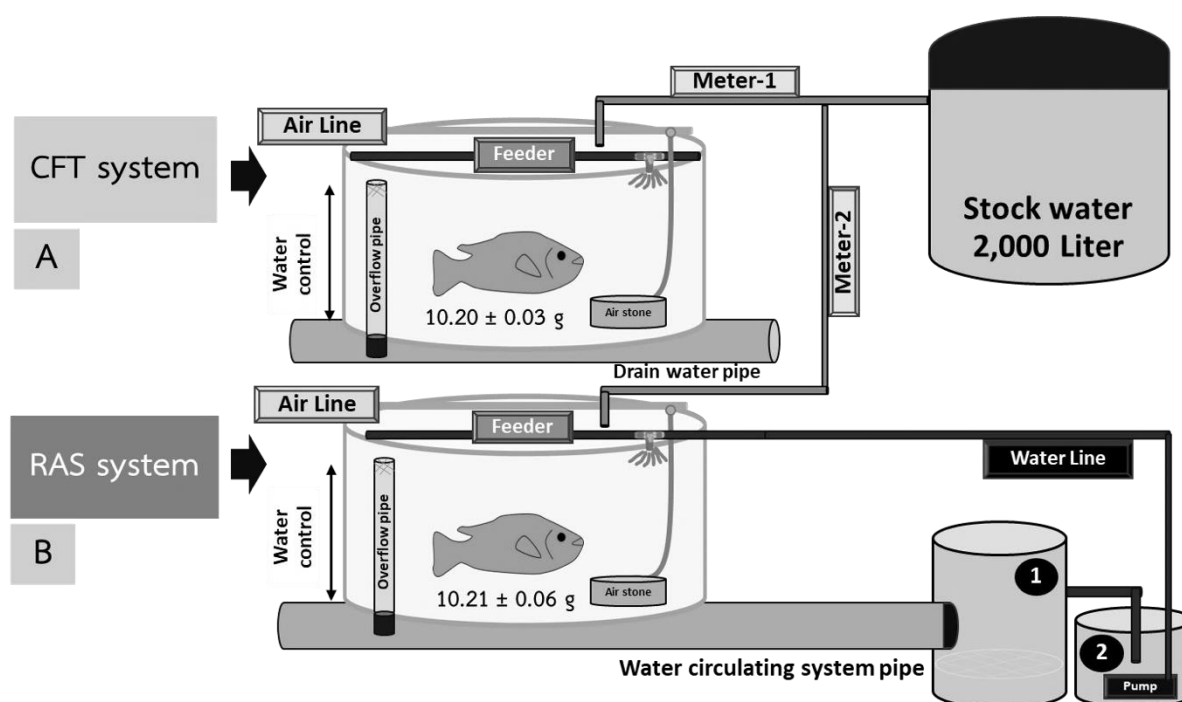


Figure 1 Schematic shows two different fish culture systems. System A is a system that changes water throughout (CFT system) the culture period by changing water every 7 days at a rate of 30% of the total volume. System B is a recirculating aquaculture system (RAS system) that recirculates water with two sedimentation tanks consisting of a biofilter and a water storage tank in the recirculating water system. The RAS system, tank no. 1, containing 200 L, has been filled with fish hapas and bio balls as a substrate for microbes, and filter to remove solids. Tank no. 2 is used to receive water from the first filter tank to pump back into the cultivation system.

การจัดการการทดลอง

เลี้ยงปลานิลแดงเป็นระยะเวลา 60 วัน ให้อาหารปลาทุกวัน โดยใช้เครื่องให้อาหารแบบตั้งเวลาการให้อาหาร ทำการบันทึกปริมาณอาหาร จำนวนปลาในแต่ละบ่อทุกวันเพื่อประเมินอัตราการรอด สุ่มเก็บตัวอย่างปลานิลแดงจำนวนบ่อละ 5 ตัว เมื่อถึงระยะเวลา 30 วัน (Timing-I) และ 60 วัน (Timing-II) ของการเลี้ยง ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักของปลาโดยการสลับปลาด้วยน้ำมันกานพลู (10% Clove oil) ที่ระดับความเข้มข้น 40 mg/L (Kumkhong et al., 2021) เพื่อเก็บข้อมูลสมรรถนะการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักตัวปลา (Body weight; BW) เพื่อนำข้อมูลมาคำนวณน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Final body weight; FBW) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (Average daily weight gain; ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Feed conversion ratio; FCR) และอัตราการรอด (Survival rate; SR) ดังแสดงในสมการ

$$^1\text{FBW} = \text{Final body weight} - \text{Initial body weight}$$

$$^2\text{ADG} = (\text{Final body weight} - \text{Initial body weight}) / \text{Experimental days}$$

$$^3\text{SGR} = 100 \times [(\ln \text{Final body weight} - \ln \text{Initial body weight}) / \text{Experimental days}]$$

$$^4\text{FCR} = \text{Dry feed fed} / \text{Wet weight gain}$$

$$^5\text{SR} = (\text{Number of fish at the end of rearing} / \text{Number of initial fish stocked}) \times 100$$

ทำการสุ่มปลาจำนวน 2 ตัวต่อบ่อ เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดจากบริเวณเส้นเลือดดำ (Caudal vein) โดยใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (5% K_2EDTA ละลายใน 0.85% NaCl) เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยา (Hematology) ประกอบด้วย 1) ปริมาณเม็ดเลือดแดง

(Red blood cell) 2) ระดับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) และ 3) ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Hematocrit) ค่าเคมีในพลาสมา (Plasma chemical) ประกอบด้วย 1) ค่าพลาสมากลูโคส (Glucose) 2) พลาสมาไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) และ 3) พลาสมาโปรตีน (Total protein)

การเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ

เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำตลอดช่วงระยะเวลาการเลี้ยง ได้แก่ 1) อุณหภูมิอากาศ 2) อุณหภูมิน้ำ 3) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen; DO) 4) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ทุกวัน ตลอดการเลี้ยงโดยใช้เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Hanna HI98194) และตรวจวัดคุณภาพน้ำรายสัปดาห์ประกอบด้วย 1) ค่าแอมโมเนีย (NH_3) 2) ค่าไนไตรท์ (NO_2) ด้วยชุดทดสอบคุณภาพน้ำ (Monitor test kit) และค่าไนเตรท (NO_3) ด้วยชุดทดสอบคุณภาพน้ำ (Tetra Test NO_3) ทำการสุ่มวิเคราะห์ปริมาณประชากรจุลินทรีย์ในน้ำ ในระบบการเพาะเลี้ยงทั้ง 2 ระบบ ประกอบด้วย 1) จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (Total bacteria; plate count agar (PCA)) 2) แบคทีเรียในสกุลวิบริโอ (*Vibrio* spp.; thiosulphate citrate bile salt sucrose (TCBS)) 3) จุลินทรีย์จำพวกเชื้อรา (Yeast and fungi; sabouraud dextrose agar (SDA)) ด้วยอาหารที่มีความจำเพาะต่อเชื้อแบคทีเรีย และจุลินทรีย์แต่ละชนิด โดยระหว่างการทดลองค่าอุณหภูมิอากาศ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงอยู่ระหว่าง 32.00 - 38.00 °C อุณหภูมิน้ำ อยู่ระหว่าง 26.80 - 29.00 °C ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 3.44 - 3.50 mg/L ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.50 - 8.50 แอมโมเนียอยู่ระหว่าง 0.00 - 0.50 mg/L ไนไตรท์อยู่ระหว่าง 0.00 - 0.50 mg/L และค่าไนเตรทอยู่ระหว่าง 0.00 - 50.00 mg/L ตามลำดับ โดยตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษาค่า

คุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่ไม่จัดว่าเป็นอันตรายสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Taufik et al., 2024)

วิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ทำการวิเคราะห์หาค่าประกอบทางเคมีของอาหารทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธีการของ AOAC (2010) ดังนี้ การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโปรตีน (Crude protein; CP) โดยวิธีเจลดาร์ล

(Kjeldahl method), ปริมาณไขมัน (Ether extract; EE) โดยวิธี Ether-extraction, ปริมาณความชื้น (Moisture) โดยวิธี Oven-drying, ปริมาณเถ้าโดยวิธี Muffle furnace combustion และปริมาณเยื่อโดยวิธี Acid-alkali digestion ในอาหารทางการค้าชนิดเม็ดลอยน้ำสำหรับปลาตะบูน (Table 1)

Table 1 Commercial items utilized in the study's nutritional value

Components	g/kg (dry matter basis)
Dry matter	955.91
Crude protein	321.24
Crude lipid	38.67
Crude fiber	46.49
Ash	106.95

การวิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยา 1) การวิเคราะห์ปริมาณเม็ดเลือดแดง (Red blood cell; RBC) 2) ปริมาตรเม็ดเลือดแดง อัดแน่น (Hematocrit; Htc) และ 3) ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) การวิเคราะห์ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นใช้วิธีการของ Neubauer hemocytometer โดยการเจือจางตัวอย่างเลือดกับน้ำยาที่ช่วยป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว (Grower's solution, (Voight 2000)) เจือจางเลือดตัวอย่างกับน้ำยาในอัตราส่วน 1:200 นับจำนวนเม็ดเลือดแดง โดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ (Counting chamber) ที่มีพื้นที่ $1 \times 1 \text{ mm}^2$ และ chamber มีความลึก 0.1 mm^3 และนับจำนวนเม็ดเลือดแดงภายใต้กล้องจุลทรรศน์และคำนวณหาค่าเฉลี่ยปริมาณเม็ดเลือดแดง ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ทำการดูดเลือดตัวอย่างเข้าไป 75% ของความยาวหลอด Capillary tube ทำการปิดปลายข้างหนึ่งของหลอดด้วยดินน้ำมัน ทำการปั่นหลอดบรรจุเลือดด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Microhematocrit centrifuge) ที่อัตราเร็ว 12,000 rpm เป็นระยะเวลานาน 5 นาที และทำการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นจากปริมาตรทั้งหมดเปรียบเทียบกับปริมาตรเม็ดเลือดแดงหลังปั่นเหวี่ยง คำนวณหาค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงและค่าเฉลี่ยของปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ดังที่แสดงในสมการคำนวณ

$$^6\text{RBC (mm}^3\text{)} = (\text{RBC count} \times \text{dilution factor}) / \text{Volume}$$

$$^7\text{Htc (\%)} = (\text{Height of red blood cell layer (mm)} / \text{Height of total blood (mm)}) \times 100$$

ฮีโมโกลบิน ทำการศึกษาโดยใช้กระบวนการตามวิธีการของ Photometrical cyanohemoglobin method ด้วยวิธีเทียบสี (Colorimetric method) โดยการใส่น้ำยา Drabkin's ลงในหลอดทดลองปริมาตร 1,000 μl ดูดตัวอย่างเลือด 4 μl ลงในหลอดทดลองขนาด 1.5 ml เขย่า (Vortex) ผสมน้ำยากับตัวอย่างเลือดให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที แล้วทำการปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เพื่อตกตะกอนนิวเคลียสของเม็ดเลือดแดงและเศษของเซลล์ดูดตัวอย่างปริมาตร 200 μl ไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (O.D.) โดยใช้เครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (Microplate Reader) ที่ความยาวคลื่น 540 nm โดยใช้ น้ำยา Drabkin's เป็น blank อ่านค่าของฮีโมโกลบิน จากกราฟแสดง Standard calibration curve จากการวัดเทียบกับ Standard hemoglobin (g/dl) ที่ได้จากสมการ (Pal & Pal, 2006)

การตรวจวิเคราะห์ค่าเคมีในพลาสมาเพื่อประเมินสุขภาพของปลาและสถานะทางโภชนาการโดยการนำตัวอย่างเลือดมาทำการปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกพลาสมา โดยการปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่อัตราเร็ว 10,000 rpm 5 นาที และเก็บตัวอย่างพลาสมาโดยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C ก่อนการนำไปวิเคราะห์ค่าเคมีในพลาสมาที่ประกอบด้วย ระดับกลูโคส โดยการวิเคราะห์เชิงปริมาณตามวิธีของ Trinder's method (Trinder, 1969) ประเมินปริมาณไตรกลีเซอไรด์โดยใช้วิธีการ Glycerol-3 phosphate oxidase-sodium N-ethyl-N-(3 sulfopropyl)m-anisidine method ที่อธิบายโดย Bucolo and David (1973) และการตรวจวัดหาปริมาณโปรตีนในพลาสมาโดยใช้วิธีการ Biuret method ที่อธิบายโดย Gornall et al. (1949)

การวิเคราะห์ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง หลังจากการทดลองเป็นระยะเวลา 30 และ 60 วัน ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำในระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ทุก ๆ 2 สัปดาห์ โดยสุ่มตัวอย่างน้ำจากถังเลี้ยงแล้วนำมาเจือจางด้วยสารละลาย 0.85% Sodium chloride ในอัตราส่วน 1 : 1,000 (Serial dilution) จากนั้นทำการตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Viable plate count ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความจำเพาะต่อจำนวนแบคทีเรียประกอบด้วย 1) อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความจำเพาะต่อจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด PCA 2) แบคทีเรียในสกุลลิวโรด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS และ 3) จุลินทรีย์จำพวกเชื้อราด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud dextrose agar ทำการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37°C เป็นระยะเวลานาน 18 - 24 ชั่วโมง ทำการนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตจากจำนวนโคโลนีที่ได้จากการบ่มเชื้อที่มีจำนวน 30 - 300 โคโลนี (Colony) คำนวณจำนวนประชากรจุลินทรีย์ที่นับได้ทั้งหมดต่อมิลลิลิตรและรายงานผลเป็น Colony forming unit/gram (CFU) (Rawling et al., 2009) จากสมการ

$$^8\text{Colony forming unit / ml} = \text{จำนวนโคโลนี (Colony)} \times \text{ส่วนกลับของระดับความเจือจาง}$$

การเก็บปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงโดยการบันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ผ่านมิเตอร์วัดปริมาตรน้ำที่ไหลผ่านและทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำแต่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (Total Suspended Solids; TSS) โดยการกรองน้ำตัวอย่างปริมาตร 50 ml ด้วยกระดาษกรองใยแก้วที่มีขนาดรูกรองประมาณ $1.2 \mu\text{m}$

แล้วนำของแข็งดังกล่าวที่ติดค้างบนกระดาษกรองไปผ่านการระเหยน้ำออกจนหมดที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง ทำการบันทึกน้ำหนักและคำนวณค่าที่ได้โดยใช้สมการ

$$^{\circ}\text{TSS (mg/L)} = (\text{น้ำหนักก่อนอบ (mg)} - \text{น้ำหนักหลังอบ (mg)}) \times 10^6 / \text{ปริมาตรน้ำที่ใช้ (ml)}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างและผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent group) ระหว่างระบบการเพาะเลี้ยงที่มีการถ่ายเทน้ำ (CFT) กับระบบการเพาะเลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียน (RAS) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Tukey's t test ด้วยโปรแกรม RStudio R version 4.3.2 (2023-10-31ucrt)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตราการรอด

จากการศึกษาการเปรียบเทียบระบบการเลี้ยงปลานิลแดง (*O. niloticus* X *O. mossambicus*) ที่ระยะเวลาการศึกษาที่ 30 (Timing-I) วัน และ 60 วัน (Timing-II) เพื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบการเลี้ยงที่มีการถ่ายเทน้ำ (CFT) กับ ระบบการเลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด (RAS) ผลการศึกษาพบว่าช่วงระยะเวลาการศึกษาที่ 30 วัน การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยระบบ CFT และ RAS ไม่มีความแตกต่างกัน ในระบบการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามระบบการเลี้ยงแบบ RAS ส่งผลต่ออัตราการรอดของปลานิลแดงที่สูงกว่าการเลี้ยงด้วยระบบ CFT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยระบบที่เลี้ยงแบบ CFT มีอัตราการรอดอยู่ระหว่าง 93.33 ± 2.58 % ขณะที่

ระบบการเลี้ยงแบบ RAS มีอัตราการรอดอยู่ที่ 98.33 ± 2.58 % โดยเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงที่ระยะเวลาการศึกษาที่ 60 วัน ระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงแบบ RAS ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลานิลแดงที่สูงกว่าระบบการเพาะเลี้ยงแบบ CFT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าน้ำหนักตัวสุดท้าย (105.67 ± 4.76 g) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (95.46 ± 4.72 g) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (1.59 ± 0.08 g/day) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (3.89 ± 0.07 %/day) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (1.56 ± 0.07) ที่ดีกว่าการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยระบบ CFT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยระบบการเลี้ยงปลานิลแดงแบบ RAS มีอัตราการรอดอยู่ที่ 97.5 ± 2.74 % สูงกว่าระบบการเพาะเลี้ยงแบบ CFT ที่มีอัตราการรอดอยู่ที่ 92.50 ± 2.74 % ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 2 การศึกษาการเลี้ยงปลานิลแดงในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานผลการศึกษาในปลาเทราต์ (*O. mykiss*) ปลานิล (*O. niloticus*) ปลาแซลมอนแอตแลนติก (*Salmo salar*) ปลาไน (*Cyprinus carpio*) ที่ระบบการเพาะเลี้ยงปลาแบบระบบน้ำหมุนเวียนมีผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักและอัตราการรอดที่สูงกว่าระบบการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม (Good et al., 2009, d'Orbcastel et al., 2009, Gullian-Klanian & Arámburu-Adame, 2013; Arredondo-Figueroa et al., 2015; Wang et al., 2019; Liu et al., 2017) จากผลการศึกษาในปลานิลแดงแสดงให้เห็นว่าระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงด้วยระบบการเลี้ยงแบบ RAS มีผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักและอัตราการรอดของปลานิลแดง จากผลการศึกษาในปลานิลแดงแสดงให้เห็นว่า ระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงด้วยระบบการเลี้ยงแบบ RAS มีผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักและอัตราการรอดของปลานิลแดง

Table 2 Growth effects of red tilapia reared in different culture systems at 30 (Timing-I) and 60 (Timing-II) days of study

Parameters	Red tilapia culture system		SEM	P-Value
	CFT	RAS		
Timing-I				
Initial weight (g)	10.20 ± 0.03	10.21 ± 0.06	0.01	0.821
BW (g)	47.83 ± 2.56	49.00 ± 5.80	1.25	0.662
FWG ¹ (g)	37.63 ± 2.55	38.79 ± 5.77	1.24	0.662
ADG ² (g/day)	1.25 ± 0.08	1.29 ± 0.19	0.04	0.681
SGR ³ (%/day)	5.15 ± 0.17	5.21 ± 0.36	0.08	0.694
FCR ⁴	1.20 ± 0.08	1.18 ± 0.15	0.03	0.800
SR ⁵ (%)	93.33 ± 2.58 ^b	98.33 ± 2.58 ^a	1.04	0.007 [*]
Timing-II				
BW (g)	97.67 ± 5.65 ^b	105.67 ± 4.76 ^a	1.97	0.013 [*]
FWG ¹ (g)	87.47 ± 5.65 ^b	95.46 ± 4.72 ^a	1.97	0.013 [*]
ADG ² (g/day)	1.46 ± 0.09 ^b	1.59 ± 0.08 ^a	0.03	0.014 [*]
SGR ³ (%/day)	3.76 ± 0.09 ^b	3.89 ± 0.07 ^a	0.03	0.011 [*]
FCR ⁴	1.67 ± 0.10 ^b	1.56 ± 0.07 ^a	0.03	0.032 [*]
SR ⁵ (%)	92.50 ± 2.74 ^b	97.5 ± 2.74 ^a	1.07	0.010 [*]

Note: CFT = Change fish tank water, RAS = Recirculating aquaculture systems, BW (Body weight), ¹FWG (Final Weight gain); ²ADG (Average daily gain); ³SGR (Specific growth rate); ⁴FCR (Feed conversion ratio); ⁵SR (Survival rate); SEM = Standard error of the means, t-test analysis was used to analyzed between CFT and RAS system. The different letters indicate that differences were considered significant at $p < 0.05$.

ผลค่าโลหิตวิทยาและค่าเคมีในพลาสมา

Table 3 แสดงผลของค่าโลหิตวิทยาและค่าเคมีในเลือดของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยระบบการเลี้ยงแบบ CFT และ RAS โดยการศึกษาค่าโลหิตวิทยาของปลานิลแดงเมื่อเลี้ยงด้วยระบบการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน ที่ระยะเวลาการศึกษาที่ 30 วัน และ 60 วัน จากการศึกษพบว่าระบบการเลี้ยงปลานิลแดงแบบ RAS มีผลต่อการเพิ่มระดับ ฮีมาโตคริต ของปลานิลแดงที่ระยะเวลาการศึกษาที่ 30 วัน และ 60 วัน โดยที่ระยะเวลา 60 วัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าโปรตีนรวมในพลาสมาที่มีค่าสูงกว่าระบบการเลี้ยงแบบ CFT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการศึกษาทั้งสองระบบการเลี้ยงปลานิลแดงไม่พบความแตกต่างของค่าการศึกษา ค่าจำนวนเม็ดเลือดแดง

ฮีโมโกลบิน พลาสมากลูโคส และพลาสมาไตรกลีเซอไรด์ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับการเลี้ยงปลาด้วยระบบน้ำหมุนเวียนที่มีผลต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของปลาเซลมอนแอตแลนติก (*S. salar*) (Wang et al., 2019; Liu et al., 2017) ปลานิล (*O. niloticus*) (Good et al., 2009) ปลาลิ้นหมา (*Scophthalmus maximus*) (Liu et al., 2017) รวมถึงปลากะพงยุโรป (*Dicentrarchus labrax*) (Santos et al., 2010) อย่างไรก็ตามระบบการเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนในปลานิลแดงมีผลเฉพาะต่อการเปลี่ยนแปลงค่าฮีมาโตคริตและพลาสมาโปรตีนที่แสดงให้เห็นว่าระบบการเลี้ยงแบบ RAS มีผลต่อการเสริมสุขภาพและความแข็งแรงที่ดีของปลานิลแดง

Table 3 Hematological and blood chemistry values of red tilapia reared in different culture systems at 30 (Timing-I) and 60 (Timing-II) days of study

Parameters	Red tilapia culture system		SEM	P-Value
	CFT	RAS		
Timing-I				
RBC ² (cell x 10 ¹² /L)	147.75 ± 5.22	147.67 ± 7.75	1.82	0.983
Hemoglobin (g/dl)	45.46 ± 2.27	45.15 ± 0.88	0.48	0.760
Hematocrit (%)	23.33 ± 1.22 ^b	25.93 ± 1.81 ^a	0.58	0.016 [*]
Glucose (mM)	3.43 ± 0.51	3.42 ± 0.86	0.20	0.971
Triglyceride (mM)	1.85 ± 0.14	1.89 ± 0.32	0.07	0.811
Total protein (g/L)	31.16 ± 1.9	32.76 ± 0.85	0.47	0.102
Timing-II				
RBC ² (cell x 10 ¹² /L)	156.75 ± 3.82	157.75 ± 2.38	0.87	0.598
Hemoglobin (g/dl)	54.35 ± 3.90	57.52 ± 3.81	1.66	0.184
Hematocrit (%)	23.08 ± 1.22 ^b	26.26 ± 1.10 ^a	1.04	0.001 [*]
Glucose (mM)	4.41 ± 0.65	4.44 ± 0.47	0.16	0.921
Triglyceride (mM)	2.65 ± 0.32	2.75 ± 0.35	0.09	0.598
Total protein (g/L)	32.57 ± 0.34 ^b	35.86 ± 1.38 ^a	0.57	0.002 [*]

Note: CFT = Change fish tank water, RAS = Recirculating aquaculture systems, RBC = Red blood cell, SEM = Standard error of the means, t-test analysis was used to analyzed between CFT and RAS system. The different letters indicate that differences were considered significant at $p < 0.05$

ผลของค่าคุณภาพน้ำ

Table 4 แสดงผลการศึกษาคุณภาพน้ำเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยระบบการเลี้ยงแบบ CFT และ RAS โดยการประเมินค่าแอมโมเนีย (Figure 2A) ไนโตรท์ (Figure 2B) และไนเตรท (Figure 2C) ในระบบน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลแดง จากการศึกษาค่าคุณภาพน้ำ ค่าแอมโมเนียและไนโตรท์ของระบบการเลี้ยงแบบ CFT และ RAS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงใน Figure 2A-2B และ Table 4 โดยจากการศึกษาค่าไนเตรทของระบบการเลี้ยงปลานิลแดงแบบ RAS มีระดับค่าไนเตรท (Figure 2C) ต่ำกว่าในระบบการเลี้ยงแบบ CFT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 4) โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ทำการเก็บรวบรวมปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบการเลี้ยงระหว่างระบบ CFT และ RAS (Figure 2D) ในระบบการเลี้ยงแบบ CFT มีการใช้น้ำในปริมาณที่สูงกว่าในระบบการเลี้ยงปลานิลแดงแบบ RAS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยระบบการเลี้ยงแบบ CFT มีปริมาณการใช้น้ำเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงที่ระยะเวลา 60 วัน อยู่ที่ระดับ 3.72×10^3 L ขณะที่ระบบการเลี้ยงแบบ RAS ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีปริมาณการใช้น้ำอยู่ที่ระดับ 1.14×10^3 L ซึ่งการเลี้ยงแบบ RAS ใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่าระบบการเลี้ยงแบบ CFT ถึง 3.25 เท่า ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่

ระยะเวลาการศึกษาที่ 60 วัน ดังแสดงใน Figure 2D และ Table 4 โดยปกติระบบการเลี้ยงปลาแบบน้ำหมุนเวียนสามารถลดระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย (ไม่เกินกว่า 1 mg/L) รักษาระดับไนโตรท์ (ไม่เกินกว่า 1 mg/L) และไนเตรท (ไม่เกินกว่า 1,000 mg/L) (Taufik et al., 2024) อย่างเช่นการศึกษาในปลาเทราต์ที่ทำการเพาะเลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนสามารถควบคุมระดับแอมโมเนีย ไนโตรท์และค่าไนเตรท (Crouse et al., 2023; d'Orbcastel et al., 2009) ที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตของการเพาะเลี้ยงปลาเทราต์เชิงพาณิชย์อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึงการลดปริมาณการใช้น้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงเช่นเดียวกับการศึกษาในปลานิลแดงในครั้งนี้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าตลอดการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.44-3.50 mg/L ซึ่งต่ำกว่าระดับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงที่ควรอยู่ที่ระดับ 6.0-6.5 mg/L (Abdel-Tawwab et al., 2014) แต่ปลานิลแดงสามารถอาศัยอยู่และเจริญเติบโตในสภาวะปกติที่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 3 mg/L (FAO, 2021) โดยการลดพื้นที่ต่อตัวในการเลี้ยงลงเพื่อให้ไม่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาปลานิลแดงเช่นเดียวกับการศึกษาที่มีจำนวนปลานิลแดง (12 ตัวต่อบ่อการทดลอง) ที่เหมาะสมต่อพื้นที่การเลี้ยงทำระดับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดตลอดระยะเวลาการศึกษา

Table 4 The table shows the average water quality values collected every 4 weeks and the water consumption throughout the 60 days rearing period.

Parameters	Red tilapia culture system		SEM	P-Value
	CFT	RAS		
Ammonia (mg/L)	0.36 ± 0.13	0.32 ± 0.10	0.02	0.500
Nitrite (mg/L)	0.33 ± 0.16	0.25 ± 0.11	0.02	0.061
Nitrate (mg/L)	23.75 ± 8.98 ^a	14.68 ± 5.83 ^b	1.39	0.001 [*]
Total water volume (Liter × 10 ³)	3.72 ^a	1.44 ^b	0.02	<0.001 [*]

Note: CFT = Change fish tank water, RAS = Recirculating aquaculture systems, SEM = Standard error of the means, t-test analysis was used to analyzed between CFT and RAS system. Different letters indicate significant differences in the mean values among the groups (p<0.05).

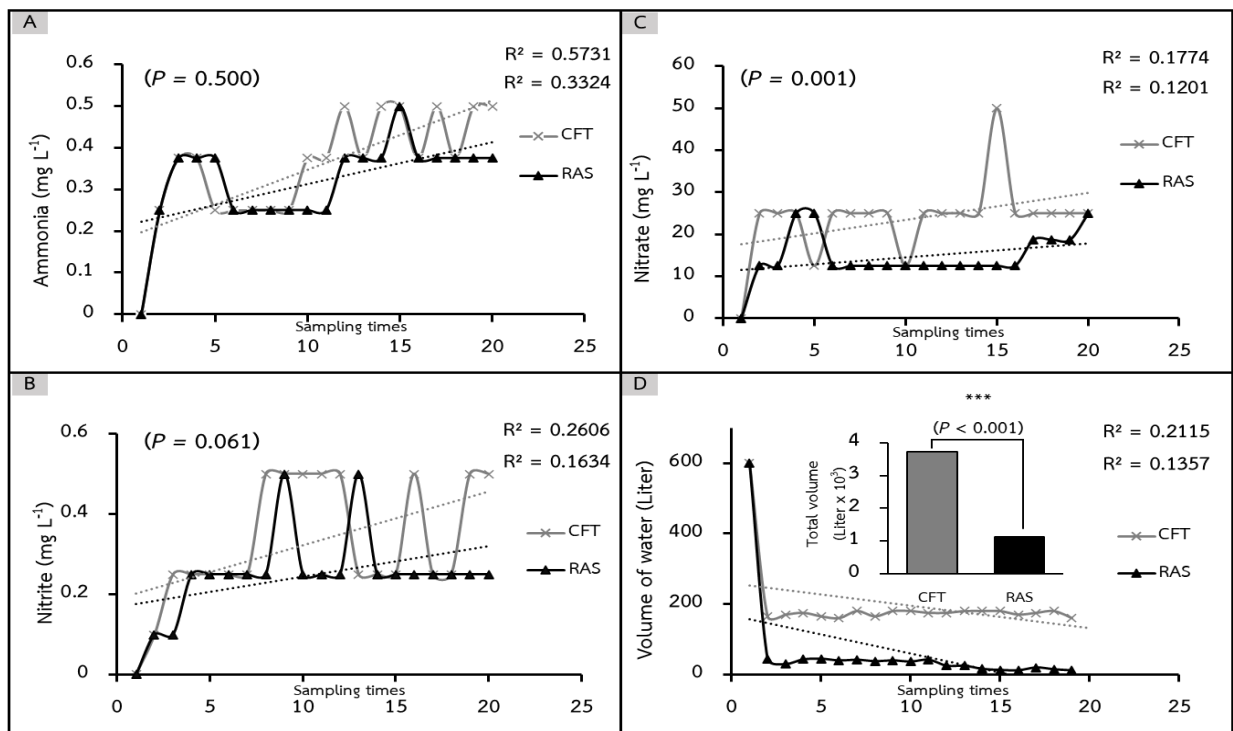


Figure 2 The effects of ammonia, nitrite, and nitrate in change fish tank water (CFT) and recirculating aquaculture systems (RAS) at 30 (Timing-I) and 60 (Timing-II) day study periods consisting of Ammonia (2A), Nitrite (2B), Nitrate (2C). Water samples were collected for analysis every 4 weeks, and the amount of water used (2D) in the culture systems throughout the 60-day period were studied. System CFT is the culture period by changing water every 7 days at a rate of 30% of the total volume. System RAS is a recirculating aquaculture system that recirculates water with two sedimentation tanks consisting of a biofilter and a water storage tank in the recirculating water system. T-test analysis was used to analyze between CFT and RAS system. Throughout the experiment, the differences were considered significant when $p < 0.05$.

ผลของประชากรจุลินทรีย์และสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำทั้งหมด

ผลของความแตกต่างของการเลี้ยงปลาในแบบการเพาะเลี้ยงแบบ CFT และ RAS ต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในน้ำ (Figure 3A-3C) และค่าสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำทั้งหมด (TSS) (Figure 3D) โดยทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของความแตกต่างของประชากรจุลินทรีย์ในในระบบการเลี้ยงแบบ CFT และ RAS ที่ระยะเวลาการศึกษาที่ 30 วัน และ 60 วัน โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุก ๆ 4 สัปดาห์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงเพื่อวิเคราะห์จำนวนประชากรจุลินทรีย์ในน้ำและค่าสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำทั้งหมด ผลการศึกษาพบว่าระบบการเลี้ยงปลาในแบบ CFT และ RAS ระบบการเลี้ยงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (Figure 3A-3C) ในขณะที่ค่าสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำทั้งหมดพบว่าในระบบการเลี้ยงแบบ RAS ส่งผลต่อปริมาณ

การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำทั้งหมดลดต่ำลงเมื่อเทียบกับระบบการเลี้ยงแบบ CFT (Figure 3D) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการลดลงของของระดับ TSS ในระบบการเพาะเลี้ยงของระบบ RAS ในปลาในแดงสอดคล้องกับการศึกษาในปลาเทราต์ที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนส่งผลต่อการลดลงของค่า TSS (Crouse et al., 2023) ที่ระบบน้ำหมุนเวียนสามารถตกตะกอนของแข็งที่ไม่ละลายน้ำทั้งหมดได้ดีกว่าระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยไม่มีผลการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในน้ำ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบการเลี้ยงแบบ CFT และ RAS ในการเลี้ยงปลาในแดงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในน้ำ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นถึงการหมุนเวียนการใช้ในในระบบไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์โดยเฉพาะกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ก่อโรค (*Vibrio* spp. และ Yeast and fungi) ที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบการเลี้ยงปลาแบบ RAS

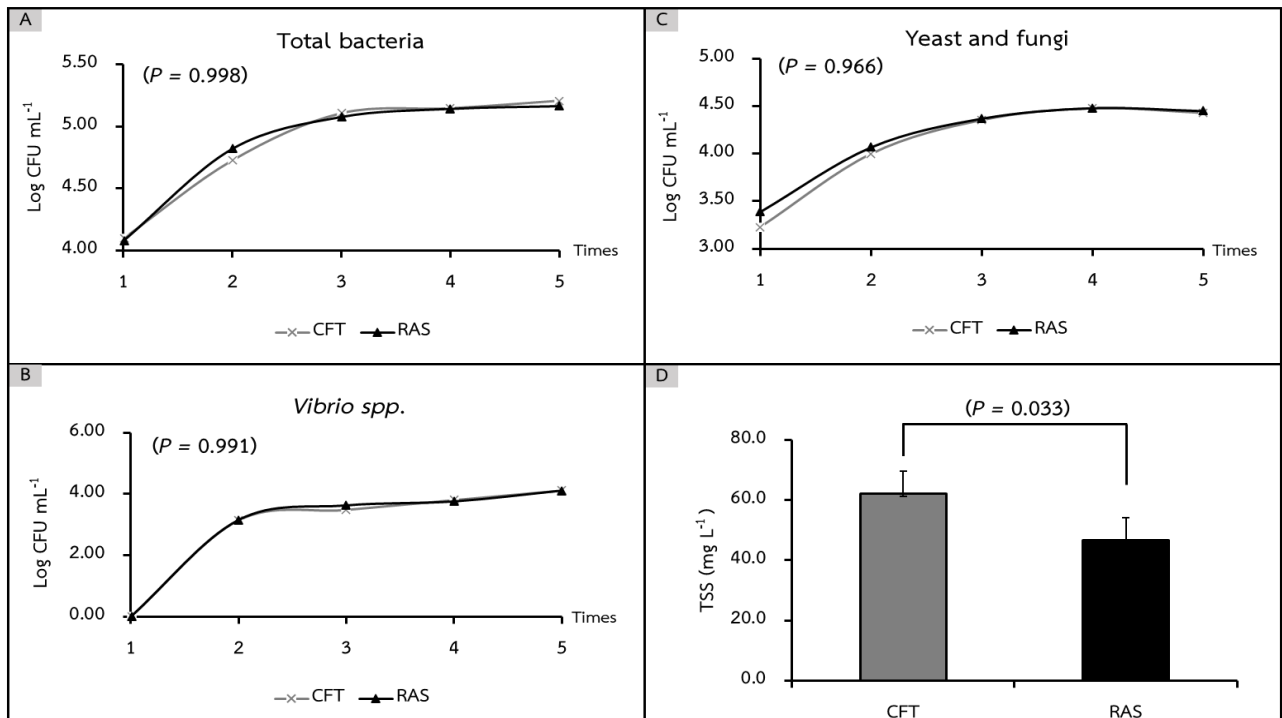


Figure 3 shows the results of the microbial population variability of change fish tank water (CFT) and recirculating aquaculture systems (RAS) consisting of total bacteria (3A), *Vibrio* spp. (3B), and fungi (3C). Water samples were collected for analysis every 4 weeks, and the total solids (TSS) fraction (3D) of the culture systems was analyzed throughout the study period of 60 days. T-test analysis was used to analyzed between CFT and RAS system.

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการเปรียบเทียบความแตกต่างของการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยระบบการเลี้ยงที่มีการถ่ายเทน้ำและระบบการเลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียน พบว่าการเลี้ยงปลานิลแดงแบบระบบน้ำหมุนเวียนส่งผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตราการรอด โดยระบบการเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนสามารถลดระดับไนเตรทและสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำทั้งหมดรวมทั้งลดปริมาณการใช้น้ำในการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงโดยไม่มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนอุดหนุนงานวิจัยพัฒนาพื้นที่งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงที่ให้ทุนสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยและขอขอบคุณสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่เลี้ยงสัตว์ทดลองและห้องปฏิบัติการทางสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง (ESPreL: 2-0370-0011-1) ในการดำเนินงานวิจัยด้านการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

References

Abdel-Tawwab, M., Hagra, A. E., Elbaghdady, H. A. M., & Monier, M. N. (2014). Dissolved oxygen level and stocking density effects on growth, feed utilization, physiology, and innate immunity of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of Applied Aquaculture*, 26(4), 340–355.

doi:10.1080/10454438.2014.959830.

Aich, N., Nama, S., Biswal, A., & Paul, T. (2020). A review on recirculating aquaculture systems: challenges and opportunities for sustainable aquaculture. *Innovative Farming*, 5(1), 17-24.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2010). *Official methods of analysis* (18th ed.). Washington D. C., United States: Association of Official Analytical Chemists.

Arredondo-Figueroa, J. L., Núñez-García, L. G., Ponce-Palafox, J. T., & Ángeles Barriga-Sosal, I. L. (2015). Performance of brooders, fry and growth of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in an experimental recirculating aquaculture system. *Agricultural Sciences*, 6(9), 1014–1022. doi:10.4236/as.2015.69096.

Arechavala-Lopez, P., Nazzaro-Alvarez, J., Jordi-Pons, A., Reig, L., Carella, F., Carrassón, M., & Roque, A. (2020). Linking stocking densities and feeding strategies with social and individual stress responses on gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Physiology and Behavior*, 213, 112723. doi: 10.1016/j.physbeh.2019.112723.

Atse, B. C., Konan, K. J., Alla, Y. L., & Pangini, K. (2009). Effect of rearing density and feeding regimes on growth and survival of African catfish, *Heterobranchus longifilis* (Valenceinnes, 1840) larvae in a closed recirculating aquaculture system. *Journal of Applied Aquaculture*, 21(3), 183–195. doi:10.1080/10454430903113669.

- Badiola, M., Basurko, O. C., Piedrahita, R., Hundley, P., & Mendiola, D. (2018). Energy use in recirculating aquaculture systems (RAS): A review. *Aquacultural Engineering*, 81: 57–70. doi: 10.1016/j.aquaeng.2018.03.003.
- Behrends, L. L., Nelson, R. G., Smitherman, R. O., & Stone, N. M. (1982). Breeding and culture of the red-gold color phase of tilapia. *Journal of the World Mariculture Society*, 13, 210–220. doi: 10.1111/j.1749-7345.1982.tb00028.
- Bucolo, G., & David, H. (1973). Quantitative determination of serum triglycerides by the use of enzymes. *Clinical Chemistry*, 19(5), 476–482.
- Cacho, J., Moura, R., & Henry-Silva, G. G. (2020). Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish farming in net cages on the nutrient and particulate matter sedimentation rates in Umari reservoir, Brazilian semi-arid. *Aquaculture Reports*, 17, 100358. doi: 10.1016/j.aqrep.2020.100358
- Crouse, C., Knight, A., May, T., Davidson, J., & Good, C. (2023). Performance, processing yields, and fillet composition of specific United States diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) lines reared in a semi-commercial scale freshwater recirculating aquaculture system. *Aquaculture Reports*, 33, 101794. doi: 10.1016/j.aqrep.2023.101794.
- Dalsgaard, J., Lund, I., Thorarinsdottir, R., Drengstig, A., Arvonen, K., & Pedersen, P. B. (2013). Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives. *Aquacultural Engineering*, 53, 2–13. doi: 10.1016/j.aquaeng.2012.11.008
- Department of Fisheries. (2023). *Statistics of freshwater aquaculture production for the year 2022*. Accessed January 15, 2024. Retrieved from: https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20230725093333_1_file.pdf. (in Thai)
- Dey, M. M., & Gupta, M. V. (2000). Socioeconomics of disseminating genetically improved Nile tilapia in Asia: An introduction. *Aquaculture Economics and Management*, 4(1-2), 5–11. doi:10.1080/13657300009380257.
- Docan, A., Cristea, V., Dediu, L., Mocanu, M., & Grecu, I. (2011). The impact of level of the stocking density on the haematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation International Journal of the Bioflux Society*, 4(4), 536–541.
- d'Orbcastel, E. R., Blancheton, J. P., & Aubin, J. (2009). Towards environmentally sustainable aquaculture: comparison between two trout farming systems using life cycle assessment. *Aquacultural Engineering*, 40(3), 113–119. doi: 10.1016/j.aquaeng.2008.12.002.
- Empananza, E. J. M. (2009). Problems affecting nitrification in commercial RAS with fixed-bed biofilters for salmonids in Chile. *Aquacultural Engineering*, 41(2), 91–96. doi: 10.1016/j.aquaeng.2009.06.010.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). *Handbook on enhancing the entrepreneurial capability of farmers*. FAO: Bangkok, Thailand.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2020). *The state of world fisheries and aquaculture 2020*. FAO: Rome, Italy.
- Good, C., Davidson, J., Welsh, C., Brazil, B., Snekvik, K., & Summerfelt, S. (2009). The impact of water exchange rate on the health and performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in water recirculation aquaculture systems. *Aquaculture*, 294 (1-2), 80–85. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.05.014.
- Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177(2), 751–766.
- Gullian-Klanian, M., & Arámburu-Adame, C. (2013). Performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings in a hyper-intensive recirculating aquaculture system with low water exchange. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(1), 150–162. doi: 10.3856/vol41-issue1-fulltext-12.
- Hakuć-Blazowska, A., Turkowski, K., Czarkowski, T. K., Zarski, D., Krejszeff, S., Król, J., & Kupren, K. (2024). Optimizing Eurasian perch production: Innovative aquaculture in earthen ponds using RAS and RAMPS—economic perspective. *Animals (Basel)*, 14(21), 3100. doi: 10.3390/ani14213100.
- Jelkic, D., Opacak, A., Stevic, I., Ozimec, S., Jug-Dujakovic, J., & Safner, R. (2012). Rearing carp larvae (*Cyprinus carpio*) in closed recirculatory system (RAS). *Croatian Journal of Fisheries*, 70(1), 9–17.
- Kumkhong, S., Marandel, L., Plagnes-Juan, E., Veron, V., Panserat, S., & Boonanuntanasarn, S. (2021). Glucose injection into the yolk influences intermediary metabolism in adult Nile tilapia fed with high levels of carbohydrates. *Animal*, 15(9), 100347. doi:10.1016/j.animal.2021.100347.
- Lal, J., Vaishnav, A., Deb, S., Kashyap, S., Debbarma, P., Devati, Gautam, P., Pavankalyan, M., Kumari, K., & Verma, D. K. (2024). Re-circulatory aquaculture systems: a pathway to sustainable fish farming. *Archives of Current Research International*, 24(5), 799–810. doi:10.9734/acri/2024/v24i5756
- Li, X., Ji, L., Wu, L., Gao, X., Li, X., Li, J., & Liu, Y. (2019). Effect of

- flow velocity on the growth, stress and immune responses of turbot (*Scophthalmus maximus*) in recirculating aquaculture systems. *Fish and Shellfish Immunology*, 86, 1169–1176. doi: 10.1016/j.fsi.2018.12.066.
- Liu, B., Jia, R., Zhao, K., Wang, G., Lei, J., & Huang, B. (2017). Stocking density effects on growth and stress response of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) reared in land-based recirculating aquaculture system. *Acta Oceanologica Sinica*, 36(10), 31–38. doi:10.1007/s13131-017-0976-4.
- Malone, R. F., & Pfeiffer, T. J. (2006). Rating fixed film nitrifying biofilters used in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 389–402. doi: 10.1016/j.aquaeng.2005.08.007.
- Mugwanya, M., Dawood, M. A. O., Kimera, F., & Sewilam, H. (2020). A review on recirculating aquaculture system: influence of stocking density on fish and crustacean behavior, growth performance, and immunity. *Annals of Animal Science*, 22(3), 873–884. doi:10.2478/aoas-2022-0014.
- Nuwansi, K. K. T., Verma, A. K., Tiwari, V. K., Prakash, C., & Chandrakant, M. (2017). Standardization of the stocking density ratios of Koi carp (*Cyprinus carpio* var. *koi*): Goldfish (*Carassius auratus*) in polyculture aquaponic recirculating system. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17, 1271–1278. doi: 10.4194/1303-2712-v17_6_20.
- Pal, G. K., & Pal, P. (2006). *Textbook Of Practical Physiology* (2nd Ed.). Chennai, India: Orient Longman Private Limited.
- Rawling, M. D., Merrifield, D. L., & Davies, S. J. (2009). Preliminary assessment of dietary supplementation of Sangrovit on red tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and health. *Aquaculture*, 294(1-2), 118–122. doi:10.1016/j.aquaculture.2009.05.005.
- Roque d'Orbcastel, E., Blancheton, J. P., & Belaud, A. (2009). Water quality and rainbow trout performance in a Danish Model Farm recirculating system: comparison with a flow-through system. *Aquacultural Engineering*, 40(3), 135–143. doi: 10.1016/j.aquaeng.2009.02.002.
- Sakunphun, S., Uppapong, K., Junkawee, T., Palas, P., & Roonreangjai, R. (2024). Enhancing community economy through a new value chain of red tilapia in Lum Nam Nan, Uttaradit Province, Thailand. *Area Based Development Research Journal*, 16(4), 329–345. doi: 10.48048/abcj.2024.329 (in Thai)
- Santos, G. A., Schrama, J. W., Mamaug, R. E. P., Rombout, J. H. W. M., & Verreth, J. A. J. (2010). Chronic stress impairs performance, energy metabolism and welfare indicators in European seabass (*Dicentrarchus labrax*): The combined effects of fish crowding and water quality deterioration. *Aquaculture*, 299(1-4), 73–80. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.11.018.
- Taufik, M., Ismail, T. I. T., Manan, H., Ikhwanuddin, M., Salam, A. I. A., Rahim, A. I. A., Ishak, A. N., Kamaruzzan, A. S., Draman, A. S., & Kasan, N. A. (2024). Synergistic effects of Recirculating Aquaculture System (RAS) with combination of clear water, probiotic and biofloc technology: A review. *Aquaculture and Fisheries*, 9(6), 883–892. doi: 10.1016/j.aaf.2023.07.006.
- Trinder, P. (1969). Determination of blood glucose using an oxidase-peroxidase system with a non-carcinogenic chromogen. *Journal of Clinical Pathology*, 22(2), 158–161. doi: 10.1136/jcp.22.2.158.
- Voight, G. L. (2000). *Hematology techniques and concepts for Veterinary technicians*. Iowa, United States: Iowa State University Digital Press.
- Wang, S., Jiang, Z., & Mousavi, S. E. (2019). Effect of seawater pH on selected blood biochemical parameters of juvenile turbot *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758). *Indian Journal of Fisheries*, 66(4), 78–83. doi:10.21077/ijf.2019.66.4.92173-10.
- Xue, B., Zhao, Y., Bi, C., Cheng, Y., Ren, X., & Liu, Y. (2022). Investigation of flow field and pollutant particle distribution in the aquaculture tank for fish farming based on computational fluid dynamics. *Computers and Electronics in Agriculture*, 200, 107243. doi: 10.1016/j.compag.2022.107243.
- Zhao, Y. P., Xue, B., Bi, C., Ren, X., & Liu, Y. (2022). Influence mechanisms of macro-infrastructure on micro-environments in the recirculating aquaculture system and biofloc technology system. *Reviews in Aquaculture*, 15(3), 991–1009. doi: 10.1111/raq.12713.

Research article

The effect of recirculating aquaculture system (RAS) on hematology water quality and growth performance of red tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*)

Nitchanan Chukerd Phutthaphorn Phumrojana and Suksan Kumkhong*

¹Department of Animal Science, Faculty of Science and Technology, Muban Chonbueang Rajabhat University, Chonbueang District, Ratchaburi Province, Thailand 70150

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 15 November 2024

Revised: 12 January 2025

Accepted: 11 April 2025

Online published: 13 May 2025

Keyword

Red tilapia

Recirculation water systems

Changing water system

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the performance of two aquaculture systems, changed fish tank water (CFT) and recirculating aquaculture systems (RAS), using 6 pounds of Red Tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) per experimental unit. The initial body weight of the fish was 10.20±0.05 g, with 12 fish per pond, and the rearing period lasted 60 days. Parameters assessed included growth performance (final body weight [FBW], average daily gain [ADG], specific growth rate [SGR], feed conversion ratio [FCR], and survival rate [SR]); hematology (red blood cell count [RBC], hemoglobin [Hb], hematocrit [Ht], glucose [Glu], triglyceride [TG], and total protein [TP]); and water quality (ammonia [NH₃], nitrite [NO₂⁻], nitrate [NO₃⁻], total bacteria, *Vibrio* spp., yeast and fungi, and total suspended solids [TSS]). These were used as indicators for developing commercial aquaculture systems. At the end of the experiment, the RAS group showed significantly improved growth performance compared to the CFT group: FBW was 95.46±4.72 g, ADG was 1.59±0.08 g/day, SGR was 3.89±0.07 %/day, FCR was 1.56±0.07, and SR was 97.5±2.74%. Hematocrit (26.26±1.10%) and total protein (35.86±1.38 g/L) were also significantly higher in the RAS group than in the CFT group, which had Ht and TP values of 23.08±1.22% and 32.57±0.34 g/L, respectively (*p*<0.05). Additionally, the RAS system showed significantly lower levels of NO₃⁻ and TSS compared to the CFT system (*p*<0.05), without significant differences in microbial populations between the two systems (*p*>0.05). Therefore, culturing Red Tilapia in a RAS can enhance growth performance, feed utilization, and survival rate. Furthermore, the RAS can reduce NO₃⁻ and TSS levels as well as water usage, without compromising water quality.

*Corresponding author

E-mail address: suksankum@mcru.ac.th (S. Kumkhong)

Online print: 13 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.8>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ผลของเทคโนโลยีเฮอร์เดิลในการยืดอายุการเก็บรักษาถั่วลิสงป่น

วัชร เทพโยธิน^{1*} และ สุรพล ใจวงศ์ษา²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000 ประเทศไทย

²สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
Article history รับ: 29 ธันวาคม 2567 แก้ไข: 3 มีนาคม 2568 ตอบรับการตีพิมพ์: 10 พฤษภาคม 2568 ตีพิมพ์ออนไลน์: 13 พฤษภาคม 2568 คำสำคัญ ถั่วลิสงป่น กรรมวิธี อายุการเก็บรักษา เทคโนโลยีเฮอร์เดิล	ถั่วลิสงป่นเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงที่นิยมใช้ในการประกอบอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่แปรรูปจากถั่วลิสงที่บดพร่องหรือแตกหัก หากมีการผลิตหรือการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราที่อันตรายต่อผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาถั่วลิสงป่นโดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (Hurdle Technology) ซึ่งเป็นการใช้หลายกรรมวิธีร่วมกันในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหาร โดยเริ่มจากการเตรียมถั่วลิสงจากโรงงานกะเทาะ ถ้าง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที และบดด้วยเครื่องบดในระยะเวลา 15, 20, 25 และ 30 วินาที พบว่า การบด 15 วินาที มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากถั่วลิสงป่นมีความชื้นร้อยละ 1.58 ปริมาณน้ำอิสระ 0.192 และเพอร์ออกไซด์ 0.89 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม ต่อมาศึกษาอายุการเก็บรักษาถั่วลิสงป่นในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน โดยใช้ 5 กรรมวิธีการบรรจุ พบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์แบบที่ 3 (บรรจุถุง 2 ชั้น PET/PE และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบซิปล็อก) สามารถรักษาคุณภาพได้ดีที่สุด โดยมีความชื้น น้ำอิสระ เพอร์ออกไซด์ และสารอะฟลาทอกซินในระดับต่ำ และตรวจไม่พบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถุงฟอยล์อะลูมิเนียมแบบซิปล็อกมีประสิทธิภาพในการป้องกันความชื้น ก๊าซ กลิ่น น้ำมัน และแสง ช่วยถนอมและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงป่นได้ยาวนาน

บทนำ

ถั่วลิสง (Peanut หรือ groundnut) อาจเรียกว่า ถั่วดิน ถั่วซูด หรือถั่วยี่สง เป็นพืชล้มลุกที่เป็นพืชไร่ตระกูลถั่ว (Leguminosae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Arachis hypogaea* L. เป็นถั่วเมล็ดแห้ง (Legume) ซึ่งมีน้ำมันสูง จัดอยู่ในกลุ่มพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของอาหารประเภทโปรตีนประมาณร้อยละ 25-30 ไขมันร้อยละ 45-50 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 20 (Butsalee et al., 2023) โดยในปัจจุบันสำนักงานเกษตรจังหวัดลำปางได้ส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ 5 อำเภอ คือ อำเภอเสริมงาม อำเภอแม่ทะ อำเภอเมืองปาน อำเภอแจ้ห่ม และอำเภอเถิน รวมเนื้อที่ 17,000 ไร่ ปลูกถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 เพื่อให้เข้ากับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เนื่องจากพืชตระกูลถั่วจะใช้น้ำในการเพาะปลูกน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับปลูกข้าว นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มผลผลิตถั่วให้เพียงพอแก่ความต้องการภายในประเทศ ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้าถั่วจากต่างประเทศมากถึง 93,000 ตันต่อปี และได้นำผลผลิตไปจำหน่ายให้กับทางโรงงานกะเทาะเปลือกถั่วลิสง ซึ่งโรงงานกะเทาะเปลือกถั่วลิสงพบว่ามีผลผลิตถั่วลิสงที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้วเกิดการแตกหักเป็นจำนวนมาก

ทำให้ไม่สามารถจำหน่ายถั่วลิสงในราคาเดียวกับถั่วลิสงเมล็ดดีได้ โดยถั่วลิสงแตกหักจะมีราคาที่ถูกกว่าถั่วลิสงเมล็ดดี ซึ่งในปัจจุบันจำนวนถั่วลิสงแตกหักส่งผลกระทบต่อทางโรงงานกะเทาะเปลือกถั่วลิสงเป็นอย่างมากทางโรงงานจะนำถั่วลิสงที่แตกหักมาทำการบดละเอียดเพื่อจำหน่ายเป็นวัตถุดิบที่ใช้สำหรับปรุงอาหาร ซึ่งจำหน่ายในราคาที่ค่อนข้างต่ำจึงส่งผลกระทบต่อกำไรของทางโรงงาน (Thai Agricultural Standard TAS 4702-2014, 2014)

อย่างไรก็ตาม ในถั่วลิสงโดยเฉพาะถั่วลิสงป่นมีข้อจำกัดที่สำคัญคือ การเกิดสารพิษที่เรียกว่า สารอะฟลาทอกซิน จากเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *A. Parasiticus* ปนเปื้อนตั้งแต่ช่วงระยะที่ปลูกในแปลง การเก็บเกี่ยว การตากแห้ง รวมทั้งระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเป็นสารพิษร้ายแรงต่อสุขภาพและชีวิตของผู้บริโภคทั้งมนุษย์และสัตว์เลี้ยงโดยตรงอย่างเฉียบพลัน หากได้รับในปริมาณสูงและอาจเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดโรคมะเร็งที่ตับ หัวใจ และสมอง ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับการกำหนดมาตรฐานในแต่ละประเทศ (Thai Agricultural Standard TAS 4702-2014, 2014) ปัจจุบันสำคัญที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรารวมถึงการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้แก่อุณหภูมิและความชื้น โดยช่วงเหมาะสมคือ 27-43 องศา

*Corresponding author

E-mail address: tapyotin@rmu.ac.th (W. Thepyothin)

Online print: 13 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.9>

เซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70-90 ซึ่งเป็นสภาวะสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย (Thitipetchrakul et al., 2015)

เทคโนโลยีเฮิร์ดเดิล (Hurdle technology) เป็นการใช้เทคนิคการถนอมอาหารหลายวิธี เช่น การล้าง การอบแห้ง รวมถึงการใช้เทคโนโลยีด้านบรรจุภัณฑ์ มาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสมในการแปรรูปอาหาร เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร (Food spoilage) โดยเน้นการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Pathogen) ควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย (Microbial spoilage) และปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ (Pornchaloempong & Rattanapanone, 2010) เทคโนโลยีนี้ยังให้ความสำคัญกับการเก็บรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร รวมทั้งความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตอาหารและการขนส่งอีกด้วย การเสื่อมคุณภาพของอาหารอาจเกิดขึ้นได้ในหลายขั้นตอนตั้งแต่เริ่มเก็บเกี่ยววัตถุดิบจนถึงการนำอาหารมาบริโภค เช่น ในช่วงการเจริญของพืชหรือสัตว์ สภาวะในการเก็บเกี่ยวหรือการฆ่าสัตว์ การเก็บรักษาวัตถุดิบที่ได้จากพืชหรือสัตว์ การขนส่ง การพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต การบรรจุ การจำหน่าย การเก็บรักษาภายในครัวเรือน และการนำไปบริโภค (Leistner & Gould, 2002) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงยึดอายุการเก็บรักษาถั่วลิสงป่นโดยใช้เทคโนโลยีเฮิร์ดเดิล มีทั้งการล้าง การอบแห้ง การบด และการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษา

วิธีการวิจัย

การเตรียมถั่วลิสงบดพร้อม

การเตรียมถั่วลิสงบดพร้อมเพื่อพัฒนาเป็นถั่วลิสงป่นบรรจุของทำการเลือกซื้อถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 แบบบดพร้อมแต่ผ่านมาตรฐาน มกษ. 4702-2557 จากการกะเทาะเปลือกของโรงงานชาญพิชผล จังหวัดลำปาง โดยทางโรงงานจะคัดแยกถั่วมีตำหนิออกจากเมล็ดถั่วลิสงที่ไม่มีตำหนิ มีราคาช่วง 40 - 60 บาท ส่วนตำหนิที่มีการคัดแยกออกมีราคาช่วง 30 - 35 บาท ซึ่งตำหนิที่คัดแยกประกอบด้วยเมล็ดที่มีแมลงเจาะ จุดดำ ผิวสีเข้ม ผิวถลอก เมล็ดเล็ก เมล็ดเริ่มงอก และแตกหัก ดังแสดงใน Figure 1 จากนั้นนำเมล็ดถั่วลิสงที่บดพร้อม ทำการคัดตำหนิต่าง ๆ ประกอบด้วยเมล็ดที่มีแมลงเจาะ จุดดำ และผิวสีเข้ม อีกครั้ง ดังแสดงใน Figure 2 และเข้าสู่กระบวนการเตรียมเมล็ดถั่วลิสงบดพร้อมก่อนทำการผลิต ดังแสดงใน Figure 3

การผลิตถั่วลิสงป่น

นำถั่วลิสงที่ผ่านการอบแห้ง 2 อุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำมาทำให้สุกด้วยการอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที จากนั้นทำถั่วลิสงป่นด้วยการบดจำนวน 4 ระยะเวลาการบด ซึ่งใช้ระยะเวลาในการบดที่แตกต่างกัน ดังแสดงใน Table 1 และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมี และจุลินทรีย์



Figure 1 Peanut defects sorting at Chan Phitphon factory, Lampang Province.



Figure 2 Defective peanuts separated from shelling plant (a) Undesirable defects include severely shrunken kernels, dirt-contaminated kernels, and split or broken kernels with abnormal odors or colors. These defects pose a high risk for fungal toxin contamination. (b) Desirable defects include small kernels, as well as split or broken kernels, which pose a low risk for fungal toxin contamination.



Figure 3 Process of preparing defective peanuts before ground dried peanut manufacturing; (a) Sorting defective kernels; (b) Defective kernels removal; (c) Washing to clean sorted kernels; (d) Draining excess water; (e) Arranging cleaned kernels on a tray; (f) Drying at 60°C for 6 hours and (g) Packing in bags for storage and further processing

Table 1 Different methods of making ground dried peanut

Methods	Drying 1 (°C/hr)	Drying 2 (°C/min)	Grinding time (s)
1	60/6	150/25	15
2	60/6	150/25	20
3	60/6	150/25	25
4	60/6	150/25	30

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ตามวิธี Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005) ด้วยการชั่งตัวอย่าง ถั่วลิสงป่น 5 กรัม ใส่ในกระป๋องอลูมิเนียมที่อบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว นำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง กระทั่งน้ำหนักคงที่ จำนวน 3 ซ้ำ นำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น ดังสมการ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}}$$

2. การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ รุ่น GBX: FA-st/1, Frances นำตัวอย่างถั่วลิสงป่นแต่ละกรรมวิธีวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) บรรจุน้อยกว่าครึ่งลงในภาชนะใส่ตัวอย่าง และนำตัวอย่างลงในหลุม ปิดฝาครอบ กดปุ่มอ่านเครื่องหมุน เพื่ออ่านค่า รอกระทั่งเครื่องทำงานเสร็จ จะมีเสียงเตือน

จากนั้นจดบันทึกค่าที่ได้ จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำอิสระ (a_w) แต่ละกรรมวิธี

3. การวิเคราะห์หาปริมาณเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ตามวิธี American Oil Chemists' Society (AOCS). (1997) ชั่งตัวอย่างถั่วลิสงป่น 5 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำสารละลายฟอสโฟรีน (3:2) 30 มิลลิลิตร เติมน้ำสารละลายโพแทสเซียมไฮไดรด์ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายเป็นเวลา 1 นาที ในที่มืด และเติมน้ำกลั่นทันที 30 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล กระทั่งสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อนและเติมน้ำกลั่น 1% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และไทเทรตต่อกระทั่งสีน้ำเงินจางหาย ทำการวัดค่า 3 ซ้ำ คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ ดังสมการ

$$\text{Peroxide Value (milliequivalents peroxide/1000 g sample)} = \frac{(S-B) \times N \times 1000}{\text{Sample (g)}}$$

เมื่อ S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มอล)

4. การวิเคราะห์ค่าสี (L^* , b^* , a^*) ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) โดยค่าความสว่าง (L^*) (ค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง วัตถุสีเข้ม, 100 หมายถึง วัตถุมีสีอ่อน) ค่าสี a^* คือวัตถุสีแดง (+) วัตถุสีเขียว (-) และค่าสี b^* คือ วัตถุสีเหลือง (+) วัตถุน้ำเงิน (-) เพื่อเปรียบเทียบสีของถั่วลิสงป่นในแต่ละกรรมวิธี ทำการวัดค่า 3 ซ้ำ

5. การวิเคราะห์หาปริมาณสารอะฟลาทอกซิน ตามวิธีของชุดตรวจสอบ Screen EZ® Aflatoxin ELISA Kit ของบริษัทสยามอินเตอร์คอวลิตี จำกัด (ประเทศไทย) ทำการวัดค่า 3 ซ้ำ

6. การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ ยีสต์และรา ตามวิธีของ (AOAC, 1990) และกรมอนามัย (Food Sanitation Division, Department of Health, 1999) ทำการตรวจนับจุลินทรีย์แบบ spread plate method ลงบนอาหารแข็ง Tryptic Soy Agar (TSA) ที่เติม NaCl ความเข้มข้นร้อยละ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ Potato Dextrose Agar (PDA) ที่เติม NaCl ความเข้มข้นร้อยละ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการวัดค่า 3 ซ้ำ

การนำถั่วลิสงป่นที่ผ่านการคัดเลือกตามเวลาการบดบรรจุในบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของถั่วลิสงป่น

นำถั่วลิสงป่นที่ผ่านการคัดเลือกตามระยะเวลาการบดมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างกัน 5 กรรมวิธี ดังแสดงใน Table 2 และนำถั่วลิสงป่นที่บรรจุแต่ละกรรมวิธีเก็บรักษาจำนวน 0, 30, 60 และ 90 วัน และทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

Table 2 Packaging methods used for the storage of ground dried peanut

Method	Package
1	Packaged in a small two-layer PET/PE bag
2	Packaged in a small two-layer PET/PE bag and then packed in kraft paper
3	Packaged in a small two-layer PET/PE bag and then packed in a foil bag
4	Packaged in a small two-layer PET/PE bag and then packed in a clear zip-lock bag
5	Ground roasted peanuts from retail stores (PP plastic bags commonly used for packaging in the market)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design, (CRD) (Burakorn et al., 2022) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการเตรียมถั่วลิสงบดพร้อมเพื่อพัฒนาเป็นถั่วลิสงป่นบรรจุของ

จากการเตรียมถั่วลิสงบดพร้อมเพื่อพัฒนาถั่วลิสงป่นบรรจุของระหว่างการอบแห้งถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 - 6 ชั่วโมง ได้ทำการหาร้อยละความชื้นและ a_w แสดงให้เห็นดังแสดงใน Figure 4 และ Figure 5 พบว่าเวลาอบนาน 6 ชั่วโมงมีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 ลดลงจากร้อยละ 11.39 เหลือร้อยละ 4.40 และมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 และเมื่อนำเมล็ดถั่วลิสงบดพร้อมจากโรงงาน ผ่านกระบวนการเตรียมก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตถั่วลิสงป่น ด้วยการอบแห้งเป็นเวลา 5 และ 6 ชั่วโมงทำการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่า มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่ามาตรฐาน ดังแสดงใน Table 3 และพบว่าเมล็ดถั่วลิสงหากไม่มีการ

ดำเนินการใด ๆ ภายใน 10 วัน จะมีปริมาณอะฟลาทอกซินเกินมาตรฐาน มกษ. 4702-2557 และการอบแห้งเป็นเวลานาน 6 ชั่วโมงนั้น มีประสิทธิภาพพอเพียงในการลดการเกิดอะฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสงบดพร้อมได้ (Table 4) จากการศึกษาของ Jantsarakhu et al., (2014) พบว่าการอบแห้งถั่วลิสงด้วยเครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมงสามารถลดความชื้นของถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 จากร้อยละ 25.9 เหลือร้อยละ 6.7 และยังคงรักษาความออกของเมล็ดได้ที่ร้อยละ 80 จากการศึกษาของ Chalad & Khongsai, (2012) ทำการแยกจุลินทรีย์และตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซิน จากอาหารที่จำหน่ายในจังหวัดตรัง จำนวน 10 ชนิด โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 100 ตัวอย่างประกอบด้วย เต้าหู้ยี้ เต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว ถั่วลิสงแห้ง ถั่วลิสงป่น พริกแห้ง พริกป่น หอม กระเทียม และเครื่องแกง ผลการวิจัยพบว่า จุลินทรีย์ทั้งหมดที่แยกได้มี 15 สายพันธุ์ ประกอบด้วย แบคทีเรีย 3 สกุล ได้แก่ *Bacillus*, *Staphylococcus* และ *Pediococcus* และเชื้อรา 4 สกุล ได้แก่ *Aspergillus*, *Fusarium*, *Syncephalastrum* และ *Penicillium* โดยพบว่าในตัวอย่างอาหารถั่วลิสงป่น มีปริมาณจุลินทรีย์สูงสุด ได้แก่ แบคทีเรีย (7.6×10^6 CFU/g) และเชื้อรา (5.3×10^6 CFU/g)

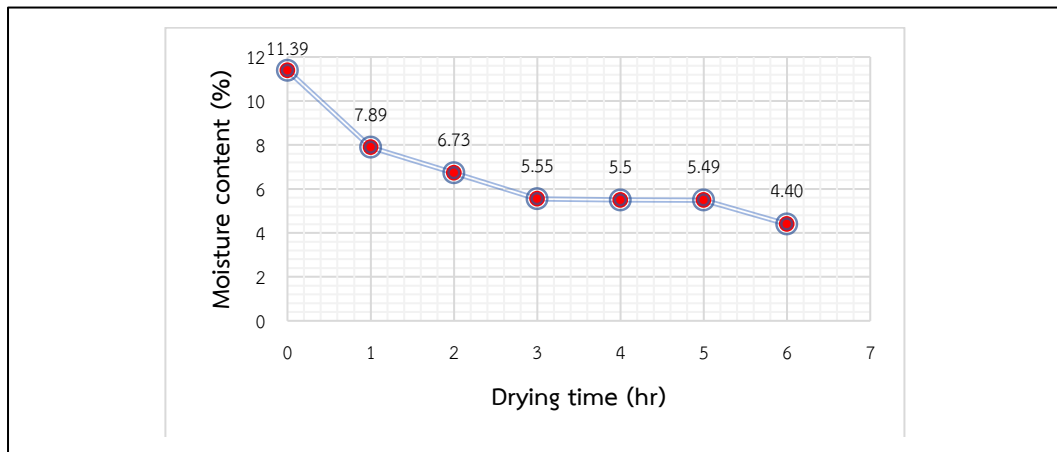


Figure 4 The relationship between drying time (0 - 6 hours) and moisture content (%).

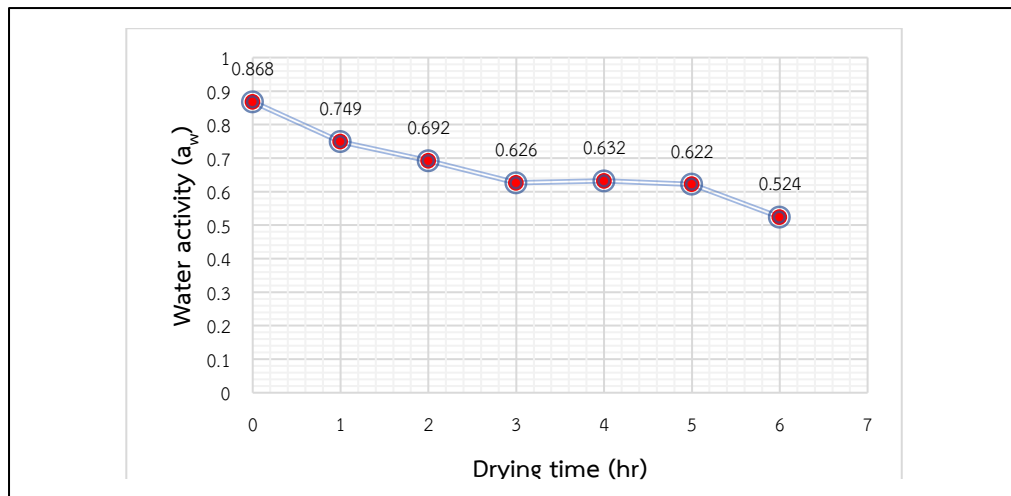


Figure 5 The relationship between drying time (0 - 6 hr) and a_w (water activity).

Table 3 Microbial analysis of ground dried peanut after drying process

Methods	Total microbial level (CFU/g)		
	0 day	5 days	10 days
Normal			
Total plate count	94.8	471	6.31×10^4
Yeast and Mold	≤ 5	33	106
Drying for 5 hrs			
Total plate count	ND	16	258
Yeast and Mold	ND	≤ 8	35
Drying for 6 hrs			
Total plate count	ND	ND	ND
Yeast and Mold	ND	ND	ND

ND represented for not detected.

Table 4 Aflatoxin levels of defective peanuts that meet the TIS 4702-2557 standard after drying process

Methods	Aflatoxin level (ppb)		
	0 day	5 days	10 days
Normal	ND	ND	43.19 ± 0.15
Drying for 5 hrs	ND	ND	11.23 ± 0.07
Drying for 6 hrs	ND	ND	ND

ND represented for not detected. Mean values $\pm$ standard deviation of determinations for triplicate samples.

ผลการศึกษาคูณภาพทางด้านกายภาพ และเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของถั่วลิสงป่น จำนวน 4 กรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่ 1 (การบด 15 วินาที) นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ คือ การวัดค่าสี

ระบบ L* a* และ b* โดยมีค่าสี L* อยู่ที่ 66.18 เป็นค่าความสว่าง ค่าสี a* อยู่ที่ 7.94 โดยจะค่อนข้างไปทางสีแดง และค่า b* อยู่ที่ 26.39 โดยจะค่อนข้างไปทางสีเหลือง การบด 15 วินาที ให้ความละเอียดพอสมควร และประหยัดเวลา คุณภาพทางด้านเคมี มีปริมาณความชื้นและ

ปริมาณน้ำอิสระต่ำเสี่ยงต่อการเกิดจุลินทรีย์น้อย (Mantadilog et al., 2012) ซึ่งมีความชื้นร้อยละ 1.58 และประมาณน้ำในอาหารที่ 0.192 และการศึกษาของ (Butsalee et al., 2023) มีปริมาณเพอร์ออกไซด์ต่ำที่ 1.4 มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัม เสี่ยงต่อการเหม็นหืนได้น้อยกว่า ส่วน Notification of the Ministry of Public Health (No. 421), (2021) กำหนดให้มีค่าเพอร์ออกไซด์ได้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัม ดังแสดงใน Table 5 นอกจากนี้ ถั่วลิสงป่นเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงอีกรูปแบบหนึ่ง โดยนำถั่วลิสงมาผ่านการอบระเหยความชื้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส การอบสุกที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส และบดให้มีขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร ซึ่งมีกลิ่นรสเฉพาะตัว เมื่อนำไปใส่ในอาหารจะทำให้รสชาติอาหารดียิ่งขึ้น โดยถั่วลิสงป่นมักมีปัญหาจากการเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากการเกิดกลิ่นหืน (Rancidity) ปัจจัยที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงป่น ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ออกซิเจน ประเภทของไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เอนไซม์ไลเปสและลิพอกซิเดส การลดกลิ่นหืนจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงป่นให้ถูกวิธี (Joboon et al., 2011) ซึ่งถั่วลิสงป่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการปนเปื้อนจากสารอะฟลาทอกซินสูง เนื่องจากส่วนใหญ่ ผู้ผลิตไม่มีการควบคุม

คุณภาพด้านวัตถุดิบ และมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากถั่วลิสงมีน้ำมันสูง เกิดการหืนได้ง่ายโดยเฉพาะการใช้เครื่องบดที่ไม่มีประสิทธิภาพมีผลทำให้สูญเสียเกิดเป็นน้ำมันออกมาจากเมล็ดถั่วลิสงได้ (Tangpradit, 2002) สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงป่น โดยมีการศึกษาอยู่ 4 ระยะเวลาการบด คือ การบดถั่วลิสงด้วยเครื่องบดเป็นเวลา 15, 20, 25 และ 30 วินาที พบว่า ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการบดระยะเวลา 15 วินาที มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระสูงที่สุดแต่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าเพอร์ออกไซด์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Joboon et al., (2011) ได้ศึกษาการผลิตถั่วลิสงป่นลดไขมัน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถั่วลิสงป่นลดไขมัน คือระยะเวลาในการคั่ว 20 นาที ที่ระดับแรงดัน 160 บาร์โดย ปริมาณน้ำมันในถั่วลิสงป่นร้อยละ 32.54 และ ค่าสีในระบบ CIE lab ของถั่วลิสงป่นลดไขมัน คือ L^* , a^* , b^* และ ΔE^* เท่ากับ 73.52, 6.06, 17.76 และ 26.38 ตามลำดับ งานวิจัยนี้จึงทำการเลือกระยะเวลาการบด 15 วินาที เพื่อนำไปเก็บรักษาจำนวน 90 วัน ต่อไป

Table 5 Physicochemical properties of ground dried peanut

Physicochemical properties	Grinding time (s)			
	15 (Method 1)	20 (Method 2)	25 (Method 3)	30 (Method 4)
Color				
L^*	66.18±0.40 ^c	69.63±0.32 ^a	65.39±0.31 ^d	68.99±0.42 ^b
a^*	7.94±0.29 ^b	7.30±0.14 ^c	9.14±0.06 ^a	7.29±0.15 ^c
b^*	26.39±0.34 ^d	27.22±0.24 ^c	29.01±0.16 ^a	27.95±0.24 ^b
Moisture (%)	1.58±0.07 ^{ab}	1.64±0.04 ^a	1.50±0.04 ^b	1.28±0.10 ^c
a_w	0.192±0.01 ^a	0.176±0.01 ^b	0.175±0.01 ^b	0.128±0.00 ^c
Peroxide value (milligrams of equivalent oxygen peroxide per kilogram) ^{ns}	0.89±0.40 ^a	0.99±0.41 ^a	0.97±0.72 ^a	0.91±0.83 ^a

Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples. Values with the different superscripts in each row are significantly different ($p < 0.05$).

ผลการศึกษาระบบบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงป่น

จากการศึกษาระบบบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงป่นทั้ง 5 กรรมวิธี ดังแสดงใน Table 2 ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ พบว่า กรรมวิธีที่ 3 คือ บรรจุลง 2 ชั้น ขึ้นในสัมผัสถั่วลิสงป่นโดยตรงเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภท 2 ชั้น คือ PET/PE ชั้นนอกคืออะลูมิเนียมฟอยล์แบบ ซิปล็อกเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงป่นได้ดีที่สุด ซึ่งพลาสติก PET (Polyethylene terephthalate) มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีมาก และป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ดี มีความใสและความเหนียวสูง สามารถใช้เคลือบกับโอของอะลูมิเนียมได้ ประทับกับถุงพลาสติก PE (Polyethylene) ซึ่งมีคุณสมบัติ เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี มีความเหนียว และทนทานต่อแรงดึงปานกลาง ฝึกขาดยาก พวกที่มีความหนาแน่นต่ำ จะใสมาก ป้องกันความชื้นไม่ให้ผ่านเข้าออกได้ (Davivongs et al., 2022) เมื่อทำการเก็บรักษาและตรวจวิเคราะห์ทุก 30 วัน เป็นเวลา 0, 30, 60 และ 90 วัน ดังแสดงใน Table 6, 7 และ 8 พบว่า มีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณเพอร์ออกไซด์ ปริมาณสารอะฟลาทอกซิน และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ซึ่งถ้าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำ เสี่ยงต่อการเกิดจุลินทรีย์ได้น้อย (Puttame & Chitphuthanakul, 2022) ปริมาณเพอร์ออกไซด์ต่ำมีความเสี่ยงต่อการเกิดกลิ่นน้อยที่สุด (Thai

Agricultural Standard TAS 4702-2014, 2014) มาตรฐานสินค้าเกษตรกำหนดให้ปริมาณอะฟลาทอกซินทั้งหมดในถั่วลิสงต้องไม่เกิน 20 ไมโครกรัม/กิโลกรัม Pramotnuang, et al., (2023) กล่าวว่า อะลูมิเนียมฟอยล์แบบ ซิปล็อก มีคุณสมบัติในการป้องกันทั้งความชื้น ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ กลิ่น น้ำมัน และแสงได้ดีเยี่ยม ทำให้สามารถป้องกัน และถนอมผลิตภัณฑ์บรรจุอยู่ ภายในได้ยาวนาน การศึกษาของ Saowana et al., (2013) ได้ตรวจหาสารอะฟลาทอกซินในเครื่องปรุงรสต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของอาหาร จำนวน 39 ตัวอย่างที่ผลิตในชุมชนจังหวัด นครราชสีมา พบเครื่องปรุงรสที่มีส่วนประกอบของถั่วลิสงป่นมีปริมาณสารอะฟลาทอกซิน 16.09 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณไม่เกินค่ามาตรฐาน (ไม่เกิน 20 ไมโครกรัม/กิโลกรัม) แม้จะมีปริมาณไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน แต่หากบริโภคเป็นประจำจะเกิดการสะสมในร่างกาย และอาจนำไปสู่การเป็นมะเร็งตับในที่สุดได้ ดังนั้นควรมีการประชาสัมพันธ์ให้ทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคได้รับทราบเกี่ยวกับโทษของสารอะฟลาทอกซินที่จะมีต่อร่างกาย เพื่อให้ผู้ผลิตตระหนักในการป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อราที่จะสร้างสารอะฟลาทอกซิน ส่วนผู้บริโภคก็ต้องระมัดระวังตนเองด้วยการเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ที่สะอาดปลอดภัย โดยเฉพาะถ้าเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรองคุณภาพมาตรฐานจากหน่วยงานของรัฐก็จะปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

Table 6 Chemical quality of ground dried peanut at different storage times

Number of days	Package				
	Method 1	Method 2	Method 3	Method 4	Method 5
Moisture content (%)					
0 day	1.580±1.11 ^C	1.580±1.11 ^B	1.580±1.11 ^C	1.580±1.11 ^C	1.580±1.11 ^C
30 days	1.74±0.05 ^{aC}	1.58±0.09 ^{bB}	1.59±0.04 ^{bC}	1.63±0.03 ^{bB}	1.84±0.11 ^{aB}
60 days	3.14±0.34 ^{aB}	2.01±0.13 ^{bA}	1.61±0.02 ^{cB}	1.64±0.02 ^{cB}	1.93±0.06 ^{bCB}
90 days	3.17±0.08 ^{aA}	2.01±0.02 ^{bA}	1.73±0.08 ^{cA}	1.83±0.15 ^{cA}	2.05±0.06 ^{bA}
Water activity (a_w)					
0 day	0.119±0.00 ^D	0.119±0.00 ^D	0.119±0.00 ^D	0.119±0.00 ^D	0.119±0.00 ^D
30 days	0.369±0.01 ^{aC}	0.268±0.01 ^{cC}	0.234±0.12 ^{dC}	0.267±0.01 ^{cC}	0.335±0.02 ^{bC}
60 days	0.484±0.00 ^{aB}	0.416±0.01 ^{bB}	0.327±0.02 ^{dB}	0.353±0.00 ^{cB}	0.353±0.00 ^{cB}
90 days	0.573±0.01 ^{aA}	0.423±0.01 ^{bA}	0.368±0.00 ^{cA}	0.395±0.00 ^{bA}	0.420±0.00 ^{bA}
Peroxide value (milligrams per kilogram)					
0 day	0.89±0.26 ^D	0.89±0.26 ^D	0.89±0.26 ^D	0.89±0.26 ^D	0.89±0.26 ^D
30 days	4.64±0.81 ^{aC}	2.09±0.10 ^{bC}	1.56±0.19 ^{bC}	2.15±0.19 ^{bC}	4.83±0.30 ^{aC}
60 days	5.53±0.30 ^{bB}	4.46±0.11 ^{cB}	3.66±0.11 ^{dB}	4.40±0.20 ^{cB}	5.93±0.12 ^{aB}
90 days	8.80±0.20 ^{aA}	7.93±0.23 ^{bA}	6.40±0.20 ^{cA}	8.06±0.30 ^{bA}	8.60±0.20 ^{aA}
Aflatoxin level (microgram per kilogram)					
0 day	ND	ND	ND	ND	35.18±0.01
30 days	ND	ND	ND	ND	45.65±0.02
60 days	8.67±0.01	10.96±0.01	3.52±0.01	5.67±0.01	-

Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples. a, b, c different superscript letters for each parameter in a row indicate significant difference at $p \leq 0.05$. A, B, C different superscript letters for each parameter in a column indicate significant difference at $p \leq 0.05$. ND represented for not detected.

Table 7 Microbial analysis of ground dried peanut at different storage times

Microbial quality	Method				
	1	2	3	4	5
0 day					
Total plate count (CFU/g)	ND	ND	ND	ND	ND
Yeast and Mold (CFU/g)	ND	ND	ND	ND	ND
30 days					
Total plate count (CFU/g)	ND	ND	ND	ND	ND
Yeast and Mold (CFU/g)	ND	ND	ND	ND	ND
60 days					
Total plate count (CFU/g)	1.6×10 ⁵	1.6×10 ⁵	1.2×10 ⁵	1.4×10 ⁵	2×10 ⁵
Yeast and Mold (CFU/g)	≤2	≤3	≤6	≤3	≤4
90 days					
Total plate count (CFU/g)	1.7×10 ⁵	2.8×10 ⁵	1.7×10 ⁵	2.7×10 ⁵	3.4×10 ⁵
Yeast and Mold (CFU/g)	≤19	≤19	≤15	≤35	≤51

ND represented for not detected.

Table 8 Physical quality of ground dried peanut at different storage times

Number of days	Method				
	1	2	3	4	5
L*					
0 day	62.83±1.08 ^B	62.83±1.08 ^B	62.83±1.08 ^B	62.83±1.08 ^C	62.83±1.08 ^C
30 days ^{ns}	65.77±0.86 ^B	66.36±1.49 ^{AB}	60.42±18.89 ^C	65.47±1.84 ^B	65.04±1.37 ^B
60 days	68.62±0.53 ^{aA}	67.81±1.67 ^{bA}	67.16±0.78 ^{bA}	66.09±0.86 ^{cB}	68.48±1.43 ^{dA}
90 days	67.97±1.00 ^{cdA}	68.54±0.79 ^{cA}	66.96±1.61 ^{dA}	70.04±2.03 ^{bA}	73.90±0.43 ^{aC}
a*					
0 day	7.93±0.16 ^B	7.93±0.16 ^B	7.93±0.16 ^B	7.93±0.16 ^B	7.93±0.16 ^B
30 days	9.03±0.52 ^{aA}	8.50±0.83 ^{abA}	7.97±0.81 ^{cB}	8.47±0.58 ^{aBA}	8.91±0.17 ^{aA}
60 days	7.76±0.49 ^{bB}	7.97±0.81 ^{bB}	7.84±0.59 ^{bB}	8.06±0.06 ^{bAB}	8.69±0.29 ^{aA}
90 days	7.94±0.52 ^{bB}	7.98±0.81 ^{bB}	8.46±1.61 ^{abA}	8.46±0.58 ^{abA}	8.65±0.14 ^{aA}
b*					
0 day	26.35±0.39 ^C	26.35±0.39 ^B	26.35±0.39 ^C	26.35±0.39 ^B	26.35±0.39 ^B
30 days ^{ns}	28.25±1.19 ^A	25.34±5.95 ^C	25.10±8.04 ^C	26.97±0.62 ^B	24.95±0.71 ^C
60 days	27.76±0.49 ^{bBC}	27.97±0.81 ^{bA}	27.84±0.59 ^{bB}	28.06±0.06 ^{bA}	28.69±0.29 ^{aA}
90 days	27.94±0.52 ^{bB}	27.98±0.81 ^{bA}	28.46±1.61 ^{abA}	28.46±0.58 ^{abA}	28.65±0.14 ^{aA}

Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples. a, b, c different superscript letters for each parameter in a row indicate significant difference at $p \leq 0.05$. A, B, C different superscript letters for each parameter in a column indicate significant difference at $p \leq 0.05$. ns not significant difference at $p > 0.05$.

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาถั่วลิสงป่น โดยเลือกถั่วลิสงป่นที่ผ่านการบดระยะเวลา 15 วินาที บรรจุตามกรรมวิธีที่ 3 คือ การบรรจุถุง 2 ชั้น PET/PE และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบซิปล็อก โดยใช้เทคโนโลยีเฮิร์ดเดิล (Hurdle Technology) เหมาะสมที่สุด ด้วยการนำถั่วลิสงบดพร้อมผ่านมาตรฐาน มกษ. 4702-2557 ทำการคัดแยกตำหนิ ประกอบด้วยเมล็ดที่มีแมลงเจาะ จุดดำ ผิวสีเข้ม ผิวถลอก เมล็ดเล็ก เมล็ดเริ่มงอก และแตกหัก ร่วมกับการล้าง การอบแห้ง การบด และการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ ช่วยให้ปริมาณความชื้นและปริมาณอะฟลาทอกซินลดลง จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการนำถั่วลิสงบดพร้อมไปใช้ประโยชน์และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับถั่วลิสงบดพร้อมที่มีราคาตกต่ำ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (มหาชน) และ หน่วยวิจัยและพัฒนาด้านการบริหารเทคโนโลยีและนวัตกรรมกรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่สนับสนุนทุนวิจัย และ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติการวิจัยในครั้งนี้

References

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). *Official method of analysis*. 15th ed. Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). *Official methods of analysis*. 18th ed. Washington D. C., USA: Association of Official Analytical Chemists.

American Oil Chemists' Society (AOCS). (1997). *Official methods and recommended practices*. 4th ed. Champaign Illinois, USA: American Oil Chemists' Society.

Burakorn, J., Pinthong, P., & Aimkaew, M. (2022). Development of healthy whey protein drinks. *Journal of Science and Technology*, 24(1), 54–61. (in Thai)

Butsalee, P., Thasedom, T., & Plangruksa, W. (2023). The development of peanut products in value added toraise community income of Thai ban agricultural group of hoothamnop sub-district, pakham district, Buriram Province. *NRRU Community Research Journal*, 17(2), 28–41. doi: 10.14456/nrru-rdi.2023.18 (in Thai)

Chalad, C., & Khongsai, S. (2012). Microorganisms and aflatoxin in food sold in Trang province. *Research Journal of Rajamangala University of Technology Srivijaya*, 4(2), 56–69. (in Thai)

Davivongs, K., Potchanasin, C., Athipanyakul, T., & Nantajit, C. (2022). Consumers' knowledge, attitudes and willingness

to pay for bio-plastic packaging. *Journal of Applied Economics and Management Strategy*, 10(2), 1-18. (in Thai)

Department of Agricultural Extension. (2014) *Peanut cultivation cooperative agricultural*. Bangkok, Thailand: Printing House. (in Thai)

Food Sanitation Division, Department of Health. (1999). *Manual for food and water analysis for officials*. 2nded. Bangkok, Thailand: Veterans Organization Printing House. (in Thai)

Jantsarakhu, W., Asawang, S., Timinkul, K., Yothathul, T., Jantongon, P., & Amreuk S. (2014). *The improvement and Development of Batch type Dryer Alternate with Hot air flow for Peanuts Drying* (Report No. 112, 1 – 13).Agricultural Engineering Research Center, Thailand: Khon Kaen University.

Joboon, K., Chompreeda, P., & Haruthaithanasan V. (2011). Process Development of Reduced Fat Ground Peanut Product in Small Package. *Proceedings of the 12th Khon Kaen University Graduate Research Conference*. (p.784-792). Khon Kaen, Thailand: Graduate School Khon Kaen University. (in Thai)

Leistner, L., & Gould, G.W. (2002). *Hurdle technologies: combination treatments for food stability, safety, and quality*. New York, USA: Springer.

Mantadilog, W., Sringam, S., Praditdoun, S., & Haruthaithanasan V. (2012). Development of coco-peanut butter. *Proceedings of the 30th Kasetsart University Annual Conference: Economics and Business Administration, Social Sciences, Education, Humanities, Environment, Home Economics, Agro-Industry, Science, Engineering*. (p. 457-463). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Notification of the Ministry of Public Health (No. 421) B.E. (2021). *Issued under the Food Act B.E. 1979 regarding oils and fats*. Accessed November 15, 2024. Retrieved from https://exfood.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P421.pdf

Pomchaloempong, P., & Rattanapanone, N. (2010). *Hurdle technology*. Accessed November 15, 2024. Retrieved from <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1824/hurdle-technology>

Pramotmuang, M., Sukonthachai, T., & Ananwettayanon, C. (2023). The development of contemporary packaging to increasing of remaining agricultural community: A case study of community enterprise applications Amphoe Doem Nang Buat Suphanburi. *Journal of Fine Arts Research and Applied Arts*, 10(1), 182-199. (in Thai)

Puttame, K., & Chitphuthanakul, S. (2022). Effect of antioxidants

- and package on shelf-life of fried durian stick product. *Ramphaiphanee Research Journal*, 13(3), 162-169. (in Thai)
- Saowana, T. Thawatsin, A., & Ruenthongdee, P. (2013). *Detections of aflatoxin in raw materials for foods and drinks producing by communities*. (Report No. SUT1-104-53-24-1 4). Nakorn-Ratchasima, Thailand: Microbiology Department, Suranaree University. (in Thai)
- Tangpradit, P. (2002). *Development of the production process and ground peanut products for commercial use*. (Master's Thesis). Bangkok. Kasetsart University. (in Thai)
- Thai Agricultural Standard TAS 4702-2014. (2014). *Peanut kernel: maximum level of aflatoxin* ICS 67.080.10. Accessed November 15, 2024. Retrieved from <https://bcglobal.bryantchristie.com/marketinfo/reports/peanut%20aflatoxin%20limits/Thai%20Agricultural%20Standard%20TAS%204702-2014%20Peanut%20Kernel%20Maximum%20Level%20of%20Aflatoxin%20as%20a%20Mandatory%20Standard.pdf> (in Thai)
- Thitipetchrakul, S., Somyurasap, K., Sastrin, K., Boonyaprapapand, P., & Mekha, N. (2015). Contamination in edible nut products. *Bulletin of the Department of Medical Sciences Journal*, (Spec. 2), 244–253. (in Thai)

Research article

Effects of hurdle technology on the shelf-life extension of ground dried peanut

Watcharee Thepyothin^{1*} and Suraphon Chaiwongsar²

¹*Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Agriculture Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 200 Moo 17, Pichai, Mueang, Lampang 52000, Thailand*

²*Department of Plant Science, Faculty of Science and Agriculture Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 200 Moo 17, Pichai, Mueang, Lampang 52000, Thailand*

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 29 December 2024

Revised: 3 March 2025

Accepted: 10 May 2025

Online published: 13 May 2025

Keyword

ground dried peanut

processing methods

shelf life

hurdle technology

ABSTRACT

Ground dried peanut, derived from ground peanuts, is a common food ingredient. Defective peanuts, such as broken or split kernels, are often used in its production. However, improper processing and storage can lead to contamination by fungal toxins, posing health risks to consumers. This study aimed to extend the shelf life of ground peanuts by employing Hurdle Technology, a method that combines multiple preservation techniques to inhibit microbial growth and prevent food deterioration. Peanuts obtained from a shelling plant were washed, dried at 60°C for 6 hours, and then further dried at 150°C for 25 minutes. The dried peanuts were subsequently ground for varying durations, 15, 20, 25, and 30 seconds, corresponding to four different treatments. The results indicated that the first treatment, involving a 15-second grind, yielded the most favorable results. This treatment produced ground dried peanuts with a moisture content of 1.58%, a water activity (aw) of 0.192, and a peroxide value of 0.89 milligram per kilogram. Subsequently, the shelf life of the ground peanuts was evaluated over storage periods of 30, 60, and 90 days using five different packaging methods. Method 3, which involved double-layer packaging (an inner PET/PE layer and an outer aluminum foil zip-lock bag), was the most effective in maintaining product quality. This method successfully preserved low levels of moisture, water activity, peroxide value, and aflatoxins, with no microbial contamination detected in the stored products. These findings demonstrate that aluminum foil zip-lock packaging is highly effective at preventing the permeation of moisture, gases, odors, oils, and light, thereby extending the shelf life of ground peanuts and preserving their overall quality.

*Corresponding author

E-mail address: tapyotin@rmutl.ac.th (W. Thepyothin)

Online print: 13 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.9>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้หมักต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตค่าโลหิตวิทยาและคุณภาพไข่ในไก่ไข่

วุฒิกกร สระแก้ว¹ สุธาทิพย์ ไชยวงศ์¹ ธัญทิพย์ จิตตนิรมล¹ นนทพัทธ์ เรืองโหระ¹ รัชณี บัวระภา¹ อภิษฎา ฝิปากเพราะ³ ศุภนิดา ทองปิ่น³ ทอฝัน กำคำ³ และธัญศิรินทร์ ณ น่าน^{2,3*}

¹ สาขาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000 ประเทศไทย

² หน่วยปฏิบัติการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาโกโก้ไทยเพื่อความยั่งยืน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย

³ สำนักวิชาทรัพยากรการเกษตร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 17 พฤศจิกายน 2567

แก้ไข: 28 มีนาคม 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 23 เมษายน 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 26 พฤษภาคม 2568

คำสำคัญ

ซิมไบโอติกส์ธรรมชาติ

เปลือกโกโก้

สมรรถนะการให้ผลผลิต

คุณภาพไข่

ไก่ไข่

บทคัดย่อ

ซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้ (Natural symbiotics from cocoa husk silage, NSCOS) เป็นสารเสริมที่ผลิตจากการนำเปลือกโกโก้หมักร่วมกับน้ำหมักจุลินทรีย์แลคติกที่ขยายเชื้อจากใบหญ้าเนเปียร์และสามารถนำมาใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์ได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริม NSCOS ต่อผลผลิตและคุณภาพไข่ในไก่ไข่ โดยใช้ ไก่ไข่เทศเมย์ สายพันธุ์โรมันบราร์น อายุ 50 สัปดาห์ จำนวน 144 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยแบ่งให้ไก่ไข่ได้รับสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 กลุ่มทดลอง ดังนี้ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุมโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเสริมเปลือกโกโก้ 2 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 3 อาหารควบคุมเสริม NSCOS 2 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง 60 วัน จากการทดลองพบว่า การเสริมเปลือกโกโก้และการเสริม NSCOS ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้และปริมาณผลผลิตไข่ ($p>0.05$) ขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่มีค่าต่ำสุดในไก่ไข่ที่เสริม NSCOS ($p<0.05$) การย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ และเยื่อใยมีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่อัตราส่วนของค่า H:L ratio มีค่าลดลง ($p<0.05$) ในไก่ไข่ที่เสริมเปลือกโกโก้และเสริม NSCOS คุณภาพไข่ในส่วนของ ความสูงไข่แดง และค่า Haugh unit มีค่าเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ในไก่ไข่ที่เสริม NSCOS เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมเปลือกโกโก้ แสดงให้เห็นว่าซิมไบโอติกส์ธรรมชาติที่ได้จากเปลือกโกโก้ NSCOS สามารถใช้เป็นเสริมในอาหารไก่ไข่ได้ โดยส่งผลดีต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่และคุณภาพไข่

บทนำ

ปัจจุบันการผลิตไข่เพื่อการค้าเป็นธุรกิจที่ขยายตัวเป็นวงกว้างและได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐอย่างต่อเนื่อง โดยไข่ไก่เป็นวัตถุดิบที่หาซื้อง่ายและโปรตีนสูงจากสัตว์ ถ้าเทียบกับคุณภาพและปริมาณแล้วถือว่าเป็นโปรตีนที่มีราคาถูกที่ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้ทุกคน จึงทำให้จำนวนและปริมาณการบริโภคไข่ไก่นั้นสูง ทั้งนี้ ไข่ไก่ถือว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งในการผลิตต้องคำนึงถึงผลผลิตไข่ที่สูงและรวมถึงพยายามพัฒนาคุณภาพไข่ให้ดียิ่งขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม นอกจากปริมาณความต้องการบริโภคที่สูงขึ้นแล้วนั้นผู้บริโภคยังต้องการบริโภคไข่ไก่ที่มีคุณภาพดีด้วย สาเหตุดังกล่าวทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไข่ไก่จำเป็นต้องพัฒนาการเลี้ยงเพื่อให้ไข่สามารถให้ผลผลิตที่สูงและคุณภาพไข่ที่ดีด้วยการใช้สารเสริมเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในรูปแบบของ ซิมไบโอติกส์ (Symbiotics) กล่าวคือ เสริมร่วมกันระหว่างพรีไบโอติกส์ (Prebiotics) และโพรไบโอติกส์ (Probiotics) โดยการใช้สารเสริมในรูปแบบซิมไบโอติกส์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโพรไบโอติกส์ได้

ซิมไบโอติกส์ธรรมชาติ (Natural symbiotics) เป็นการผลิตสารเสริมผสมระหว่างพรีไบโอติกส์จากแหล่งธรรมชาติร่วมกับโพรไบโอติกส์

จากธรรมชาติ โดยโพรไบโอติกส์ธรรมชาติเป็นจุลินทรีย์ที่พบในธรรมชาติที่สามารถใช้เป็นสารเสริมในอาหารแล้วมีผลให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายสัตว์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่พบในธรรมชาติมีหลายกลุ่ม เช่น กลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) จากรายงานของ Srakaew et al. (2021) พบว่า เชื้อจุลินทรีย์แลคติกธรรมชาติที่ผลิตจาก ใบหญ้าเนเปียร์และสามารถใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์ที่มีผลเชิงบวกต่อการให้ผลผลิตของไก่เนื้อ (Chaiwong et al., 2023) จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการใช้จุลินทรีย์แลคติกจากใบหญ้าเนเปียร์สามารถใช้เป็นโพรไบโอติกส์ธรรมชาติได้ ขณะที่พรีไบโอติกส์ธรรมชาติ คือ สารอาหารจุลินทรีย์ที่พบได้ในพืชธรรมชาติ Younes et al. (2022) พบว่า เปลือกโกโก้จัดเป็นสารเสริมพรีไบโอติกส์ และยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์ได้ ในเปลือกผลโกโก้มีองค์ประกอบของโภชนะทั้งโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต และบางส่วนของคาร์โบไฮเดรตเป็นกลุ่มของโอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharides) และ เพคติน 6.1-9.2 กรัม ต่อ 100 กรัมวัตถุดิบ ซึ่งทนทานต่อการย่อยในกระเพาะอาหารรวมถึงไม่ดูดซึมในลำไส้เล็กและไหลผ่านไปยังลำไส้ส่วนท้ายและถูกหมักย่อยโดยจุลินทรีย์หรือเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ (Kemperman et al., 2010)

* Corresponding author

E-mail address: Tansiphorn.j@chula.ac.th (T. Na Nan)

Online print: 26 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.10>

นอกจากนี้ยังมีสารโพลีฟีนอล เช่น ฟลาโวนอยด์ แทนนิน และมีสารสำคัญอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบอีกหลายชนิด เช่น ซีโอโบรมีน (Theobromine) สารประกอบเหล่านี้จะส่งผลต่อตัวสัตว์ในด้านการลดการอักเสบและมีบทบาทในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในท้องทางเดินอาหาร (Chungsiripom et al., 2022) ดังนั้น เปลือกโกโก้ก็น่าจะใช้เป็นแหล่ง โปรไบโอติกส์ธรรมชาติได้

ซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้หมัก (Natural symbiotics from cocoa husks silage; NSCOS) เป็นการหมักเปลือกโกโก้ร่วมกับจุลินทรีย์แลคติกจากใบหญ้าเนเปียร์ ส่งผลทำให้กลิ่นของเปลือกโกโก้หมักมีความหอมอมเปรี้ยวและมีโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น โดยเปลือกโกโก้แห้งมีโปรตีนเฉลี่ย 6 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เปลือกโกโก้หมักมีโปรตีน 10-12 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า มีจำนวนจุลินทรีย์แลคติก 4×10^7 CFU/มิลลิกรัม ซึ่งจะช่วยให้โปรไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้ร่วมกับโปรไบโอติกส์ธรรมชาติจากจุลินทรีย์แลคติก จากข้อมูลเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้หมักได้ และน่าจะสามารถใช้เป็นสารเสริมเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ในไก่ไข่ได้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลดังกล่าวยังขาดการศึกษาทดลองถึงผลที่เกิดขึ้นในตัวสัตว์ปีกโดยเฉพาะไก่ไข่ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของการใช้สารเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติที่ผลิตจากเปลือกโกโก้หมักในรูปของ NSCOS ต่อปริมาณการให้ผลผลิตไข่และรวมถึงผลที่เกิดขึ้นต่อคุณภาพไข่ในไก่ไข่

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมเปลือกโกโก้แห้งและซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้หมัก

นำเปลือกโกโก้ที่ได้จากโรงงานผลิตโกโก้ อำเภอน้ำขุ่น จังหวัดน่าน นำมาสับละเอียดขนาด 1 - 2 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องสับหญ้าอัตโนมัติ จากนั้นนำเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสับแล้วแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปตากแห้งและบดละเอียดก่อนนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยรวม ไขมันรวม และเถ้า ตามวิธีของ Association of official analytical chemists (AOAC) (1995) และเตรียมใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับใช้ในอาหารสัตว์ ส่วนที่ 2 นำมาผลิต NSCOS โดยนำเปลือกโกโก้ที่สับแล้วมาคลุกกับ น้ำหมักแบคทีเรียแลคติก โดยน้ำหมักแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ผลิตโดยปรับปรุงกระบวนการผลิตตามวิธีการของ Bureenok et al. (2007) ทำการขยายหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก โดยใช้ใบหญ้าเนเปียร์จำนวน 200 กรัม ปั่นให้ละเอียด เติมน้ำให้ครบ 1 ลิตร จากนั้นกรองเอาแต่น้ำแล้วเติมน้ำตาลทราย 20 กรัม ทำการบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาใช้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำหมัก พบว่า มีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 2.02×10^8 CFU/มิลลิลิตร โดยกระบวนการหมักนั้นทำการผสมน้ำหมักเข้ากับเปลือกโกโก้ในอัตราส่วนเปลือกโกโก้ 100 ส่วน น้ำหมัก 2 ส่วน (2 % โดยน้ำหนักสด) นำไปหมักในถังแบบไร้ออกซิเจน แล้วบ่มไว้เป็นเวลา 14 วัน ก่อนสุ่มตัวอย่างนำมาวิเคราะห์หาเชื้อจุลินทรีย์ แบคทีเรียกรดแลคติก ด้วยวิธี Culture technique โดยใช้ Selective media คือ MRS agar + 0.02 % NaH_3 + 0.05 % L-Cystine Hydrochloride Monohydrate ตามวิธีของ Makivic et al. (2019) พบว่า มีจำนวน

จุลินทรีย์แลคติก 4×10^7 CFU/มิลลิกรัม และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยรวม ไขมันรวม และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1995) และส่งตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณโพลีฟีนอลตามวิธีการของ Hou et al. (2003) ส่วนที่เหลือนำมาตากแห้งและบดละเอียดก่อนนำไปใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับสัตว์

สัตว์ทดลอง สถานที่ทดลองและจรรยาบรรณสัตว์ทดลอง

ใช้ไก่ไข่สายพันธุ์โรมันบราวน์ อายุ 50 สัปดาห์ จำนวน 144 ตัว ทำการสุ่มไก่ไข่เข้าสู่กรงทดลอง กรงทดลองละ 3 ตัว จำนวนทั้งหมด 48 กรง การดำเนินการทดลองครั้งนี้ได้รับการอนุญาตให้ดำเนินการใช้สัตว์ทดลอง โดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ใบอนุญาตเลขที่ RMUTL-IACUC 001/2022 ในการทดลองครั้งนี้ดำเนินการทดลอง ณ ฟาร์มทดลองสัตว์ปีก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน โดยจัดให้สัตว์ทดลองอยู่บนกรงระดับขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ $45 \times 55 \times 40$ เซนติเมตร โดยมีการจัดการดูแลและให้แสงธรรมชาติในโรงเรือนแบบเปิด (ช่วงเวลา 06.30-18.00 น.) ร่วมกับการให้แสงไฟฟ้าจากหลอดนีออน (เวลา 18.00-22.30 น.) เล้าทดลองผ่านการล้างทำความสะอาดฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ BIOCLEAN และโรยปูนขาวทิ้งไว้ก่อนดำเนินการทดลองเป็นเวลา 14 วัน

การวางแผนการทดลองและการให้อาหารทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้ระยะเวลาทดลอง 60 วัน ประกอบด้วย 3 ทริทเมนต์ ๆ ละ 4 ซ้ำ (จำนวน 4 กรงต่อซ้ำ โดยบรรจุไก่กรงละ 3 ตัว รวมซ้ำละ 12 ตัว) ใช้สัตว์ทดลองทั้งหมด 144 ตัว โดยมีการสุ่มทริทเมนต์ให้กับซ้ำที่กำหนดไว้ในพื้นที่ภายในโรงเรือนเดียวกัน ใช้การคำนวณขนาดของตัวอย่างตามวิธีการของ Neter et al. (1996) โดยทริทเมนต์มีความแตกต่างกันดังนี้

ทริทเมนต์ที่ 1 คือ สูตรอาหารที่มีโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ (สูตรควบคุม)

ทริทเมนต์ที่ 2 คือ สูตรอาหารควบคุมเสริมเปลือกโกโก้ 2 เปอร์เซ็นต์

ทริทเมนต์ที่ 3 คือ สูตรอาหารควบคุมเสริม NSCOS 2 เปอร์เซ็นต์

อาหารสัตว์ทดลองที่ให้แตกต่างกันตามแต่ละกลุ่มทดลอง โดยใช้อาหารรูปแบบผง (อาหารผสมเอง) คำนวณให้มีโปรตีนหยาบ 18 เปอร์เซ็นต์ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2,850 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ ตามคำแนะนำของ National Research Council (NRC) (1994) ใช้สูตรอาหารผสมเองโดยแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันที่ดังทริทเมนต์ โดยส่วนประกอบของอาหารทดลอง แสดงใน Table 1 ในการให้อาหารสัตว์ทดลองจัดให้ไก่ไข่ได้รับอาหารแบบจำกัด (Restrict feed) โดยคำนวณปริมาณที่ให้ประมาณ 110 กรัมวัตถุดิบต่อตัวต่อวัน โดยแบ่งให้อาหารในแต่ละวันเป็น 2 เวลา คือ ในตอนเช้าเวลา 7.30 น. และตอนบ่ายเวลา 16.00 น. และสัตว์ปีกทดลองได้รับน้ำสะอาดอย่างเพียงพอและมีให้กินตลอดเวลา

Table 1 Experimental feed ingredients

Items	Kg/100 kg
Fish meal (60 %CP)	3
Full fat soybean	5
Soybean meal	22
Broken rice	5
Rice bran	10
Corn meal	42
Rice bran with hull	4.8
Premixed	0.3
Salt	0.3
Dicalcium phosphate (P21)	2.5
Lime stone	5.0
Plant oil	0.5
DL-methionine (99 %)	0.2
L- lysine (99 %)	0.1
Total	100
Price (THB/kg)	15.8

สมรรถนะการผลิตไข่ของไก่ไข่

เลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับกรง ๆ ละ 3 ตัว เพื่อวัดสมรรถนะการผลิตโดยใช้เวลาทั้งหมด 60 วัน บันทึกจำนวนไข่ต่อวัน และชั่งน้ำหนักไข่ นำข้อมูลมาคำนวณหาสมรรถนะการผลิตของไก่ไข่ (Hen-day production) น้ำหนักไข่เฉลี่ย (Average egg weight) ปริมาณมวลไข่รวม (Egg mass) [Egg mass = (average egg weight x hen-day production)/100] ตามวิธีของ Zhao et al. (2004) Ragab et al. (2012) และ Lokhande et al. (2013) ทำการจดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และปริมาณอาหารที่เหลือ เพื่อคำนวณหาปริมาณการกินได้ (Feed Intake) และสุ่มเก็บอาหารที่เหลือทุก ๆ สัปดาห์ของช่วงเวลาการทดลอง แบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้งของอาหารทดลอง จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณปริมาณการกินได้โดยคิดต่อหน่วยน้ำหนักแห้ง และอาหารอีกส่วนหนึ่งนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เสร็จแล้วนำไปคั่วผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของโภชนะต่าง ๆ ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยรวม ไชมันรวม และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1995) และคำนวณหาค่าคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen free extract, NFE) จากสมการ $NFE = 100 - (\% \text{ ความชื้น} + \% \text{ โปรตีนหยาบ} + \% \text{ เยื่อใยรวม} + \% \text{ ไชมันรวม} + \% \text{ เถ้า})$ และคำนวณหาประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัม (Feed conversion ratio per 1 kg of egg) (FCR = feed intake/egg mass) ตามวิธีของ Hu et al. (2011) Lokhande et al. (2013) และ Nopparatmaitree et al. (2014)

การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในอาหารไก่ไข่

การวิเคราะห์ค่าการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในอาหารไก่ไข่ภายในตัวสัตว์ (*In vivo*) ด้วยวิธีการทดสอบการใช้ประโยชน์ได้รวม (Total tract nutrient utilization) โดยใช้สารบ่งชี้ (Indicator marker) คือ โครมิกซ็อกไซด์ (Cr_2O_3) 0.3 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารทดลอง ตามวิธีของ Fenton & Fenton (1979) โดยเมื่อไก่ทดลอง

อายุทดลอง 6 สัปดาห์ ทำการสุ่มไก่ทดลองจำนวน 3 กรง ต่อทรีทเมนต์ เข้าทดสอบการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ โดยแต่ละกรงรองรับด้านล่างกรงด้วยถาดเก็บมูล และมีที่ให้น้ำให้อาหารด้านหน้าของกรง ไก่ทดลองในกรงจะถูกสุ่มให้ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร โดยในแต่ละสูตรจะผสมด้วยโครมิกซ็อกไซด์ (Cr_2O_3) จำนวน 0.3 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงสัปดาห์ที่ 7 และ 8 ของการทดลอง โดยแบ่งช่วงทดลองออกเป็น 2 ช่วงโดยช่วงที่ 1 เป็นช่วงปรับสัตว์ (Adjustment period) เป็นเวลา 7 วัน ช่วงที่ 2 เป็นช่วงเก็บตัวอย่าง (Sampling period) เป็นเวลา 7 วัน โดยเมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดจะสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารและตัวอย่างมูลของ ไก่ที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมโครมิกซ็อกไซด์ ในส่วนของตัวอย่างมูลจะทำการเก็บลงในถุงเก็บที่มีติดจากนั้นทำการเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีของ Mountzouris et al. (2011) ก่อนนำตัวอย่างอาหารและตัวอย่างมูลมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยรวม ไชมันรวม และเถ้า รวมถึงวิเคราะห์หาปริมาณโครมิกซ็อกไซด์ตามวิธีของ AOAC (1995) จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ ตามวิธีของ Sharifi et al. (2012) ดังสมการ

$$\text{การใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุแห้ง (Apparent dry matter utilization)} = \frac{(\% Cr_2O_3 \text{ ในมูล} - \% Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร}) \times 100}{\% Cr_2O_3 \text{ ในมูล}}$$

$$\text{การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ (Apparent nutrient utilization)} = \frac{100 - [100 \times (\frac{\% Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร}}{\% Cr_2O_3 \text{ ในมูล}} \times \frac{\% \text{ โภชนะในมูล}}{\% \text{ โภชนะในอาหาร}})]}{\% \text{ โภชนะในอาหาร}}$$

การวัดโลหิตวิทยาของไก่ไข่และองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือด

วัดค่าโลหิตวิทยาของไก่ไข่และองค์ประกอบทางเคมีในเลือด โดยในวันสุดท้ายการทดลองทำการอดอาหารไก่ไข่ประมาณ 12 ชั่วโมง

แล้วสุ่มไก่หน่วยทดลองละ 1 ตัว จำนวน 7 ตัวต่อทรีทเมนต์เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดโดยเจาะเลือดไก่บริเวณปีก (wing vein) ตัวละ 2 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวัดความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (hematocrit; Hct) ค่าเม็ดเลือดแดง (Red blood cell; RBC) ค่าเม็ดเลือดขาว (White blood cell; WBC) เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิล (Heterophil; H) และ ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte; L) เพื่อนำไปหาสัดส่วน H/L ratio นำซีรัมไปวิเคราะห์ค่าคอเลสเตอรอล (Cholesterol) และ ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) โดยใช้เครื่องตรวจเลือดอัตโนมัติ (Advia 120, Bayer, Tarrytown, NY) ด้วยวิธี enzymatic colorimetric method (CHOD-PAP method) ตามวิธี Zhou et al. (2010)

การวัดคุณภาพของไข่ไก่และองค์ประกอบทางเคมีในไข่ไก่

ในช่วง 5 วันสุดท้ายของการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ทำการเก็บตัวอย่างไข่ไก่จำนวน 1 ฟองต่อวันในแต่ละหน่วยทดลองเพื่อทำการวัดคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ คือ น้ำหนักไข่ (Egg weight) ความหนาของเปลือกไข่ (Egg shell thickness) ค่าคะแนนสีของไข่แดง (Yolk color) ความสูงไข่แดง (Yolk height) ความสูงไข่ขาว (Albumin height) และหาค่า Haugh unit โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพไข่ (Digital egg tester) จากนั้นทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างไข่ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำส่งวัดองค์ประกอบทางเคมีของไข่ตามวิธีของ AOAC (1995) และคอเลสเตอรอลในไข่โดยใช้ cholesterol assay kit (Beijing Biological Technology Co., Beijing, China)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดถูกรวบรวมและนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variances; ANOVA) ตาม

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเมนต์ทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (SAS, 1998) โดยกำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง

จากการศึกษาพบว่า สูตรอาหารทดลองสูตรควบคุม สูตรเสริมเปลือกโกโก้ผง และสูตรเสริม NSCOS มีโปรตีนเฉลี่ย 18.1 17.9 และ 18.0 เปอร์เซนต์ มีเยื่อใยรวมเฉลี่ย 7.22 7.54 และ 7.43 เปอร์เซนต์ มีไขมันรวมเฉลี่ย 5.01 5.04 และ 5.05 เปอร์เซนต์ เถ้าเฉลี่ย 6.45 6.47 และ 6.45 เปอร์เซนต์ และ NFE เฉลี่ย 63.2 63.0 และ 63.1 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารมีค่าใกล้เคียงกันและสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เปลือกโกโก้แห้งมีโปรตีนรวมเยื่อใยรวม ไขมันรวม เถ้า NFE และปริมาณโพลีฟีนอลรวม เท่ากับ 7.03 23.8 6.52 7.60 55.1 เปอร์เซนต์ และ 61.2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ ตามลำดับ ซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS โปรตีนรวมเยื่อใยรวม ไขมันรวม เถ้า NFE และปริมาณโพลีฟีนอลรวม เท่ากับ 12.4 18.0 6.94 6.5 56.2 เปอร์เซนต์ และ 58.4 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS มีปริมาณจุลินทรีย์แลคติก 4.01×10^7 CFU/มิลลิกรัม แสดงใน Table 2

Table 2 The chemical composition of experimental diets, dried cocoa husk and NSCOS

Items	Experimental diets			Dried cocoa husk	NSCOS
	T1	T2	T3		
Moisture, %	9.40	9.42	9.48	82.8	79.1
Chemical composition (% of DM)					
CP	18.1	17.9	18.0	7.03	12.4
CF	7.22	7.54	7.43	23.8	18.0
EE	5.01	5.04	5.05	6.52	6.94
Ash	6.45	6.47	6.45	7.60	6.50
NFE	63.2	63.0	63.1	55.1	56.2
Total polyphenol (g/kg DM)	-	-	-	61.2	58.4
Lactic acid bacteria (10^7 CFU/mg)	-	-	-	-	4.01

NSCOS=natural symbiotics from cocoa husks silage, DM=dry matter, CP=crude protein, CF=crude fat, EE=ether extract, NFE = nitrogen free extract.

ผลของการเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้หมักต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตในไก่ไข่

การวัดสมรรถนะการให้ผลผลิตของไก่ไข่ พบว่า การเสริมเปลือกโกโก้ผงและการเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ต่อวัน ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้ 109.1-109.6 กรัมต่อวัน และผลผลิตไข่ 77.4-77.9 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ขณะที่ การเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS ในอาหารไก่ไข่มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักไข่เพิ่มสูงขึ้น ($p=0.07$) อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>$

0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และส่งผลทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่มีค่าต่ำสุด ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับการเสริมเปลือกโกโก้ผงและสูตรอาหารควบคุม ส่งผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการให้ผลผลิตไข่ 1 กิโลกรัม ลดลง ดังแสดงใน Table 3 ทั้งนี้ปริมาณการกินได้ที่มีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละทรีทเมนต์เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้มีการให้อาหารแบบจำกัดโดยกำหนดปริมาณการให้อาหารประมาณ 110 กรัมวัตถุดิบแห้งต่อตัวต่อวัน น้ำหนักไข่ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS ขณะที่ปริมาณการกินได้มีค่าไม่แตกต่างกันจึงส่งผลให้

เมื่อนำมาคำนวณค่าอัตราการผลิตอาหารเป็นน้ำหนักไขมีค่าต่ำสุด ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักไข่แสดงให้เห็นว่าไก่ไข่ได้รับโภชนาการในการสร้างฟองไข่มากขึ้นซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนาการที่สูงขึ้นในไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS แสดงใน Table 4 ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของน้ำหนักไข่ในการทดลองครั้งนี้ ผลดังกล่าวสามารถอธิบาย

โดยการเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS มีส่วนผสมของจุลินทรีย์แลคติกซึ่งจัดเป็นโพรไบโอติกส์ที่มีผลต่อกระบวนการย่อย การดูดซึม และปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Cabuk et al. (2006) และ Zhang et al. (2012) ที่พบว่า การเสริมจุลินทรีย์แลคติกส่งผลทำให้ค่าการย่อยได้ของไก่ไข่สูง ผลผลิตไข่และน้ำหนักไข่ก็เพิ่มขึ้น

Table 3 Effects of natural symbiotics from NSCOS on productive performance of laying hen

Items	Treatments			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
Average daily feed intake (g/day)	109.6	109.2	109.1	1.44	0.78
Hen day production (%)	77.5	77.4	77.9	2.15	0.59
Average egg weight (g)	54.1	53.9	56.0	1.56	0.07
Feed conversion ratio (kg feed/kg egg)	2.02 ^b	2.02 ^b	1.98 ^a	0.03	0.05
Feed cost per 1 kg of egg (THB)	30.3	30.6	29.9	1.85	0.10

^{a,b} Mean within the same row with difference letters are significantly different at $p \leq 0.05$, SEM=standard error of mean, T1 = a control diet (18 % of CP), T2 and 3 = control diet supplemented with 2 % of dried cocoa husk and NSCOS, respectively.

ผลของการเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้ต่อการใช้ประโยชน์ได้ในไก่ไข่

จากผลการศึกษาพบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับสูตรอาหารควบคุม สูตรอาหารเสริมเปลือกโกโก้ผง และสูตรอาหารเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS มีค่าการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน ไขมัน และเถ้า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับสูตรอาหารเสริมเปลือกโกโก้ผง และสูตรอาหารเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS มีการใช้ประโยชน์ได้ของวิตามิน อี อินทรีวิตามินและเยื่อใยสูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับสูตรควบคุม ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 4 แสดงให้เห็นว่าการเสริมเปลือกโกโก้ผงหรือการเสริมซิมไบโอติกส์จากธรรมชาติในรูปของ NSCOS มีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนาการเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากในเปลือกผงโกโก้มีองค์ประกอบบางส่วนของโพลีฟีนอลและกรดไขมัน ซึ่งจัดเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่เรียกว่า โพรไบโอติกส์ ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถทนทานต่อการย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็กส่วนต้นและไหลผ่านไปยังลำไส้เล็กส่วนท้ายและถูกใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ เมื่อจุลินทรีย์กลุ่มนี้ขยายจำนวนมากขึ้นจะมีบทบาทในการต่อต้านจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อโรคให้ลดลงทำให้สุขภาพของลำไส้ดีขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Topping & Clifton (2001) พบว่าการเสริมโพรไบโอติกส์มีผลทำให้จำนวนจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น เช่น Lactic acid bacteria (*Bifidobacterium* spp. และ *Lactobacillus* spp.) และ *Enterococcus* spp. เป็นต้น จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะหมักย่อยโพรไบโอติกส์อย่างสมบูรณ์และเกิดผลิตภัณฑ์ คือ แก๊ส กรดแลคติก และกรดไขมันที่ระเหยง่ายรวม (Short chain fatty acid) (กรด อะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก) (Nabizadeh, 2012) ส่งผลให้ลำไส้ส่วนไส้ต้นมีนิเวศวิทยาเป็นสภาวะกรดที่ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตและการแบ่งตัวของแบคทีเรียก่อโรค ทั้งนี้การเพิ่มกิจกรรมการหมักและปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยง่ายรวมมีความสัมพันธ์กับความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นและส่งผลต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรค มีผลต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้ กล่าวคือ

มีผลให้ความสูงวิลไลและความกว้างของครีปส์เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ความสามารถในการย่อยได้และการดูดซึมของโภชนาการในอาหารของลำไส้เพิ่มขึ้น (Józefiak et al., 2004) นอกจากนั้นเปลือกโกโก้ยังประกอบด้วยสารกลุ่มโพลีฟีนอลและอีโอบีโอบีน ซึ่งมียับยั้งในการต้านการอักเสบและทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคในทางเดินอาหาร (Kemperman et al., 2010) ขณะที่ซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้หมักมีส่วนประกอบของสารกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenol) และจุลินทรีย์ธรรมชาติในกลุ่มของแบคทีเรียแลคติกอยู่ร่วมด้วย การเสริมเปลือกผงโกโก้ที่ผ่านการหมักร่วมกับจุลินทรีย์แลคติกส่งผลทำให้ไก่ไข่ได้รับสารกลุ่ม โพรไบโอติกส์ โพลีฟีนอล และแบคทีเรียแลคติกเข้าไปในร่างกายซึ่งทำให้เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวในทางเดินอาหารส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพของลำไส้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนาการที่ดีขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Bai et al. (2017) รายงานว่า การเสริมแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกในอาหารสามารถเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกในลำไส้ ผลดังกล่าวส่งผลทำให้ประชากรจุลินทรีย์ก่อโรคในลำไส้ลดลง มีผลต่อความแข็งแรงและสุขภาพของลำไส้ที่ดี ส่งเสริมกระบวนการย่อยและการดูดซึมโภชนาการได้ดีขึ้น ขณะที่สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) จากเปลือกของโกโก้และเปลือกโกโก้หมัก จัดเป็นสารประกอบกลุ่มของโพรไบโอติกส์ สารประกอบกลุ่มดังกล่าวมีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยในทางเดินอาหาร แล้วจึงส่งผลต่อการย่อยได้และการดูดซึมโภชนาการที่สูงขึ้น (Qingming et al., 2010) ดังนั้นการเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้หมักจึงเกิดประโยชน์จากทั้งตัวจุลินทรีย์ที่เสริมเข้าไปและจากองค์ประกอบสำคัญในรูปของโพรไบโอติกส์ โพลีฟีนอลและอีโอบีโอบีนที่พบในเปลือกโกโก้ ข้อมูลเบื้องต้นเป็นเหตุผลให้ค่าการย่อยได้ของวิตามิน อี อินทรีวิตามิน และเยื่อใย มีค่าเพิ่มขึ้นในไก่ไข่ที่ได้รับสูตรอาหารเสริมเปลือกโกโก้ผง และสูตรอาหารเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS

Table 4 Effects of natural symbiotics from NSCOS on nutrient utilization of laying hens

Items	Treatments			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
Nutrient utilization, %					
Dry matter	74.9 ^a	76.2 ^b	77.4 ^b	0.19	0.02
Organic matter	85.4 ^a	86.9 ^b	87.8 ^b	0.18	0.03
Crude protein	78.2	78.7	78.8	1.08	0.43
Crude fiber	27.4 ^a	29.9 ^b	30.4 ^b	0.48	0.05
Ether extract	89.5	89.0	89.1	3.01	0.45
Ash	30.2	29.9	32.6	3.06	0.74

^{a,b} Mean within the same row with difference letters are significantly different at $p \leq 0.05$, SEM = standard error of mean, T1 = a control diet (18 % of CP), T2 and 3 = control diet supplemented with 2 % of dried cocoa husk and NSCOS, respectively.

ผลของการเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้ต่อโลหิตวิทยาในไก่ไข่

จากผลการศึกษาพบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับสูตรอาหารควบคุม สูตรอาหารเสริมเปลือกโกโก้ผง และสูตรอาหารเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS มีค่า Hematocrit hemoglobin จำนวนเม็ดเลือดแดง จำนวนเม็ดเลือดขาว และเม็ดเลือดขาวชนิด Lymphocyte ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับสูตรอาหารเสริมเปลือกโกโก้ผง และสูตรอาหารเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS มีแนวโน้มปริมาณเม็ดเลือดขาวชนิด Heterophil ลดลง ($p = 0.08$) อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และส่งผลทำให้ค่าอัตราส่วน H:L ratio มีค่าลดลง ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 5 อย่างไรก็ตามค่า H:L ratio ของไก่ไข่ทดลองในครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.56-0.61 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ H:L ratio ปกติของสัตว์ปีกที่มีค่าระหว่าง 0.33-0.57 (Jain, 1993) การลดลงของค่า H:L ratio นี้เป็นผลเนื่องมาจากการการลดลงของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิล ทั้งนี้โดยปกติหากสัตว์ได้รับสิ่งเร้าใดสิ่งเร้าหนึ่งจนเกิดความเครียดจะมีผลทำให้ค่าเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์มีค่าต่ำขณะที่เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลมีค่าสูงขึ้น ซึ่งผลดังกล่าวเกิดจากการหลั่งฮอร์โมนแคทีโคลามีน (Catecholamine) ที่ผลิตจากต่อมหมวกไตด้านในและฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (Glucocorticoid) ที่ผลิตจากต่อมหมวกไตส่วนนอกเข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มมากขึ้น (Julian, 2000) การหลั่งฮอร์โมนดังกล่าวมีผลทำให้เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ลดลง (Harmon, 1998) และมีผลเพิ่มระดับเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลจาก Hemopoietic system ให้เข้าสู่

กระแสเลือดมากขึ้น (Jain, 1993) การลดลงของ H:L ratio ในไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมเปลือกโกโก้ผงและซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS นั้นบ่งบอกถึงการลดลงของความเครียดและการลดลงของอนุมูลอิสระในกลุ่มดังกล่าว ซึ่งเป็นผลมาจากสารกลุ่มฟลาโวนอยด์จากโกโก้มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง (Tachakittirungrod et al., 2007) ขณะเดียวกันก็มีคุณสมบัติในการช่วยเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการกำจัดอนุมูลอิสระ เช่น catalase และ glutathione peroxidase จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงส่งผลให้สามารถช่วยลดผลเสียที่เกิดจากอนุมูลอิสระส่วนเกินที่ผลิตขึ้นในช่วงที่สัตว์เกิดความเครียดได้ ส่งผลให้ระบบภูมิคุ้มกันโรคของสัตว์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้พบว่าเปลือกโกโก้ผงและซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS ในอาหารไก่ไข่ ไม่ส่งผลต่อปริมาณความเข้มข้นของกลูโคสและไตรกลีเซอไรด์ในกระแสเลือด ($p > 0.05$) แต่พบว่ามีแนวโน้มทำให้ปริมาณความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง ($p = 0.07$) อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังแสดงใน Table 5 ซึ่งหนึ่งในกลไกที่อ้างถึงในการลดระดับคอเลสเตอรอลคือการที่โปรไบโอติกส์จากซิมไบโอติกส์ธรรมชาติ NSCOS อาจส่งผลต่อการมีระดับคอเลสเตอรอลในระดับต่ำ (Hypocholesterolemic action) ผ่านกรดน้ำดี การที่จุลินทรีย์เจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้นสามารถช่วยย่อยสลายคอเลสเตอรอลและยับยั้งการดูดซึมผ่านผนังลำไส้ (Mikulski et al., 2012)

Table 5 Effects of natural symbiotics from NSCOS on hematological and chemical values in blood

Items	Treatments			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
Hematological characteristics					
Hematocrit (%)	29.1	28.6	29.6	3.23	0.41
Hemoglobin (g/dL)	10.3	10.0	10.6	2.51	0.73
Red blood cell ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	2.36	2.41	2.48	1.06	0.38
White blood cell ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	192.00	188.0	199.4	9.14	0.44
Heterophil (%)	35.8	34.2	33.5	1.03	0.08
Lymphocyte (%)	58.7	59.9	59.6	3.6	0.17
H/L Ratio	0.61 ^a	0.57 ^b	0.56 ^b	0.12	0.03

Table 5 Effects of natural symbiotics from NSCOS on hematological and chemical values in blood (Continue.)

Items	Treatments			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
Blood biochemical profile					
Glucose (mg/dl)	193.3	204.4	194.6	7.80	0.25
Triglyceride (mg/dl)	1087	934.5	995.3	27.4	0.42
Cholesterol (mg/dl)	178.0	175.2	169.1	6.91	0.07

^{a,b} Mean within the same row with difference letters are significantly different at $p \leq 0.05$, SEM = standard error of mean, T1 = a control diet (18 % of CP), T2 and 3 = control diet supplemented with 2 % of dried cocoa husk and NSCOS, respectively.

ผลของการเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจากเปลือกโกโก้ต่อคุณภาพไข่และองค์ประกอบทางเคมีของไข่ไก่

การศึกษาครั้งนี้พบว่า การเสริมเปลือกโกโก้ผงและซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS ในอาหารไก่ไข่ไม่ส่งผลต่อความสูงไข่ขาว ความกว้างไข่แดง ความหนาเปลือกไข่ ($p > 0.05$) แต่พบว่า การเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS ในอาหารไก่ไข่ ทำให้ความสูงไข่แดงและค่า Haugh unit มีค่าสูงขึ้น ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีสารเสริม ดังแสดงใน Table 6 แสดงให้เห็นว่าการเสริมซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความสูงไข่แดงและค่า Haugh unit ซึ่งเป็นผลจากสารกลุ่มโพลีฟีนอลที่อยู่ในเปลือกโกโก้และจุลินทรีย์แลคติกที่เติมเข้าไประหว่างกระบวนการหมัก สอดคล้องกับ Chungsiriporn et al. (2022) ที่พบว่า การเสริมเปลือกโกโก้บดแห้งที่ระดับ 2-6 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารมีผล ทำให้ค่า Haugh unit เพิ่มขึ้น เมื่อทำงานร่วมกับจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ เช่น กลุ่มของจุลินทรีย์แลคติกที่พบในซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS จะทำให้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่า Haugh unit สอดคล้องกับหลาย

การศึกษาที่พบว่า การเสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์กลุ่มต่าง ๆ เช่น กลุ่มของจุลินทรีย์แลคติกมีผลในด้านการลดของปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลไม่ชัดเจนนักแต่ส่งผลชัดเจนในด้านคุณภาพไข่และการยืดอายุการเก็บรักษา (Zhang et al., 2005)

นอกจากนั้นในการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่า การเสริมเปลือกโกโก้ผงและซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS ในอาหารไก่ไข่ไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของไข่ในส่วนของคุณค่าโปรตีน อินทรีย์วัตถุ โปรตีน และไขมัน ($p > 0.05$) แต่พบว่า มีแนวโน้มทำให้คอเลสเตอรอลในไข่ลดลง ($p = 0.08$) อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังแสดงใน Table 6 ซึ่งผลดังกล่าว สอดคล้องกับข้อมูลผลของการเสริมเปลือกโกโก้ผงและซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS ต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด พบว่ามีแนวโน้มทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง ดังแสดงใน Table 5 ซึ่งผลดังกล่าวแสดงถึงการดูดซึมและการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลที่ลดลง ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่ที่ลดลงตามไปด้วย

Table 6 Effects of natural symbiotics from NSCOS on quality and chemical composition in egg

Items	Treatments			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
Physical quality of eggs					
Yolk color	8.70	8.75	8.75	2.12	0.48
Yolk height (mm.)	7.83 ^a	7.85 ^a	8.75 ^b	0.03	0.01
Albumin height (mm.)	17.5	17.6	17.7	1.05	0.56
Yolk wide (mm.)	41.6	42.1	43.2	1.93	0.1
Shell thickness (mm.)	0.45	0.43	0.46	0.31	0.62
Haugh unit	78.5 ^a	80.8 ^{ab}	85.7 ^b	1.36	0.01
Chemical composition of egg					
Dry matter (%)	27.1	27.4	27.6	2.81	0.65
Organic matter (% of DM)	98.5	98.6	99.0	1.04	0.82
Crude protein (% of DM)	20.8	21.2	20.4	2.59	0.74
Ether extract (% of DM)	12.4	11.3	11.8	1.12	0.29
Cholesterol (mg/dl)	298	252	229	20.6	0.08

^{a,b} Mean within the same row with difference letters are significantly different at $p \leq 0.05$, SEM = standard error of mean, T1 = a control diet (18 % of CP), T2 and 3 = control diet supplemented with 2 % of dried cocoa husk and NSCOS, respectively.

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การเสริมเปลือกโกโก้ผง และซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS ในอาหารไก่ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ การย่อยได้ของโภชนะ คุณภาพความสูงไข่แดงและค่า Haugh unit ดีขึ้น และมีผลทำให้ค่า H/L Ratio ลดลง แสดงให้เห็นว่าเปลือกโกโก้ผงและซิมไบโอติกส์ธรรมชาติจาก NSCOS สามารถใช้เป็นวัตถุดิบเสริมในอาหารไก่ไข่ได้ โดยมีผลเชิงบวกต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร และคุณภาพไข่

References

Association of official analytical chemists (AOAC). (1995). *Official methods of analysis* (16th ed.). Washington D. C, USA: Association of official analytical chemists.

Bai, K., Huang, Q., Zhang, J., He, J., Zhang, L., & Wang, T. (2017). Supplemental effects of probiotics *Bacillus subtilis* fmbJon growth performance, antioxidant capacity, and meat quality of broilers chickens. *Poultry Science*, 96, 74–82. doi:10.3382/ps/pew246.

Bureenok, S., Tamaki, M., Kawamoto, Y., & Nakada, T. (2007). Additive effects of green tea on fermented juice of the epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and the fermentative quality of Rhodes grass silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20, 920-924. doi:10.5713/ajas.2007.920

Cabuk, M., Bozkurt, M., Alcicek, A., Catli, A. U., & Baser, K. H. C. (2006). Effect of a dietary essential oil mixture on performance of laying hens in the summer season. *South African Journal of Animal Science*, 36(4), 215-221.

Chaiwong, S., Yakab, M., Kanthiya, N., Nopparatmaitree, M., Sintala, K., Kullama, P., Boarapa, R., & Srakaew, W. (2023). Effects of dietary corn malt-sactic on growth performance, nutrient digestibility and microbial population in posterior gut of broilers. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 51(3), 547-560. doi:10.14456/kaj.2023.42. (in Thai)

Chungsiriporn, J., Pongyeela, P., & Chairerk, N. (2022). Effect of using dried cocoa pod husk as an ingredient in laying hen feed on egg production and quality. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 24(3), 11-19. (in Thai)

Fenton, T. W., & Fenton, M. (1979). An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Canadian Journal of Animal Science*, 170(1–2), 117-121. doi:10.4141/CJAS79-081.

Harmon, B. G. (1998). Avian heterophils in inflammation and disease resistance. *Poultry Science*, 77(7), 972-977. doi: 10.1093/ps/77.7.972.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ขอขอบคุณหน่วยบริหารและจัดการทุนวิจัยด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ที่สนับสนุนงบประมาณอุดหนุนในการดำเนินงานปีงบประมาณ 2565 ขอขอบคุณทุนส่งเสริมและสนับสนุนกลุ่มวิจัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนงบประมาณอุดหนุนในการดำเนินงานปีงบประมาณ 2566 และขอบคุณศาสตราจารย์ ดร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่อนุเคราะห์สถานที่ดำเนินการทดลองและห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์

Hou, W. C., Lin, R. D., Cheng, K. T., Hung, Y. T., Cho, C. H., Chen, C. H., Hwang, S. Y., & Lee, M. H. (2003). Free radical-scavenging activity of Taiwanese native plants. *Phytomedicine*, 10, 170-175. doi: 10.1078/094471103321659898.

Hu, C. H., Zuo, A. Y., Wang, D. G., Pan, H. Y., Zheng, W. B., Qian, Z. C., & Zou, X. T. (2011). Effects of broccoli stems and leaves meal on production performance and egg quality of laying hens. *Animal Feed Science and Technology*, 170(1–2), 117-121. doi:10.1016/j.anifeedsci.2011.07.019.

Jain, N. C. (1993). *Essential of veterinary hematology*. Philadelphia, USA: Lea & Febiger.

Julian, R. J. (2000). Physiological management and environmental triggers of the ascites syndrome: a review. *Poultry International: Avian Pathology*, 29(6), 519-527. doi: 10.1080/03079450020016751.

Józefiak, D., Rutkowski, A., & Martin, S. A. (2004). Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113, 1–15. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2003.09.007.

Kemperman, R. A., Bolca, S., Roger, L. C., & Vaughan, E. E. (2010). Novel approaches for analysing gut microbes and dietary polyphenols: challenges and opportunities. *Microbiology*, 156, 3224–3231. doi: 10.1099/mic.0.042127-0.

Lokhande, A., Ingale, S. L., Lee, S. H., Kim, J. S., Lohakare, J. D., Chae, B. J., & Kwon, I. K. (2013). The effects of *Rhodobacter capsulatus* KCTC-2583 on cholesterol metabolism, egg production and quality parameters during the late laying periods in hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(6), 831-837. doi: 10.5713/ajas.2012.12559.

Makivic, L., Glisic, M., Boskovic, M., Djordjevic, J., Markovic, R., Baltic, M., & Sefer, D. (2019). Performances, ileal and cecal microbial populations and histological characteristics in broilers fed diets supplemented with lignocellulose. *Journal of Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*,

- 25, 83-91. doi: 10.9775/ kvfd.2018.20356.
- Mikulski, D., Jankowski, J., Naczmanski, J., Mikulska, M., & Demey, V. (2012) . Effects of dietary probiotics (*Pediococcus acidilactici*) supplementation on performance, nutrient digestibility, egg traits, egg yolk cholesterol, and fatty acid profile in laying hens. *Poultry Science*, 91(10), 2691-2700. doi: 10.3382/ps.2012-02370.
- Mountzouris, K. C., Paraskevas, V., Tsirtsikos, P., Palamidi, I., Steiner, T., Schatzmayr, G., & Fegeros, K. (2011) . Assessment of a phytogenic feed additive effect on broiler growth performance, nutrient digestibility and caecal microflora composition. *Animal Feed Science and Technology*, 168(3) , 223-231. doi: 10.1016/j.anifeeds.2011.03.020.
- Nabizadeh, A. (2012). The effect of inulin on broiler chicken intestinal microflora, gut morphology, and performance. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 21, 725–734. doi: 10.22358/jafs/ 66144/2012.
- National Research Council (NRC). (1994). *Nutrient requirements of poultry* (9th ed.). USA: National Academy Press.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., & Wasserman, W. (1996). *Applied linear statistical models* (4thed.). New York, USA: WCB McGraw-Hill.
- Nopparatmaitree, M., Panthong, A., Paengkoum, S., & Saenphoom, P. (2014). Effects of asparagus trims by-product supplementation in laying hens diets on nutrient digestibility and productive performance. *Silpakorn University Science and Technology Journal*, 8(1), 74-82. doi: 10.14456/sustj.2014.6.
- Qingming, Y., Xianhui, P., Weibao, K., Hong, Y., Yidan, S., Li, Z., Yanan, Z., Yuling, Y., Lan D., & Guoan, L. (2010). Antioxidant activities of malt extract from barley (*Hordeum vulgare* L.) toward various oxidative stress *in-vitro* and *in-vivo*. *Food Chemistry*, 118(1), 84-89. doi: 10.1016/j.foodchem. 2009.04.094.
- Ragab, H. I., Abdel Ati, K. A., Kijora, C., & Ibrahim, S. (2012). Effect of different levels of the processed lab pureus seeds on laying performance, egg quality and serum parameters. *International Journal of Poultry Science*, 11(2), 131-137. doi:10.3923/ijps.2012.131.137.
- Statistical Analysis System (SAS). (1 9 9 8). *User's guide: statistic, version 6* (12th ed.). North Carolina, USA: SAS Institute Inc.
- Sharifi, S. D., Dibamerhr, A., Lotfollahian H., & Baurhoo, B. (2012). Effects of flavomycin and probiotics supplementation to diets containing different sources of fat on growth performance, intestinal morphology, apparent metabolizable energy, and fat digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 91(4), 918-927. doi: 10.3382/ps.2011-01844.
- Srakaew, W., Leepradit, P., Chaiwong, S., Boarapa, R., Sintala, K., & Kuha, K. (2021). Ensiling corn malt on chemical composition and gas production kinetic by using *in vitro* gas production technique. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 49(Suppl.1), 496-501. (in Thai)
- Tachakittirungrod, S., Okonogi, S., & Chowwanapoonpohn, S. (2007). Study on antioxidant activity of certain plant in Thailand: mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. *Food Chemistry*, 103(2), 381-388. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.07.034.
- Topping, D. L., & Clifton, P. M. (2001). Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and non starch polysaccharides. *Physiological Reviews*, 81, 1031-1064. doi: 10.1152/physrev.2001.81.3.1031.
- Younes, A., Li, M., & Karboune, S. (2022). Cocoa bean shells: a review into the chemical profile, the bioactivity and the biotransformation to enhance their potential applications in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(28), 9111-9135. doi: 10.1080/10408398.2022.2065659.
- Zhang, L., Li, X., Xu, X., & Zeng, F. (2005). Correlation between antitumor activity, molecular weight, and conformation of lentinan. *Carbohydrate Research*, 340(8), 1515-1521. doi: 10.1016/j.carres.2005.02.032.
- Zhang, M., Zou, X. T., Li, H., Dong, X. Y., & Zhao, W. (2012). Effect of dietary gamma-aminobutyric acid on laying performance, egg quality, immune activity and endocrine hormone in heat-stressed Roman hens. *Animal Science Journal*, 83(2), 141-147. doi: 10.1111/j.1740-0929.2011.00939.x.
- Zhao, R., Wang, Y., Zhou, Y., Ni, Y., Lu, L., Grossmann, L., & Chen, J. (2004). Dietary daidzein influences laying performance of ducks (*Anas platyrhynchos*) and early post-hatch growth of their hatchlings by modulating gene expression. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 138(4), 459-466. doi: 10.1016/j.cbpb.2004.06.004.
- Zhou, X., Wang, Y., Gu, Q., & Li, W. (2010). Effect of dietary probiotics, *Bacillus coagulans*, on growth performance, chemical composition, and meat quality of Guangxi yellow chicken. *Poultry Science*, 89(3), 588-593. doi: 10.3382/ps.2009-00319.

Research article

Supplementation of natural symbiotics from cocoa husk silage on production performance, blood hematological values and egg quality in laying hens

Wuttikorn Srakaew¹, Suthathip Chaiwong¹, Tanyatip Jittaniramon¹,
Nonthapath Raunghora¹, Ratchanee Boarapa¹, Apichaya Feepakproa²,
Supanida Thongpan², Thofan Kakham² and Tansiphorn Na Nan^{2,3*}

¹ Department of Animal science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Nan, Phu Phiang District, Nan, 55000 Thailand

² The Innovation of Sustainable Thai Cacao Development Research Unit, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok, 10330 Thailand

³ School of Agricultural Resources, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok, 10330 Thailand

ARTICLE INFO

Article history

Received: 17 November 2024

Revised: 28 March 2025

Accepted: 23 April 2025

Online published: 26 May 2025

Keyword

natural symbiotics

cocoa husk

production performance

egg quality

laying hens

ABSTRACT

Natural symbiotics from cocoa husk silage (NSCOS) is an additive product derived from fermented cocoa husks using lactic acid bacteria obtained from Napier grass leaves. It can be used as a dietary supplement in animal feed. The objective of this experiment was to study the effects of NSCOS on production performance and egg quality in laying hens. A total of 144 Lohmann Brown laying hens, 50 weeks of age, were used in the experiment. The experimental treatments were arranged in a completely randomized design (CRD) and divided into three groups according to dietary treatments as follows: Group 1 received a control diet (18% crude protein), Group 2 received a diet supplemented with 2% dried cocoa husk, and Group 3 received a diet supplemented with 2% NSCOS. The experiment was conducted for 60 days. The results showed that supplementation with dried cocoa husk or NSCOS had no significant effect on feed intake or egg production ($p>0.05$). However, the feed conversion ratio to egg weight was significantly lower in hens that received the NSCOS-supplemented diet ($p<0.05$). The utilization of dry matter, organic matter, and crude fiber increased, while the heterophil-to-lymphocyte (H:L) ratio in blood was decreased ($p<0.05$) in both the dried cocoa husk and NSCOS groups. Additionally, yolk height and Haugh unit values were significantly increased ($p<0.05$) in hens fed the NSCOS-supplemented diet compared to the control and dried cocoa husk groups. These findings indicate that natural symbiotics derived from NSCOS can be used as a feed additive for laying hens, with positive effects on feed conversion efficiency and egg quality.

*Corresponding author

E-mail address: Tansiphorn.j@chula.ac.th (T. Na Nan)

Online print: 26 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.10>



บทความวิจัย

ความชุกในการเกิดพยาธิในทางเดินอาหารและระบบการเลี้ยงของแพะในจังหวัดพัทลุง

จิราพร ปานเจริญ^{1*} สุภาพร สมรูป¹ และ ธนพล อยู่เย็น²

¹หลักสูตรสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210 ประเทศไทย

²สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุงอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 21 มกราคม 2568

แก้ไข: 24 มีนาคม 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 17 พฤษภาคม 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 10 มิถุนายน 2568

คำสำคัญ

ระบบการเลี้ยงแพะ

ความชุกของพยาธิ

จังหวัดพัทลุง

บทคัดย่อ

การสำรวจระบบการเลี้ยงและความชุกในการเกิดพยาธิในทางเดินอาหารของแพะในจังหวัดพัทลุง (ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงตุลาคม 2567) เพื่อสำรวจระบบการเลี้ยงและการติดเชื้อพยาธิในทางเดินอาหารของแพะในจังหวัดพัทลุง โดยเก็บข้อมูลจากฟาร์มแพะจำนวน 23 ฟาร์ม ใน 9 อำเภอ ได้แก่ อำเภอตะโหมด อำเภอควนขนุน อำเภอศรีนครินทร์ อำเภอเมืองพัทลุง อำเภอปากพะยูน อำเภอเขาชัยสน อำเภอเขาป่า อำเภอบางแก้ว และอำเภอกงหรา เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดพยาธิในแพะ ซึ่งระบบการเลี้ยงแพะที่อาจมีความสัมพันธ์กับการเกิดพยาธิ การเก็บตัวอย่างมูลแพะจากแพะจำนวน 85 ตัว ทำการตรวจสอบไข่พยาธิในทางเดินอาหารของแพะโดยใช้วิธี Modified McMaster Technique จากการตรวจสอบพบว่าแพะทุกตัวที่เก็บมูลมีการติดเชื้อพยาธิในทางเดินอาหาร มีความชุกของพยาธิ 100% ค่าเฉลี่ยจำนวนไข่พยาธิที่พบในมูลแพะอยู่ระหว่าง 314.37 – 1,635 ฟองต่อกรัมมูล โดยอำเภอตะโหมดพบไข่พยาธิในมูลที่น้อยที่สุด ส่วนอำเภอควนขนุนพบไข่พยาธิมากที่สุด ชนิดพยาธิที่พบ ได้แก่ *Strongyloides* sp. *Trichuris* spp. และ *Haemonchus* sp. ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อจำนวนพยาธิในแพะ พบว่า ระบบการเลี้ยง เช่น การใช้แหล่งน้ำ การจัดการการเลี้ยง รูปแบบการเลี้ยง ขนาดฟาร์ม ระยะเวลาในการถ่ายพยาธิ ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนพยาธิในมูลแพะ ($p > 0.05$) ดังนั้นในพื้นที่ที่พบไข่พยาธิในแพะค่อนข้างสูง ควรมีการแนะนำในการควบคุมที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการสูญเสียผลผลิต

บทนำ

แพะเป็นสัตว์ที่นิยมเลี้ยงในภาคใต้เพราะมีผู้นับถือศาสนาอิสลามเป็นจำนวนมาก และต้องการใช้แพะในการประกอบพิธีทางศาสนาที่สำคัญต่าง ๆ แต่แพะที่เลี้ยงในภาคใต้มีขนาดเล็ก การเจริญเติบโตต่ำ (Sokrat et al., n.d.) ส่วนหนึ่งมาจากปัญหาเรื่องการติดเชื้อพยาธิในแพะ เพราะสภาพภูมิอากาศที่มีฝนตกชุกของภาคใต้ซึ่งเหมาะสมต่อการแพร่ระบาดของพยาธิ (Limcharoen et al., 2013). Wongsawang et al. (2020) รายงานความชุกของพยาธิ กลุ่ม strongylid, *Strongyloides papillosus*, *Trichuris* spp., *Moniezia* spp. และโปรโตซวกลุ่ม coccidia เท่ากับ 59.89%, 32.89%, 1.64%, 5.49% และ 34.06% ตามลำดับ Worasing et al. (2011) รายงานว่าแพะที่ติดพยาธิในภาคใต้มีหลายชนิด โดยพยาธิที่ตรวจพบมากที่สุดเป็นพยาธิตัวกลมในกระเพาะอาหารและลำไส้ (gastro-intestinal nematodes) ในอัตรา 52.78% (941/1,783) พบความชุกของพยาธิในจังหวัดพัทลุง 71% แพะมีความไวและแสดงอาการรุนแรงต่อโรคพยาธิมากกว่าสัตว์ชนิดอื่น พยาธิเหล่านี้จะดูดเลือดกินจากผนังลำไส้ทำให้สัตว์เสียเลือดมาก ทำให้เกิดภาวะโลหิตจาง ร่างกายอ่อนแอ และนอกจากนี้รอยแผล และเม็ดตุ่มบนผนังลำไส้ทำให้แพะและแกะแสดงอาการท้องเสีย (Wannakul, 1999) การติดเชื้อพยาธิจึงทำให้แพะเจริญเติบโตช้า ประสิทธิภาพในการใช้อาหารต่ำ

ภูมิคุ้มกันต่ำ พยาธิตัวกลมที่พบความชุกมากในแพะภาคใต้จึงยังเป็นปัญหาที่สำคัญในแพะ ดังนั้นควรถ่ายพยาธิทุก ๆ 3 เดือน และเปลี่ยนชนิดถ่ายพยาธิ ตรวจมูลแพะปีละ 2 ครั้งเพื่อทราบชนิดของพยาธิ และเลือกยาถ่ายพยาธิได้อย่างเหมาะสม และการเลือกแปลงหญ้าที่ไกลแหล่งน้ำที่มีหอยที่เป็นพาหะของพยาธิ และหมั่นเวียนใช้แปลงหญ้าเพื่อตัดวงจรชีวิตของพยาธิ (Worasing et al., 2011) การตรวจพยาธิด้วยการเก็บมูล นำมาตรวจหาพยาธิด้วยวิธี Modified McMaster Technique ตามวิธีการของ Pinilla et al. (2021) เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่จะทำให้ทราบถึงสุขภาพสัตว์ได้อย่างรวดเร็ว

การศึกษาความชุกของพยาธิในทางเดินอาหารของแพะในจังหวัดพัทลุงนี้ มุ่งประเมินสถานการณ์การเกิดพยาธิในแพะในปัจจุบัน และวิเคราะห์ผลกระทบของระบบการเลี้ยงต่อสุขภาพสัตว์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้สนับสนุนการดำเนินงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานปศุสัตว์อำเภอ ในการช่วยเกษตรกรแก้ไขปัญหาสุขภาพสัตว์ได้ทันเวลาที่ พร้อมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระบบการเลี้ยงและการเกิดพยาธิเพื่อหาสาเหตุและเสนอแนวทางการแก้ไขในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยทักษิณ รหัสโครงการ

*Corresponding author

E-mail address: pjiraporn@tsu.ac.th (J. Pancharoen)

Online print: 10 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.11>

061/67 และอนุมัติการใช้สัตว์จากคณะกรรมการจริยธรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยทักษิณ รหัสโครงการ 010/2567

1. กลุ่มตัวอย่าง

เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยตั้งเกณฑ์ดังนี้

1. เกษตรกร ที่มีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป ไม่เกิน 70 ปี
2. เกษตรกรที่อยู่ในจังหวัดพัทลุง จำนวน 9 อำเภอ ๆ ละไม่น้อยกว่า 4 ราย ถ้าอำเภอใดมีผู้เลี้ยงไม่ถึง 4 ราย ให้มีอำเภออื่นที่มีผู้เลี้ยงแพะมาทดแทน

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถาม

สัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถามกับตัวอย่างประชากรผู้เลี้ยงแพะจากข้อมูลเบื้องต้นจากกรมปศุสัตว์ เพื่อค้นหาที่อยู่ของเกษตรกรอำเภอต่าง ๆ ในจังหวัดพัทลุง ลักษณะของแบบสอบถามมีคำถามปลายปิด (close-ended question) และปลายเปิด (open-ended question) ประกอบด้วย 1. ข้อมูลพื้นฐาน สภาพเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร 2. ข้อมูลการจัดการเลี้ยงแพะ และ 3. ปัญหาด้านพยาธิ

3. การตรวจหาไข่พยาธิจากตัวอย่างมูลแพะ

เก็บตัวอย่างมูลแพะในฟาร์ม นำมาตรวจสอบการติดเชื้อพยาธิด้วยวิธี Modified McMaster Technique ดัดแปลงตามวิธีการของ Pinilla et al. (2021) มูลแพะ 5 กรัม ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาตรวจนับจำนวนไข่พยาธิในระบบทางเดินอาหาร (Gastrointestinal parasite) โดยในขั้นตอนการตรวจหาไข่พยาธิจะชั่งน้ำหนักมูลแพะสดจำนวน 2 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด จากนั้นใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร และเติมน้ำเกลืออิ่มตัว 30 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วบดและคนให้มูลแพะละลายและละเอียดแล้วกรองด้วยตะแกรงขนาดมาตรฐานเพื่อแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก นำสารละลายมาตรวจหาไข่พยาธิ โดยใช้หลอดหยดดูดสารละลายที่คนเข้ากันดีแล้ว หยดลงในช่องนับของสไลด์นับไข่พยาธิข้างละ 0.3 มิลลิลิตร นำสไลด์มาตรวจนับจำนวนไข่พยาธิโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40x ไข่พยาธิในระบบทางเดินอาหารแยกได้โดยการเปรียบเทียบกับ รูปภาพไข่พยาธิของ Mehlhorn (2016) จำนวนไข่พยาธิในมูล 1 กรัม (Egg per gram, EPG) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{จำนวนไข่พยาธิ (EPG)} = (\text{จำนวนไข่พยาธิที่นับได้} \times 30) / ((0.3 + 0.3) \times 2)$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) เป็นร้อยละ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยระหว่างจำนวนไข่พยาธิกับระบบการเลี้ยง ด้วยสถิติเชิงวิเคราะห์ทดสอบการถดถอยแบบโลจิสติก (Binary logistic regression analysis) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IBM SPSS version 29.0.0.0

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ข้อมูลพื้นฐาน สภาพเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร

การสำรวจผู้เลี้ยงแพะใน 9 อำเภอของจังหวัดพัทลุงจากเกษตรกร 23 ราย มีข้อมูลพื้นฐานคือ เกษตรกรส่วนใหญ่

(73.90%) มีอายุระหว่าง 31-60 ปี ขณะที่เกษตรกรอายุต่ำกว่า 30 ปีมีเพียง 8.70% และอายุมากกว่า 61 ปี 17.40% โดยส่วนใหญ่เป็นผู้มีประสบการณ์ในการเลี้ยงสัตว์ เกษตรกรเพศชายมีสัดส่วนสูงถึง 82.60% ส่วนเพศหญิง 17.40% การศึกษาของเกษตรกรส่วนใหญ่ (39.10%) อยู่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รองลงมาคือปริญญาตรี (26.10%) ประถมศึกษา (21.70%) และการศึกษาด้านต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น 8.70% ข้อมูลนี้สะท้อนถึงความหลากหลายทางการศึกษาในกลุ่มผู้เลี้ยงแพะ ในด้านศาสนา พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ (56.50%) นับถือศาสนาพุทธ และ 43.50% นับถือศาสนาอิสลาม ซึ่งต่างจากรายงานของ Sukrat et al. (n.d.) ที่รายงานว่าผู้เลี้ยงแพะในภาคใต้ส่วนใหญ่ นับถือศาสนาอิสลาม อาชีพหลักของเกษตรกรคือทำสวนยาง (43.50%) รองลงมา คือ การเลี้ยงแพะ (26.10%) และการค้าขาย (13%) โดยการเลี้ยงแพะเป็นอาชีพรองที่มีสัดส่วนสูงสุดถึง 60.90% ซึ่งสะท้อนถึงบทบาทสำคัญในการเสริมรายได้ให้กับเกษตรกรในชุมชน

2. จำนวนไข่พยาธิที่ตรวจพบ

จากการสำรวจฟาร์มแพะ 23 ฟาร์ม จำนวนแพะทั้งหมด 85 ตัว พบไข่พยาธิในแพะทุกตัวที่เก็บตัวอย่าง (100%) ค่าเฉลี่ยจำนวนไข่พยาธิต่อแพะ 1 ตัวที่ตรวจพบในฟาร์มอำเภอควนขนุน (1,635 ฟอง/มูล 1 กรัม) กงหรา (1,150 ฟอง/มูล 1 กรัม) เมือง (1,038.79 ฟอง/มูล 1 กรัม) พบว่าแพะมีไข่พยาธิค่อนข้างสูง ส่วนในอำเภอปากพะยูน (893.75 ฟอง/มูล 1 กรัม) บางแก้ว (814.58 ฟอง/มูล 1 กรัม) ป่าพะยอม (598.40 ฟอง/มูล 1 กรัม) ศรีบรรพต (456.94 ฟอง/มูล 1 กรัม) เขาชัยสน (418 ฟอง/มูล 1 กรัม) และฟาร์มในอำเภอตะโหมด (314.37 ฟอง/มูล 1 กรัม) พบว่าแพะมีไข่พยาธิต่ำสุด

ไข่หนอนพยาธิที่ตรวจพบเป็นไข่กลุ่มหนอนพยาธิตัวกลม คือ พยาธิ *Strongyloides* sp. (a) ไข่พยาธิเส้นด้าย *Trichuris* spp. (b) และตัวอ่อนของ *Haemonchus* sp. (c) ดังแสดงใน Figure 1

จำนวนไข่พยาธิในมูล โดยระดับไข่พยาธิในมูลที่ถือว่าเป็นระดับอันตรายต่อแพะ คือ มีจำนวนไข่พยาธิมากกว่า 1,000 ฟองต่อมูล 1 กรัม (Paul et al., 2023) โดยที่พบว่าปัจจัยในการเลี้ยง เช่น ขนาดฟาร์ม รูปแบบการเลี้ยง การใช้แหล่งน้ำ ระยะเวลาในการถ่ายพยาธิ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนพยาธิ ($p > 0.05$) (Table 1, Table 2, Table 3 และ Table 4)

นอกจากนี้พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ระหว่าง ขนาดฟาร์มกับจำนวนไข่พยาธิในมูล ดังนั้นการเลี้ยงสัตว์ในขนาดฟาร์มที่ต่างกัน (น้อยกว่า 50 ตัว และมากกว่า 50 ตัว) ไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนไข่พยาธิในมูลที่พบ (Table 1)

จาก Table 2 พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติที่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ระหว่าง รูปแบบการเลี้ยง (ปล่อย ชังคอก ผสม) กับ จำนวนไข่พยาธิในมูล ดังนั้น รูปแบบการเลี้ยงจึงไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนไข่พยาธิในมูลในกรณีนี้ ซึ่งแตกต่างจาก Wongsawang et al. (2020) ที่พบว่าแพะเนื้อที่เลี้ยงแบบปล่อยฝูงมีโอกาสพบการติดพยาธิภายในทางเดินอาหารมากกว่าการเลี้ยงแบบยืนโรง 7.314 เท่า

และจาก Table 3 พบว่า จำนวนไข่พยาธิ ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติที่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กับแหล่งน้ำที่ใช้เลี้ยงแพะ (ประปา ผน บ่อ) ดังนั้นแหล่งน้ำที่ใช้เลี้ยงแพะต่างที่มาก็มีผลไม่ต่างกับการเกิดพยาธิในแพะ

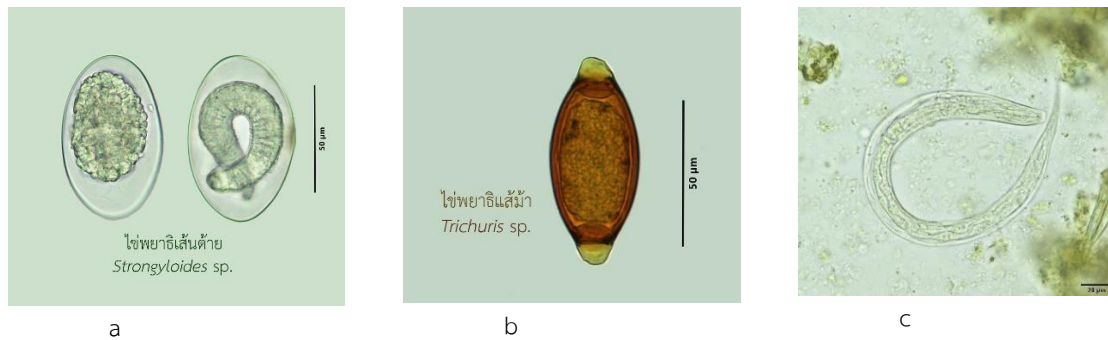


Figure 1 *Strongyloides* sp. (a) *Trichuris* sp. (b) *Haemonchus* sp. (c).

Table 1 Relation between EPG and Level of farm

Level of farm	EPG <1,000	EPG >1,000	OR	95% CI	p-value
Size of herd <50 head	7	4	1.06	0.12 - 9.39	0.957
Size of herd >50 head*	9	3	1		

EPG: Egg per gram., * reference group

Table 2 Relation between EPG and the farming system

The farming system	EPG <1,000	EPG >1,000	OR	95% CI	p-value
Grazing	4	2	0.68	0.05 - 9.1	0.774
In housing*	7	2	1		
Mix	5	3	0.36	0.03 - 4.88	0.446

EPG: Egg per gram., * reference group

Table 3 Relation between EPG and the use of water sources husbandry management farming system

The use of water sources husbandry management	EPG <1,000	EPG >1,000	OR	95% CI	p-value
Tap water*	11	5	1		
Rain water	1	1	0.57	0.02 - 15.56	0.737
Pond water	4	1	1.96	0.15 - 26.09	0.609

EPG: Egg per gram., * reference group

Table 4 Relation between EPG and Duration of deworming

Duration of deworming	EPG <1,000	EPG >1,000	OR	95% CI	p-value
< 3 months*	9	3	1		
> 3 months	7	4	0.45	0.06 - 3.62	0.451

EPG: Egg per gram., * reference group

นอกจากนี้พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติที่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ระหว่างระยะเวลาในการถ่ายพยาธิกับจำนวนไข่พยาธิในมูล ดังนั้นระยะเวลาในการถ่ายพยาธิจึงไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนไข่พยาธิในมูล ตามผลการทดสอบนี้ (Table 4) และจากผลการทดสอบทั้งหมด บ่งชี้ได้ว่า ตัวแปรต่าง ๆ เช่น แหล่งน้ำ รูปแบบการเลี้ยง ขนาดฟาร์ม และระยะเวลาในการถ่ายพยาธิ ส่งผลกระทบต่อจำนวนไข่พยาธิในมูล ทุกการทดสอบมี p-value มากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ความชุกของพยาธิในการสำรวจครั้งนี้พบว่าแพะที่สุ่มตรวจพยาธิทั้งหมดติดพยาธิ (100%) ซึ่งมากกว่าการรายงานของ Jittapalapong et al. (2012), Ratanapob et al. (2012), Yusuf and Isa (2016) และ Azrul et al. (2017) ที่พบความชุกเป็นรายตัว เท่ากับ 76.4%, 79.47%, 52.30% และ 68.65% ตามลำดับ และยังมากกว่ารายงานของ Sangvaranond et al. (2010) และ Rupa and Portugaliza (2016) ที่พบ ความชุกเท่ากับ 96.37% และ 96.22% ตามลำดับ แต่เท่ากับการพบความชุกรายฟาร์ม (herd prevalence)

ของการติด พยาธิภายในทางเดินอาหารโดยพบความชุกของพยาธิกลุ่ม Strongylid เท่ากับ 100% เท่ากับรายงานของ Ratanapob et al. (2012) ที่จังหวัดนครปฐม และเท่ากับรายงานของ Azrul et al. (2017) ที่กรุงเทพมหานคร

การสำรวจครั้งนี้ พบว่าส่วนใหญ่เป็นพยาธิ ชนิด *Strongyloides* spp. นอกจากนั้นเป็นไข่พยาธิแส้ม้า *Trichuris* spp. และตัวอ่อนของ *Haemonchus contortus* ซึ่งจากรายงานของ Worasing et al. (2011) พบพยาธิตัวกลมในลำไส้มากที่สุด ได้แก่ *Strongyloides* spp., Coccidian oocyst, *Moniezia* spp., *Paramphistomum* spp., *Fasciola* spp. และ *Trichuria* spp. เท่ากับ 52.78%, 22.21%, 6.39%, 1.79%, 0.79% และ 0.28% ตามลำดับ ซึ่งเป็นพยาธิที่พบในทางเดินอาหารแพะของภาคใต้ในประเทศไทย (พังงา กระบี่ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา สตูล และตรัง)

ในส่วนของความสัมพันธ์ของการถ่ายพยาธิกับจำนวนไข่พยาธิ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติที่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ต่างจากรายงาน

ของ Ratanapob et al. (2012) พบว่าฝูงแพะที่มีระยะเวลาห่างในการถ่ายพยาธิมากกว่า 3 เดือน มีโอกาสพบการติดพยาธิมากถึง 33.07 เท่า อาจเป็นผลจากจำนวนฟาร์มที่เก็บตัวอย่างครั้งนี้ยังน้อยไป

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้พบพยาธิในแพะทุกตัว ที่สุ่มเก็บจากแพะ 10 % ของแพะในแต่ละฟาร์มแต่ละฟาร์ม คิดเป็นความชุก 100 % โดยส่วนใหญ่พบพยาธิตัวกลม ไม่พบความสัมพันธ์ของปัจจัย 4 ปัจจัย ได้แก่ ขนาดฟาร์ม แหล่งน้ำ รูปแบบการเลี้ยง และ ระยะเวลาในการถ่ายพยาธิกับจำนวนไข่พยาธิในแพะ

ข้อเสนอแนะ ควรมีการดูแลสุขภาพแพะ โดยจัดการโรงเรือนให้สะอาดโปร่งโล่ง กำจัดมูลแพะอย่างสม่ำเสมอ เลือกใช้แปลงหญ้าที่ไกลแหล่งน้ำที่มีหอย ใช้แหล่งน้ำที่สะอาด ถ่ายพยาธิทุก 2-3 เดือน เมื่อแพะป่วยให้รีบแจ้งเจ้าหน้าที่เพื่อป้องกันไม่โรคไม่ให้ลุกลาม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยทักษิณ ในการสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้

References

- Azrul, L. M., Pongpong, K., Jittapalapong, S., & Prasannanich, S. (2017). Descriptive Prevalence of Gastrointestinal Parasites in Goats from Small Farms in Bangkok and Vicinity and the Associated Risk Factors. *Annual Research & Review in Biology*, 16(2), 1–7. doi.org/10.9734/ARRB/2017/34932
- Jittapalapong, S., Saengow, S., Pinyopanuwat, N., Chimnoi, W., Khacharam, W., & Stich, R.W. (2012). Gastrointestinal Helminthic and Protozoal Infections of Goats in Satun, Thailand. *Journal of Tropical Medicine and Parasitology*, 35(2): 48-54. (in Thai)
- Limcharoen, S., Khongsan, M., & Srisawat, S. (2013). Herbs Used for Eradication of Gastro-Intestinal Nematodes in Goats *Princess of Naradhiwas University Journal*, 5(4). retrieved from <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pnujr/article/view/53799> (in Thai)
- Mehlhorn H. (2016). Worms (Helminths). In: Mehlhorn H, editor. *Animal Parasites: diagnosis, treatment, prevention* (pp. 251–498). Cham: Springer International Publishing. doi.org/10.1007/978-3-319-46403-9
- Paul, B. T., Jesse, F. F. A., Kamaludeen, J., Chung, E. L. T., Matisa, K., Azhar, N. A., Jimale, Y. A., & Mohd Lila, M. A. (2023). Parasitic coinfections among selected smallholder goat flocks in Malaysia. *Tropical Biomedicine*, 40(4), 444–452. doi.org/10.47665/tb.40.4.010
- Pinilla, J. C., Pinilla, A. I., & Florez, A. A. (2021). Comparison between five coprological methods for the diagnosis of *Balantidium coli* cysts in fecal samples from pigs. *Veterinary World*, 14(4), 873–877. doi.org/10.14202/vetworld.2021.873-877
- Ratanapob, N., Arunvipas, P., Kasemsuwan, S., Phimpraphai, W., & Panneum, S. (2012). Prevalence and risk factors for intestinal parasite infection in goats raised in Nakhon Pathom Province, Thailand. *Tropical animal health and production*, 44(4), 741–745. doi.org/10.1007/s11250-011-9954-6 (in Thai)
- Rupa, A. P., & Portugaliza, H. P. (2016). Prevalence and risk factors associated with gastrointestinal nematode infection in goats raised in Baybay city, Leyte, Philippines. *Veterinary world*, 9(7), 728–734. doi.org/10.14202/vetworld.2016.728-734
- Sangvaranond, A., N. Lumpa, D. Wongdachkajorn, & D. Sritong. (2010). Prevalence of Helminth Parasites and Intestinal Parasitic Protozoa among Meat Goats Raised in Private Farms in Saraburi Province Thailand. *Journal of Kasetsart Veterinarians (Thailand)*, 20(2), 85-95. (in Thai)
- Sukrat, P., Buakeaw, P., & Anothaisinthawee, S., (n.d.) Pre and Post Weaning Growth Performance of 50% Bore-Native and 50% Anglonubian-Native Crossbred Goat. retrieved from https://hectortarr.arda.or.th/api/uploaded_file/nm1mA tLrgKvzzUyQdN25W (in Thai)
- Wannakul, T. (1999). Raising and preventing and treating goat diseases. Bangkok: Livestock Production Magazine February 1999. (in Thai)
- Wongsawang, W., Sanyuttitham, S., Lanamteing, Y., Keawsa-ard, T., & Jiemtaweeboon, S. (2020). Prevalence and Factors Associated of Gastrointestinal parasitic infection in Meat Goats. *Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine*, 15(2), 93–102. retrieved from <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/jmvm/article/view/241082> (in Thai)
- Worasing R., Chaisalee, P., & Wondee N. (2011). The status of gastrointestinal parasites in goats in Southern Thailand. Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart Thailand, 141-150. (in Thai)
- Yusof, A.M., & Isa, M.L. (2016). Prevalence of gastrointestinal nematodiasis and coccidiosis in goats from three selected farms in Terengganu, Malaysia. *Asian pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6, 735-739. doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.07.001

Research article

Prevalence of gastrointestinal parasites and farming systems of goats in Phatthalung Province

Jiraporn Pancharoen^{1*} Supaporn Somrup¹ and Thanapon Yooyen²

¹Animal Science Program, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus, Pa Phayom District, Phatthalung Province, 93210, Thailand

²Department of Biology, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung Campus, Pa Phayom District, Phatthalung Province, 93210, Thailand

ARTICLE INFO

Article history

Received: 21 January 2025

Revised: 24 March 2025

Accepted: 17 May 2025

Online published: 10 June 2025

Keyword

Goat farming systems

Prevalence of gastrointestinal parasites

Phatthalung Province

ABSTRACT

Survey of farming systems and prevalence of gastrointestinal parasites in goats in Phatthalung Province (February to October 2024). The purpose of this study was to survey goat farming systems and the prevalence of gastrointestinal parasites in goats in Phatthalung Province. Data were collected from 23 goat farms across nine districts: Tamode, Khuan Khanun, Srinakarin, Mueang Phatthalung, Pak Phayun, Khao Chaison, Lampam, Bang Kaeo, and Kong Rha District (listed twice, possibly an error). The study also aimed to investigate the causes of parasitic infections in goats and examine how farming practices relate to their occurrence. Fecal samples were collected from 85 goats and tested for gastrointestinal parasite eggs using the Modified McMaster Technique. The results showed that all sampled goats were infected with gastrointestinal parasites, indicating a 100% prevalence. The average number of parasite eggs in feces ranged from 314.37 to 1,635 eggs per gram (EPG), with the lowest count in Tamode District and the highest in Khuan Khanun District. The parasite eggs identified included *Strongyloides* sp., *Trichuris* spp., and *Haemonchus* sp. An analysis of factors potentially affecting parasite levels—such as water source usage, husbandry management, rearing systems, farm size, and deworming intervals—revealed no statistically significant relationship with fecal egg counts ($p > 0.05$). The high prevalence of parasite eggs highlights the need for effective control measures to prevent production losses in goat farming.

*Corresponding author

E-mail address: pjiraporn@tsu.ac.th (J. Pancharoen)

Online print: 10 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.11>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ศักยภาพของบักวีตในการเป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน

สุทธกานต์ ใจกาวิล^{1,2} พิชญ์นันท์ กังแฮ² วิษณุภาส สังขาลี¹ จักรพงษ์ กางโสภ¹ และเนตรนาภา อินสลุต^{1*}

¹สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย 50290

²ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว จังหวัดแพร่ ประเทศไทย 54000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 2 พฤษภาคม 2568

แก้ไข: 10 มิถุนายน 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 15 มิถุนายน 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 20 มิถุนายน 2568

คำสำคัญ

บักวีต

ปุ๋ยพืชสด

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

การสะสมมวลชีวภาพ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพของบักวีตในการใช้เป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงบำรุงดินภายใต้สภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ ดำเนินการทดลองในสองพื้นที่ ได้แก่ ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ อำเภอมือแพร่ จังหวัดแพร่ และบ้านนาออก อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน โดยเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต การสะสมมวลชีวภาพ เปอร์เซ็นต์คาร์บอน เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน และคำนวณสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) รวมถึงวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินก่อนและหลังการไถกลบต้นบักวีต ผลการวิจัยพบว่า บักวีตมีการสะสมมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นตามอายุพืช โดยบ้านนาออกมีมวลชีวภาพสูงสุดในช่วงอายุ 60-75 วัน และมี C/N ratio อยู่ในช่วง 20-30 ซึ่งเหมาะสมต่อการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารกลับคืนสู่ดิน ขณะที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่มีค่า C/N ratio สูงกว่า 40 ในช่วงปลายฤดูปลูก อาจต้องใช้เวลาย่อยสลายนานขึ้น การไถกลบบักวีตส่งผลให้โครงสร้างดินค่าความเป็นกรดต่าง อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเพิ่มขึ้นในช่วง 30-45 วัน หลังการไถกลบ จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า บักวีตมีศักยภาพในการใช้เป็นปุ๋ยพืชสดสำหรับพื้นที่สูง โดยควรไถกลบในช่วงที่บักวีตมีอายุ 45-60 วัน เพื่อให้ได้มวลชีวภาพในระดับสูง และมีค่า C/N ratio ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลาย เพื่อให้การปรับปรุงบำรุงดินที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

บทนำ

บักวีต (*Fagopyrum esculentum* Moench) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญในเขตอบอุ่น เช่น รัสเซีย จีน ยูเครน คาซัคสถาน โปแลนด์ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น บราซิล ลิทัวเนีย และฝรั่งเศส โดยนิยมใช้เมล็ดเป็นวัตถุดิบผลิตแป้งปลอดกลูเตน (Gluten-free) ประเทศรัสเซียเป็นผู้ผลิตบักวีตรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยมีพื้นที่ปลูกมากถึง 1.12 ล้านเฮกตาร์ และผลผลิตสูงถึง 1.19 ล้านตัน รองลงมาคือ จีนและยูเครน ซึ่งมีพื้นที่ปลูกและผลผลิตในระดับสูงเช่นกัน ปริมาณผลผลิตบักวีตในแต่ละประเทศมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 0.47-3.73 ตันต่อเฮกตาร์ (76-597 กิโลกรัมต่อไร่) นอกจากนี้ส่วนของลำต้นและใบของบักวีตยังสามารถใช้เป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงสมบัติดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Babu et al., 2018) แม้บักวีตจะไม่ใช้พืชพื้นถิ่นของประเทศไทย แต่มีรายงานการปลูกในพื้นที่สูงภาคเหนือตอนบน โดยมีการส่งเสริมในพื้นที่บ้านนาออก ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน (Jaikawin et al., 2020) โดยใช้บักวีตที่ปลูกเป็นบักวีตชนิดธรรมดา (Common buckwheat) เป็นบักวีตที่มีระยะเวลาการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสั้น จึงเหมาะสำหรับระบบการปลูกพืชแบบหลายรอบต่อปี โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำกว่า 1,000 เมตร บักวีตชนิดนี้มีความทนทานต่อสภาพอากาศที่เย็นและสภาวะแห้งแล้งได้ดี จึงเหมาะสำหรับการปลูกในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้รวดเร็ว

แม้ในสภาพดินที่ไม่เหมาะสม (Kreft & Luthar, 1990) ปัจจุบันในระบบเกษตรบนพื้นที่สูง การใช้พืชปุ๋ยสดเป็นกลยุทธ์สำคัญในการฟื้นฟูดิน แต่พืชที่ใช้กันทั่วไป เช่น ปอเทือง และพืชตระกูลถั่ว มักไม่เหมาะกับฤดูหนาวหรือพื้นที่ที่มีทรัพยากรจำกัด บักวีตจัดเป็นพืชทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการปลูกในระบบเกษตรของประเทศไทย เนื่องจากมีวงจรชีวิตสั้น ทนต่ออุณหภูมิต่ำ และไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง ซึ่งเหมาะกับการปลูกในฤดูหลังนา โดยเฉพาะบนพื้นที่สูงที่มีสภาพอากาศเย็น อย่างไรก็ตาม จุดเด่นที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ความสามารถในการเจริญเติบโตในดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำ โดยสามารถหลั่งสารอินทรีย์ออกจากราก (Root exudates) โดยเฉพาะกรดอินทรีย์ เช่น citric acid และ oxalic acid ซึ่งสามารถละลายฟอสเฟตที่ถูกตรึงในดินให้กลายเป็นรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ (Available phosphorus) และระบบรากของบักวีตมีความสามารถในการดูดซึมฟอสฟอรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ในระดับต่ำ โดยมีพื้นที่ผิวรากมาก (Clark, 2007) การไถกลบบักวีตยังช่วยเพิ่มฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน จากการศึกษาพบว่า หลังการไถกลบบักวีตเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นถึง 40-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสามารถสร้างสมดุลของสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ให้เหมาะสมต่อการย่อยสลายประมาณ 20-26 (Boglaienko et al., 2014) เมื่อเปรียบเทียบกับพืชอื่น ๆ พบว่าบักวีตมีค่า C/N ratio ที่ใกล้เคียงกับปอเทือง

*Corresponding author

E-mail address: nednapa@mju.ac.th (N. Insalud)

Online print: 20 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.12>

(Vannaprasert et al., 2013) นอกจากนั้น บักวีตช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินหลังการไถกลบประมาณ 2.5% และมีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 5.6 (Eichler-Löbermann et al., 2008) อย่างไรก็ตาม ในบริบทของประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับการใช้บักวีตเป็นพืชปุ๋ยสดในพื้นที่สูง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเลือกใช้พืชหมุนเวียน การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพของบักวีตในการเป็นพืชปุ๋ยสด โดยเน้นการวิเคราะห์การสะสมมวลชีวภาพ เปอร์เซ็นต์คาร์บอนและไนโตรเจน และ C/N ratio ตลอดจนผลของการไถกลบต่อสมบัติของดิน เพื่อให้ได้แนวทางที่เหมาะสมต่อการจัดการดินและส่งเสริมระบบเกษตรกรรมที่ยั่งยืนบนพื้นที่สูง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) การวิเคราะห์ศักยภาพของบักวีต และ 2) การวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนและหลังไถกลบ มีรายละเอียดดังนี้

1. ทำการปลูกบักวีตภายใต้สภาพแปลงทดลองใน 2 พื้นที่ ได้แก่ 1) ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ ตำบลแม่คำมี อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ (พิกัด 18°14'36"N ลองจิจูด ที่ 100°13'7"E ระดับความสูง 167 เมตรจากระดับน้ำทะเล) และ 2) บ้านนาออก ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน (พิกัด 19°2'16"N ลองจิจูดที่ 101°10'21"E ระดับความสูง 552 เมตรจากระดับน้ำทะเล) ขนาดพื้นที่ 1 ไร่ โดยทำการเตรียมแปลงปลูกบักวีตแบบไม่ไถเตรียมดิน ทำการตัดตอซังข้าวหลังการเก็บเกี่ยวข้าว และไถน้ำเข้าแปลงให้ความชื้นแก่ดิน จากนั้นปลูกบักวีตโดยวิธีการหยอด ใช้เมล็ดบักวีตสายพันธุ์ Taiwan 01 ที่มีความงอกไม่น้อยกว่า 90% ในอัตรา 5 เมล็ดต่อหลุม ระยะห่างระหว่างแถว 25x25 เซนติเมตร ในช่วงตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวทำการบันทึกข้อมูลสภาพอากาศตลอดการทดลอง โดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น ยี่ห้อ EBRO รุ่น EBI 20-TH1 และทำการเก็บตัวอย่างบักวีตทุก ๆ 15 วัน ที่อายุ 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก จำนวน 3 ซ้ำ ขนาดพื้นที่สุ่ม 2x4 เมตร (8 ตารางเมตร) ทำการนำตัวอย่างบักวีตแห้ง ชั่งน้ำหนักหาการสะสมมวลชีวภาพของบักวีตในแต่ละระยะ แล้ววิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์คาร์บอน (%C) และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (%N) จากนั้นคำนวณสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) โดยคำนวณจากสูตร

$$C/N \text{ ratio} = \%C / \%N$$

โดยกำหนดให้

%C คือ เปอร์เซ็นต์คาร์บอน หาด้วยวิธี Walkley-Black method

%N คือ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน หาด้วยวิธี Kjeldahl method

2. การวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนและหลังไถกลบ ปลูกบักวีตภายใต้สภาพแปลงทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ ตำบลแม่คำมี อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ในพื้นที่ 1 ไร่ จำนวน 3 แปลง สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกบักวีตในชั้นตอนเตรียมดิน และสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากแปลงเดิมตามช่วงเวลาที่กำหนดซึ่งแต่ละแปลงประกอบด้วย 1) หลังไถกลบบักวีต 30 วัน 2) หลังไถกลบบักวีต 45 วัน และ 3) หลังไถกลบบักวีต 60 วัน โดยการเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนดิน (Disturbed method) ใช้จอบและเสียมเจาะดินเก็บตัวอย่างดินแบบ Composite samples ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่าง 15 จุดต่อ 1 แปลง ผสมคลุกเคล้าและสุ่มเก็บตัวอย่างดินประมาณ 1 กิโลกรัม เขียนป้ายกำกับรายละเอียดของตัวอย่างดิน จากนั้นนำมาทำให้แห้งในที่ร่ม (Air-dried) แล้วนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางเคมีของดินบางประการ ทำการตรวจสอบข้อมูลและจัดการข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ Analysis of Variances (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) ด้วยวิธี Two sample t-test

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การวิเคราะห์สภาพอากาศ

ผลการเก็บข้อมูลสภาพอากาศตลอดฤดูปลูกบักวีตในพื้นที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่และบ้านนาออกใน Figure 1 พบความแตกต่างที่ชัดเจนในด้านอุณหภูมิต่ำสุด โดยศูนย์วิจัยข้าวแพร่มีค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 17.8°C ขณะที่บ้านนาออกต่ำกว่าอยู่ที่ 15.0°C ในขณะที่อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยใกล้เคียงกัน 31.3°C และ 31.8°C ตามลำดับ ความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญต่อสภาพแวดล้อมการเจริญเติบโต โดยเฉพาะในช่วงกลางคืน ซึ่งอุณหภูมิต่ำเกินไปอาจชะลอการเผาผลาญพลังงานและลดการขยายตัวของเซลล์ ส่งผลต่อการพัฒนาช่วงต้นของพืช (Fesenko et al., 2020) นอกจากนี้ พบว่าบ้านนาออกได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่าศูนย์วิจัยข้าวแพร่ โดยมีค่าความเข้มสูงสุดถึง 20.1 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ขณะที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่มีค่า 19.0 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งความแตกต่างนี้อาจสนับสนุนอัตราการสังเคราะห์แสงและการสะสมคาร์บอนในต้นบักวีตในพื้นที่บ้านนาออก อย่างไรก็ตาม รังสีที่เข้มข้นเกินไปในช่วงกลางวันอาจเพิ่มความเครียดต่อภาวะเครียดจากความร้อน (Heat stress) ซึ่งส่งผลต่อการสร้างสารอาหารและความสม่ำเสมอในการเจริญเติบโตของพืช (Germ & Gaberšček, 2016) จากการวิเคราะห์สภาพอากาศแสดงให้เห็นว่าสภาพอากาศที่บ้านนาออกสามารถปลูกบักวีตได้เนื่องจากมีช่วงอุณหภูมิต่ำและมีปริมาณแสงแดดสูงกว่าที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ จึงส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงและการสะสมมวลชีวภาพโดยรวม การวางแผนปลูกในพื้นที่นี้ควรพิจารณาเวลาปลูกให้เหมาะสมกับช่วงที่อุณหภูมิร่วมด้วย

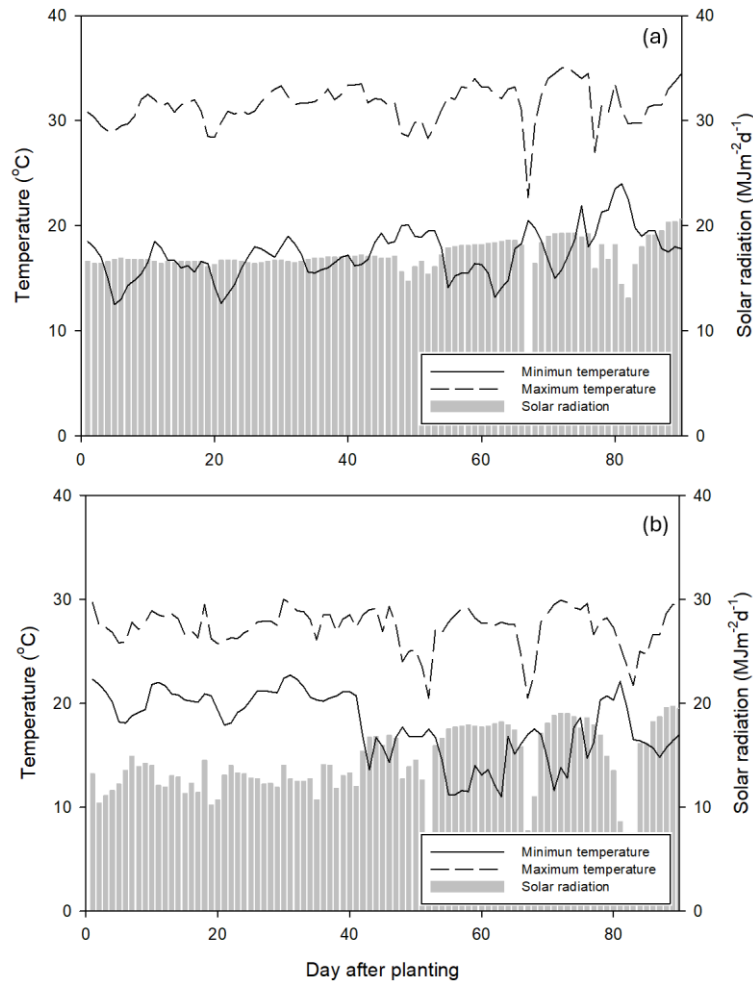


Figure 1 Minimum temperature, maximum temperature and solar radiation during the buckwheat growing season at (a) Phrae Rice Research Center and (b) Nakok Village

การสะสมมวลชีวภาพ

จากผลการวิเคราะห์การสะสมมวลชีวภาพของต้นบัควีตในช่วงอายุ 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก ดังแสดงใน Figure 2a พบว่าทั้งสองพื้นที่ทดลอง ได้แก่ ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ และบ้านนาออก มีแนวโน้มการสะสมมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นตามอายุของพืช แต่มีระดับที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงกลางฤดูปลูกที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ พบการสะสมมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจาก 49.47 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วง 30 วัน เป็น 135.13 และ 237.66 กรัมต่อตารางเมตร ที่ 45 และ 60 วัน ตามลำดับ และสูงสุดที่ 423.43 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วง 90 วัน ขณะที่ที่บ้านนาออก เริ่มต้นที่ 27.71 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วง 30 วัน แต่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 160.82 และ 409.56 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วง 45 และ 60 วัน สูงกว่าพื้นที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ในช่วงดังกล่าว และสูงสุดที่ 440.41 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วง 75 วัน ลักษณะการสะสมมวลชีวภาพของบัควีตที่บ้านนาออกที่เพิ่มขึ้นรวดเร็วและสูงสุดที่ช่วง 75 วัน แสดงถึงสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตในช่วงกลางฤดูปลูก เช่น ความเข้มแสงที่สูงกว่า (20.1 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน) และอุณหภูมิเฉลี่ยที่เย็นกว่าในตอนกลางคืน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Germ & Gabersčik (2016) ว่าการมีแสงเพียงพอและอุณหภูมิเย็นในช่วงค่ำสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและการแบ่งเซลล์ได้อย่างเหมาะสม

ส่งผลให้การสะสมมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงอายุ 45-75 วัน ในขณะที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่มีการสะสมมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นคงที่และเพิ่มขึ้นอย่างช้าจนถึงช่วง 90 วัน ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิกลางวันที่สูงกว่า ส่งผลให้กระบวนการเผาผลาญพลังงานมีความต่อเนื่อง (Fesenko et al., 2020) จากข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการไถกลบเพื่อใช้บัควีตเป็นปุ๋ยพืชสดในพื้นที่บ้านนาออกคือช่วงอายุประมาณ 60-75 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่มวลชีวภาพอยู่ในระดับสูงสุดและเริ่มมีแนวโน้มลดลง ขณะที่ในพื้นที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ อาจพิจารณาไถกลบที่ช่วงอายุ 75-90 วัน อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจเกี่ยวกับระยะเวลาการไถกลบเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดควรพิจารณาพร้อมกับสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนด้วย

เปอร์เซ็นต์คาร์บอน (%C)

ผลการวิเคราะห์ %C ในต้นบัควีตแห้งที่ปลูกในสองพื้นที่ทดลอง ได้แก่ ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ และบ้านนาออก ตลอดช่วงอายุ 30-90 วันหลังปลูก (Figure 2b) พบว่าในช่วงต้นฤดูปลูก (30 วัน) บัควีตที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่มี %C สูงกว่าบ้านนาออกเล็กน้อย โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 49.47% เทียบกับ 48.87% ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงความใกล้เคียงของอัตราการสะสมคาร์บอนในระยะเริ่มต้นของพืช อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่ช่วงอายุ 45 วัน บัควีตที่บ้านนาออกเริ่มมีการสะสมคาร์บอนเพิ่มขึ้น โดยมี %C อยู่ที่ 49.40% ในขณะที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่

ลดลงเหลือ 46.61% ซึ่งให้เห็นผลกระทบของความแตกต่างของสภาพอากาศ โดยเฉพาะรังสีดวงอาทิตย์ที่มากกว่าในบ้านนาออก (20.1 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน) ซึ่งอาจสนับสนุนกระบวนการสังเคราะห์แสงและการสะสมคาร์บอนได้ดีกว่า (Germ & Gabersčik, 2016) และในช่วงอายุ 60 วันหลังปลูก พบว่า %C ที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่กลับเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเป็น 50.83% ขณะที่บ้านนาออกอยู่ที่ 48.97% ซึ่งอาจสะท้อนถึงการเร่งการเจริญเติบโตของบักวีตที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิกลางวันสูงและค่าความต่างอุณหภูมิกลางวัน-กลางคืนที่น้อยกว่า อย่างไรก็ตาม ในช่วงปลายฤดูปลูกที่อายุ 90 วัน พบว่าบ้านนาออกกลับมามีค่า %C สูงสุดที่ 51.20% สูงกว่าศูนย์วิจัยข้าวแพร่ที่ 50.85% แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการสะสมคาร์บอนในช่วงปลายฤดูในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิกลางวันต่ำกว่าและรังสีดวงอาทิตย์เข้มข้นกว่า ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า %C ของต้นบักวีตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุพืช ซึ่งเป็นลักษณะที่เอื้อต่อการใช้เป็นปุ๋ยพืชสด เนื่องจาก %C ที่สะสมในต้นสามารถกลับคืนสู่ดินในรูปของอินทรีย์วัตถุได้หลังการไถกลบ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Lu et al. (2021) ระบุว่าอินทรีย์วัตถุที่มีปริมาณคาร์บอนสูงสามารถเพิ่มความเสถียรของดินและช่วยกักเก็บคาร์บอนในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การสะสมคาร์บอนที่สูงในช่วงปลายฤดูปลูกควรพิจารณาควบคู่กับค่าความสมดุลของธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการย่อยสลายที่ล่าช้าเนื่องจากค่า C/N ratio ที่สูงเกินไป

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (%N)

จากการวิเคราะห์ %N ของต้นบักวีตในช่วงอายุ 30–90 วันหลังปลูก (Figure 2c) พบว่าในช่วงอายุ 30 วันแรก ศูนย์วิจัยข้าวแพร่มีค่า %N สูงสุดที่ 2.76% ขณะที่บ้านนาออกมีค่าอยู่ที่ 2.45% ซึ่งแสดงถึงความสมบูรณ์ของดินและความสามารถในการดูดซึมไนโตรเจนที่ดีกว่าในช่วงต้นฤดูปลูกในพื้นที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่ช่วงอายุ 45 วันหลังปลูก ค่าของ %N ที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ลดลงเหลือ 2.01% ขณะที่บ้านนาออกกลับมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 2.12% สะท้อนถึงศักยภาพของบ้านนาออกในการรักษาระดับไนโตรเจนในพืชระยะกลางได้ดีกว่า และในช่วงอายุ 60 วัน ซึ่งเป็นระยะกลางของฤดูปลูก พบว่าค่าของ %N ที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ลดลงเหลือเพียง 1.18% ขณะที่บ้านนาออกยังคงรักษาระดับไว้ได้สูงกว่าที่ 1.89% แสดงถึงความแตกต่างของสภาพอากาศที่เอื้อต่อการสะสมไนโตรเจนในพืชได้มากกว่าในบ้านนาออก ทั้งนี้ อาจเกี่ยวข้องกับการประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหารภายใต้ความแตกต่างของอุณหภูมิกลางวัน ขณะที่ช่วงปลายฤดูปลูก (75–90 วัน) ค่าของ %N ในทั้งสองพื้นที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยศูนย์วิจัยข้าวแพร่มีค่าลดลงเป็น 1.11% และ 1.00% ตามลำดับ ส่วนบ้านนาออกมีค่า 1.44% และ 1.16% ซึ่งสูงกว่าตลอดช่วงปลายฤดูปลูก เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก พบว่าบ้านนาออกมีค่าเฉลี่ยของ %N สูงกว่า (1.81%) เมื่อเทียบกับศูนย์วิจัยข้าวแพร่ (1.61%) ซึ่งสะท้อนว่าบ้านนาออกมีความสามารถในการสะสมและรักษาไนโตรเจนในต้นบักวีตได้ดีกว่า

แม้ว่าจะมีค่าเริ่มต้นต่ำกว่าในระยะต้นฤดูปลูก อย่างไรก็ตาม แนวโน้มของการลดลงของไนโตรเจนตามอายุพืชสอดคล้องกับกระบวนการสลายแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological senescence) ของพืช ซึ่งมีการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนจากใบและลำต้นไปยังเมล็ด (Dai et al., 2018) ทั้งนี้การมีค่า %N ในต้นพืชที่สูงในช่วงกลางฤดูปลูกถือเป็นข้อดีในการนำบักวีตมาใช้เป็นพืชปุ๋ยสด เนื่องจากจะมีไนโตรเจนสะสมอยู่ในอินทรีย์วัตถุที่ถูกไถกลบและสามารถปลดปล่อยกลับสู่ดินได้ภายหลังการสลายตัว ซึ่งหากเกิดขึ้นในช่วงที่ C/N ratio ยังอยู่ในช่วงเหมาะสม (20–26) จะยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพการปลดปล่อยธาตุอาหาร

สัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

จากการวิเคราะห์ C/N ratio ในต้นบักวีตแห่งตลอดช่วงฤดูปลูก (Figure 2d) พบว่า ค่า C/N ratio มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของพืชทั้งในพื้นที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่และบ้านนาออก ในช่วงเริ่มต้นฤดูปลูก (30 วันหลังปลูก) ค่าของ C/N ratio อยู่ในระดับต่ำ โดยศูนย์วิจัยข้าวแพร่มีค่า 17.92 ขณะที่บ้านนาออกมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยที่ 19.95 ซึ่งยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ โดยไม่ก่อให้เกิดการดึงไนโตรเจนจากดินมากนัก เมื่อเข้าสู่ช่วงกลางฤดูปลูก (45–60 วัน) ค่าของ C/N ratio ในทั้งสองพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ ซึ่งในช่วง 60 วันหลังปลูกมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 43.08 ขณะที่บ้านนาออกยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายที่ 25.91 ค่า C/N ratio ที่สูงเกิน 30 เช่นในกรณีของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ บ่งชี้ถึงแนวโน้มที่จุลินทรีย์ในดินจะต้องดึงไนโตรเจนจากแหล่งอื่นมาใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ (Decomposition) ซึ่งส่งผลให้เกิดภาวะการตรึงไนโตรเจน (Immobilization) และลดความพร้อมของธาตุอาหารในระยะสั้น (Lam et al., 2012) สำหรับในช่วงปลายฤดูปลูก (75–90 วัน) ค่าของ C/N ratio ยังคงเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง โดยศูนย์วิจัยข้าวแพร่มีค่าถึง 45.63 และ 50.85 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเมื่อเทียบกับบ้านนาออกที่มีค่า 34.97 และ 44.14 สะท้อนให้เห็นถึงการสะสมคาร์บอนที่เด่นชัดแต่มีการลดลงของไนโตรเจนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจทำให้การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุเป็นไปอย่างช้าและต้องใช้เวลาเสริมไนโตรเจนเพื่อกระตุ้นการสลายตัว ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการไถกลบบักวีตเพื่อใช้เป็นพืชปุ๋ยสด ควรอยู่ในช่วงที่ C/N ratio อยู่ระหว่าง 20–26 ซึ่งในกรณีของบ้านนาออกคือช่วงอายุ 45–60 วัน โดยไม่เพียงแต่ให้มวลชีวภาพสูง แต่ยังให้ค่าของ C/N ratio ที่เอื้อต่อการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่การไถกลบในช่วง C/N ratio สูงเกินไป เช่น ที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ช่วงปลายฤดูปลูก อาจส่งผลต่อความสมดุลของธาตุอาหารในดินและต้องใช้เวลาในการปรับตัวมากขึ้นหลังไถกลบ ดังนั้น การกำหนดช่วงเวลาไถกลบจึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะปริมาณมวลชีวภาพ แต่ควรพิจารณาควบคู่กับค่า C/N ratio เพื่อให้ได้อินทรีย์วัตถุที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เหมาะสม ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญในการวางแผนจัดการบักวีตในฐานะพืชปุ๋ยสดอย่างมีประสิทธิภาพ

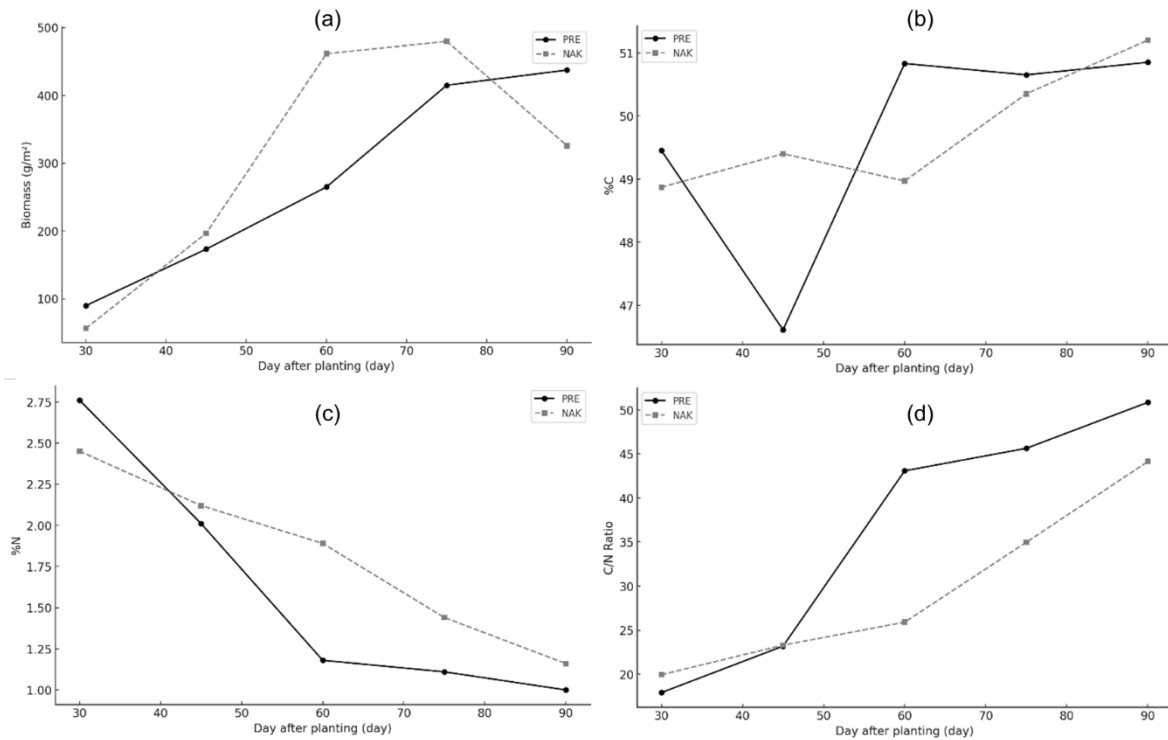


Figure 2 Biomass Accumulation (a), Carbon Content (b), Nitrogen Content (c) and Carbon to Nitrogen Ratio (d) of buckwheat at Phrae Rice Research Center (PRE) and Nakok Village (NAK)

สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

จากผลการศึกษาพบว่า การไถกลบกับวิธีส่งผลให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในด้านสัดส่วนของอนุภาคดิน ได้แก่ อนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียว โดยในช่วง 30 วันหลังไถกลบ อนุภาคทรายเพิ่มขึ้นจาก 65.20% เป็น 67.50% ส่วนอนุภาคดินเหนียวลดลงจาก 13.30% เป็น 8.60% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยทั่วไปสัดส่วนอนุภาคดินถือเป็นสมบัติดินที่ค่อนข้างคงที่ในระยะสั้น การเปลี่ยนแปลงที่พบอาจมีส่วนมาจากความคลาดเคลื่อนในการสุ่มเก็บตัวอย่างดิน หรือ การกระจายตัวของอินทรีย์วัตถุที่ไม่สม่ำเสมอในพื้นที่ที่ทดลอง (Gee & Or, 2002) จึงควรมีการตรวจสอบซ้ำในระยะยาวเพื่อยืนยันแนวโน้มดังกล่าว แนวโน้มนี้ยังคงพบในช่วง 60 วันหลัง

ไถกลบ โดยอนุภาคทรายเพิ่มขึ้นเป็น 71.60% ขณะที่อนุภาคดินเหนียวลดลงเหลือ 6.60% แม้การเปลี่ยนแปลงบางค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แนวโน้มที่พบสะท้อนว่าการไถกลบอินทรีย์วัตถุจากต้นกับวิธีสามารถช่วยปรับโครงสร้างดินให้โปร่งมากขึ้น ส่งผลให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ลดความหนาแน่นรวมของดิน และช่วยเพิ่มความสามารถในการเจริญเติบโตของรากพืช ผลการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนอนุภาคดิน โดยเฉพาะการลดลงของดินเหนียวอาจช่วยลดการอัดตัวของดินที่มักพบในพื้นที่ปลูกต่อเนื่อง (Compaction) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lam et al. (2012) ที่ระบุว่า การเติมอินทรีย์วัตถุลงในดินช่วยเพิ่มความพรุนและลดแรงต้านการเจริญของราก

Table 1 Physical soil properties of the soil before buckwheat planting and after buckwheat tillage at 30, 45 and 60 days at Phrae Rice Research Center

Duration (day)	Physical properties	Before tillage	After tillage	Two samples t-test
30	Sand (%)	65.20	67.50	ns
	Silt (%)	21.50	23.90	ns
	Clay (%)	13.30	8.60	*
45	Sand (%)	65.10	69.50	ns
	Silt (%)	26.50	22.10	ns
	Clay (%)	8.30	8.40	ns
60	Sand (%)	63.80	71.60	ns
	Silt (%)	26.60	21.80	*
	Clay (%)	9.50	6.60	ns

Note: ns = no statistically significant difference ($p > 0.05$), * = statistically significant difference at $p < 0.05$

สมบัติดินทางเคมีของดิน

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการไถกลบปักดำวีตส่งผลในทางบวกต่อคุณภาพเคมีของดินหลายประการ โดยพบว่า ในช่วง 30 วันแรกหลังไถกลบค่าความเป็นกรดต่างลดลงจาก 5.93 เป็น 5.40 แสดงถึงสภาพความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย อาจเกิดจากการปล่อยกรดอินทรีย์ในช่วงเริ่มต้นของการสลายตัว อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่ช่วง 45 และ 60 วันหลังไถกลบ ค่าความเป็นกรดต่างกลับเพิ่มขึ้นเป็น 6.33 และ 6.41 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การเปลี่ยนแปลงนี้สะท้อนว่าการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุจากต้นปักดำวีตในระยะกลาง-ปลาย ช่วยเพิ่มค่าพีเอชของดินให้อยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการละลายธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของพืช (Björkman, 2009) สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วง โดยในช่วง 30 วันแรกลดลงเล็กน้อยจาก 1.29% เป็น 1.23% ซึ่งอาจเป็นผลจากการย่อยสลายอย่างรวดเร็วของวัสดุอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio ต่ำในช่วงแรก อย่างไรก็ตาม ช่วง 45 และ 60 วัน พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเป็น 1.03%

และ 0.98% ตามลำดับ แสดงถึงการสะสมของอินทรีย์วัตถุที่มีศักยภาพในการปรับปรุงโครงสร้างและความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินในระยะยาว ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 30 และ 45 วันหลังไถกลบ โดยในช่วง 45 วันเพิ่มจาก 18.16 เป็น 21.29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การเพิ่มขึ้นในช่วงต้นอาจเกิดจากการกระตุ้นให้เกิดการละลายของฟอสฟอรัสในดินโดยกรดอินทรีย์ที่ปล่อยออกจากการย่อยสลายของปักดำวีต (Possinger et al., 2013) และสอดคล้องกับรายงานของ Boglajenko et al. (2014) พบว่าการไถกลบปักดำวีตสามารถเพิ่มฟอสฟอรัสในดินได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าของโพแทสเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วง 30 และ 45 วันหลังไถกลบ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) มีปริมาณเพิ่มจาก 50.28 เป็น 70.13 และจาก 34.28 เป็น 44.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แสดงถึงศักยภาพของการไถกลบปักดำวีตในการปลดปล่อยโพแทสเซียม ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงและการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุในพืช (Patel & Paul, 2024)

Table 2 Soil chemical soil properties before buckwheat planting and after buckwheat tillage at 30, 45 and 60 days at Phrae Rice Research Center

Duration (day)	Chemical properties	Before tillage	After tillage	Two samples t-test
30	pH (1:1 H ₂ O)	5.93	5.40	*
	Organic matter (%)	1.29	1.23	ns
	Available phosphorus (mg/kg)	25.23	26.18	ns
	Exchangeable potassium (mg/kg)	50.28	70.13	*
45	pH (1:1 H ₂ O)	5.78	6.33	**
	Organic matter (%)	0.93	1.03	ns
	Available phosphorus (mg/kg)	18.16	21.29	ns
	Exchangeable potassium (mg/kg)	34.28	44.65	*
60	pH (1:1 H ₂ O)	5.69	6.41	*
	Organic matter (%)	0.96	0.98	ns
	Available phosphorus (mg/kg)	16.09	14.89	ns
	Exchangeable potassium (mg/kg)	32.35	37.20	ns

Note: ns = no statistically significant difference ($p > 0.05$), * = statistically significant difference at $p < 0.05$

จากผลการศึกษาทั้งหมด พบว่าปักดำวีตมีศักยภาพในการใช้เป็นปุ๋ยพืชสดที่ตีในพื้นที่สูง โดยเฉพาะในด้านความสามารถในการสะสมมวลชีวภาพในระยะเวลาดำเนิน (60-75 วัน) และมีค่า C/N ratio อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการย่อยสลาย (20-26) ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่พบในปอเทือง (15-20) (Vannaprasert et al., 2013) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปักดำวีตกับปอเทืองซึ่งเป็นพืชที่มีการส่งเสริมใช้ในพื้นที่อยู่แล้วพบว่าทั้งสองชนิดพืชมีลักษณะเด่นและข้อจำกัดที่ต่างกัน โดยปักดำวีตมีข้อได้เปรียบในการเจริญเติบโตภายใต้อุณหภูมิต่ำ และไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง จึงเหมาะสำหรับปลูกในฤดูหนาวหลังการเก็บเกี่ยวข้าวในพื้นที่สูงที่มีฤดูปลูกสั้นและทรัพยากรจำกัด ขณะที่ปอเทืองแม้จะสามารถเพิ่มไนโตรเจนให้กับดินได้ดีจากการตรึงอากาศผ่านไรโซเบียม แต่ไม่ทนต่ออุณหภูมิต่ำ จึงมีข้อจำกัดในการปลูกในพื้นที่สูงบางแห่ง และปอเทืองมีค่า C/N ratio ต่ำ ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว ขณะที่ปักดำวีตมีค่า C/N ratio อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงในดินให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะของปักดำวีต

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปักดำวีตมีศักยภาพในการใช้เป็นปุ๋ยพืชสดที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่สูง โดยสามารถสะสมมวลชีวภาพได้สูงสุดในช่วงอายุ 60-75 วัน โดยเฉพาะในพื้นที่บ้านนาออกซึ่งมีค่า C/N ratio อยู่ในช่วง 20-26 ซึ่งเหมาะสมต่อการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหาร ขณะที่พื้นที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่มีค่า C/N ratio สูงกว่าในช่วงปลายฤดูปลูก ทำให้การย่อยสลายช้ากว่า การไถกลบปักดำวีตช่วยปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินส่งผลให้โครงสร้างดินดีขึ้น และสามารถเพิ่มค่าความเป็นกรดต่าง อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน โดยเฉพาะช่วง 30-45 วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปักดำวีตจึงมีศักยภาพสูงในการใช้เป็นพืชบำรุงดินได้ ดังนั้น ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์ ควรส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่สูงใช้ปักดำวีตเป็นปุ๋ยพืชสดในระบบปลูกพืชหลังนา โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน และไม่สามารถปลูกพืชตระกูลถั่วหรือปอเทืองได้ในฤดูหนาว โดยควรแนะนำให้ไถกลบต้นปักดำวีตในช่วงอายุ 45-60 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่ได้ทั้งมวลชีวภาพและค่า C/N ratio ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยจากศูนย์วิจัยข้าวแพร่ กรมการข้าว และคณาจารย์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักจากคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้คำแนะนำและสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้ ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

- Babu, S., Yadav, G. S., Singh, R., Avasthe, R. K., Das, A., Mohapatra, K. P., Tahashildar, M., Kumar, K., Prabha, M., Devi, M. T., Rana, D. S., & Prakash, N. (2018). Production technology and multifarious uses of buckwheat (*Fagopyrum* spp.): A review. *Indian Journal of Agronomy*, 63(4), 118–130.
- Björkman, T. (2009). *Information for buckwheat growers*. Accessed December 4, 2019. Retrieved from <http://www.hort.cornell.edu/bjorkman/lab/buck/guide/growthdevelopment.php>
- Boglaienko, D., Soti, P., Shetty, K. G., & Jayachandran, K. (2014). Buckwheat as a cover crop in Florida: Mycorrhizal status and soil analysis. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 38(9), 1033–1046. doi: 10.1080/21683565.2014.906016.
- Clark, A. (2007). *Buckwheat*. In G. Bowman, C. Shirley, & C. Cramer (Eds.), *Managing cover crops profitably*. (3rd ed). USA: SARE Outreach.
- Dai, Z., Su, W., Chen, H., Barberán, A., Zhao, H., Yu, M., Yu, L., Brookes, P. C., Schadt, C. W., Chang, S. X., & Xu, J. (2018). Long-term nitrogen fertilization decreases bacterial diversity and favors the growth of Actinobacteria and Proteobacteria in agroecosystems across the globe. *Global Change Biology*, 24(8), 3452–3461. doi: 10.1111/gcb.14163.
- Eichler-Löbermann, B., Köhne, S., Kowalski, B., & Schnug, E. (2008). Effect of catch cropping on phosphorus bioavailability in comparison to organic and inorganic fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 31(4), 659–676. doi: 10.1080/01904160801926517.
- Fesenko, N. N., Glazova, Z. I., & Fesenko, I. (2020). Cold stress at seedlings stage of buckwheat optimizes development of both roots and aboveground biomass and limits the excessive vegetative growth interfering with seed formation (an analytical review). *Acta Agriculturae Slovenica*, 116(1), 5–10. doi: 10.14720/aas.2020.116.1.1648.
- Gee, G. W., & Or, D. (2002). Particle-size analysis. In J. H. Dane & G. C. Topp (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 4: Physical Methods* (pp. 255–293). Soil Science Society of America.
- Germ, M., & Gaberščik, A. (2016). Chapter twenty one - The Effect of Environmental Factors on Buckwheat. In Zhou M., Kreft, I., Woo, S.H., Chrungoo, N., Wieslander, G. (Eds). *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat* (pp. 273–281). USA: Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-12-803692-1.00021-3.
- Jaikawin, S., Kanghae, P., Hantanapong, A., & Srikoom, P. (2020). Buckwheat cultivation after the rice with farmers participating at the highland of Nan Province. *Proceedings of the 12th Annual Seminar on Rice and Highland Cereal Crops, Upper and Lower Northern Rice Research Centers Group* (pp. 349–350). Chiang Mai, Thailand: Upper and Lower Northern Rice Research Centers Group. (in Thai)
- Kreft, I., & Luthar, Z. (1990). *Buckwheat—a low input plant*. In N. El Bassam, M. Dambroth, & B. C. Loughman (Eds.). *Genetic aspects of plant mineral nutrition* (pp. 497–501). USA: Springer Nature.
- Lam, S. K., Chen, D., Norton, R., Armstrong, R., & Mosier, A. R. (2012). Nitrogen dynamics in grain crop and legume pasture systems under elevated atmospheric carbon dioxide concentration: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 18(9), 2853–2859. doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02758.x.
- Lu, X., Hou, E., Guo, J., Gilliam, F. S., Li, J., Tang, S., & Kuang, Y. (2021). Nitrogen addition stimulates soil aggregation and enhances carbon storage in terrestrial ecosystems of China: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 27(12), 2780–2792. doi: 10.1111/gcb.15604.
- Patel, S., & Paul, T. (2024). Integrated nutrient and weed management on nutrient content, uptake and soil fertility of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* L.) production in Eastern Sub-Himalayan Plain of India. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(3), 160–165. doi: 10.9734/ijec/2024/v14i34028.
- Possinger, A., Byrne, L., & Breen, N. (2013). Effect of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) on soil-phosphorus availability and organic acids. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176, 16–18. doi: 10.1002/jpln.201200337.
- Vannaprasert, P., Athinuwat, D., & Phonprapai, C. (2013). Effects of *Crotalaria juncea* and animal manure application on organic Chinese kale production. *Thai Journal of Science and Technology*, 2(2), 115–124. doi: 10.14456/tjst.2013.18 (in Thai)

Research article

The Potential of Buckwheat as a Green Manure for Soil Fertility Improvement

Suttakarn Jaikawin^{1,2} Pitchanan Kanghae² Witchaphart Sungpalee¹
Jakkapong Kangsopa¹ and Nednapa Insalud^{1*}

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

²Phare Rice Research Center, Division of Rice Research and Development, Rice Department, Phrae Province, Thailand 54000

ARTICLE INFO

Article history

Received: 2 May 2025

Revised: 10 June 2025

Accepted: 15 June 2025

Online published: 20 June 2025

Keyword

Buckwheat

Green manure

Soil fertility

C/N ratio

Biomass accumulation

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the potential of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) as a green manure for improving soil properties under specific environmental conditions. The experiment was conducted in two locations: the Phrae Rice Research Center, Phrae District, Phrae Province and Nakok Village, Bo Kluea District, Nan Province. Data were collected on plant growth, biomass accumulation, carbon content, nitrogen content, and the carbon-to-nitrogen ratio (C/N ratio). Additionally, physical and chemical soil properties were analyzed before and after buckwheat incorporation. The results showed that biomass accumulation increased with plant age. The highest biomass was recorded at 60-75 days after sowing in Nakok Village, with a C/N ratio ranging from 20 to 30, which is optimal for organic matter decomposition and nutrient release into the soil. In contrast, the Phrae site exhibited a C/N ratio exceeding 40 in the late growing season, indicating a slower decomposition rate. Buckwheat incorporation improved soil structure and enhancing soil pH, organic matter, available phosphorus, and exchangeable potassium, especially within 30-45 days after incorporation. In conclusion, buckwheat demonstrates strong potential as a green manure for highland areas. The optimal incorporation time is at 45-60 days after sowing to achieve high biomass and an optimal C/N ratio for decomposition, thereby enhancing soil fertility efficiently and sustainably.

*Corresponding author

E-mail address: nednapa@mju.ac.th (N. Insalud)

Online print: 20 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.12>



แนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร ในอำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู

สุรียพร จามรพิพัฒน์^{1*} สินีช คุรุเมือง แสนเสริม² เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ²

¹หลักสูตรเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ประเทศไทย 11120

²สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ประเทศไทย 11120

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 5 เมษายน 2568

แก้ไข: 26 พฤษภาคม 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 5 มิถุนายน 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 23 มิถุนายน 2568

คำสำคัญ

การส่งเสริมการใช้สื่อ

สังคมออนไลน์

สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร ในอำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ประชากรที่ศึกษา คือ เกษตรกรผู้ปลูกพืชที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรกับกรมส่งเสริมการเกษตรในปีการผลิต 2566/67 จำนวน 11,674 ครัวเรือน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร ยามานะ ที่ค่าความคลาดเคลื่อน 0.08 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 155 ราย โดยใช้วิธีการสุ่มแบบง่าย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เป็นแบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัย พบว่า 1) เกษตรกร ร้อยละ 56.80 เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 52.75 ปี ร้อยละ 38.70 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีรายได้ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 69,903.23 บาทต่อปี นอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 50,000 บาทต่อปี มีค่าใช้จ่ายสื่อสังคมออนไลน์ ได้แก่ ค่าโทรศัพท์มือถือ 5,286.45 บาท มีอินเทอร์เน็ตต่อเดือนเฉลี่ย 314.14 บาท 2) เกษตรกรร้อยละ 96.80 เข้าใช้งานสื่อสังคมออนไลน์โดยใช้โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน มีประสบการณ์ในการใช้งานเฉลี่ย 6.42 ปี โดยใช้งานมากในช่วงเวลาหลัง 06.00 น. – 09.00 น. มีระยะเวลาการใช้เฉลี่ย 48.94 นาที โดยใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ได้แก่ ไลน์ เฟซบุ๊ก ยูทูบ ทิกต็อก และเว็บไซต์ ตามลำดับ 3) เกษตรกรมีปัญหาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 3.01 โดยมีปัญหาด้านสิ่งรบกวนสูงสุด เกษตรกรเห็นด้วยกับข้อเสนอแนะการใช้สื่อสังคมออนไลน์ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.62 โดยเห็นด้วยกับด้านการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรสูงสุด เกษตรกรมีความต้องการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ค่าเฉลี่ย 3.28 โดยมีความต้องการใช้ ยูทูบ เฟซบุ๊ก และไลน์ ตามลำดับ โดยเป็นรูปแบบสื่อ คลิปวิดีโอ รูปภาพ ข้อความเนื้อหาเชิงบรรยาย ตามลำดับ 4) เกษตรกร ร้อยละ 46.50 เคยได้รับการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรในรูปแบบการประชาสัมพันธ์ผ่านทางสื่อต่าง ๆ กิจกรรมการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ และการสร้างเครือข่ายออนไลน์ทางการเกษตร และ 5) เกษตรกรเห็นด้วยกับแนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.80 โดยเห็นด้วยสูงสุด คือ หน่วยงานควรมีการสนับสนุนอุปกรณ์และข้อมูลในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ในรูปแบบการฝึกปฏิบัติ/สาธิต และการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่าง ๆ ด้วยวิธีการส่งเสริมแบบกลุ่ม

บทนำ

สื่อสังคมออนไลน์ (Social media หรือ Social Network) เช่น Facebook (เฟซบุ๊ก) , LINE (ไลน์) , Twitter (ทวิตเตอร์) , Google+ (กูเกิล พลัส) , Instagram (อินสตาแกรม) , YouTube (ยูทูบ) , TikTok (ติ๊กต็อก) และอื่น ๆ มีบทบาทสำคัญในวงกว้างต่อระบบการสื่อสาร ทำให้คนสามารถเชื่อมต่อกัน สร้างความสัมพันธ์กันได้อย่างกว้างขวาง ไม่จำกัดเวลา และสถานที่ นอกเหนือจากด้านการสื่อสารแล้ว สื่อสังคมออนไลน์ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย เช่น ห้องเรียนออนไลน์ และตลาดนัดออนไลน์ เป็นต้น เทคโนโลยีหนึ่งที่มีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของมนุษย์ คือ สมาร์ทโฟน ซึ่งช่วยให้การติดต่อสื่อสารของคนทำได้หลากหลายช่องทางและสะดวกรวดเร็วขึ้น ผ่านการใช้งานสังคมออนไลน์

หลากหลายรูปแบบให้เลือกใช้งาน และแพร่หลายอย่างมากตลอดช่วง 10 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะแอปพลิเคชัน LINE ที่กลายเป็นหนึ่งช่องทางหลักในการสื่อสารของคนไทย เมื่อยุคสมัยเปลี่ยนไป สังคมออนไลน์ต่าง ๆ ก็มีการปรับตัวเพื่อตอบสนองการใช้งานที่หลากหลายรูปแบบมากยิ่งขึ้น (Lauchathananon, 2023) ประเทศไทยมีการใช้สมาร์ตโฟน 97 ล้านเครื่อง มีการใช้งานอินเทอร์เน็ตกว่า 63.21 ล้านการใช้งาน โดยเป็นการใช้โซเชียลมีเดียกว่า 49.10 ล้านครั้ง ซึ่งประเทศไทยมีโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัลที่ดีที่สุดในโลกประเทศหนึ่ง ประชากรไทยมีการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลโดยเฉพาะโทรศัพท์มือถือกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเหมาะสมกับการพัฒนางานส่งเสริมการเกษตร (Department of Agricultural Extension, 2024)

กรมส่งเสริมการเกษตรมีแนวทางในการส่งเสริมด้าน

*Corresponding author

E-mail address: tiktok.suree417@gmail.com (S. Jamornpipat)

Online print: 23 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.13>

การเกษตรให้กับเกษตรกรโดยมีการใช้สื่อเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลในปัจจุบันที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยได้พัฒนาปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานให้เป็นดิจิทัลมากขึ้น ด้วยการนำเทคโนโลยีเข้ามาอำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกรและบุคลากรของกรมส่งเสริมการเกษตร ภายใต้แนวคิด DOAE Next Step ขับเคลื่อนงานส่งเสริมเกษตรกรวิถีใหม่' (Department of Agricultural Extension, 2021) ซึ่งสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์เป็นหัวใจสำคัญในการดำเนินการพัฒนาด้านการเกษตร โดยเฉพาะการทำงานร่วมกันระหว่างเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และรวมไปถึงการทำงานร่วมกับเกษตรกร เพื่อที่จะสามารถสื่อสารกับเกษตรกรเพื่อให้เกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารทางการเกษตร รวมไปถึงรับรู้โครงการต่าง ๆ ของทางภาครัฐ ปัจจุบันกรมส่งเสริมการเกษตรก้าวสู่วัฒนธรรมองค์กรดิจิทัล มีการกำหนดแผนการทำงานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อพัฒนางานส่งเสริมการเกษตร เช่น การเปลี่ยนโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลเพื่อให้เหมาะสมกับงานส่งเสริมการเกษตร การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ในการขึ้นและปรับปรุงทะเบียนเกษตรกร การพัฒนาระบบผ่าน Farmbook Application โดยการแจ้งเตือนเกษตรกรรายบุคคล พร้อมการเชื่อมโยงฐานข้อมูลทะเบียนเกษตรกรกับข้อมูลอื่น ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานส่งเสริมการเกษตร (Department of Agricultural Extension, 2024) การใช้สื่อสังคมออนไลน์จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญของนักส่งเสริมการเกษตรที่จะทำให้เกษตรกรรับรู้ข้อมูลที่รวดเร็ว เนื้อหาข้อมูลถูกต้อง มีประสิทธิภาพ เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร ทั้งนี้ การรับข่าวสารข้อมูลของเกษตรกรนั้นยังมีข้อจำกัด และประสิทธิภาพในการรับสื่อสังคมออนไลน์ที่ไม่เท่ากัน ซึ่งอาจจะเกิดจาก ช่วงอายุ เพศ การศึกษา พื้นที่ที่เกษตรกรอาศัย ช่วงเวลาในการรับสื่อของเกษตรกร ช่วงเวลาในการถ่ายทอดข้อมูล ประเภทของสื่อด้านการเกษตร ช่องทางในการถ่ายทอดข้อมูลข่าวสาร ซึ่งล้วนมีความเกี่ยวข้องกับการใช้สื่อสังคมออนไลน์ด้านการเกษตรของเกษตรกร

สำนักงานเกษตรอำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู ดำเนินงานส่งเสริมการเกษตร ตามนโยบายของภาครัฐในการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรของประเทศ ตลอดจนการให้บริการฐานข้อมูลแก่หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชนผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศ ทั้งนี้จากการทำงานในพื้นที่ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรต้องมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการส่งเสริมการเกษตร เพื่อถ่ายทอดความรู้ด้านการเกษตรให้เกษตรกร เพื่อแจ้งข้อมูลข่าวสารทางการเกษตร การใช้สื่อสังคมออนไลน์จึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะทำให้เกษตรกรรับรู้ข้อมูลข่าวสารที่รวดเร็ว เป็นประโยชน์เพิ่มประสิทธิภาพ (Na Klang District Agricultural Office, 2022) ทั้งนี้เกษตรกรในพื้นที่อำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู เป็นเกษตรกรที่ทำการเกษตรแบบหลากหลาย ได้แก่ การทำนา ทำไร่ ทำสวน ทำประมง ปศุสัตว์ ทำการเกษตรแบบผสมผสาน ซึ่งมีรายได้ในครัวเรือนมากกว่า 100,000 บาทต่อปี (Na Klang District Agricultural Office, 2023) และเกษตรกรมีความสามารถในการใช้โทรศัพท์มือถือและการใช้งานทางด้านโซเชียลมีเดีย เช่น ไลน์ (LINE) ยูทูบ (YouTube) เฟซบุ๊ก (Facebook) ตี๊กต็อก (TikTok) และเว็บไซต์ (Website) ซึ่งเป็นสื่อสังคมออนไลน์ที่เข้าถึงง่ายและมีบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนในปัจจุบัน

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้นจึงมีความสำคัญที่จะทำการวิจัยเรื่อง แนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกรในอำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู โดยศึกษาข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล สังคม และเศรษฐกิจของเกษตรกร การใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ปัญหา ข้อเสนอแนะ และความต้องการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร การได้รับการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร โดยสื่อสังคมออนไลน์ที่ศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ ไลน์ ยูทูบ เฟซบุ๊ก ตี๊กต็อก และเว็บไซต์ อันจะนำไปสู่แนวทางในการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกรต่อไป เพื่อนำไปใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลให้แก่เกษตรกรในอำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู ได้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ที่เหมาะสมทางการเกษตรและได้มีการส่งเสริมการเกษตรผ่านสื่อสังคมออนไลน์ที่เหมาะสมไปสู่เกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ เกษตรกรในพื้นที่อำเภอนากลางที่ขึ้นทะเบียนการปลูกพืชกับกรมส่งเสริมการเกษตร ปีการผลิต 2566/67 จำนวน 11,674 ครัวเรือน (Department of Agricultural Extension, 2023) โดยการวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลจากตัวแทนครัวเรือนเกษตรกรที่ขึ้นทะเบียน ครัวเรือนละ 1 ราย

กลุ่มตัวอย่าง กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของ Taro Yamane (1973) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.08 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 155 ราย

$$\begin{aligned} \text{สูตร} \quad n &= \frac{N}{1 + Ne^2} \\ &= \frac{11,674}{1 + 11,674(0.08)^2} \end{aligned}$$

เมื่อ n = ประชากรตัวอย่างหรือกลุ่มตัวอย่าง
 N = ประชากรทั้งหมด
 e = ความคลาดเคลื่อน (ในที่นี้กำหนดที่ระดับ 0.08 เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาทางสังคมศาสตร์ในระดับชุมชนที่เกษตรกรในอำเภอนากลาง มีบริบทพื้นฐานทางสังคม และเศรษฐกิจที่คล้ายคลึงกัน และการวิจัยครั้งนี้ต้องการข้อมูลในเชิงแนวโน้มเพื่อประกอบการพัฒนาแนวทางส่งเสริมฯ ประกอบกับข้อจำกัดด้านเวลาและงบประมาณ จึงเลือกใช้ระดับความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้ในระดับทางวิชาการ และสอดคล้องกับขอบเขตของการวิจัย แม้สูตร Taro Yamane ไม่ระบุค่า Z โดยตรง แต่โดยทั่วไปค่าความคลาดเคลื่อนที่ 0.08 หมายถึงระดับความมั่นใจประมาณ 92–93% ซึ่งถือว่ายอมรับได้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเชิงนโยบาย หรือพฤติกรรมทั่วไป)

โดยทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย ด้วยการจับสลากจากรายชื่อเกษตรกรในพื้นที่อำเภอนากลางที่ขึ้นทะเบียนผู้ปลูกพืชกับกรมส่งเสริมการเกษตรของปีการผลิต 2566 ในแต่ละตำบล ตามสัดส่วนที่กำหนด ผลการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณของ Yamane (1973) ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกร 155 ราย โดย

คำนวณหาตัวอย่างในแต่ละหมู่บ้านตามสัดส่วน โดยใช้สูตรของ Nagtalon (Chitanan, 1997) ดังนี้

แนวทางการคำนวณกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาของแต่ละตำบลโดยขอยกตัวอย่างการคำนวณหาจำนวนตัวอย่างของประชากรตำบลนากลาง ซึ่งมีประชากรจำนวน 1,218ครัวเรือน ดังนี้

สูตร	$n1 = \frac{n \cdot Ni}{N}$	
เมื่อ	$n1 =$	ตัวแทนของกลุ่มตัวอย่าง
	$N =$	กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล
	$Ni =$	กลุ่มประชากรแต่ละตำบล
	$N =$	ประชากรทั้งหมด
		$= \frac{155 \times 1,218}{11,674}$
		$= 16.10$

ดังนั้น ตำบลนากลาง สุ่มตัวอย่าง จำนวน 16 ราย โดยมีรายละเอียดตาม Table 1

Table 1 Population and sample size

Na Klang District	Population (cases)	Number of samples (cases)
Na Klang Sub-District	1,218	16
Danchang Sub-District	799	10
Kuddinchi Sub-District	2,144	29
Fungdeang Sub-District	2,050	27
Khaokhoy Sub-District	1,395	18
Nonmeang Sub-District	1,466	20
Uthaisawan Sub-District	899	12
Dongsawan Sub-District	583	8
Kudhai Sub-District	1,120	15
Total	11,674	155

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์ที่ประกอบด้วยลักษณะคำถามแบบปลายปิด (closed-ended question) และคำถามแบบปลายเปิด (open-ended question) โดยกำหนดคำถามให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยแบ่งแบบสัมภาษณ์ออกเป็น 5 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล สังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพ การศึกษา จำนวนสมาชิกในครัวเรือน การเป็นสมาชิกกลุ่ม/สถาบันองค์กร ตำแหน่งทางสังคม การประกอบอาชีพ จำนวนพื้นที่ทางการเกษตร รายได้ภาคการเกษตร รายได้นอกภาคการเกษตร ค่าใช้จ่ายในการซื้อโทรศัพท์มือถือรายเดือน

ตอนที่ 2 การใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร แบ่งเป็น

ตอนที่ 2.1 ข้อมูลพื้นฐานด้านการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ประกอบด้วย อุปกรณ์สำหรับการเข้าใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ ประสบการณ์ในการใช้งานอินเทอร์เน็ต ประเภทสัญญาณอินเทอร์เน็ตที่ใช้ ช่วงเวลาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ระยะเวลาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ใน 1 วัน สถานที่ในการใช้สื่อสังคมออนไลน์

ตอนที่ 2.2 ข้อมูลพื้นฐานด้านการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ประกอบด้วย การใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ชนิดของสื่อสังคมออนไลน์ จำนวนครั้งในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ต่อวันและความถี่ในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ใน 1 สัปดาห์ วัตถุประสงค์ของการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร

ตอนที่ 3 ปัญหา ข้อเสนอแนะ และความต้องการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร ประกอบด้วย ปัญหาและข้อเสนอแนะในการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร ประกอบด้วยปัญหาในด้านต่าง ๆ ของการใช้สื่อสังคม

ออนไลน์ทางการเกษตร ได้แก่ อุปกรณ์ในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ความเสี่ยงด้านข้อมูลที่ได้รับ และ สิ่งรบกวน โดยกำหนดการให้คะแนนในระดับความคิดเห็น เป็น 5 ระดับ

- 1 หมายถึง มีปัญหา/เห็นด้วย/มีความต้องการในระดับน้อยที่สุด
- 2 หมายถึง มีปัญหา/เห็นด้วย/มีความต้องการในระดับน้อย
- 3 หมายถึง มีปัญหา/เห็นด้วย/มีความต้องการในระดับปานกลาง
- 4 หมายถึง มีปัญหา/เห็นด้วย/มีความต้องการในระดับมาก
- 5 หมายถึง มีปัญหา/เห็นด้วย/มีความต้องการในระดับมากที่สุด

ตอนที่ 4 การได้รับการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกร ประกอบด้วย รูปแบบการส่งเสริม เนื้อหา/ข้อมูลการส่งเสริม

ตอนที่ 5 แนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร ประกอบด้วย วิธีการส่งเสริม สื่อที่ใช้ในการส่งเสริม รูปแบบการส่งเสริม เนื้อหาการส่งเสริม โดยกำหนดการให้คะแนนในระดับความคิดเห็น เป็น 5 ระดับ

- 1 หมายถึง เห็นด้วยในระดับน้อยที่สุด
- 2 หมายถึง เห็นด้วยในระดับน้อย
- 3 หมายถึง เห็นด้วยในระดับปานกลาง
- 4 หมายถึง เห็นด้วยในระดับมาก
- 5 หมายถึง เห็นด้วยในระดับมากที่สุด

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา โดยนำแบบสัมภาษณ์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน หลังจากนั้นนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item – Objective Congruence) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาทุกตอน เท่ากับ 0.992 ซึ่งค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 หมายความว่า คำถามนั้นมีความเที่ยงตรงใช้ได้ (Kongsat & Thamwong, 2008) และทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสัมภาษณ์ จากกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับประชากรที่ศึกษา จำนวน 30 ราย ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบสัมภาษณ์

ตอนที่ 2.2 ข้อมูลพื้นฐานด้านการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร เท่ากับ 0.947 ตอนที่ 3.1 ปัญหาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร เท่ากับ 0.931 ตอนที่ 3.2 ข้อเสนอแนะในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร เท่ากับ 0.952 ตอนที่ 3.3 ความต้องการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร เท่ากับ 0.957 และตอนที่ 5 แนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร เท่ากับ 0.967 โดยทั่วไปแล้วค่าความเชื่อมั่นได้ของแบบสอบถามควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.70 (Ongiem & Vichitvejpaisal, 2018) ดังนั้น แบบสัมภาษณ์ที่จะใช้ในการวิจัยในครั้งนี้มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าค่าที่เหมาะสม จึงสามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างได้

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ด้วยตนเอง โดยมีการกำหนดขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. การเตรียมการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ จัดทำแผนออก จัดเก็บรวบรวมข้อมูล จัดเตรียมเครื่องมือ และการประสานงานผู้ที่เกี่ยวข้อง
2. การดำเนินการสัมภาษณ์เกษตรกร ได้แก่ แนะนำตัวผู้เก็บข้อมูล ชี้แจงวัตถุประสงค์ และเริ่มดำเนินการสัมภาษณ์
3. สิ้นสุดการสัมภาษณ์เกษตรกร ได้แก่ ทบทวนความถูกต้อง และความสมบูรณ์ของข้อมูล รวบรวม และตรวจนับจำนวนแบบสัมภาษณ์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: S.D.) และการจัดอันดับ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล สังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรร้อยละ 56.80 เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 52.75 ปี เกษตรกรร้อยละ 74.20 มีสถานภาพสมรส เกษตรกรร้อยละ 38.70 จบการศึกษาระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา และมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน เฉลี่ย 4.50 คน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wongrakngan (2019) ที่ศึกษาการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ด้านการเกษตรของเกษตรกรตำบลมิตรภาพ อำเภอสี่คิ้ว จังหวัดนครราชสีมา พบว่า เกษตรกรร้อยละ 52.80

เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 57.46 ปี มีสถานภาพสมรส จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.56 คน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Jaranayothin et al. (2021) ที่ศึกษาการใช้สื่อทางการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกมังคุดในอำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 56.44 ปี มีสถานภาพสมรส มีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.89 คน

เกษตรกรร้อยละ 95.50 ประกอบอาชีพทำการเกษตร ร้อยละ 91.60 มีพื้นที่ทางการเกษตรเป็นของตนเองในครัวเรือนเฉลี่ย 16.32 ไร่ มีรายได้ภาคการเกษตรเฉลี่ย 69,903.23 บาทต่อปี มีรายได้นอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 50,000 บาทต่อปี มีค่าใช้จ่ายในการซื้อโทรศัพท์เฉลี่ย 5,286.45 บาทต่อเดือน และมีค่าอินเทอร์เน็ตต่อเดือนเฉลี่ย 314.14 บาทต่อเดือน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwanman (2020) ที่ศึกษาการใช้สื่อสังคมในการส่งเสริมการผลิตข้าวของเกษตรกรในอำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง ที่พบว่า เกษตรกรร้อยละ 100.00 ทำอาชีพการเกษตรเป็นอาชีพหลัก มีพื้นที่ถือครองทางการเกษตรเฉลี่ย 11.26 ไร่ มีรายได้ภาคการเกษตรระหว่าง 50,000 – 100,000 บาท มีค่าใช้จ่ายในการซื้อโทรศัพท์เฉลี่ย 5,263.27 บาท และมีค่าอินเทอร์เน็ตต่อเดือนเฉลี่ย 385.10 บาทต่อเดือน

2. การใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรร้อยละ 100.00 มีการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ในชีวิตประจำวัน โดยร้อยละ 93.50 เป็นการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ร้อยละ 96.80 มีอุปกรณ์เข้าใช้งานสื่อสังคมออนไลน์เป็นโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน มีประสบการณ์ในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์เฉลี่ย 6.42 ปี เกษตรกรร้อยละ 67.10 ใช้สัญญาณอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่ ร้อยละ 42.50 ใช้สื่อสังคมออนไลน์ในช่วงหลัง 06.00 น. – 09.00 น. มีระยะเวลาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์เฉลี่ย 48.94 นาที มีการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ในชีวิตประจำวัน และมีการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร จากมากไปน้อย คือ ไลน์ (LINE) เฟซบุ๊ก (Facebook) ยูทูบ (YouTube) ดิกต็อก (TikTok) และเว็บไซต์ (Website) ตามลำดับ ดังรายละเอียดใน Table 2 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwanman (2020) ที่พบว่า เกษตรกรร้อยละ 100.00 ใช้โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนในการใช้สื่อสังคม และมีความใกล้เคียงกับ Senawong (2021) และ Thanarotpitiporn (2014) ที่พบว่าการใช้สื่อสังคมในช่วง 08.01 น. – 12.00 น. แตกต่างกับ Suwanman (2020) ที่พบช่วงใช้สื่อสังคมในช่วงเวลา 16.01 น. – 20.00 น. เกษตรกรมีการใช้สื่อสังคมออนไลน์จากมากไปน้อย คือ ไลน์ เฟซบุ๊ก ยูทูบ ดิกต็อก และเว็บไซต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของ Wongrakngan (2019) ที่พบว่าเกษตรกรใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางช่องทาง ยูทูบ ไลน์ และเฟซบุ๊ก

Table 2 Summary of social media use including media type, number of times, and frequency of social media use used in daily life. and agricultural social media

n = 155

Social media type	Used in daily social media			Agricultural social media		
	Media use	Number of times	Frequency	Media use	Number of times	Frequency
	%	$\bar{X}$	$\bar{X}$	%	$\bar{X}$	$\bar{X}$
1. LINE	94.20	8.97	6.52	64.50	3.31	3.67
2. YouTube	70.30	4.23	4.46	56.10	2.62	3.14
3. Facebook	85.80	6.60	5.86	61.90	3.09	3.65
4. TikTok	29.00	1.69	1.71	12.30	0.44	0.73
5. Website	7.10	0.23	0.41	6.50	0.14	0.28

3. ปัญหา ข้อเสนอแนะ และความต้องการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรพบปัญหาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 3.01 โดยเกษตรกรพบปัญหาในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.01) คือ ปัญหาด้านสิ่งรบกวน คือ การแทรกของโฆษณา และปริมาณโฆษณา อาจเนื่องมาจากสื่อสังคมออนไลน์หลายชนิดสามารถเข้าใช้งานฟรีจึงมีการแฝงโฆษณา และพบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง คือ ปัญหาด้านการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร อาจเนื่องมาจากขาดอุปกรณ์การเข้าใช้งาน ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัย

ของ Wongrakngan (2019) ที่พบว่าปัญหาการใช้สื่อสังคมออนไลน์อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีประเด็นปัญหามากที่สุดในปัญหาด้านความเสี่ยงของข้อมูล ในขณะที่งานวิจัยของ Suwanman (2020) ที่พบว่าปัญหาการใช้สื่อสังคม ได้แก่ โทรศัพท์มือถือไม่รองรับการใช้งาน เกษตรกรเห็นด้วยกับข้อเสนอแนะในภาพรวมอยู่ในระดับมากทุกประเด็น (ค่าเฉลี่ย 3.62) โดยเห็นด้วยมากที่สุดในด้านการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ดังรายละเอียดใน Table 3 ซึ่งต่างจากงานวิจัยของ Suwanman (2020) ที่พบว่า เกษตรกรเห็นด้วยกับข้อเสนอแนะในด้านข้อมูล/เนื้อหาของสื่อมากที่สุด

Table 3 Summary of the problem suggestions for promoting the use of agricultural social media by farmer

n = 155

Items	Problem Average (S.D.)	Level of problems	Suggestions Average (S.D.)	Level of suggestions
1. Distractions	3.44 (1.134)	High	3.61 (0.996)	High
2. Use of social media in agriculture	2.96 (0.900)	Medium	3.70 (0.989)	High
3. Devices for using social media	2.88 (0.864)	Medium	3.70 (0.989)	High
4. Content and information	2.74 (0.921)	Medium	3.55 (0.909)	High
Average	3.01 (0.697)	Medium	3.62 (0.832)	High

เกษตรกรมีความต้องการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.45) มีความต้องการในระดับมาก คือ ด้านเนื้อหา/กิจกรรมของสื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร (ค่าเฉลี่ย 3.60) เป็นการปลูกพืช/การผลิตพืช/การขยายพันธุ์พืช และติดตามข่าวสารทางการเกษตรอื่น ๆ และรูปแบบสื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร (ค่าเฉลี่ย 3.48) โดยเรียงจากมากไปน้อย คือ คลิปวิดีโอ รูปภาพ ข้อความเนื้อหาเชิงบรรยาย การถามตอบแลกเปลี่ยนข้อมูล และอินโฟกราฟฟิก ตามลำดับ ดังรายละเอียดใน Table 4

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wongrakngan (2019) ได้ศึกษาการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ด้านการเกษตรของเกษตรกร ตำบลมิตรภาพ อำเภอสี่คิ้ว จังหวัดนครราชสีมา พบว่า เกษตรกรมีความต้องการสื่อสังคมออนไลน์จากมากไปน้อยด้านกิจกรรมข้อมูลวิชาการ สื่อสารกับเจ้าหน้าที่ บันทึกลง และการซื้อขายสินค้า ตามลำดับ และมีความต้องการสื่อสังคมออนไลน์จากมากไปน้อยในด้านรูปแบบสื่อวิดีโอ สื่อข้อความ สื่อภาพ และสื่อเสียง ตามลำดับ

Table 4 Summary of farmers' needs for agricultural social media use

n = 155

Items	Average	Standard Deviation	Level of need	Ranking
1. Content/Activities of agricultural social media	3.60	0.898	High	1
3. Forms of agricultural social media	3.48	0.936	High	2
3. Agricultural social media type	3.28	0.975	Medium	3
4. Time of using social media	2.36	0.571	Low	4
Total	3.45	0.821	High	

4. การได้รับการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรร้อยละ 53.50 ไม่ได้รับการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร อาจเนื่องมาจากเกษตรกรไม่ได้อยู่ในกลุ่มไลน์ของทางชุมชนหรือในกลุ่มของเกษตรกร ไม่มีการส่งข้อมูลหรือติดต่อทางสื่อสังคมออนไลน์ และเกษตรกรอาจจะไม่เคยเข้าร่วมการอบรมกับหน่วยงานของทางภาครัฐ

5. แนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกร จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรเห็นด้วยกับแนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.80 ดังรายละเอียดใน Table 5 โดยเห็นด้วยอยู่ในระดับมากทุกประเด็น ได้แก่ ด้านการสนับสนุนเห็นด้วยมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.03 คือ หน่วยงานควรมีการสนับสนุน

Table 5 Summary of extension guidelines for the use of social media in agricultural by farmer

n = 155

Extension Items	Average	Standard Deviation	Level of need	Ranking
1. Support	4.00	0.978	High	1
2. Forms/Types	3.79	0.925	High	2
3. Content	3.78	0.940	High	3
4. Methods	3.61	0.805	High	4
Total	3.80	0.825	High	

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาแนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรของเกษตรกรในอำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ในชีวิตประจำวันมากกว่าสื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร มีประสบการณ์ในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์เฉลี่ย 6.42 ปี ใช้สื่อสังคมออนไลน์ในช่วงหลัง 06.00 น. – 09.00 น. มีระยะเวลาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์เฉลี่ย 48.94 นาที มีการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตรจากมากไปน้อย คือ ไลน์ (LINE) ร้อยละ 64.50 เฟซบุ๊ก (Facebook) ร้อยละ 61.90 ยูทูบ (YouTube) ร้อยละ 56.10 ติกต็อก (TikTok) ร้อยละ 12.50 และเว็บไซต์ (Website) ร้อยละ 6.50 ตามลำดับ เกษตรกรมีความต้องการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ในด้านเนื้อหา/กิจกรรมของสื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ได้แก่ การปลูกพืช/การผลิตพืช/การขยายพันธุ์พืช และติดตามข่าวสารทางการเกษตรอื่น ๆ และมีความต้องการด้านรูปแบบสื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ได้แก่ คลิปวิดีโอ รูปภาพ ข้อความเนื้อหาเชิงบรรยาย การถามตอบ แลกเปลี่ยนข้อมูล และอินโฟกราฟิก ตามลำดับ เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้รับการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร เกษตรกรเห็นด้วยกับแนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ได้แก่ ด้านการสนับสนุน คือ หน่วยงานควรมีการสนับสนุนอุปกรณ์ในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร และหน่วยงานควรมีการสนับสนุนข้อมูลในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ด้านรูปแบบการส่งเสริม ได้แก่ ฝึกปฏิบัติ/สาธิต การประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่าง ๆ และการอบรม/ถ่ายทอดความรู้ ตามลำดับ ด้านเนื้อหาการส่งเสริม ได้แก่ การใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร การค้นหาแหล่งข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรและการเลือกใช้ช่องทาง/ชนิดสื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร และด้านวิธีการส่งเสริม ได้แก่ แบบกลุ่ม แบบรายบุคคล และแบบมวลชน ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีแนวทางการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร

อุปกรณ์ในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร อาจเนื่องมาจากเกษตรกรยังขาดอุปกรณ์สำหรับการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ด้านรูปแบบการส่งเสริม โดยเห็นด้วยมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.83 คือ การฝึกปฏิบัติ/สาธิต อาจเนื่องมาจากเกษตรกรมีความต้องการที่จะเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติไปด้วย ด้านเนื้อหาการส่งเสริม โดยเห็นด้วยมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.83 คือ การใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร อาจเนื่องมาจากเกษตรกรยังไม่เข้าใจหรือเข้าใจงานสื่อสังคมออนไลน์ได้ไม่มากพอ และด้านวิธีการส่งเสริม โดยเห็นด้วยมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.74 คือ วิธีการส่งเสริมแบบกลุ่ม อาจเนื่องมาจากเกษตรกรมีความมั่นใจหากเจ้าหน้าที่เข้าไปแนะนำให้ความรู้ กับกลุ่มเกษตรกรโดยตรงและเป็นการอำนวยความสะดวกแก่กลุ่มเกษตรกร

ของเกษตรกร คือ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรจัดทำประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางต่าง ๆ ในด้านการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทางการเกษตร ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้สื่อสังคมออนไลน์ เพื่อจะได้ให้คำแนะนำแก่เกษตรกรได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ และจัดหลักสูตรการอบรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ให้ตรงกับความต้องการของเกษตรกร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรในอำเภอนากลางที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้ความร่วมมือในการตอบแบบสัมภาษณ์ เพื่อเก็บข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์และสามารถใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานต่อไป

References

- Chitanan, B. (1997). *Social Science Research*. Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension. (2021). *DOAE next step bringing technology and innovation to farmers*. Accessed October 18, 2024. Retrieved from <https://doaenews.doe.go.th/archives/11594>. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension. (2023). *Farmers who grow vegetable in Na Klang District, Nong Bua Lamphu Province 2023/24*. Accessed November 23, 2024. Retrieved https://farmer.doe.go.th/report/report66/report_rice_66_fmndfbd_pv/39/. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension. (2024). *The Department of Agricultural Extension moves towards a digital organizational culture aimed at serving*

- farmers with excellence. *Agricultural Extension Journal*, 57 (318), 11-15. (in Thai)
- Jaranayothin, N., Keowan, B., & Saranrom, P. (2021). *Use of agricultural media usage of mangosteen farmers in Chang Klang District, Nakhon Sri Thammarat Province*. 11th STOU National Research Conference (pp.1679-1692). Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Kongsat, S & Thamwong, T. (2008). *Index of Item-Objective Congruence (IOC)*. Mahachulalongkornrajavidyalaya University, Thailand. Retrieved from <https://www.mcu.ac.th/article/detail/14329>. (in Thai)
- Lauchathananon, T. (2023). *Economy social media, technology that helps develop community economies It's more difficult*. Accessed October 10, 2024. Retrieved from <https://theurbanis.com/economy/>. (in Thai)
- Na Klang District Agricultural Office. (2022). *The agricultural development plan for Na Klang District, Nong Bua Lamphu Province Years 2022-2023*. Na Klang District: Na Klang District Agricultural Office. (in Thai)
- Na Klang District Agricultural Office. (2023). *The agricultural development plan for Na Klang District, Nong Bua Lamphu Province* (Revised ed. 2023). Na Klang District: Na Klang District Agricultural Office. (in Thai)
- Ongiem, A. & Vichitvejpaisal, P. (2018). Validation of the tests. *The Thai Journal of Anesthesiology*, 44(1), 36-42. (in Thai)
- Suwanman, S. (2020). *Social media usage for rice production extension of farmers in Ban Khai District, Rayong Province*. (Master's thesis). Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Senawong, N. (2021). *A study of behavior for using of social media of generation Z in the new normal ERA in Bangkok*. (Master's thesis). Bangkok: Siam University. (in Thai)
- Thanarotpitiporn, P. (2014). *Using social media for supporting work of personnel in Department of Agricultural Extension*. (Master's thesis). Bangkok. Kasetsart University. (in Thai)
- Wongrakngan, R. (2019). *Extension of the agricultural social media using of farmers in Mittraphap Sub-district, Sikhio District, Nakhon Ratchasima Province*. (Master's thesis). Nonthaburi. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An introductory analysis*. New York., United States: Harper and Row.

Research article

Extension Guidelines for the Use of Social Media in Agricultural by Farmer in Na Klang District of Nong Bua Lamphu Province

Sureeporn Jamornpipat^{1*} Sineenuch Khrutmuang Sanserm² Benchamas Yooprasert²

¹Master of Agriculture Program in Agriculture Extension and Development, Agriculture and Cooperatives Program, Sukhothai Thammathirat Open University, Pak Kret District, Nonthaburi Province, Thailand 11120

²Agriculture and Cooperatives Program, Sukhothai Thammathirat Open University, Pak Kret District, Nonthaburi Province, Thailand 11120

ARTICLE INFO

Article history

Received: 5 April 2025

Revised: 26 May 2025

Accepted: 5 June 2025

Online published: 23 June 2025

Keyword

Extension in the use of media

Social media

Agricultural social media

ABSTRACT

The objective of this study was to examine the extension guidelines for social media use in agriculture among farmers in Na Klang District, Nong Bua Lamphu Province. This research employed a survey design, with a study population of 11,674 registered farming households from the 2023/24 production year. A sample of 155 farmers was determined using Taro Yamane's formula (0.08 margin of error) and selected through simple random sampling. Data were collected using interview schedules and analyzed using descriptive statistics. Findings revealed that approximately 56.80% of farmers were female (average age: 52.75 years), with 38.70% having completed primary education. Their average agricultural income was 69,903.23 THB per year, and non-agricultural income averaged 50,000 THB per year. Farmers spent an average of 5,286.45 THB on mobile phones and 314.14 THB per month on internet costs. A significant 96.80% of farmers accessed social media via smartphones, with an average experience of 6.42 years, and the most active usage period was 06:00 AM – 09:00 AM, with an average daily usage time of 48.94 minutes. The most used agricultural social media platforms were LINE, Facebook, YouTube, TikTok, and websites, respectively. Farmers reported a moderate level of overall difficulty in using social media (mean = 3.01), with distractions being the most significant challenge. They strongly agreed with recommendations for using social media in agriculture (mean = 3.62), especially regarding agricultural content. The demand level for agricultural social media use was moderate (mean = 3.28), with YouTube, Facebook, and LINE being the most preferred platforms, and preferred content formats included video clips, images, and descriptive text content. Approximately 46.50% of farmers had previously received extension services on agricultural social media use, mainly through publicity about social media activities and the creation of agricultural online networks. Finally, farmers highly agreed with the extension guidelines for using agricultural social media (mean = 3.80), most strongly supporting agency provision of equipment and data for agricultural social media use through practical demonstrations and publicity via group extension methods.

*Corresponding author

E-mail address: tiktok.suree417@gmail.com (S. Jamornpipat)

Online print: 23 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.13>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1

ชินกร จิรจกรจิตกุล*

หลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 10900

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 24 มีนาคม 2568

แก้ไข: 18 พฤษภาคม 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 8 มิถุนายน 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 25 มิถุนายน 2568

คำสำคัญ

ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การเจริญเติบโต

ผลผลิต

ข้าวปทุมธานี 1

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบระดับความเข้มข้นของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทั้งหมด 4 ซ้ำ เปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในอัตราส่วนความเข้มข้นที่ 0 มิลลิลิตร (กลุ่มควบคุม), 1, 1.5, 2 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร (ฉีดพ่น 3 ครั้งในวันที่ 30, 50 และ 70 หลังการปักดำ) บันทึกวัดความสูง จำนวนต้นตอกอกร ปริมาณคลอโรฟิลล์ จำนวนรวงตอกอกร จำนวนเมล็ดตอกร น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดรวม เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพให้กับข้าวปทุมธานี 1 ที่ความเข้มข้น 1.5 มิลลิลิตร ทำให้ข้าวปทุมธานี 1 มีแนวโน้มให้ความสูงของต้น จำนวนต้นตอกอกรมากที่สุด (121.45 เซนติเมตร และ 56.95 ต้น/กอ ตามลำดับ) และการฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ความเข้มข้น 2 มิลลิลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด (42.98 SPAD reading) และสำหรับด้านผลผลิต การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพให้กับข้าวปทุมธานี 1 ที่ความเข้มข้น 1.5 มิลลิลิตร ทำให้ข้าวปทุมธานี 1 มีแนวโน้มให้จำนวนรวงตอกอกร 57.8 รวง จำนวนเมล็ดตอกร 172 เมล็ด น้ำหนักตอกอกรมากที่สุด 317 กรัม ตามลำดับ สำหรับน้ำหนัก 100 เมล็ดจากกรรมวิธีฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพให้กับข้าวปทุมธานี 1 ที่ความเข้มข้น 1.5 มิลลิลิตร มีน้ำหนักมากที่สุด (2.55 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ที่อัตราความเข้มข้นแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต การกระตุ้นการออกดอก และโดยเฉพาะในช่วงเวลาการออกดอก จะส่งผลทำให้เมล็ดข้าวปทุมธานี 1 มีน้ำหนักและคุณภาพของเมล็ดดี

บทนำ

ในปัจจุบัน เกษตรกรจำนวนมากให้ความสำคัญกับการใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวและลดความเสียหายของต้นข้าว ส่งผลให้มีการนำเข้าสู่สารเคมีเหล่านี้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากและต่อเนื่องเป็นเวลานาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสมดุลของโครงสร้างและชีวภาพของดิน อีกทั้งยังสร้างภาระด้านต้นทุนให้แก่เกษตรกรที่ต้องใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อคงระดับผลผลิตไว้ (In-nok et al., 2016) นอกจากนี้ยังเป็นภัยคุกคามต่อสิ่งแวดล้อมชีวิตมนุษย์ และสัตว์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนส่งผลกระทบต่อดำรงชีวิตและรายได้ของเกษตรกร แต่การใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว ก็จะเป็นสิ่งที่ทำได้ง่ายและให้ผลดีในระดับหนึ่ง และเมื่อใช้แยกกันจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรและผู้บริโภค เช่น การปรับปรุงคุณสมบัติทางชีวเคมีและเคมีของดิน การลดต้นทุนการผลิต เป็นมิตรกับด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น (Saelim, 2016) ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้พัฒนาปุ๋ยอินทรีย์หลายชนิด เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้น ภายใต้แนวคิดในทางการทำเกษตรอินทรีย์

พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ได้รับการพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2533 โดยศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ผ่านการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ข้าวหอม

BKNA6-18-3-2 และ PTT85061-86-3-2-1 หลังจากการคัดเลือกพันธุ์อย่างต่อเนื่อง ได้สายพันธุ์ PTT90071-93-8-1-1 ซึ่งได้รับการรับรองเป็นพันธุ์อย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2543 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ความสูงประมาณ 104-133 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 104-126 วัน ลักษณะเด่นคือ ผลผลิตสูง คุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ข้าวสุกนุ่มเหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน นอกจากนี้ ยังต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว โรคไหม้ และโรคขอบใบแห้ง (Chainat Rice Research Center, 2024)

ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเป็นปุ๋ยน้ำที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชและสัตว์ หมักด้วยกากน้ำตาลให้เป็นสารละลายสีน้ำตาล สารละลายนี้ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง กรดอะมิโน ฮอโมนพืช จุลินทรีย์ และอื่นๆ อีกมากมายซึ่งช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ ปริมาณธาตุอาหารและฮอโมนพืชในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ นอกจากนี้ การทำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพยังช่วยให้เกษตรกรลดต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเคมีซึ่งมีราคาแพงมาปรับปรุงคุณภาพดินและน้ำอีกด้วย (Department of Agricultural Chemistry, 2002; Praditwet, 2003) และมีงานวิจัยเกี่ยวกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพด้วยผลไม้สุก ซึ่งผลไม้สุกบางชนิดมีฮอโมนพืชที่ช่วย

*Corresponding author

E-mail address: c-jirakajorn@hotmail.co.th (C. Jirakajornjaritkul)

Online print: 25 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.14>

กระตุ้นการเจริญเติบโตของรากและยอดอีกด้วย (Deeshumsang, 2018; Panjaitan, et al., 2007; Aguilar, et al., 2009)

คุณสมบัติของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากถั่วเหลือง สับปะรด ข้าวสาร และกากน้ำตาล วัตถุประสงค์กล่าวมีองค์ประกอบทางชีวภาพที่ส่งเสริมกระบวนการหมักให้เกิดอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มศักยภาพในการเป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการเกษตร ถั่วเหลืองทำหน้าที่เป็นแหล่งโปรตีนธรรมชาติที่อุดมด้วยกรดอะมิโนจำเป็น ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการย่อยสลายสารอินทรีย์พร้อมทั้งเป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนในรูปที่พืชสามารถดูดซึมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Leksono & Yanuwadi, 2014) ข้าวสาร มีบทบาทในฐานะแหล่งคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนซึ่งช่วยกระตุ้นกิจกรรมของจุลินทรีย์ในช่วงเริ่มต้นของการหมัก ทำให้การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพเกิดขึ้นได้รวดเร็ว (Nabayi, et al., 2023) สับปะรด มีเอนไซม์ธรรมชาติ เช่น โบรมิเลน ซึ่งมีคุณสมบัติเร่งการย่อยสลายโมเลกุลขนาดใหญ่ของสารอินทรีย์ให้กลายเป็นสารประกอบที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ อีกทั้งยังมีค่าความเป็นกรดที่เหมาะสมต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ในระหว่างการหมัก (Fissore, et al., 2023) ส่วนกากน้ำตาล ทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ชนิดที่เป็นประโยชน์ เช่น แบคทีเรียกรดแลคติก และยีสต์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายและสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช (Department of Agriculture, 2002) การผสมผสานวัตถุดิบเหล่านี้ในกระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพก่อให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์และการสังเคราะห์สารอาหารสำหรับพืช ทำให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูงและสอดคล้องกับแนวทางเกษตรยั่งยืน.

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อทดสอบระดับความเข้มข้นของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 ซึ่งการศึกษารังนี้ ได้เลือกใช้วัตถุดิบทางธรรมชาติ ได้แก่ ถั่วเหลือง สับปะรด ข้าวสาร และกากน้ำตาล ในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางเกษตรอินทรีย์ที่เน้นการลดการพึ่งพาสารเคมีสังเคราะห์ในการเพาะปลูก โดยเฉพาะในระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ วัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างทางเลือกใหม่ให้กับเกษตรกรในการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มความปลอดภัยต่อสุขภาพทั้งของผู้ผลิตและผู้บริโภค และส่งเสริมความยั่งยืนของระบบเกษตรกรรม ข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศ ย่อมได้รับประโยชน์โดยตรงจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพต้นทุนต่ำที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลเชิงนโยบายสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดแนวทางส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในระดับพื้นที่ ตลอดจนวางแผนเพื่อปรับปรุงการจัดการธาตุอาหารพืชในระบบการผลิตข้าวในอนาคตอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมดินและการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

การเตรียมดิน

ดินที่ใช้สำหรับการทดลองนำมาจากหน้าดินนา ซึ่งผ่านกระบวนการบดละเอียดเพื่อให้ได้โครงสร้างที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว จากนั้นผสมดินกับปุ๋ยคอกในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก เมื่อผสมจน

เป็นเนื้อเดียวกัน นำดินที่เตรียมไว้ใส่ในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 นิ้ว จำนวน 80 กระถาง เติมน้ำให้ดินอิ่มตัวและปล่อยทิ้งไว้ 3 วัน เพื่อให้เกิดความสมดุลของความชื้นและการปรับตัวของดิน

การเพาะกล้า

เมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 นำไปเพาะในถาดเพาะกล้าที่เตรียมวัสดุเพาะจากขี้เถ้าแกลบ เกลี้ยวัสดุเพาะในถาดให้มีความหนาประมาณ 10 เซนติเมตรจากถาด เพื่อให้รากของต้นกล้าสามารถเจริญเติบโตได้อย่างสมดุล หลังจากนั้นรดน้ำในปริมาณ 1–1.5 ลิตรต่อถาดเพาะ

เมล็ดพันธุ์ข้าวฯ ที่ผ่านการคัดเลือกและแช่น้ำเพื่อกระตุ้นการงอกในปริมาณ 180–220 กรัมต่อถาดเพาะ ถูกโรยบนพื้นผิววัสดุเพาะอย่างสม่ำเสมอ และปิดทับด้วยชั้นวัสดุเพาะบาง ๆ หนาประมาณ 3–5 เซนติเมตร เพื่อช่วยรักษาความชื้น หลังจากการเพาะเมล็ดต้นกล้าจะได้รับการดูแลจนมีอายุครบ 10 วัน ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมต่อการย้ายปลูก

การย้ายปลูกและการดูแลในกระถาง

ต้นกล้าอายุ 10 วันได้รับการย้ายปลูกลงในภาชนะปลูกที่บรรจุดินปลูกซึ่งผ่านการเตรียมสภาพอย่างเหมาะสม โดยใช้วิธีการปักดำลงในแต่ละกระถางจำนวนหนึ่งต้น เพื่อให้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้อย่างแม่นยำ ในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต ได้มีการจัดการระดับน้ำภายในกระถางให้อยู่ในระดับที่ท่วมผิวดินประมาณ 5 เซนติเมตร เพื่อรักษาความชื้นในดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการตั้งตัวของต้นกล้า และช่วยลดการงอกของวัชพืชซึ่งอาจเป็นปัจจัยแข่งขันทางทรัพยากรกับพืชหลักในระยะเริ่มแรก

การใส่ปุ๋ยและการพ่นน้ำหมักชีวภาพ

ในการเสริมสร้างการเจริญเติบโตของต้นข้าวในแต่ละระยะพัฒนาการ ได้มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 10 กรัมต่อกระถาง ณ ช่วงอายุ 20, 40 และ 60 วันหลังปักดำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสะสมธาตุอาหารและสนับสนุนการพัฒนาทางสรีรวิทยาของพืช นอกจากนี้ มีการบริหารจัดการธาตุอาหารทางใบด้วยการฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพจำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ ครั้งแรกในช่วง 30 วันหลังย้ายปลูก ซึ่งเป็นระยะที่เน้นการสะสมมวลชีวภาพทางลำต้นและใบ ครั้งที่สองในระยะการแตกกอ (ประมาณวันที่ 50) ซึ่งเป็นช่วงที่พืชมีความต้องการธาตุอาหารสูง และครั้งสุดท้ายในระยะเริ่มพัฒนาช่อดอกและออกรวง (ประมาณวันที่ 70) โดยการพ่นน้ำหมักชีวภาพดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ เพื่อกระตุ้นกระบวนการเจริญเติบโตภายในพืช และเสริมสร้างศักยภาพด้านการให้ผลผลิตในระยะสุดท้ายของวงจรชีวิตพืช

การจัดการโรค แมลง และวัชพืช

การควบคุมวัชพืชดำเนินการโดยวิธีการกำจัดทางกล (Mechanical control) ผ่านการถอนด้วยแรงงานคน เพื่อจำกัดการแข่งขันในการใช้ทรัพยากรที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชหลัก เช่น น้ำ แสง และธาตุอาหารในดิน ส่วนการป้องกันและควบคุมศัตรูพืชดำเนินการโดยใช้สารธรรมชาติในการจัดการศัตรูพืช (Botanical pesticide) ด้วยการฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้น 100% ในอัตราส่วน 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร โดยพ่นทุก 3 วันอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งระดับการระบาดของศัตรูพืชลดลงสู่ระดับที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบการผลิตพืช

การจัดการระดับน้ำในกระถาง

ในช่วงการเจริญเติบโตของต้นข้าว ระดับน้ำในกระถางถูกควบคุมอย่างเหมาะสม ระหว่างระยะต้นกล้า 40 วันแรก ระดับน้ำควรท่วมหน้าดินไม่เกิน 5 เซนติเมตร ระยะที่ต้นข้าวเริ่มแตกกอถึงตั้งท้อง (50–65 วัน) ระดับน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 10 เซนติเมตร เพื่อรองรับการพัฒนารูปร่างของต้นข้าว และลดระดับน้ำเหลือ 7 เซนติเมตรในระยะออกรวง (85 วัน) เมื่อเข้าสู่ระยะพลับพลึง ระดับน้ำในกระถางจะถูกปล่อยให้แห้งจนถึงระยะที่พร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยว

การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้จัดเตรียมโดยกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Fermentation) เพื่อสร้างสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ และการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุให้กลายเป็นธาตุอาหารในรูปที่พืชสามารถดูดซึมได้ง่าย วัตถุดิบและอัตราส่วนประกอบด้วย ถั่วเหลืองในปริมาณ 1 กิโลกรัม เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูง ซึ่งมีกรดอะมิโนจำเป็นที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายสารอินทรีย์ ข้าวสารเจ้าจำนวน 1 กิโลกรัม ทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย ช่วยกระตุ้นกิจกรรมของจุลินทรีย์ในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการหมัก ส่วนสับปะรดทั้งเปลือกในปริมาณ 2 กิโลกรัม มีกรดอินทรีย์ธรรมชาติและเอนไซม์ เช่น โบรมีเลน ซึ่งช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ กากน้ำตาลจำนวน 3 กิโลกรัม เป็นแหล่งพลังงานหลักที่ให้กลูโคสและซูโครส ซึ่งจำเป็นต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ การเติมน้ำสะอาดในปริมาณ 10 ลิตร มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสภาวะความชื้นที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการหมัก สุดท้ายคือการเติมสารเร่ง พด.2 ปริมาณ 1 ของ (25 กรัม) ซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพสูงในการเร่งการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนการเตรียม

1. นำถั่วเหลืองและข้าวสารเจ้าแช่น้ำสะอาด 12 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดพืชอ่อนตัวและพร้อมสำหรับการปั่นละเอียด
2. ปั่นส่วนผสมที่แช่น้ำแล้วร่วมกับสับปะรดทั้งเปลือกจนละเอียด
3. เติมน้ำผสมที่ปั่นแล้วลงในถังหมัก จากนั้นเติมกากน้ำตาล หัวเชื้อจุลินทรีย์พด.2 และน้ำสะอาดตามอัตราส่วนที่กำหนด
4. คนส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียว แล้วปิดฝาล้างให้สนิทเพื่อป้องกันการสัมผัสกับออกซิเจน
5. เก็บถังหมักไว้ในที่ร่มที่มีอุณหภูมิระหว่าง 28–35 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์

กระบวนการหมักและการดูแล

ในช่วงการหมัก 30 วันแรก มีการเปิดถังเพื่อคลุกเคล้าส่วนผสมทุก ๆ 3 วัน เพื่อกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์และเพิ่มการย่อยสลายของวัตถุดิบ กระบวนการนี้ช่วยให้ส่วนผสมเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและกลายเป็นสารอาหารในรูปที่พืชสามารถดูดซึมได้

เมื่อครบกำหนดการหมัก น้ำหมักชีวภาพที่ได้จะถูกกรองด้วยตะแกรงละเอียด เพื่อแยกของแข็งออกจากส่วนของเหลว น้ำหมัก

ชีวภาพที่ผ่านการกรองจะถูกนำไปใช้ในการทดลอง โดยเจือจางในอัตราส่วนที่แตกต่างกันตามกรรมวิธีที่กำหนด

การใช้งานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่เตรียมได้ถูกนำมาเจือจางด้วยน้ำสะอาดในอัตราส่วนดังนี้:

1. กรรมวิธีที่ 2: น้ำหมักชีวภาพ 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร
2. กรรมวิธีที่ 3: น้ำหมักชีวภาพ 1.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร
3. กรรมวิธีที่ 4: น้ำหมักชีวภาพ 2 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร

ปุ๋ยน้ำหมักที่เจือจางแล้วจะถูกฉีดพ่นในปริมาณ 100 มิลลิลิตร ต่อกระถาง ลงบนต้นข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระยะเวลาที่กำหนด ได้แก่ วันที่ 30, 50 และ 70 วันหลังการปักดำ เพื่อประเมินผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นข้าว

วางแผนการทดลอง

เพื่อประเมินผลของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) การทดลองประกอบด้วย 4 กรรมวิธี โดยในแต่ละกรรมวิธีทำซ้ำ 4 ซ้ำ และในแต่ละซ้ำมีการปลูกข้าวจำนวน 5 กระถาง ส่งผลให้มีตัวอย่างทั้งหมด 80 ต้น

รายละเอียดของกรรมวิธีการทดลอง มีดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1: ใช้น้ำเปล่าเป็นตัวควบคุม (Control)
 กรรมวิธีที่ 2: ใช้น้ำหมักชีวภาพในอัตรา 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร
 กรรมวิธีที่ 3: ใช้น้ำหมักชีวภาพในอัตรา 1.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร
 กรรมวิธีที่ 4: ใช้น้ำหมักชีวภาพในอัตรา 2 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร

การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในแต่ละกรรมวิธีดำเนินการในอัตรา 100 มิลลิลิตรต่อกระถาง โดยจัดการพ่นในระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อส่งเสริมการดูดซึมธาตุอาหารและปัจจัยกระตุ้นการเจริญเติบโต การเก็บข้อมูลดำเนินการในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตของต้นข้าว เพื่อวิเคราะห์ผลต่อพารามิเตอร์ทางการเจริญเติบโต เช่น ความสูงของต้น จำนวนต้นตอก และผลผลิตที่ได้ในระยะเก็บเกี่ยว

การบันทึกผลการทดลอง

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงอายุต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ได้แก่ วันที่ 30, 50 และ 70 วันหลังการปักดำ โดยมุ่งเน้นการประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาและองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญของต้นข้าว การวัดความสูงของต้นกระทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดจากฐานของลำต้นบริเวณโคนต้นจนถึงปลายใบที่ยาวที่สุดในแต่ละช่วงอายุ เพื่อสะท้อนการเจริญเติบโตทางลำต้นอย่างเป็นระบบ ในส่วนของการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ใบข้าว มีการใช้เครื่องวัดค่าดัชนีคลอโรฟิลล์ที่เหมาะสมในการตรวจวัดในช่วงอายุ 30, 50 และ 70 วัน เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชในระยะต่าง ๆ

สำหรับการประเมินลักษณะทางด้านผลผลิต ได้รวบรวมข้อมูลจำนวนต้นข้าวตอก จำนวนรวงข้าวตอก และจำนวนเมล็ดข้าวต่อ

รวง ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สัมพันธ์โดยตรงกับประสิทธิภาพผลผลิตของข้าวพันธุ์ดังกล่าว เมื่อข้าวเจริญเข้าสู่ระยะ “ปลีปลิง” ซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดมีความสมบูรณ์และเริ่มสุกแก่ จึงดำเนินการเก็บเกี่ยวอย่างเหมาะสมตามหลักเกณฑ์ของการผลิตเมล็ดพันธุ์คุณภาพ

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผลผลิต มีการชั่งน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวจำนวน 100 เมล็ดเพื่อประเมินน้ำหนักเฉลี่ยต่อเมล็ด และวัดน้ำหนักรวมของเมล็ดข้าวแห้งต่อกอ ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลองต่าง ๆ ทั้งนี้ หลังจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดข้าวจะต้องผ่านกระบวนการลดความชื้นให้ได้ระดับมาตรฐานโดยควบคุมให้อยู่ที่ประมาณ 14% เพื่อให้เหมาะสมต่อการเก็บรักษาในระยะยาว การตรวจสอบระดับความชื้นดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดความชื้นรุ่น KU72-PADDY ซึ่งมีความแม่นยำสูง สำหรับวิธีการลดความชื้นใช้การตากแดดโดยเฉลี่ยประมาณ 3 วัน ก่อนนำเมล็ดบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท ป้องกันการปนเปื้อนของความชื้นและแสงแดด จากนั้นเก็บไว้ในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และป้องกันการเสื่อมสภาพในระยะยาว

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่รวบรวมจากการทดลองในครั้งนี้ ได้ถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อประเมินความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) ของแต่ละลักษณะที่ศึกษา อาทิ ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและองค์ประกอบผลผลิต เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองในระดับนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นได้ดำเนินการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบหลายช่วงชั้นของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DNMR) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้ กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดดำเนินการโดยใช้ โปรแกรม SPSS 17.0

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อการ

เจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยมุ่งทดสอบระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม พบว่า น้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในการทดลองมีคุณสมบัติทางเคมีที่สอดคล้องกับหลักการของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ กล่าวคือ มีปริมาณไนโตรเจนรวม ร้อยละ 0.5% โปแทสเซียม ร้อยละ 0.28% ขณะที่ตรวจไม่พบปริมาณฟอสเฟต ที่ชัดเจนในสารละลาย โดยค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด-เบส (pH) วัดได้ที่ระดับ 3.7 ซึ่งสะท้อนสถานะที่เป็นกรดอ่อนจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการหมัก

เนื่องจากค่าความเป็นกรดดังกล่าวอาจมีผลต่อสภาพแวดล้อมของพืชหากใช้โดยไม่เจือจาง จึงมีการปรับอัตราการใช้โดยการเจือจางในอัตราส่วน 1, 1.5 และ 2 มิลลิลิตรต่อน้ำสะอาด 1,000 มิลลิลิตร ก่อนนำไปใช้ฉีดพ่นในแปลงทดลอง และมีการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) ของสารละลายอยู่ที่ 10.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยต่อระบบรากพืช (Table 1) ทั้งนี้ การวิเคราะห์องค์ประกอบดังกล่าวมีความสอดคล้องกับรายงานของ Ruengdechawiwat et al. (2022) ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 41 พบว่า น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากกระบวนการหมักสารอินทรีย์มีความเป็นกรดค่อนข้างชัดเจน โดยมีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) อยู่ในช่วงระหว่าง 3.34 ถึง 4.06 ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ในสภาวะที่มีความชื้นสูงและมีการสะสมกรดอินทรีย์บางชนิดระหว่างการหมัก ด้วยเหตุนี้ การนำไปใช้ในระบบปลูกพืชโดยตรงจึงจำเป็นต้องมีการเจือจางก่อนใช้งานเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อรากพืช โดยในการทดลองดังกล่าว ได้มีการเจือจางน้ำหมักชีวภาพในอัตราส่วน 25 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ก่อนนำไปฉีดพ่นทางใบ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) ของน้ำหมักที่เตรียมไว้มีค่าระหว่าง 8.23 ถึง 15.13 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ซึ่งอยู่ในช่วงที่จัดว่าปลอดภัยต่อระบบรากพืชในระยะต้นกล้าและไม่ก่อให้เกิดความเครียดจากความเค็ม

Table 1 Chemical Quality Analysis of Fermented Bio-extracts

Analysis Items	Results of Chemical Quality Analysis
Total nitrogen content (% N)	0.5
Total phosphate content (% P_2O_5)	0
Total potassium content (% K_2O)	0.28
pH level	3.7
Electrical conductivity (EC) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	10.2

ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของข้าวปทุมธานี 1

จากการทดสอบระดับความเข้มข้นของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 โดยฉีดพ่นเมื่อต้นข้าวที่อายุ 30, 50 และ 70 วัน หลังการปักดำ พบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเมื่อต้นข้าวที่อายุ 30 และ 70 วันหลังจากการปักดำ ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ ของข้าวปทุมธานี 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนความเข้มข้นที่ 2 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ของข้าวปทุมธานี 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดที่ 44.36 และ 42.98 SPAD-reading เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่หลังจากนั้นเมื่อฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเมื่อต้นข้าวที่อายุ 50 วันหลังจากการปักดำ ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ ของข้าวปทุมธานี 1 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

โดยพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่อัตราส่วนความเข้มข้นที่ 2 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ของข้าวปทุมธานี 1 มากที่สุดที่ 45.63 SPAD-reading เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Table 2) ด้านความสูง พบว่า ทุกระยะการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบว่า การฉีดพ่น ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนความเข้มข้นที่ 1.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ส่งผลให้ ความสูง ของข้าวปทุมธานี 1 มีค่ามากที่สุดที่ 121.45 เซนติเมตรเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับ Theerak et al. (2020) ได้ดำเนินการศึกษาผลของการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข43 ภายใต้ระบบการผลิตแบบอินทรีย์ โดยผลการทดลองระบุว่า ที่ระยะ 30 และ 50 วันหลังปลูก ข้าวพันธุ์ดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p>0.05$) ด้านอัตราการรอดชีวิต ความสูงของต้น จำนวนหน่อ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่นเดียวกับ Phonphothiloha (2016) ศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพจากผักตบชวาและหอยเชอรี่ต่อปริมาณสารสีที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงและปริมาณกรดแอสคอร์บิกในผักกาดขาวโกลนโตเกียวภายใต้ระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ ผลการศึกษาพบว่า น้ำหมักชีวภาพจากหอยเชอรี่ ในอัตราส่วน 1:1000 ช่วยเพิ่มน้ำหนักรวมต่อต้น พื้นที่ใบรวม อัตราการเจริญเติบโต และอัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อต้นสูงสุด ในขณะที่น้ำหมักชีวภาพสูตรผสม 1:500 ส่งผลให้น้ำหนักใบสูงสุด และสารละลายธาตุอาหารสูตรปกติ ทำให้ความสูงของต้นเพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหมักจากหอยเชอรี่ 1:500 นอกจากนี้ น้ำหมักชีวภาพจากหอยเชอรี่ 1:500 ยังเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และเบต้าแคโรทีนในใบของผักกาดขาวโกลนโตเกียวมากที่สุด ด้านการแตกกอ พบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่อายุ 30 วันหลังจากการปักดำ ส่งผลให้การแตกกอของข้าวปทุมธานี 1 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมัก

ชีวภาพที่อัตราส่วนความเข้มข้นที่ 1.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ส่งผลให้การแตกกอของข้าวปทุมธานี 1 มีการแตกกอมากที่สุดที่ 21.05 กอต่อต้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่หลังจากนั้นเมื่อฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเมื่อต้นข้าวที่อายุ 50 และ 70 วันหลังจากการปักดำ ส่งผลให้การแตกกอของข้าวปทุมธานี 1 ระยะการเจริญเติบโตในวันดังกล่าว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่อัตราส่วนความเข้มข้นที่ 1.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ส่งผลให้การแตกกอของข้าวปทุมธานี 1 มีการแตกกอมากที่สุดที่ 53.58 และ 56.95 กอต่อต้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับ Ruengdechawiwat et al. (2022) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 41 ผลการศึกษาพบว่า น้ำหมักชีวภาพสูตรผสมสดส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการแตกกออยู่ที่ 10.15 กอ โดยการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า มีปริมาณไนโตรเจน และฟอสเฟตสูงสุด (0.23% และ 0.01% ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหมักชีวภาพสูตรอื่น พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

Table 2 Comparison of Chlorophyll Content in Pathum Thani 1 Rice Sprayed with Fermented Bio-extracts (SPAD reading)

Treatments	30 DAP	50 DAP	70 DAP
Water (Control set)	42.94	45.36 ^{ab}	42.76
1 ml per 1,000 ml of water	44	43.6 ^b	42.05
1.5 ml per 1,000 ml of water	43.62	44.68 ^{ab}	42.86
2 ml per 1,000 ml of water	44.36	45.63 ^a	42.98
F-test	ns	*	ns
CV (%)	3.46	2.45	5.1

Note: DAP = Days After Planting
 ns = non-significant difference
 * Significant difference at 5% probability level
 a, b = different alphabets in a column showed a highly significant difference

Table 3 Comparison of Height Growth in Pathum Thani 1 Rice Sprayed with Fermented Bio-extracts (centimeters)

Treatments	30 DAP	50 DAP	70 DAP
Water (Control set)	50.95	82.05	116.25
1 ml per 1,000 ml of water	52.4	84.85	119.45
1.5 ml per 1,000 ml of water	54.15	89.28	121.45
2 ml per 1,000 ml of water	51.53	81.9	120.1
F-test	ns	ns	ns
CV (%)	5.85	5.99	3.5

Note: DAP = Days After Planting
 ns = non-significant difference

Table 4 Comparison of Tillering Growth in Pathum Thani 1 Rice Sprayed with Fermented Bio-extracts (Tillers)

Treatments	30 DAP	50 DAP	70 DAP
Water (Control set)	13.9 ^b	44.95	52.7
1 ml per 1,000 ml of water	17.28 ^{ab}	49.5	56.2
1.5 ml per 1,000 ml of water	21.05 ^a	53.58	56.95
2 ml per 1,000 ml of water	14.4 ^b	48.8	56.15
F-test	*	ns	ns
CV (%)	16	12.55	9.94

Note: DAP = Days After Planting
 ns = non-significant difference
 * Significant difference at 5% probability level
 a, b = different alphabets in a column showed a highly significant difference

ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1

จากการใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ส่งผลให้จำนวนรวงต่อกอ ของข้าวปทุมธานี 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนความเข้มข้นที่ 1.5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ส่งผลให้จำนวนรวงต่อกอของข้าวปทุมธานี 1 มีความสูงมากที่สุดที่ 57.8 รวง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ด้านจำนวนเมล็ดต่อรวง พบว่า จำนวนเมล็ดต่อรวงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดย พบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนความเข้มข้นที่ 1.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ส่งผลให้จำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวปทุมธานี 1 มีสูงที่ 172 เมล็ด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ด้านน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนความเข้มข้นที่ 1.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ส่งผลให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวปทุมธานี 1 มีน้ำหนักมากที่สุดที่ 2.55 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และน้ำหนักต่อกอ พบว่า น้ำหนักต่อกอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดย พบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนความเข้มข้นที่ 1.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ส่งผลให้น้ำหนักต่อกอของข้าวปทุมธานี 1 มีมากที่สุด 317 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Table 5) ซึ่งสอดคล้องกับ Theerak et al. (2020) ได้ทำการศึกษาลักษณะการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข43 ภายใต้

ระบบเกษตรอินทรีย์ โดยมุ่งประเมินทั้งลักษณะทางสัณฐานวิทยาและคุณภาพของผลผลิต ตัวแปรด้านผลผลิตที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และจำนวนเมล็ดสมบูรณ์ต่อรวง ขณะที่ตัวแปรด้านคุณลักษณะเมล็ด เช่น ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด น้ำหนักเมล็ดรวมทั้งเปลือก และน้ำหนักเมล็ดที่กะเทาะเปลือกแล้ว ก็ถูกรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกัน ผลการทดลองพบว่า ทุกตัวแปรที่ประเมินไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p> 0.05$) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการด้วยเทคโนโลยีชีวภาพดังกล่าวกับกลุ่มควบคุม ข้อค้นพบนี้สะท้อนว่า การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพภายใต้สภาพแวดล้อมและเงื่อนไขการศึกษาครั้งนี้ ยังไม่สามารถแสดงประสิทธิภาพในการเพิ่มศักยภาพของผลผลิตและคุณภาพทางกายภาพของข้าวพันธุ์ กข43 ได้อย่างชัดเจนในระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้ อาจมีปัจจัยแวดล้อมอื่นที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของจุลินทรีย์และสมรรถนะการตอบสนองของพันธุ์ข้าว ซึ่งควรได้รับการศึกษาต่อไปในอนาคตเพื่อยืนยันผลการทดลองในระยะยาว เช่นเดียวกับ Ruchirasak & Koetnoon (2014) ศึกษาการใช้น้ำหมักไคฮอยเซอร์เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว ผลการศึกษพบว่า การฉีดพ่นน้ำหมักไคฮอยเซอร์ในอัตราการใช้จาก 300–350 เท่า มีแนวโน้มช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวอันเป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนรวงต่อพื้นที่และน้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดข้าว 100 เมล็ด

Table 5 Comparison of the Yield of Pathum Thani 1 Rice Sprayed with Fermented Bio-extracts 120 Days After Planting

Treatments	Number of panicles per hill (panicles)	Number of grains per panicle (grains)	100-grain weight (grams)	Weight per hill (grams)
Water (Control set)	50.7	144	2.37 ^{ab}	251.75
1 ml per 1,000 ml of water	52.25	156.5	2.33 ^b	279
1.5 ml per 1,000 ml of water	57.8	172	2.55 ^a	317
2 ml per 1,000 ml of water	54.45	158	2.41 ^{ab}	282.75
F-test	ns	ns	*	ns
CV (%)	9.26	15.4	4.94	13.96

Note: ns = non-significant difference

* Significant difference at 5% probability level

a, b = different alphabets in a column showed a highly significant difference

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพที่ประกอบด้วยถั่วเหลือง ข้าวสารเจ้า สับปะรดทั้งเปลือก กากน้ำตาล น้ำสะอาด และสารเร่งจุลินทรีย์ พด.2 ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของน้ำหมักแต่ละชนิดมีบทบาทที่เสริมฤทธิ์กันในการเพิ่มศักยภาพของปุ๋ยอินทรีย์เหลวต่อพืช โดยเฉพาะการเร่งการเจริญของราก การดูดซึมธาตุอาหาร และการกระตุ้นกระบวนการทางสรีรวิทยาในพืช ซึ่งถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนธรรมชาติที่อุดมด้วยไนโตรเจน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของกรดอะมิโนและโครงสร้างเซลล์พืช การเติมถั่วเหลืองลงในสูตรน้ำหมักสามารถเพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจนที่จุลินทรีย์สามารถเปลี่ยนรูปให้อยู่ในรูปที่พืชดูดใช้ได้ง่าย (Zhou et al., 2012) ส่วนข้าวสารเจ้าเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่เมื่อผ่านกระบวนการหมักจะถูกย่อยให้กลายเป็นกลูโคส ซึ่งจุลินทรีย์ใช้เป็นแหล่งพลังงาน ส่งผลให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบหมักมีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Manosroi et al., 2011) สำหรับสับปะรดทั้งเปลือกนั้นมิเอนไซม์โบรมีเลนซึ่งเป็นเอนไซม์ธรรมชาติที่มีสมรรถนะใน

การย่อยโปรตีนขนาดใหญ่ให้เป็นกรดอะมิโน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืช นอกจากนี้กรดอินทรีย์ที่เกิดจากการหมักของสับปะรดยังช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-เบสของน้ำหมักให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติกและยีสต์ (Hartini et al., 2024) ส่วนกากน้ำตาลนั้นเป็นแหล่งของกลูโคสและซูโครสที่สามารถให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ในระบบหมักได้ทันที ซึ่งส่งผลให้การสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโต เช่น อินโดลอะซีติกแอซิด (IAA) และกรดอินทรีย์เกิดขึ้นในปริมาณมากขึ้น (Muenaram al., 2011) สำหรับน้ำสะอาด แม้จะไม่มีสารอาหาร แต่มีบทบาทสำคัญในฐานะตัวทำละลายที่ช่วยรักษาสสมดุลของระบบหมักและช่วยกระจายสารอาหารให้ทั่วถึง ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของการหมักโดยรวม (Luo et al., 2021) นอกจากนี้การใช้สารเร่ง พด.2 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ และปลดปล่อยธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ (Land Development Department, 2019) และสารเร่ง พด.2 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้กลายเป็น

ธาตุอาหารหลัก เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าว การใช้ร่วมกับวัสดุหมักอินทรีย์ช่วยเพิ่มจำนวนรวง ความสูงต้น และน้ำหนักเมล็ดแห้งได้ใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมี อีกทั้งยังปรับปรุงสมบัติดินให้เหมาะสมต่อการพัฒนาโครงสร้างรากและการดูดซึมธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ (Land Development Department, 2019; Noraida & Hisyamuddin, 2021) ทั้งนี้ความสำเร็จขึ้นกับชนิดของวัสดุหมักและสภาพแวดล้อมของดิน

ดังนั้นการวิจารณ์ผลการทดลองจึงยืนยันได้ว่าการเลือกวัตถุดิบอินทรีย์ที่หลากหลาย และการเสริมสารเร่งจุลินทรีย์ที่มีความจำเพาะต่อการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ สามารถสร้างระบบหมักที่มีเสถียรภาพและส่งผลดีต่อการพัฒนาการเจริญเติบโตของพืช ทั้งในระดับต้นกล้าและในช่วงการสะสมอาหาร โดยเฉพาะในระบบการผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ตอบสนองต่อธาตุอาหารได้ชัดเจนในเชิงสถิติ

ซึ่งหากมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภายใต้ระบบการปลูกข้าวทั่วไป แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มเชิงบวกในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพในระบบการผลิตที่ยั่งยืน ผลการศึกษาหลายฉบับชี้ว่า การใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นข้าวในด้านความสูง จำนวนต้นตอก และปริมาณใบเขียวที่สัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ได้ใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ ยังพบว่าในบางระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสามารถส่งผลให้ได้จำนวนรวงตอกและน้ำหนักเมล็ดตอกในระดับที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี

อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของข้าวที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในครั้งนี้อาจมีแนวโน้มต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีในช่วงต้นของการเจริญเติบโต แต่ในระยะยาวการใช้ปุ๋ยชีวภาพมีข้อได้เปรียบในด้านความยั่งยืนของระบบดิน การฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดิน และลดการสะสมของสารตกค้างที่อาจเกิดจากปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ยังมีผลต่อการลดต้นทุนการผลิตในภาพรวม ซึ่งถือเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับหลักเกษตรอินทรีย์และการพัฒนาเกษตรกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่า การใช้ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในอัตราความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (1, 1.5 และ 2 มิลลิลิตร ต่อน้ำสะอาด 1,000 มิลลิลิตร) ไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในตัวแปรสำคัญด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ ค่าคลอโรฟิลล์ในใบ ความสูงของต้น จำนวนต้นตอก จำนวนรวงตอก และจำนวนเมล็ดตอรวง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในด้านคุณลักษณะทางกายภาพของเมล็ด พบว่า การใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในอัตราความเข้มข้น 1.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนัก 100 เมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้นอื่น ๆ ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แม้ว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอาจไม่มีผลชัดเจนต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาของต้นข้าวในภาพรวม แต่ในบางระดับความเข้มข้นสามารถ

ส่งเสริมลักษณะเฉพาะของเมล็ด เช่น น้ำหนักเมล็ด ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพผลผลิตและมูลค่าทางเศรษฐกิจของข้าว

ดังนั้นเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับผลของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ควรมีการศึกษาต่อเนื่องที่เน้นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักในแต่ละระยะของกระบวนการหมักอย่างเป็นระบบ รวมถึงการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบดังกล่าวกับการตอบสนองของพืชในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ทั้งนี้ ควรขยายช่วงของระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลองให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถระบุอัตราที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ ควรดำเนินการศึกษาในสภาพแวดล้อมจริงทางการเกษตร โดยรวมปัจจัยด้านความชื้นของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการใช้น้ำหมักชีวภาพในระดับแปลงผลผลิตอย่างใกล้ชิดกับสถานการณ์จริง และรองรับการประยุกต์ใช้ในระบบเกษตรกรรมที่ยั่งยืนได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำแนะนำ เพื่อให้งานวิจัยออกมาสสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ นักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ ที่คอยให้ความสะดวกด้านต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้

References

- Aguilar, M. L., Espadas, F., Maust, B., & Sáenz, L. (2009). Endogenous cytokinin content in coconut palms affected by lethal yellowing. *Journal of Plant Pathology*, 91(1), 141-146.
- Chainat Rice Research Center. (2024). *Rice varieties*. Chainat: Kitsomboon Offset and Inkjet Co., Ltd. Retrieved from https://files.ricethailand.go.th/files/50/documents/page_doc/files-rice-1731309630548.pdf (in Thai)
- Deeshumsang, N. (2018). *Effect of Fermented Bio-extracts on Growth, Yield, and Quality of Melon (Cucumis melo L.)*. (Master's thesis). Nonthaburi. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Department of Agriculture. (2002). *Plant hormones and nutrients in bio-fermented liquid fertilizer*. Bangkok: Agricultural Chemistry Division. (in Thai)
- Department of Agricultural Chemistry. (2002). *Plant hormones and nutrients in bio-extracted liquid fertilizer*. Bangkok, Thailand: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Fissore, A., Marengo, M., Santoro, V., Grillo, G., Oliaro-Bosso, S., Cravotto, G., Dal Piaz, F., & Adinolfi, S. (2023). Extraction

- and characterization of bromelain from pineapple core: A strategy for pineapple waste valorization. *Processes*, 11(7), 2064. doi.org/10.3390/pr11072064
- Hartini, S., Cahyanti, M. N., Kusumahastuti, D. K. A., Susilowati, I. T. & Mahardika, Y. M. A. (2024). Antioxidant Profile In Pineapple Peel Fermentation by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei*. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(4), 2065–2072.
- In-nok, A., Poomipan, P., & Thepsilvisut, O. (2016). Comparison on quality of rice var. Khao Dawk Mali 105 planted by using chemical and organic fertilizers in Surin Province. *Journal of science and technology*, 24(5), 766–774. (in Thai)
- Land Development Department. (2019). *Microbial activator formula 2 (Pho.Dor.2) for composting and bio-fertilizer production*. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Leksono, A. S., & Yanuwadi, B. (2014). The effect of bio and liquid organic fertilizer on weight and quality of apple. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 5(1), 14–22.
- Luo, H., Wang, Y., Li, F., Wang, X., & Zhou, G. (2021). Effects of molasses addition on fermentation quality and microbial community of alfalfa silage. *Animals*, 11(2), 355. doi.org/10.3390/ani11020355
- Manosroi, A., Ruksiriwanich W., Kietthankorn B., Manosroi W., & Manosroi J. (2011). Relationship between biological activities and bioactive compounds in the fermented rice sap. *Food Research International*, 44, 2757–2765.
- Muenaram, A., Leelawatsharamanas, V., & Prakunshuksatit, P. (2011). Effects of molasses and yeast cell residue at different concentrations on lactic acid bacteria production. In *Proceedings of the 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry Section* (pp.148–155). Bangkok: Thailand Research Fund. (in Thai)
- Nabayi, A., Teh, C. B. S., Tan, A. K. Z., & Paing, N. (2023). Fermentation of White and Brown Rice Water Increases Plant Nutrients and Beneficial Microbes. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 46(1), 49–65. doi.org/10.47836/pjtas.46.1.04
- Noraida, M. R., & Hisyamuddin, M. R. A. (2021). The effect of different rate of biofertilizer on the growth performance and yield of rice. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 757(1), 012050. doi.org/10.1088/1755-1315/757/1/012050
- Panjaitan, S. B., Aziz, M. A., Rashid, A. A., & Saleh, N. M. (2007). In-vitro plantlet regeneration from the shoot tip of field-grown hermaphrodite papaya (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(6), 827–832.
- Phonphothiloha, K. (2016). *Effects of bio-extract from water hyacinth (Eichhornia crassipes (C. Mart.) Solms) and golden apple snail (Pomacea canaliculata Lamarck) on photosynthetic pigment contents and ascorbic acid in Chinese cabbage (Brassica chinensis var. pekinensis Rupr.) grown in hydroponic culture*. (Master's thesis) . Faculty of Science, Burapha University. (in Thai)
- Praditwet, C. (2003). *Effect of bio-extracts on the growth, nutrient uptake, and yield of chili in farmers' fields*. (Master's thesis). Chiang Mai. Chiang Mai University. (in Thai)
- Ruchirasak, M., & Koetnoon, P. (2014). The application of fermented Bio-extract produced from eggs of golden apple snails (*Pomacea canaliculata*) to enhance yield of rice. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 6(1), 73–80. (in Thai)
- Ruengdechawiwat, S., Sanawong, P., & Thuanrod, O. (2022). Fermented bio extracts natural products to enhance growth and yield of RD41 rice (*Oryza sativa* L.). *Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal*, 14(19), 1–11. (in Thai)
- Saelim, S. (2016). *Organic fertilizer and utilization in Thailand*. Organic Matter Management Research and Development Group, Soil Biotechnology Division, Land Development Department. (in Thai)
- Theerak, W., Sumranram, W., & Rattanakaew, T. (2020). Effects of photosynthetic bacteria and Bio-extract on growth and yield of RD43 rice cultivated in organic systems. *Journal of Agricultural Research & Extension*, 37(2), 25–35. (in Thai)
- Zhou, X., Zhang, Y., & Guo, S. (2012). Soybean-based organic amendments enhance microbial biomass and enzyme activities in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 52, 46–52.

Research article

Effectiveness of Fermented Bio-extracts on Growth and Yield of Pathum Thani 1 Rice

Chinnakorn Jirakajornjaritkul*

Program in Agriculture, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Chandrakasem Rajabhat University, Chatuchak District, Bangkok, Thailand 10900

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 24 March 2025

Revised: 18 May 2025

Accepted: 8 June 2025

Online published: 25 June 2025

Keyword

Fermented Bio-extracts

Growth

Productivity

Pathum Thani rice 1

ABSTRACT

This study aimed to examine the effects of different concentrations of fermented bio-extracts on the growth and yield of Pathum Thani 1 rice variety. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with four replications. Treatments included four concentrations of fertilizer: 0 mL (control), 1 mL, 1.5 mL, and 2 mL per 1,000 mL of water, applied by foliar spraying at 30, 50, and 70 days after transplanting. Data were collected on plant height, number of tillers per clump, chlorophyll content, number of panicles per clump, grains per panicle, 100-grain weight, and total grain yield, and analyzed by comparing treatment means.

The results indicated that applying bio-fermented liquid fertilizer at a concentration of 1.5 mL per 1,000 mL of water resulted in the highest plant height (121.45 cm) and the greatest number of tillers per clump (56.95). A 2 mL concentration produced the highest chlorophyll content (42.98 SPAD reading). In terms of yield, the 1.5 mL treatment showed promising outcomes with 57.8 panicles per clump, 172 grains per panicle, and the highest total grain weight of 317 grams. Additionally, the 100-grain weight under the 1.5 mL treatment was significantly greater (2.55 grams) than the control ($p < 0.05$). These findings suggest that varying concentrations of bio-fermented liquid fertilizer can influence vegetative growth, flowering stimulation, and yield performance. Particularly, application during the flowering stage appears to enhance grain weight and quality in Pathum Thani 1 rice.

*Corresponding author

E-mail address: c-jirakajorn@hotmail.co.th (C. Jirakajornjaritkul)

Online print: 25 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.14>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบกัญชาด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ร่วมกับตัวทำละลายขั้นสูง

พนิดา วงศ์ปรีดี¹ อภิญา ภูมิสายดอน¹ คณางค์ รัตนานิคม² และ พนอจิต นิติสุข^{1*}

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000 ประเทศไทย

² สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 18 กันยายน 2567

แก้ไข: 4 มิถุนายน 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 8 มิถุนายน 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 27 มิถุนายน 2568

คำสำคัญ

ใบกัญชา

อัลตราโซนิก

สารฟีนอลิก

สารต้านอนุมูลอิสระ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพการสกัดสารสกัดหยาบต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจากใบกัญชา (*Cannabis sativa*) โดยใช้วิธีการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasound-Assisted Extraction, UAE) ร่วมกับตัวทำละลายที่เป็นน้ำและแอลกอฮอล์ 95% ผลการทดลองพบว่า การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ที่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิกสามารถเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดด้วยน้ำ การสกัดด้วยแอลกอฮอล์มีปริมาณฟีนอลิกสูงถึง 73.45 ± 2.31 mgGAE/g และฟลาโวนอยด์สูงถึง 58.12 ± 1.84 mgQE/g ในขณะที่การสกัดด้วยน้ำมีค่าฟีนอลิกเพียง 45.32 ± 1.94 mgGAE/g และฟลาโวนอยด์ 35.78 ± 1.52 mgQE/g ในส่วนของการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แสดงให้เห็นว่าการสกัดที่ผ่านกระบวนการ UAE ด้วยแอลกอฮอล์มีการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 19.85 ± 0.45 µg/mL และในการทดสอบ ABTS ค่า IC_{50} ของสารสกัดเท่ากับ 15.32 ± 0.87 µg/mL ซึ่งดีกว่าการสกัดด้วยน้ำที่ค่า IC_{50} ที่ DPPH = 30.14 ± 1.22 µg/mL และ ABTS = 28.67 ± 1.05 µg/mL การวิเคราะห์ปริมาณ Tetrahydrocannabinol (THC) และ Cannabidiol (CBD) แสดงให้เห็นว่าใบกัญชาสดมีค่า THC สูงถึง 10,327 mg/kg ในขณะที่ไม่พบ CBD การสกัดจากใบกัญชาอบแห้งพบว่า CBD มีปริมาณสูงถึง 6,842 mg/kg ซึ่งมากกว่า THC ที่มีปริมาณ 4,923 mg/kg แสดงให้เห็นว่าการสกัดสารสกัดหยาบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกร่วมกับแอลกอฮอล์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบกัญชาได้ดีขึ้น โดยเฉพาะในด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการดึงสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางการแพทย์ออกมาได้มากขึ้น ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารและยาได้

บทนำ

การสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรและพืชอื่น ๆ เป็นกระบวนการที่มีบทบาทสำคัญทั้งในด้านอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง สารออกฤทธิ์ที่สกัดได้จากพืชมีคุณสมบัติทางชีวภาพที่มีประโยชน์ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ และฤทธิ์ในการรักษาโรคต่าง ๆ (Liu et al., 2013; Medina-Torres et al., 2017) ตัวอย่างที่สำคัญคือกัญชา (*Cannabis sativa*) ซึ่งเป็นพืชที่ได้รับความนิยมอย่างมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเนื่องจากสารออกฤทธิ์ เช่น Tetrahydrocannabinol (THC) และ Cannabidiol (CBD) ที่มีศักยภาพในการรักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคซึมเศร้า และการจัดการความเจ็บปวด (Buczaj et al., 2022; Mello et al., 2010) นอกจาก THC และ CBD แล้ว กัญชายังประกอบไปด้วยสารฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติทางเภสัชกรรมหลายประการ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และป้องกันการเกิดมะเร็ง (Medina-Torres et al., 2017) CBD เป็นสารไฟโตคannabinoid ที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาสำคัญ ไม่ส่งผลต่อระบบประสาท (Non-psychoactive) แต่มีผลทางเภสัชวิทยาที่เป็นประโยชน์มากมาย เช่น ฤทธิ์ต้านการอักเสบและต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ CBD ยังมี

คุณสมบัติเชิงกายภาพที่ช่วยลดความวิตกกังวล ซึมเศร้า อาการจิตเภท และอาการชัก เป็นต้น (Atalay et al., 2020)

ปัจจุบันสถานการณ์ด้านอุตสาหกรรมได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับกระบวนการสกัดของแข็ง-ของเหลว (Solid-liquid extraction) ออกจากวัตถุดิบเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นขั้นตอนสำคัญสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือส่วนผสมทางเทคโนโลยีในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) จากวัสดุพืช วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม เช่น การแช่ การสกัดแบบซอกซ์เลต และการกลั่นด้วยน้ำ เป็นวิธีที่เรียบง่ายแต่มีข้อจำกัด เช่น ใช้เวลานาน ผลผลิตต่ำ และอาจทำให้สารเสื่อมสภาพได้ เพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการสกัดแบบใหม่ เช่น การใช้คลื่นอัลตราโซนิกและการสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด ซึ่งเน้นความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดการใช้พลังงานและตัวทำละลาย เพิ่มประสิทธิภาพการสกัด และช่วยรักษาคุณภาพของสารที่ไวต่อความร้อน โดยเทคโนโลยีเหล่านี้มุ่งเน้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามแนวทาง "เทคโนโลยีการสกัดสีเขียว" (Green extraction technologies) ซึ่งกำลังได้รับความนิยมและพัฒนาย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน (Anaya-Esparza et al., 2023)

*Corresponding author

E-mail address: spanorjit@gmail.com (P. Nitisuk)

Online print: 27 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.15>

การสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร เช่น กัญชา ซึ่งมีสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ เป็นกระบวนการที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของกระบวนการและปริมาณสารที่สกัดได้ เทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิม เช่น การสกัดด้วยตัวทำละลายและการสกัดด้วยความร้อน (Soxhlet extraction) มักจะใช้เวลานานและต้องการปริมาณตัวทำละลายที่สูง และมีปัญหาในเรื่องของการเสื่อมสภาพของสารสำคัญเมื่อสัมผัสกับความร้อนสูง ซึ่งอาจลดประสิทธิภาพของสารสกัดได้ (Anokwuru et al., 2011) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว เทคนิคการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasound-assisted extraction, UAE) ได้รับการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารสำคัญ การสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasound-assisted extraction, UAE) เป็นวิธีการสกัดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีประสิทธิภาพสูง ต้นทุนต่ำ และใช้งานง่าย โดยใช้คลื่นอัลตราซาวด์ในของเหลวเพื่อสร้างฟองอากาศที่เมื่อพังทลายจะเกิดคลื่นกระแทก ซึ่งช่วยเพิ่มการถ่ายโอนมวลและการละลายตัวของผนังเซลล์ ทำให้สามารถดึงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการ UAE สามารถดำเนินการได้ทั้งแบบใช้โพรบอัลตราซาวด์หรือถังอัลตราซาวด์ โดยโพรบให้ผลที่แม่นยำกว่า UAE ยังสามารถใช้ร่วมกับตัวทำละลายที่มีหรือไม่มีขั้ว รวมถึงเทคนิคการสกัดอื่น ๆ เช่น การใช้ความร้อน แรงดันสุญญากาศ สนามไฟฟ้าพัลส์ และไมโครเวฟ เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดเวลาในการสกัด การปรับตัวแปรต่าง ๆ เช่น ความเข้มข้นของพลังงาน ความถี่ ชนิดของตัวทำละลาย และอุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพัฒนาให้เหมาะสมกับวัสดุพืชแต่ละชนิด เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณสูงสุดในกระบวนการนี้ (Anaya-Esparza et al., 2023) โดย UAE สามารถลดเวลาในการสกัด ลดการใช้ตัวทำละลาย และเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงสารออกฤทธิ์ออกจากพืชโดยไม่ทำให้สารเสื่อมสภาพ (Liu et al., 2013; Medina-Torres et al., 2017)

การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืช เช่น ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ มีความสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหารและยาสมุนไพร เนื่องจากสารเหล่านี้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคเกี่ยวกับการอักเสบ และลดความเสี่ยงของโรคเมตาบอลิก (Anokwuru et al., 2011) วิธีการสกัดที่ใช้ในปัจจุบันมักแบ่งเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ การสกัดด้วยตัวทำละลายที่เป็นน้ำและตัวทำละลายที่เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งทั้งสองวิธีมีผลแตกต่างกันต่อการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติทางชีวภาพที่ได้รับ (Ratananikom et al., 2022) กัญชา (*Cannabis sativa*) เป็นพืชที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในด้านการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะสารที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบ เช่น CBD และ THC ซึ่งเป็นสารสำคัญที่พบในปริมาณสูงในกัญชา การสกัดสารเหล่านี้จากพืชสามารถทำได้หลากหลายวิธี แต่วิธีการที่นิยมและมีประสิทธิภาพสูงคือการสกัดด้วยตัวทำละลาย เช่น น้ำและแอลกอฮอล์ (Mello et al., 2010) CBD เป็นสารประกอบทางเคมีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบ มีศักยภาพในการรักษาโรคหลายชนิด เช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ (Atalay et al., 2020) มีหลายงานวิจัยได้เน้นไปที่การศึกษาการใช้ตัวทำละลายต่าง ๆ เช่น เอทานอลและน้ำ

ในการสกัดสารออกฤทธิ์เหล่านี้จากกัญชา โดยน้ำมักถูกใช้เนื่องจากความปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่แอลกอฮอล์ เช่น เอทานอลมีความสามารถในการสกัดสารที่มีขั้วและไม่ขั้ว ทำให้สามารถดึงสารออกฤทธิ์ออกมาได้ในปริมาณมาก (Mello et al., 2010)

การใช้ตัวทำละลายที่เป็นน้ำอย่างเดียวยังมักจะให้ประสิทธิภาพการสกัดต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลายประเภทแอลกอฮอล์ การสกัดด้วยตัวทำละลายที่เป็นแอลกอฮอล์ ตัวทำละลายแอลกอฮอล์ เช่น เอทานอลและเมทานอล เป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัดสารออกฤทธิ์จากพืช เนื่องจากมีความสามารถในการสกัดสารประกอบที่มีทั้งขั้วและไม่ขั้วได้ดีกว่าน้ำ (Anokwuru et al., 2011) เอทานอลเป็นตัวทำละลายที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีความปลอดภัยสูงเมื่อใช้ในการแปรรูปอาหารและยา การสกัดด้วยเอทานอลสามารถเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้ ซึ่งมีความสำคัญต่อคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ

การเปรียบเทียบระหว่างการสกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ หลายงานวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าการใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างน้ำและแอลกอฮอล์ เช่น การใช้น้ำผสมเอทานอลในสัดส่วน 50-70% จะให้ผลในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีที่สุด โดยเฉพาะสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง (Ratananikom et al., 2022) งานวิจัยของ (Anokwuru et al., 2011) มีวิจัยจำนวนมากได้แสดงให้เห็นว่าการใช้ UAE ในการสกัดสารสำคัญจากพืช เช่น ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถเพิ่มปริมาณสารสกัดได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม (Liu et al., 2013; Puranik et al., 2012) การใช้ UAE ในกระบวนการสกัดสารจากกัญชาเป็นเทคนิคที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด โดย UAE ช่วยลดเวลาในการสกัดและเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิกและ ฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้ ทั้งยังช่วยรักษาคุณสมบัติทางชีวภาพของสารที่สกัดออกมาได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม (Ratananikom et al., 2022) การสกัดด้วย UAE มีข้อดีหลายประการ เช่น การลดเวลาในการสกัด ลดการใช้พลังงาน และการป้องกันการเสื่อมสภาพของสารประกอบที่ไวต่อความร้อน นอกจากนี้ UAE ยังสามารถเพิ่มปริมาณสารสำคัญที่สกัดได้ เช่น สารฟลาโวนอยด์และฟีนอลิก ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในการรักษาคุณสมบัติทางเภสัชกรรม (Tiwari et al., 2015) การใช้ UAE ไม่เพียงแต่ช่วยลดเวลาในการสกัดและลดปริมาณตัวทำละลาย แต่ยังช่วยเพิ่มปริมาณสารสกัดจากพืชได้สูงกว่าการสกัดแบบเดิม เช่น การสกัดด้วยตัวทำละลายแบบใช้ความร้อน (Tomsik et al., 2016) นอกจากนี้ การใช้ UAE ในการสกัดฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จากพืชยังช่วยรักษาคุณภาพของสารสกัดโดยเฉพาะในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายแบบน้ำและแอลกอฮอล์ผสมกันเพื่อเพิ่มการละลายของสารสำคัญ (Curcin et al., 2015)

กัญชาเป็นพืชที่มีสารประกอบทางเภสัชกรรมหลากหลายชนิดที่มีคุณสมบัติทางชีวภาพที่มีศักยภาพสูง โดยเฉพาะในด้านการต้านอนุมูลอิสระ การต้านการอักเสบ และการป้องกันการเกิดมะเร็ง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการสกัดสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารออกฤทธิ์อื่น ๆ จากใบกัญชา โดยใช้เทคโนโลยีการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ร่วมกับการประเมิน

คุณสมบัติทางชีวภาพของสารสกัด เช่นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้การทดสอบ DPPH, ABTS และ FRAP เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดภายใต้สภาวะต่าง (Medina-Torres et al., 2017) การสกัดสารสำคัญจากพืช เช่น ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ได้รับความสนใจอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง เนื่องจากคุณสมบัติทางชีวภาพที่หลากหลาย รวมถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ และการยับยั้งการเกิดมะเร็ง (Mello et al., 2010) พืชหลายชนิด เช่น กัญชา เป็นแหล่งของสารประกอบเหล่านี้ โดยเฉพาะ CBD และ THC ที่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางในแง่ของประโยชน์ทางการแพทย์และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตาม การสกัดสารสำคัญเหล่านี้จากพืชยังคงมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ความยุ่งยากในการใช้ตัวทำละลายและการสกัดสารในปริมาณที่เหมาะสม โดยเฉพาะสารที่ไวต่อความร้อน (Kleinhenz et al., 2020)

ในงานวิจัยที่ผ่านมา เทคนิค UAE ได้ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่สามารถลดระยะเวลาในการสกัดและใช้ตัวทำละลายน้อยลง UAE ยังช่วยในการสกัดสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ratananikom et al., 2022) นอกจากนี้ การวิจัยล่าสุดยังพบว่า การสกัดด้วย UAE ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารจากพืช เช่น น้ำมันพืชและสารฟลาโวนอยด์ได้ดีกว่าการสกัดด้วยวิธีดั้งเดิม เช่น การสกัดด้วยน้ำหรือตัวทำละลายแอลกอฮอล์ธรรมดา (Medina-Torres et al., 2017) ในงานวิจัยนี้ เรามุ่งเน้นไปที่การศึกษาและเปรียบเทียบการสกัดสาร CBD และสารต้านอนุมูลอิสระจากใบกัญชาโดยใช้ตัวทำละลายที่เป็นน้ำและแอลกอฮอล์ รวมถึงการใช้เทคนิค UAE เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด ซึ่งเป็นแนวทางใหม่ที่มีความสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารและยาในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การเตรียมใบกัญชา

วัตถุดิบใบกัญชาได้จากวิสาหกิจไทบ้านฟาร์มเมอร์ อำเภอภูผินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ใบกัญชาสด ล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กแล้วเก็บที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อทำการวิเคราะห์สารสำคัญ ได้แก่ วิเคราะห์หาปริมาณของสาร THC สาร CBD และสารสารพิษทุกชนิดที่มีอยู่ได้แก่สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ คลอโรฟิลล์ และทดสอบฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยสารชนิดต่างๆ ได้แก่ DPPH ABTS FRAB

2. การสกัดสารสกัดหยาบจากใบกัญชา

ในการสกัดสารสกัดหยาบจากใบกัญชา โดยใช้ใบสดหั่นเป็นชิ้นเล็กขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร ดังแสดงใน Figure 1 ใช้ชนิดของตัวทำละลาย 2 ชนิดคือ น้ำสะอาดและอัลกอฮอล์ 95% และเปรียบเทียบการใช้เครื่องอัลตราโซนิก (LabTech, Korea) มี 2 แบบ คือการสกัดแบบไม่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิก และผ่านเครื่องอัลตราโซนิก เตรียมวัตถุดิบใบกัญชา คือ ใช้ปริมาณใบสดต่อตัวทำละลายน้ำและอัลกอฮอล์ 95% ในอัตราส่วน 1:5 แบ่งตัวอย่างที่ใช้ตัวทำละลายแต่ละชนิดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ไม่ผ่านการใช้เครื่องอัลตราโซนิก (CE) และส่วนที่ 2 ผ่านเครื่องอัลตราโซนิก (UAE) โดยใช้ความถี่ 350 W และ 50 Hz ปรับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำสารสกัดที่ได้ไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ความเร็วรอบ 5000 rpm นาน 15 นาที ตัวอย่างที่สกัดด้วยอัลกอฮอล์นำไปผ่านเครื่องระเหยสุญญากาศ จนได้ปริมาณสารสกัดหยาบ 100 มิลลิลิตร ตัวอย่างที่สกัดด้วยน้ำ นำไปต้มเคี่ยวที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส จนได้ปริมาณสารสกัดหยาบ 100 มิลลิลิตร (Figure 2)



Figure 1 Cannabis leaves and preparation of cannabis leaves for crude extraction.

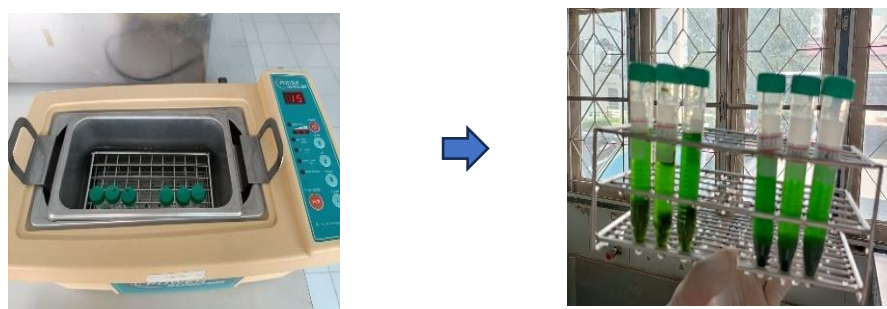


Figure 2 Process for extracting crude extracts from cannabis leaves by machine ultrasonic using different solvents.

3. การศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของใบกล้วยและสารสกัดจากใบกล้วย

นำตัวอย่างใบกล้วยสดและสารสกัดจากใบกล้วยที่เตรียมไว้มาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี ดังนี้

3.1 วัดค่าสี

วัดค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ เมื่อค่าสี L^* คือค่าความสว่าง $a^* (+)$ คือสีแดง $a^* (-)$ คือสีเขียว $b^* (+)$ คือสีเหลือง $b^* (-)$ คือสีน้ำเงิน โดยใช้เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Ultra Scan PRO) โดยนำตัวอย่างใบกล้วยใส่ในถุงพลาสติกขนาด 3x5 นิ้ว ทำการทดลอง 6 ซ้ำ

3.2 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้

โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Brix Refractometer Digital) ของบริษัท ATAGO รุ่น PAL-1 ที่สามารถวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในช่วง 0-53 บริกซ์ เครื่องมือที่ใช้วัด นำน้ำสกัดหยาบใบกล้วยมาหยดบนเครื่องมือที่ใช้วัด บันทึกค่าที่ได้เป็นหน่วยของศาบริกซ์ ("Brix) โดยปรับค่ามาตรฐานด้วยน้ำกลั่นก่อนทำการวัดทุกครั้งทำการวัดตัวอย่าง ๆ ละ 3 ซ้ำ

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

โดยใช้วิธีของ AOAC (2016) อบ Moisture can พร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบลร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ทั้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที ชั่งน้ำหนัก Moisture can และฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ซึ่งตัวอย่าง น้ำหนักประมาณ 3 กรัม ใส่กระป๋องหาความชื้นพร้อมฝาปิดที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบในตู้อบลร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 24 ชั่วโมง ปลดปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ทำการอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที และชั่งน้ำหนักจนกว่าจะได้น้ำหนักที่คงที่คำนวณปริมาณ % ความชื้นของตัวอย่าง (% Moisture content)

3.4 การวิเคราะห์สาร THC

วิเคราะห์จากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ด้วย ตามวิธีของ AOAC (2019) (In-house method TE CH-418 เทคนิค Liquid Chromatography)

3.5 การวิเคราะห์สาร CBD

วิเคราะห์จากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ด้วย ตามวิธีของ AOAC (2019) (In-house method TE CH-418 เทคนิค Liquid Chromatography)

3.6 การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

1) การเตรียมสารสกัด

ชั่งตัวอย่างใบกล้วยสดและแห้ง จำนวน 0.5 และ 0.2 กรัม ตามลำดับ เติมน้ำเอทานอล 80% ปริมาตร 35 และ 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ นำไป Sonicate ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นนำตัวอย่างแยกส่วนใสด้วยการนำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) แล้วนำสารสกัดที่ได้ใส่ขวดป้องกันแสง และเก็บในตู้แช่ -20 องศาเซลเซียส รอการนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2) การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu ปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 200 ไมโครลิตร เติมน้ำสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 1.25 มิลลิลิตร วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 นาที เติมน้ำสารละลาย

Sodium carbonate (7.5%) 1.0 มิลลิลิตร ตั้งไว้ในที่มืดนาน 2 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล 70% เป็นแบลนด์ คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยการเปรียบเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Stock solution gallic acid) 1,000 ppm โดย ชั่ง Gallic acid 10 มิลลิกรัม เติมน้ำเอทานอล 70% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นกรดแกลลิก 1 mg/ml) และนำสารละลายที่ได้เตรียม Working solution

3) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

การเตรียมตัวอย่าง ปฏิบัติเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

วิธีการวิเคราะห์ ปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมน้ำ NaNO_2 เข้มข้น 5% จำนวน 150 ไมโครลิตร (ซึ่ง NaNO_2 5 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้ครบ 100 มิลลิลิตร) ตั้งไว้ 6 นาที เติมน้ำ $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ เข้มข้น 10% จำนวน 150 ไมโครลิตร (ซึ่ง $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 10 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน 100 มิลลิลิตร) เติมน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10% จำนวน 500 ไมโครลิตร ตั้งไว้ 6 นาที เติมน้ำปราศจากไอออน จำนวน 1,525 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจากสมการของกราฟสารละลายมาตรฐาน Quercetin การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Quercetin โดยชั่ง Quercetin 20 มิลลิกรัม ละลายในเอทานอล 95% ปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้เตรียม Working solution

4) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

การเตรียมตัวอย่าง ปฏิบัติเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

วิธีการวิเคราะห์ นำน้ำสกัดใบกล้วย ตัวอย่างละ 3 มิลลิลิตร ใส่ลงขวดวางไว้ที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร

5) การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

(1) การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH)

การเตรียมตัวอย่าง เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด วิธีการวิเคราะห์ นำสารสกัดตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร เติมน้ำสารละลาย 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl 2 มิลลิลิตร ตั้งในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer โดยใช้เอทานอลเป็นแบลนด์ คำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด โดยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย Trolox สารละลายควบคุม (Control) เตรียมโดยปิเปตเอทานอล 95% ปริมาตรจำนวน 50 ไมโครลิตร เติมน้ำสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.1 mM จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร สารละลายมาตรฐาน Trolox เข้มข้น 50 mM (เตรียมใส่น้ำขวดแก้วสีชา) การเตรียม Trolox stock solution เข้มข้น 50 mM ชั่ง Trolox 62.6 มิลลิกรัม เติมน้ำเอทานอล 95% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เตรียม Trolox working solution เข้มข้น 1 mM จาก

Stock solution trolox 50 mM โดยปิเปต Trolox stock solution เข้มข้น 50 mM ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 4,900 ไมโครลิตร นำสารละลายมาตรฐานแต่ละหลอดมา 50 ไมโครลิตร เติมสารละลาย 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl จำนวน 2 มิลลิลิตร ทั้งในที่มีมืดเป็นเวลา 30 นาที

การรายงานผล โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox หน่วยมิลลิกรัมของไทรอลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง และ % การขจัดสาร DPPH scavenging activity จากการคำนวณดังสมการด้านล่าง

$$\text{DPPH-scavenging activity (\%)} = \frac{\text{OD}_{517} \text{ชุดควบคุม} - \text{OD}_{517} \text{ตัวอย่าง}}{\text{OD}_{517} \text{ชุดควบคุม}} \times 100$$

(2) การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS

การเตรียมตัวอย่าง เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

เตรียมสารเคมี Stock สารละลาย ABTS⁺ เตรียมจากการผสมสาร ABTS⁺ เข้มข้น 7 mM จำนวน 5 มิลลิลิตร กับสารละลาย K₂S₂O₈ เข้มข้น 140 mM จำนวน 88 ไมโครลิตร นำไปเก็บที่ปราศจากแสง นาน 16 ชั่วโมง ก่อนใช้งาน สารละลาย Phosphate buffer saline (PBS) เข้มข้น 5 mM pH 7.40 โดยใช้ PBS 1 เม็ด เจือจางน้ำกลั่น สารละลายมาตรฐาน Trolox เข้มข้น 50 mM เอทานอล 95% วิธีการวิเคราะห์ Stock สารละลาย ABTS⁺ ที่เก็บไว้ 16 ชั่วโมง นำมาเจือจางกับสารละลาย PBS นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ให้ได้ความเข้มข้น 0.70±0.2 (PBS เป็นแบลนด์) สารละลายมาตรฐาน Trolox เข้มข้น 1 mM ปิเปต Stock solution trolox 50 mM จำนวน 100 ไมโครลิตร เติมน้ำปราศจากไอออน จำนวน 4,900 ไมโครลิตร เตรียม Working solution จาก Stock solution trolox 1 mM ปิเปตสารละลาย Trolox แต่ละหลอด ปริมาตร 50 ไมโครลิตร (เท่ากับ สารสกัดตัวอย่าง) ผสมกับสารละลาย ABTS⁺ จำนวน 3 มิลลิลิตร ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 6 นาที จึงนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัด UV-spectrophotometer โดยมีสารละลาย PBS เป็นแบลนด์ ปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร ผสมกับสาร ABTS⁺ จำนวน 3 มิลลิลิตร ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 6 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสง

ที่ 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัด UV-spectrophotometer รายงานผลเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox รายงานผลเป็นมิลลิกรัมของไทรอลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง และ % การขจัดสาร ABTS จากการคำนวณดังสมการด้านล่าง

$$\% \text{การขจัดสาร ABTS เท่ากับ } \frac{\text{ค่าวัดได้จากคอนโทรล} - \text{ค่าวัดจากตัวอย่าง}}{\text{ค่าวัดได้จากคอนโทรล}} \times 100$$

(3) การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ FRAP

การเตรียมตัวอย่าง ปฏิบัติเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

อุปกรณ์และสารเคมี HCL 40 mM เตรียมโดยใช้ HCL เข้มข้น 1.46 ml ปรับปริมาณด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง Acetate buffer 300 mM pH 3.60 เตรียมโดยชั่ง Sodium acetate trihydrate (C₂H₃NaO₂·3(H₂O)) 3.10 กรัม เติมน้ำกลั่น Glacial acetic acid จำนวน 16 มิลลิลิตร ปรับปริมาณด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร วัด pH ให้ได้ 3.60 และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 2,4,6-Tripyridyl-s-triazine (TPTZ) 10 mM เตรียมโดยชั่ง TPTZ 0.0312 g ละลายใน HCL 40 mM จำนวน 10 ml (ทำใหม่ทุกครั้งและใช้หลอดทดลองใหม่) Iron (III) chloride anhydrous ชั่ง 0.0324 กรัม ละลายในน้ำ 10 มิลลิลิตร (เตรียมใหม่ทุกครั้งและใช้หลอดทดลองใหม่) FRAP solution เตรียมโดยผสมสารละลาย Acetate buffer Tripyridyl-s-triazine (TPTZ) และ Iron (III) chloride anhydrous อัตราส่วน 10:1:1 v/v Iron (II) Sulfate (FeSO₄·7H₂O) การเตรียมสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต (FeSO₄·7H₂O) ความเข้มข้น 1 mM ชั่ง FeSO₄·7H₂O จำนวน 0.278 กรัม ปรับปริมาณด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร และเจือจางตาม Table 1 ปิเปตตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร และ FRAP solution จำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทำปฏิกิริยาสีชา ผสมรวมกัน นำไปไว้ในที่มีมืด 30 นาที แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร โดยมี Acetate buffer เป็นแบลนด์ ค่าความสามารถในการรีดิวซ์สารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธีการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกของตัวอย่าง เทียบกับกราฟมาตรฐานสารเฟอร์รัสซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต

Table 1 FeSO₄·7H₂O working solution

Tube	FeSO ₄ ·7H ₂ O solution (μl)	Deionized water (μl)	Final concentration (μM)
1	100	900	100
2	200	800	200
3	300	700	300
4	400	600	400
5	450	550	450
6	500	500	500

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการทดลองนี้ จัดการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ค่า THC และ CBD ที่พบในกัญชาสด

จากการทดลอง (Table 2) ไม่พบสาร CBD ในใบกัญชาสด แต่พบปริมาณ THC สูงถึง 3627.63 mg/kg ซึ่งแสดงว่าใบกัญชาที่ใช้ในทดลองนี้มีสาร THC สูงมาก ซึ่งเป็นสารสำคัญที่มีคุณสมบัติในการออกฤทธิ์ทางจิตประสาทที่มีเกี่ยวข้องกับการใช้ในยารักษาโรคและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับกัญชา การไม่พบ CBD ในใบกัญชาสดอาจเกิด

จากความหลากหลายของสายพันธุ์กัญชาที่ใช้ ซึ่งบางสายพันธุ์อาจผลิตสาร THC มากกว่า CBD อย่างชัดเจน

ในใบกัญชาสดที่ทดสอบ ตรวจไม่พบสาร CBD ขณะที่พบสาร THC ในปริมาณสูงถึง 3627.63 mg/kg ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Citti et al. (2018) ที่พบว่าปริมาณของ THC และ CBD ใน

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกัญชาสามารถแตกต่างกันไปอย่างมากขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และวิธีการปลูกกัญชา สายพันธุ์ที่มีปริมาณ THC สูงมักถูกเลือกใช้ในการแพทย์สำหรับรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทและอาการเจ็บปวด ขณะที่ CBD มักมีบทบาทในการลดความเครียดและความวิตกกังวล

Table 2 Physical qualities of cannabis leaves in terms of color value (L*a*b*)

Material	Color value		
	Brightness (L*)	Green (-a*)	Yellow (b*)
Cannabis Leaf	42.57±1.44	-2.59±0.10	8.31±0.58

จากผลการทดลอง (Table 2) พบว่าใบกัญชาสดมีปริมาณ THC สูง แต่ไม่พบ CBD การสกัด CBD และ THC จากกัญชาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สายพันธุ์และวิธีการเพาะปลูก ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น การศึกษาของ Zheng & Wang (2001) ชี้ให้เห็นว่าพันธุ์พืชมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณสมบัติทางการแพทย์ของพืชเช่นกัน

นอกจากนี้ งานวิจัยจาก Buczaj et al. (2022) ยังระบุว่าการปรับปรุงวิธีการสกัดโดยใช้เทคนิคอัลตราโซนิกสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารสำคัญจากใบกัญชา ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการศึกษา THC และ CBD จากการหาปริมาณสารสำคัญในกัญชาของ Mazzetti et al. (2020) ระบุว่า CBD และ THC มีความไวต่อสภาวะการเก็บรักษาและกระบวนการที่ใช้ในการแปรรูป โดย THC มีแนวโน้มที่จะคงตัวได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับ CBD ที่มีแนวโน้มจะเกิดการย่อยสลายได้ง่ายเมื่อได้รับแสงหรือความร้อน การที่ไม่พบ CBD ในตัวอย่างใบกัญชาสดใน Table 2 อาจเกิดจากการสลายตัวในกระบวนการเตรียมตัวอย่างหรืออาจเป็นผลจากการใช้พันธุ์กัญชาที่มี THC สูงและมี CBD ต่ำ นอกจากนี้ Wrona et al. (2019) ยังพบว่าการใช้ UAE สามารถช่วย สกัดสารแคนนาบินอยด์ได้มากขึ้น โดยไม่ทำให้สาร

ออกฤทธิ์เสื่อมสภาพ ซึ่งเป็นข้อดีของเทคนิคนี้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดด้วยวิธีดั้งเดิม

2. คุณภาพทางกายภาพของสารสกัดหยาบจากใบกัญชาสด

การทดลองนี้วัดค่าความสว่างและค่าสีของสารสกัดที่ได้จากใบกัญชา โดยมีการเปรียบเทียบกระบวนการสกัดต่าง ๆ ได้แก่ การสกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ ทั้งแบบผ่านและไม่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิก การสกัดด้วยน้ำ การสกัดที่ไม่ผ่านอัลตราโซนิกให้ค่าความสว่าง (L*) อยู่ที่ 22.08±3.31 ซึ่งน้อยกว่าการสกัดผ่านเครื่องอัลตราโซนิกที่ให้ค่า 19.78±2.78 แสดงให้เห็นว่าการใช้อัลตราโซนิกอาจลดค่าความสว่างลงเล็กน้อย ค่าสีเขียว (-a*) และค่าสีเหลือง (b*) ระบุว่า การผ่านอัลตราโซนิกทำให้ค่าสีเขียวสูงขึ้น (2.38±0.42) และค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (1.66±0.24) การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ผ่านเครื่องอัลตราโซนิกให้ค่าความสว่างสูงที่สุดที่ 43.54±1.50 เมื่อเทียบกับการสกัดไม่ผ่านอัลตราโซนิกที่มีค่าความสว่างอยู่ที่ 40.87±1.29 การใช้แอลกอฮอล์และผ่านอัลตราโซนิกทำให้ได้ค่าสีที่คมชัดยิ่งขึ้นทั้งค่าสีเขียว (-a*) และค่าสีเหลือง (b*) ซึ่งบ่งชี้ถึงความเสถียรของสีที่ดีขึ้น (Table 3) (Figure 3)

Table 3 Physical qualities of crud extracted cannabis color value (L*a*b*)

Extraction method			Color value		
			Brightness (L*)	Green (-a*)	Yellow (b*)
Cannabis Leaf	Water extraction	UAE	22.08±3.31 ^{ab}	1.62±0.41 ^c	1.16±0.41 ^a
		CE	19.78±2.78 ^a	2.38±0.42 ^d	1.66±0.24 ^a
	Alcohol extraction (95 %)	UAE	40.87±1.29 ^c	0.72±0.06 ^a	27.19±1.89 ^b
		CE	43.54±1.50 ^d	1.38±0.08 ^b	26.04±1.93 ^b

การใช้เครื่องอัลตราโซนิกในกระบวนการสกัดพบว่า มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของสารสกัดอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในสารสกัดที่ใช้แอลกอฮอล์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า การใช้อัลตราโซนิกช่วยเพิ่มการสกัดสีและสารสำคัญจากพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากอัลตราโซนิก

ช่วยสร้างแรงสั่นสะเทือน ที่ทำให้น้ำเซลล์ของพืชแตกตัวออกมาได้ง่ายขึ้น ทำให้สามารถดึงสารสำคัญออกมาได้มากขึ้นและสีที่ได้มีความเสถียรมากขึ้น (Wang & Weller, 2006)

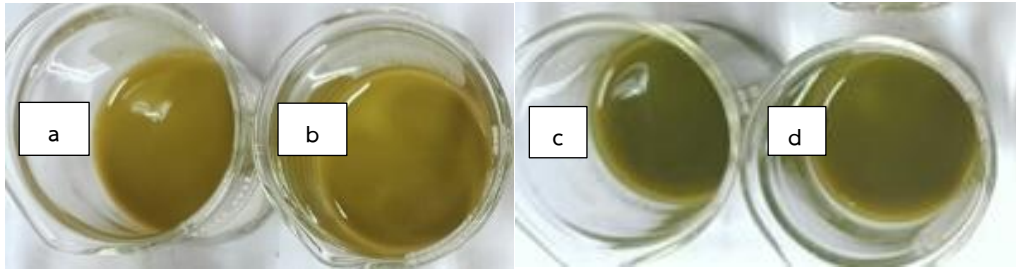


Figure 3 Crude extracts from cannabis leaves using different extract. a: Crude extracts extracted with water without passing through an ultrasonic machine. b: The crude extract is extracted with water and passed through an ultrasonic machine. c: Crude extracts are extracted with alcohol without passing through an ultrasonic machine. d: Crude extract extracted with alcohol and passed through an ultrasonic machine.

คุณสมบัติทางกายภาพของสารสกัด เช่น ค่าความสว่างและสี มีผลกระทบจากตัวทำละลายและกระบวนการสกัด งานวิจัยจาก Nguang et al. (2017) แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการสกัดด้วยอัลตราโซนิกสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จากพืชต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้อัลตราโซนิกช่วยให้การสกัดสารสำคัญออกจากผนังเซลล์ของพืชได้ง่ายขึ้น ทำให้ได้สารสกัดที่มีคุณภาพและเสถียรในเรื่องของสีและคุณสมบัติทางกายภาพ

การศึกษาของ Arslan & Özcan (2011) ในเรื่องการอบแห้งสมุนไพรชี้ให้เห็นว่าการใช้วิธีการทำแห้งแบบเตาอบและไมโครเวฟส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของสารสกัด เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีเหลืองและแดงในสมุนไพรที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับความร้อน ทำให้สารสกัดที่ผ่านการอบหรือไมโครเวฟมีค่าสีที่ต่างจากการอบแบบดั้งเดิม การทดลองนี้ยังระบุว่าการทำแห้งด้วยอัลตราโซนิกสามารถคงสีของสารสกัดไว้ได้ดีกว่า ซึ่งตรงกับผลการทดลอง (Table 2) ที่แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยแอลกอฮอล์ผ่านเครื่องอัลตราโซนิกมีค่าความสว่างสูงและมีค่าสีที่คมชัดกว่าเมื่อเทียบกับการสกัดด้วยน้ำ

จากการทดลอง (Table 4) การสกัดสารสกัดหยาบจากใบกัญชาด้วยน้ำที่ไม่ผ่านอัลตราโซนิกมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่ำสุด ($0.13 \pm 0.06^{\circ}\text{Brix}$) และความชื้นสูงสุด ($99.28 \pm 0.002\%$) เมื่อเทียบกับการสกัดผ่านเครื่องอัลตราโซนิกที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงกว่า ($0.20 \pm 0.06^{\circ}\text{Brix}$) แต่พบปริมาณความชื้นสูงต่ำลง ($99.21 \pm 0.06\%$)

การสกัดแอลกอฮอล์ผ่านและไม่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิกแสดงให้เห็นปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากกว่าการสกัดด้วยน้ำ โดยการไม่ผ่านอัลตราโซนิกให้ค่า $3.60 \pm 0.58^{\circ}\text{Brix}$ และผ่านเครื่องอัลตราโซนิกให้ค่า $4.43 \pm 0.5^{\circ}\text{Brix}$ ความชื้นในตัวอย่างทั้งสองแบบลดลงเมื่อเทียบกับการสกัดด้วยน้ำ แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยแอลกอฮอล์มีประสิทธิภาพในการลดความชื้นได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยแอลกอฮอล์ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ ซึ่งเป็นไปตามแนวโน้มที่งานวิจัยของ Wang & Weller (2006) กล่าวไว้ว่า แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพสูงในการสกัดสารออกฤทธิ์จากพืช การใช้อัลตราโซนิกร่วมกับแอลกอฮอล์สามารถลดเวลาในการสกัดและเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงสารออกจากตัวอย่างได้ดีขึ้น โดยกระบวนการอัลตราโซนิกช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างตัวทำละลายกับตัวอย่าง ทำให้การสกัดมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การทดลองแสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยแอลกอฮอล์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากกว่าการสกัดด้วยน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยที่ระบุว่าตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด เช่น เอทานอลหรือน้ำ สามารถมีผลต่อปริมาณสารที่สกัดได้ โดยเฉพาะสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงของ Zheng & Wang (2001) งานวิจัยจาก Liu et al. (2013) ยังได้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดในการเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัดสารสำคัญจากพืช

Table 4 Physical quality of crud extracted cannabis, aspect, soluble solids content, and moisture content

Extraction method			Total Soluble solid ($^{\circ}\text{Brix}$)	Moisture content (%)
Cannabis Leave	Water extraction	UAE	$0.20 \pm 0.0^{\text{a}}$	$99.21 \pm 0.002^{\text{b}}$
		CE	$0.13 \pm 0.06^{\text{a}}$	$99.28 \pm 0.06^{\text{c}}$
	Alcohol extraction (95 %)	UAE	$4.43 \pm 0.58^{\text{c}}$	$99.16 \pm 0.006^{\text{a}}$
		CE	$3.60 \pm 0.50^{\text{b}}$	$99.21 \pm 0.009^{\text{b}}$

3. สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของและสารต้านอนุมูลอิสระของสกัดหยาบจากใบกัญชาสด

จากผลการทดลอง Table 5 เมื่อพิจารณาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ในตัวอย่างที่ผ่านการสกัดด้วยน้ำและอัลตราโซนิกให้ผลที่ดีที่สุดในเรื่องของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ($9.26 \pm 0.45 \text{ mgGAE/g}$) ขณะที่การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ที่ไม่ผ่านอัลตราโซนิก ให้ค่าต่ำสุด (6.25 ± 0.69

mgGAE/g) ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดพบว่าการสกัดด้วยแอลกอฮอล์ไม่ผ่านอัลตราโซนิกมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด ($2.89 \pm 0.06 \text{ mgGAE/g}$) แต่เมื่อผ่านเครื่องอัลตราโซนิกค่าปริมาณลดลงเล็กน้อย ($2.67 \pm 0.09 \text{ mgGAE/g}$) คลอโรฟิลล์การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ทั้งแบบผ่านและไม่ผ่านอัลตราโซนิกให้ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ ($0.70 \pm 0.01 \text{ mg/100g}$)

Table 5 The amount of phenolics, flavonoids and chlorophyll of crud extracted cannabis

Extraction method			Total Phenolic (mgGAE/g sample DW)	Total Flavonoid (mgGAE/g sample DW)	Total Chlorophyll (mg/100g sample DW)
Cannabis	Water	UAE	8.84±0.99 ^{cd}	1.01±0.15 ^a	0.193±0.01 ^a
	extraction	CE	9.26±0.45 ^c	1.07±0.15 ^{ab}	0.194±0.01 ^a
Leave	Alcohol	UAE	6.25±0.69 ^a	2.89±0.06 ^d	0.697±0.012 ^b
	extraction	CE	7.84±0.13 ^b	2.67±0.09 ^c	0.70±0.01 ^b

จากผลการทดลอง Table 4 พบว่าการสกัดด้วยแอลกอฮอล์ที่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิกทำให้ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ สูงขึ้น การศึกษาของ Tiwari et al. (2010) ได้ยืนยันว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิกสามารถเร่งการสกัดสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จากพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพและสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพได้ เช่นเดียวกับการสกัดคลอโรฟิลล์ที่ได้ผลดีจากการใช้อัลตราโซนิก ซึ่งทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นในกระบวนการนี้

การสกัดด้วยแอลกอฮอล์และผ่านเครื่องอัลตราโซนิกทำให้ได้ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสกัดสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จากพืชต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยอัลตราโซนิก เช่น งานของ Liu et al. (2013) ที่แสดงให้เห็นว่าเทคนิคนี้ช่วยให้การสกัดสารออกฤทธิ์มีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งในด้านของปริมาณและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การสกัดสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จากพืชสมุนไพรโดยใช้วิธีการอัลตราโซนิกในเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่นงานวิจัยของ Mazzetti et al. (2020) ได้ระบุว่าการใช้อัลตราโซนิกช่วยเร่งการสกัดสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดีมาก สอดคล้องกับผลใน Table 5 ที่แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยแอลกอฮอล์ผ่านอัลตราโซนิกทำให้ได้ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูงสุด Mazzetti et al. (2020) จากการศึกษาการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบกัญชาโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก พบว่าการใช้ ตัวทำละลายแอลกอฮอล์ 95% ให้ผลการสกัดที่ดีกว่าน้ำ ทั้งในแง่ของปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Anaya-Esparza et al. (2023) ที่ระบุว่า UAE สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรได้อย่างมีนัยสำคัญ

Table 6 Analysis of the antioxidant activity of crud extract cannabis

Extraction method			Antioxidant activity		
			DPPH (mgGAE/g sample DW)	ABTS (mM/g DW)	FRAP (mM Fe ²⁺ /g DW)
Cannabis Leaf	Water extraction	UAE	2.79±0.17 ^a	30.87±1.00 ^{bc}	2.19±0.16 ^a
		CE	4.53±0.34 ^b	29.45±1.39 ^b	2.10±0.05 ^a
	Alcohol extraction	UAE	6.69±0.59 ^{cd}	25.88±1.34 ^a	4.24±0.05 ^b
		CE	6.05±0.23 ^c	30.18±1.23 ^b	4.22±0.05 ^b

จากผลการทดลอง Table 6 ด้านการต้านอนุมูลอิสระ โดยการทดสอบวิธี DPPH scavenging activity การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ทั้งผ่านและไม่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิกให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ (6.69±0.59 mgGAE/g และ 6.05±0.23 mgGAE/g) และเมื่อพิจารณา ABTS scavenging activity พบว่าการสกัดด้วยน้ำผ่านเครื่องอัลตราโซนิกให้ค่า ABTS (30.87±1.00 mM/g) สูงที่สุด ขณะที่การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ไม่ผ่านอัลตราโซนิกมีค่าต่ำที่สุด (25.88±1.34 mM/g) การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ผ่านและไม่ผ่านอัลตราโซนิกมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจาก FRAP สูงกว่า (4.24±0.05 mM Fe²⁺/g) ผลของตัวทำละลายต่อปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จากผลการทดลองพบว่า ตัวทำละลายแอลกอฮอล์ 95% ที่ผ่าน UAE สามารถสกัดสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ได้ในปริมาณสูงกว่าการใช้ น้ำ โดยมีปริมาณฟีนอลิกสูงถึง 73.45±2.31 mgGAE/g และฟลาโวนอยด์ 58.12±1.84 mgQE/g ขณะที่การสกัดด้วยน้ำให้ปริมาณฟีนอลิกเพียง 45.32±1.94 mgGAE/g และฟลาโวนอยด์ 35.78±1.52 mgQE/g ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Buczaj et al. (2022)

Table 6 แสดงถึงการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดใบกัญชา ซึ่งประกอบไปด้วยการวัดค่ากิจกรรม DPPH, ABTS และ FRAP ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการประเมินคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของสารพืช การอภิปรายนี้จะใช้เอกสารที่เกี่ยวข้องในการอ้างอิงข้อมูลที่ได้จากผลการทดลอง การทดสอบ DPPH จากผลการทดลอง พบว่าสารสกัดจากใบกัญชามีค่า IC₅₀ ต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี งานวิจัยของ Liu et al. (2013) ซึ่งศึกษาการสกัดสารฟลาโวนอยด์จากพืชโดยใช้วิธีการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก พบว่าการเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัดสามารถช่วยเพิ่มกิจกรรม DPPH ในสารสกัดได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า IC₅₀ ต่ำซึ่งบ่งชี้ถึงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง

การใช้อัลตราโซนิกในการสกัด ช่วยให้สารประกอบฟลาโวนอยด์และฟีนอลิกถูกสกัดออกมาได้ดีขึ้น ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ Torres et al. (2017) เช่นเดียวกับที่พบในผลการทดลองนี้ การสกัดด้วยอัลตราโซนิกทำให้ได้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การสกัดด้วยความร้อนหรือการใช้ตัวทำละลายแบบธรรมดา. การทดสอบ ABTS (2,2'-azino-

bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ก็กิจกรรม ABTS ของสารสกัดใบกล้วย ใน Table 6 แสดงให้เห็นถึงการต้านอนุมูลอิสระที่สูง โดยงานวิจัยของ Medina-Torres et al. (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสกัดสารฟีนอลิกจากพืชด้วยวิธีอัลตราโซนิก พบว่าการใช้อัลตราโซนิกสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ได้ โดยคลื่นอัลตราโซนิกช่วยกระตุ้นการทำลายผนังเซลล์พืชทำให้สารสำคัญเช่นฟลาโวนอยด์และฟีนอลิกถูกปล่อยออกมาในปริมาณมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางนี้ มีการอธิบายเพิ่มเติมจากงานวิจัยของ Dias et al. (2021) ระบุว่า UAE สามารถนำมาใช้ร่วมกับการสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical fluid extraction, SFE) หรือการสกัดด้วยของเหลวภายใต้ความดันสูง (Pressurized liquid extraction, PLE) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารสำคัญจากพืช นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณตัวทำละลายลดเวลาในการสกัด และลดพลังงานที่ใช้ ซึ่งทำให้เป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาและอาหารฟังก์ชัน

ผลการทดสอบ FRAP แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบกล้วยมีความสามารถในการคืนสภาพเหล็กได้สูง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองนี้สามารถอ้างอิงจากงานวิจัยของ Nguang et al. (2017) ที่ได้ศึกษาการสกัดสารฟีนอลิกจากพืชสมุนไพร พบว่าการใช้อัลตราโซนิกช่วยเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิก ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การสกัดด้วยอัลตราโซนิกยังช่วยเพิ่มกิจกรรม FRAP โดยการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารที่สามารถคืนสภาพมากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อการเพิ่มคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในสารสกัด (Medina-Torres et al., 2017)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลอง Table 6 ด้านการต้านอนุมูลอิสระ โดยการทดสอบวิธี DPPH scavenging activity การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ทั้งผ่านและไม่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิกให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ (6.69 ± 0.59 mgGAE/g และ 6.05 ± 0.23 mgGAE/g) และเมื่อพิจารณา ABTS scavenging activity พบว่าการสกัดด้วยน้ำผ่านเครื่องอัลตราโซนิกให้ค่า ABTS (30.87 ± 1.00 mM/g) สูงที่สุด ขณะที่การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ไม่ผ่านอัลตราโซนิกมีค่าต่ำที่สุด (25.88 ± 1.34 mM/g) การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ผ่านและไม่ผ่านอัลตราโซนิกมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจาก FRAP สูงกว่า (4.24 ± 0.05 mM Fe²⁺/g) ผลของตัวทำละลายต่อปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จากผลการทดลองพบว่า ตัวทำละลายแอลกอฮอล์ 95% ที่ผ่าน UAE สามารถสกัดสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ได้ในปริมาณสูงกว่าการใช้น้ำ โดยมีปริมาณฟีนอลิกสูงถึง 73.45 ± 2.31 mgGAE/g และฟลาโวนอยด์ 58.12 ± 1.84 mgQE/g ขณะที่การสกัดด้วยน้ำให้ปริมาณฟีนอลิกเพียง 45.32 ± 1.94 mgGAE/g และฟลาโวนอยด์ 35.78 ± 1.52 mgQE/g ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Buczaj et al. (2022)

Table 6 แสดงถึงการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดใบกล้วย ซึ่งประกอบไปด้วยการวัดค่ากิจกรรม DPPH, ABTS

และ FRAP ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการประเมินคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของสารพืช การอภิปรายนี้จะใช้เอกสารที่เกี่ยวข้องในการอ้างอิงข้อมูลที่ได้จากผลการทดลอง การทดสอบ DPPH จากผลการทดลอง พบว่าสารสกัดจากใบกล้วยมีค่า IC₅₀ ต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี งานวิจัยของ Liu et al. (2013) ซึ่งศึกษาการสกัดสารฟลาโวนอยด์จากพืชโดยใช้วิธีการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก พบว่าการเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัดสามารถช่วยเพิ่มกิจกรรม DPPH ในสารสกัดได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า IC₅₀ ต่ำซึ่งบ่งชี้ถึงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง

การใช้อัลตราโซนิกในการสกัดช่วยให้สารประกอบฟลาโวนอยด์และฟีนอลิกถูกสกัดออกมาได้ดีขึ้น ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ Torres et al. (2017) เช่นเดียวกับที่พบในผลการทดลองนี้ การสกัดด้วยอัลตราโซนิกทำให้ได้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ เช่นการสกัดด้วยความร้อนหรือการใช้ตัวทำละลายแบบธรรมดา การทดสอบ ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ก็กิจกรรม ABTS ของสารสกัดใบกล้วย ใน Table 6 แสดงให้เห็นถึงการต้านอนุมูลอิสระที่สูง โดยงานวิจัยของ Medina-Torres et al. (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสกัดสารฟีนอลิกจากพืชด้วยวิธีอัลตราโซนิก พบว่าการใช้อัลตราโซนิกสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ได้ โดยคลื่นอัลตราโซนิกช่วยกระตุ้นการทำลายผนังเซลล์พืช ทำให้สารสำคัญเช่นฟลาโวนอยด์และฟีนอลิกถูกปล่อยออกมาในปริมาณมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางนี้ มีการอธิบายเพิ่มเติมจากงานวิจัยของ Dias et al. (2021) ระบุว่า UAE สามารถนำมาใช้ร่วมกับการสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical fluid extraction, SFE) หรือการสกัดด้วยของเหลวภายใต้ความดันสูง (Pressurized liquid extraction, PLE) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารสำคัญจากพืช นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณตัวทำละลายลดเวลาในการสกัด และลดพลังงานที่ใช้ ซึ่งทำให้เป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาและอาหารฟังก์ชัน

ผลการทดสอบ FRAP แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบกล้วยมีความสามารถในการคืนสภาพเหล็กได้สูง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองนี้สามารถอ้างอิงจากงานวิจัยของ Nguang et al. (2017) ที่ได้ศึกษาการสกัดสารฟีนอลิกจากพืชสมุนไพร พบว่าการใช้อัลตราโซนิกช่วยเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิก ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การสกัดด้วยอัลตราโซนิกยังช่วยเพิ่มกิจกรรม FRAP โดยการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารที่สามารถคืนสภาพมากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อการเพิ่มคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในสารสกัด (Medina-Torres et al., 2017)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้
กลุ่มวิจัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่สนับสนุนงบประมาณอุดหนุนในการดำเนินงานปีงบประมาณ 2566 และขอบคุณสาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่อนุเคราะห์สถานที่ดำเนินการทดลองและห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์

References

- Anaya-Esparza, L. M.; Aurora-Vigo, E. F.; Villagrán, Z.; Rodríguez-Lafitte, E.; Ruvalcaba-Gómez, J. M.; Solano-Comejo, M. A.; Zamora-Gasga, V. M.; Montalvo-González, E.; Gómez-Rodríguez, H.; Aceves-Aldrete, C. E.; González-Silva, N. (2023). Design of experiments for optimizing ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from plant-based sources. *Molecules*, 28(23), 7752. Doi: 10.3390/molecules28237752
- Anokwuru, C. P., Anyasor, G. N., Ajibaye, O., Fakoya, O., & Okebugwu, P. (2011). Effect of extraction solvents on phenolic, flavonoid contents and antioxidant activities of three Nigerian medicinal plants. *Nature and Science*, 9(7), 53-61.
- Arslan, D., & Özcan, M. M. (2011). Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content, and color characteristics of savory leaves. *Food and Bioprocess Technology*, 5(4), 983-991. Doi: 10.1007/s11947-010-0498-y
- Atalay, S., Jarocka-Karpowicz, I., & Skrzydlewska, E. (2020). Antioxidative and anti-inflammatory properties of cannabidiol. *Antioxidants*, 9(1), 21. Doi: 10.3390/antiox9010021
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2016). *Official Methods of AOAC International*. (20th ed.). Gaithersburg, Maryland: The Association of Official Analytical Chemists.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2019). *Official Methods of AOAC International*. (21th ed.). Gaithersburg, Maryland: The Association of Official Analytical Chemists.
- Buczaj, A., Krzywicka, M., Przywara, A., & Nadulski, R. (2022). Optimization of the ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from *Cannabis sativa* L. leaves and inflorescences using response surface methodology. *Applied Sciences*, 12(13), 6747. Doi: 10.3390/app12136747​
- Citti, C., Pacchetti, B., Vandelli, M. A., Forni, F., & Cannazza, G. (2018). Analysis of cannabinoids in commercial hemp seed oil and decarboxylation kinetics studies of cannabidiolic acid (CBDA). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 149, 532-540. Doi: 10.1016/j.jpba.2017.11.044
- Curcin, S., Vidovic, S., Vladoic, J., & Ramic, M. (2015). Application of ultrasound in extraction processes of bioactive compounds from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 198-207. doi: 10.1016/j.ultsonch.2015.04.013
- Dias, A. L. B., de Aguiar, A. C., & Rostagno, M. A. (2021). Extraction of natural products using supercritical fluids and pressurized liquids assisted by ultrasound: Current status and trends. *Ultrasonics Sonochemistry*, 74, 105584. doi: 10.1016/j.ultsonch.2021.105584​
- Kleinhenz, M. D., Magnin, G., Ensley, S. M., Griffin, J. J., Goeser, J. P., Lynch, E., & Coetzee, J. F. (2020). Nutrient concentrations, digestibility, and cannabinoid concentrations of industrial hemp plant components. *Applied Animal Science*, 36(4), 489-494. doi: 10.15232/aas.2020-02018
- Liu, B., Ma, Y., Liu, Y., Yang, Z., & Zhang, L. (2013). Ultrasonic-Assisted Extraction and Antioxidant Activity of Flavonoids from *Adinandra nitida* leaves. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 12(6), 1045-1051. doi: 10.4314/tjpr.v12i6.27
- Mazzetti, C., Ferri, E., Pozzi, M., & Labra, M. (2020). Quantification of the content of cannabidiol in commercially available e-liquids and studies on their thermal and photo-stability. *Scientific Reports*, 10, 3697. doi: 10.1038/s41598-020-60477-6
- Medina-Torres, N., Ayora-Talavera, T., Espinosa-Andrews, H., Sánchez-Contreras, A., & Pacheco, N. (2017). Ultrasound-assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources. *Agronomy*, 7(3), 47. doi: 10.3390/agronomy7030047
- Mello, B. C. B. S., Petrus, J. C. C., & Hubinger, M. D. (2010). Concentration of flavonoids and phenolic compounds in aqueous and ethanolic propolis extracts through nanofiltration. *Journal of Food Engineering*, 96(4), 533-539. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2009.08.040
- Nguang, S. L., Yeong, Y. L., Pang, S. F., & Gimbin, J. (2017). Ultrasonic assisted extraction on phenolic and flavonoid content from *Phyllanthus niruri* plant. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(2), 1-5. doi: 10.17485/ijst/2017/v10i2/110391

- Puranik, V., Chauhan, D. K., Mishra, V., & Rai, G. K. (2012). Effect of drying techniques on the physicochemical and bioactive components of selected medicinal herbs. *Annals of Phytomedicine*, 1(2), 23–29.
- Ratananikom, T., et al. (2022). Ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidants from Thai herbs. *Scientifica*, 1-12. doi: 10.1155/2022/123456.
- Tiwari, B. K., Brennan, C. S., Curran, T., Gallagher, E., Cullen, P. J., & O'Donnell, C. P. (2010). Application of ultrasound to reduce thermal processing time of fruit jams. *Journal of Food Engineering*, 92(4), 447-451. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2009.11.016
- Tomšik, A., Pavlic, B., Vladoj, J., Ramic, M., Brindza, J., & Vidovic, S. (2016). Optimization of ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from wild garlic (*Allium ursinum* L.). *Ultrasonics Sonochemistry*, 29, 502–511. doi: 10.1016/j.ultsonch.2015.11.005
- Wang, L., & Weller, C. L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17(6), 300-312. doi: 10.1016/j.tifs.2005.12.004
- Wrona, O., Rafińska, K., Walczak-Skierska, J., Możejński, C., & Buszewski, B. (.2019). Extraction and determination of polar bioactive compounds from *Medicago sativa* L. using supercritical techniques. *Molecules*, 24(24), 4608. doi: 10.3390/molecules24244608
- Zheng, W., & Wang, S. Y. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5165-5170. doi: 10.1021/jf010697n

Research article

Optimization of bioactive compound extraction from cannabis leaves via ultrasound-assisted extraction (UAE) utilizing advanced solvent systems

Panida Wongpreedee¹ Apinya Bhomsaidon¹ Khankhanang Ratananikom² and Panorjit Nitisuk^{1*}

¹ Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry Technology, Kalasin University, Mueang, Kalasin Province 46000, Thailand

² Department of Public Health, Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University, Namon, Kalasin Province 46000, Thailand

ARTICLE INFO

Article history

Received: 18 September 2024

Revised: 4 June 2025

Accepted: 8 June 2025

Online published: 27 June 2025

Keyword

Cannabis sativa

Ultrasound-assisted extraction

Phenolic compounds

Antioxidant activity

Bioactive compounds

ABSTRACT

This study evaluates the efficiency of ultrasound-assisted extraction (UAE) in recovering antioxidant compounds from *Cannabis sativa* leaves using water and 95% ethanol as solvents. Fresh and dried cannabis leaves were subjected to UAE under controlled conditions to compare the extraction yields and antioxidant activities of the two solvents. The results indicate that ethanol, when combined with UAE, significantly enhanced the extraction of phenolic and flavonoid compounds. The total phenolic content in ethanol-extracted samples was 73.45 ± 2.31 mg GAE/g, compared to 45.32 ± 1.94 mg GAE/g for water extraction. Similarly, the total flavonoid content was 58.12 ± 1.84 mg QE/g for ethanol extraction, significantly higher than 35.78 ± 1.52 mg QE/g obtained from water extraction. The antioxidant activity, assessed using DPPH and ABTS assays, was also highest in the ethanol-extracted samples, with IC_{50} values of 19.85 ± 0.45 μ g/mL (DPPH) and 15.32 ± 0.87 μ g/mL (ABTS), demonstrating superior performance compared to water extraction ($IC_{50} = 30.14 \pm 1.22$ μ g/mL (DPPH) and 28.67 ± 1.05 μ g/mL (ABTS)). Additionally, the analysis of Tetrahydrocannabinol (THC) and Cannabidiol (CBD) revealed that fresh cannabis leaves contained a high THC concentration (10,327 mg/kg) with negligible CBD, whereas dried leaves exhibited a higher CBD concentration (6,842 mg/kg) and a lower THC concentration (4,923 mg/kg). These findings suggest that UAE, particularly with ethanol as the extraction solvent, enhances the recovery of bioactive compounds from cannabis leaves, offering promising applications in pharmaceutical and functional food industries.

*Corresponding author

E-mail address: spanorjit@gmail.com (P. Nitisuk)

Online print: 27 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.15>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ผลของอุณหภูมิการสกัดด้วยน้ำต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของ ฟลาโวนอยด์จากใบกล้วยขอบแห้ง

ครองศักดิ์ ภัทรนกก^{1*} รพีพรรณ กองตุม¹ รินราไพ พุทธิพันธ์² และ ศิริชดา เปล่งพานิช³

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี 70150 ประเทศไทย

² วิทยาลัยมหาวิทยาลัยและการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี 70150 ประเทศไทย

³ กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 24 มกราคม 2568

แก้ไข: 3 มิถุนายน 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 26 มิถุนายน 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 29 มิถุนายน 2568

คำสำคัญ

แคนนาบิส

สารยับยั้งเอนไซม์

ฟลาโวนอยด์

เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดด้วยน้ำจากใบกล้วยขอบแห้ง กระบวนการสกัดฟลาโวนอยด์ดำเนินการโดยใช้ที่อุณหภูมิ 40, 80 และ 100 องศาเซลเซียส การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ดำเนินการโดยใช้วิธี Aluminum Chloride Colorimetry Assay และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสใช้วิธี Dinitrosalicylic Acid (DNS) Assay ผลการศึกษาพบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสให้ปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุดที่ 1.12 mg QE/g extract ฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้เป็นฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ซึ่งละลายน้ำได้ดี และมีศักยภาพในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส โดยการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์แสดงให้เห็นว่าสารสกัดฟลาโวนอยด์มีค่า IC_{50} เท่ากับ 97.36 μ g/mL เมื่อเปรียบเทียบกับอะคาโบสซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 14.81 μ g/mL ผลการทดลองยืนยันว่าอุณหภูมิของน้ำที่สูงช่วยเพิ่มการละลายและการปลดปล่อยฟลาโวนอยด์ออกมาอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบกล้วยขอบแห้งเพื่อช่วยระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งอาจมีประโยชน์ต่อการรักษาผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่สอง และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรจากพืชสมุนไพรในทางการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกอย่างยั่งยืน

บทนำ

เบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 diabetes mellitus) เป็นภาวะที่พบมากในผู้ป่วยเบาหวาน คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ของผู้ป่วยทั้งหมด โดยส่วนใหญ่พบในผู้ใหญ่หรือผู้สูงอายุ สาเหตุหลักเกิดจากภาวะดื้ออินซูลิน (Insulin resistance) ส่งผลให้อินซูลินทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ และทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น (Zimmet et al., 2001) ปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยมีผู้ป่วยเบาหวานในระบบการรักษาของกระทรวงสาธารณสุขประมาณ 5 ล้านคน โดยพบผู้ป่วยเบาหวานชนิด 2 รายใหม่ในกลุ่มคนอายุ 15 ปีขึ้นไปอยู่ที่ 9.2 เปอร์เซ็นต์ของประชากร หรือคิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3 แสนคนต่อปี (Lertdetkajorn, 2022) การรักษาเบาหวานชนิดที่ 2 จำเป็นต้องควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม หนึ่งในวิธีการรักษาที่นิยมใช้คือการใช้ยากกลุ่มสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส ได้แก่ อะคาโบส (Acarbose) และ มิกลีทอล (Miglitol) โดยออกฤทธิ์ชะลอการย่อยคาร์โบไฮเดรตในลำไส้เล็ก ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นช้าลงอย่างมีประสิทธิภาพ จึงไม่ก่อให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบสำคัญของยากกลุ่มนี้ ข้อจำกัดของยาคือการเกิดผลข้างเคียงต่อระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องอืดและท้องเสีย ทำให้มักต้องใช้ร่วมกับยาเบาหวานกลุ่มอื่นเพื่อลดผลกระทบจากผลข้างเคียงของยา (Dirir et al., 2022)

ประเทศไทยได้ปลดล็อกกล้วยจากจากบัญชียาเสพติดในปี พ.ศ. 2565 เพื่อส่งเสริมการใช้ในด้านสุขภาพและการแพทย์ การเปิดกว้างทางกฎหมายนี้ได้สร้างโอกาสใหม่ในการศึกษาศักยภาพของกล้วยรวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพร เช่น ชากล้วย (Yimsaard et al., 2023) มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากดอกและใบของต้นกล้วย มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส รวมถึงเอนไซม์อื่นที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เช่น เอนไซม์ไดเปปติเดิลเปปติเดส-4 (dipeptidyl peptidase-4) และเอนไซม์อะไมเลส (Amylase) สารสำคัญในดอกกล้วยที่พบมาก ได้แก่ แคนนาบินอยด์ (Cannabinoid) ซึ่งมีปริมาณ 15 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ มีเทอร์พีนอยด์ (Terpenoid) 1 ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ และมีฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) 0.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในใบกล้วยพบว่ามีความเข้มข้นน้อยกว่าในดอก โดยพบว่ามีปริมาณเพียง 1 ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ มีเทอร์พีนอยด์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ แต่มีฟลาโวนอยด์ในปริมาณที่สูงถึง 8 เปอร์เซ็นต์ งานวิจัยยังได้ระบุอีกว่าสารฟลาโวนอยด์จากใบกล้วย ได้แก่ เควอซีทิน (Quercetin) เคเพอรอล (kaempferol) และ เอพิจินิน (apigenin) มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส โดยฟลาโวนอยด์เหล่านี้สามารถสกัดได้ดีในรูปแบบสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เอทานอล เมทานอล อะซิโตน บิโตรเลียมอีเทอร์ และเอทิลอะซิเตท อีกทั้งยังพบว่า ฟลาโวนอยด์จาก

* Corresponding author

E-mail address: kongsakda@gmail.com (K. Phakthanakanok)

Online print: 29 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.16>

กัญชามีค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์อะไมเลสไปครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) อยู่ในช่วง 15 ถึง 80 ไมโครโมลาร์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีกว่าสารกลุ่มอื่น (Lowe et al., 2021) ฟลาโวนอยด์บางชนิดมีโครงสร้างทางเคมีที่สามารถเลียนแบบลักษณะของซับสเตรตของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส เช่น มอลโทส (Maltose) ทำให้สามารถเข้าไปจับบริเวณเร่งของเอนไซม์ได้ในลักษณะการแข่งขัน (Competitive inhibition) โดยเมื่อฟลาโวนอยด์จับกับเอนไซม์แล้วจะเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ฟังก์ชันของฟลาโวนอยด์กับกรดอะมิโนในบริเวณเร่งของเอนไซม์ วงแหวนเบนซีนของฟลาโวนอยด์ยังสามารถแทรกตัวเข้าสู่บริเวณที่มีลักษณะไม่ชอบน้ำของเอนไซม์และเกิดปฏิสัมพันธ์แบบไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic interactions) ส่งผลให้การยึดเหนี่ยวระหว่างฟลาโวนอยด์กับเอนไซม์มีความมั่นคงมากขึ้น และสามารถยับยั้งการเข้าถึงของคาร์โบไฮเดรตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Proença et al., 2017)

ฟลาโวนอยด์สามารถสกัดได้ด้วยน้ำและพบว่าอยู่ในรูปของฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ ซึ่งเป็นสารฟลาโวนอยด์ที่มีโมเลกุลแซคคาไรด์จับอยู่ด้วยกันในโครงสร้าง แม้ว่าการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์จะสามารถสกัดสารบางส่วนออกไปจากพืชแล้วก็ตาม แต่ก็ยังสามารถใช้น้ำสกัดฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ออกมาเพิ่มเติมได้อีกในปริมาณหนึ่ง การใช้น้ำเป็นตัวสกัดฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์มีข้อดีในด้านความปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่ไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ ไม่ก่อให้เกิดสารตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่นำไปใช้ต่อ และยังลดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีนัยสำคัญ กระบวนการสกัดด้วยน้ำจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีสีเขียว (green extraction technology) และสนับสนุนการผลิตอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรมชีวภาพ (Lajoie et al., 2022) การศึกษาเกี่ยวกับการสกัดสารสำคัญชนิดต่างๆจาก *Gyrinops versteegii* รายงานว่าสามารถพบสารประกอบฟีนอล แทนนิน อัลคาลอยด์ และ สเตียรอยด์จากการสกัดด้วยตัวทำละลายในขั้นตอนแรก จากนั้นเมื่อนำมาสกัดฟลาโวนอยด์ต่อด้วยน้ำในขั้นตอนถัดไปก็สามารถสกัดฟลาโวนอยด์ออกมาได้ 2.29 กรัมสมมูลของเคอซิทิน (QE) ต่อสารสกัด 100 กรัม ฟลาโวนอยด์ที่ได้จากน้ำมีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูง โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 17.14 ส่วนในล้านส่วน (Parwata et al., 2018) งานวิจัยที่ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการสกัดฟลาโวนอยด์จากฝั้วด้วยการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ จำนวน 5 ช่วงได้แก่ 4, 25, 50, 75 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง พบว่าการสกัดในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สามารถสกัดฟลาโวนอยด์ได้เท่ากับ 27.2 มิลลิกรัมสมมูลของเคอซิทิน (QE) ต่อสารสกัด 1 กรัม และฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้ในอุณหภูมินี้ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส มอลโทส และซูเครสได้ดีที่สุด (Rucksakaew et al., 2020) การศึกษาเกี่ยวกับยาสมุนไพรไทยตำรับหนึ่งที่ประกอบด้วย สะเดา ก้านเหลียง ขี้เหล็ก และกล้วยน้อย ซึ่งมีการศึกษาก่อนหน้านี้แล้วว่ามีส่วนฟลาโวนอยด์สะสมอยู่ในสมุนไพรเหล่านี้มาก การศึกษาพบว่าสารตำรับยานี้ในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสตามกรรมวิธีการปรุงยาปกติ สามารถสกัดสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสออกมาได้มาก โดยพบว่าสารดังกล่าวเป็นสารฟลาโวนอยด์ที่มีประสิทธิภาพมีค่า IC_{50} เท่ากับ 21.12 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Thiantongin et al., 2020) มีการศึกษาฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้จากต้นเถาวัลย์โดยใช้เทคนิคการต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 2 ช่วงได้แก่ 80 และ 95

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระและสามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสในระดับที่ต่ำมาก โดยมีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 4.77 ถึง 26.86 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Suriyaphan et al., 2023) และการศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสจากสารสกัดฟลาโวนอยด์ในสัปดาห์ที่สกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ร่วมกับการใช้คลื่นไมโครเวฟ พบว่าฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้สามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ดี แต่ยังคงกว่าสารที่สกัดด้วยเอทานอล ประมาณ 4 เท่า (Pantong et al., 2024)

สำหรับในประเทศไทย ภาครัฐให้ความสำคัญกับการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มโรคเรื้อรังอย่างโรคเบาหวาน โดยมีการผลักดันนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สมุนไพรเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจในระดับพื้นที่และประเทศ (Nithiprapawat et al., 2021) ปัจจุบันมีการแปรรูปใบกัญชาในเชิงพาณิชย์ เช่น เครื่องดื่มชาสมุนไพรพร้อมดื่ม ผลิตภัณฑ์โปรตีนทางเลือกจากกัญชา (Pannico et al., 2022) และโภชนเภสัชภัณฑ์ (Pandey et al., 2010) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานที่ศึกษาผลของฟลาโวนอยด์ในชาจากใบกัญชาโดยตรงต่อการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของฟลาโวนอยด์ในสารสกัดน้ำจากชาใบกัญชาต่อการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส โดยตั้งสมมติฐานว่าอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นจะเพิ่มปริมาณฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้ และส่งผลให้สารสกัดมีศักยภาพในการยับยั้งเอนไซม์ได้ดียิ่งขึ้น เพื่อพิสูจน์สมมติฐานดังกล่าว จึงได้ออกแบบการทดลองโดยสกัดสารจากชาใบกัญชาอบแห้งด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 40, 80 และ 100 องศาเซลเซียส สารสกัดที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี Aluminum Chloride Colorimetry Assay และทดสอบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสด้วย DNS Assay โดยเปรียบเทียบกับอะคาโบสเป็นสารควบคุม ผลจากการศึกษานี้จะสามารถอธิบายศักยภาพของเครื่องดื่มชาใบกัญชาในการยับยั้งการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส และอาจนำไปประยุกต์ใช้ในการดูแลสุขภาพเบาหวานชนิดที่ 2 ด้วยแนวทางการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกได้อย่างเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การสกัดฟลาโวนอยด์จากใบกัญชาด้วยน้ำ

การสกัดฟลาโวนอยด์จากชาใบกัญชาด้วยน้ำใช้วิธีการของ Wongsa และคณะ (Wongsa et al., 2012) โดยดัดแปลงเล็กน้อยเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่างๆต่อประสิทธิภาพการสกัด ซึ่งได้เคยมีรายงานไว้ก่อนหน้านี้ว่าสามารถสกัด ฟลาโวนอยด์จากพืชได้ด้วยอุณหภูมิที่หลากหลายและต่ำกว่าจุดเดือด ต้นกัญชาได้มาจากมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ซึ่งได้ออนุญาติปลูกกัญชาที่กัญชงเพื่อการวิจัย เลขขอปลูกที่ 65-1-1-0015131 โดยเด็ดใบกัญชาจากต้นที่มีอายุ 4 เดือน มาล้างทำความสะอาด ตัดให้เป็นชิ้นขนาดเท่ากันอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะมีความชื้นไม่เกินกว่าร้อยละ 8 จึงได้ชาใบกัญชาพร้อมดื่ม จากนั้นนำใบแห้งที่ได้ไปสกัดด้วยน้ำโดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน 3 ระดับคือ อุณหภูมิ 40 และ 80 องศาเซลเซียสและต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักใบแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1 กรัม ต่อ 30 มิลลิลิตร และวางในอ่างคลื่นเสียงความถี่สูง (Sonicator)

ที่ความถี่ 80 กิโลเฮิร์ตซ์ตลอดเวลาของการสกัด เมื่อครบเวลาทำการกรองแยกกากด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นนำสารละลายที่แยกได้ไปทำให้เข้มข้นขึ้น โดยการระเหยน้ำออกจากสารละลายภายใต้ความดันบรรยากาศ 1 มิลลิบาร์ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จนปริมาตรลดลง 10 เท่าด้วยเครื่องระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศ ยี่ห้อ Labconco ประเทศออสเตรเลีย นำสารสกัดหยาบที่ได้ (Crude) ไปทำแห้งเยือกแข็งโดยนำสารสกัดหยาบเข้มข้นไปบรรจุในหลอดบรรจุสารขนาดเล็ก (Eppendorf) นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไประเหิดที่อุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 36 ชั่วโมง ที่ความดันบรรยากาศ 0.1 มิลลิบาร์ นำตัวอย่างที่เปลี่ยนเป็นผงแล้วไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสที่สภาวะไร้อากาศในช่องอลูมิเนียมฟอยล์ (Nowak & Jakubczyk, 2020)

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ใช้วิธี Aluminum chloride colorimetry assay (Chang et al., 2002) ทำการเตรียมสารละลายสารสกัดหยาบความเข้มข้น 200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ในสารละลาย 1 เปอร์เซ็นต์ Dimethyl sulfoxide (DMSO) ดำเนินการโดยชั่งสารสกัด 2 มิลลิกรัม ละลายด้วยสารละลาย 1 เปอร์เซ็นต์ DMSO ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายสารสกัดหยาบที่ได้ปริมาตร 400 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย 15 เปอร์เซ็นต์ (w/v) NaNO_2 ปริมาตร 30 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที เติมน้ำตาลกลูโคสให้เข้ากันแล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที เติมน้ำตาลกลูโคส 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) NaOH ปริมาตร 400 ไมโครลิตร ตามด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนปริมาตร 40 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตรโดยใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออนเป็น Blank ทำการคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายฟลาโวนอยด์มาตรฐานเคอซีทิน (quercetin) ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.8, และ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมสมมูลของเคอซีทิน ต่อน้ำหนักตัวอย่างสารสกัด 1 กรัม (mg QE / g extract) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสารสกัดที่ได้จากอุณหภูมิต่าง ๆ จำนวน 3 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลาโวนอยด์ ตัวอย่างที่สกัดจากอุณหภูมิใดที่มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุดให้คัดเลือกไปวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส และค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาไปครั้งหนึ่งในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสใช้วิธี Dinitrosalicylic acid (DNS) (Miller & Joubert, 2022) โดยตัดแปลงเล็กน้อย มีสารละลายแบ่งเป็นซับสเตรตและเทียบประสิทธิภาพการย่อยแบ่งโดยใช้สารละลายมาตรฐานกลูโคส ทำการเตรียมน้ำแบ่ง 1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ในสารละลาย 0.1 โมลาร์ Phosphate buffer pH 6.9 ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร นำสารละลายน้ำแบ่งไปอุ่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นำสารละลายน้ำแบ่งปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ไปผสมกับสารละลายเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสทางการค้า ยี่ห้อ Merck ประเทศเยอรมนี ปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออนปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที เติมน้ำกลั่นปราศจาก DNS เพื่อทำปฏิกิริยาการ

เกิดสีปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที ปลอยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตรโดยใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออนเป็น Blank ทดแทนสารละลายเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส ทำการเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกลูโคส ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.2, 0.4, 0.5, 0.8, และ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร คำนวณค่ากิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคสหน่วยยูนิต์ต่อมิลลิลิตร (U/mL) กำหนดให้ 1 ยูนิต์ต่อมิลลิลิตร หมายถึงปริมาณเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส 1 มิลลิกรัมที่สามารถย่อยแบ่งได้เป็นน้ำตาลกลูโคส 1 ไมโครโมลาร์ ในเวลา 1 นาที ในสภาวะที่ทำการทดลอง โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ค่ากิจกรรมเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส (U/mL)} = \frac{A \times 1000}{V \times T \times MW}$$

เมื่อ A คือ ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากสมการเส้นตรงในกราฟมาตรฐาน

V คือ ปริมาตรของสารละลายเอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง

T คือ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์กับซับสเตรต

MW คือ มวลโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสให้วิเคราะห์ค่าร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสเปรียบเทียบกับระหว่างอะคาโบสกับสารสกัดหยาบ และคำนวณค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาไปครั้งหนึ่ง (IC_{50}) โดยเตรียมสารละลายอะคาโบสด้วยน้ำปราศจากไอออน ให้มีความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 1, 5, 10, 20, 30, 50, 80, 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และเตรียมสารสกัดหยาบด้วยสารละลาย 1 เปอร์เซ็นต์ DMSO ให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 1, 5, 10, 20, 30, 50, 80, 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ทำการทดลองวิเคราะห์ค่ากิจกรรมเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสตามวิธีการข้างต้นโดยใช้สารละลายอะคาโบสและสารสกัดหยาบปริมาตร 0.1 มิลลิกรัม แทนส่วนน้ำกลั่นปราศจากไอออน ทำการทดลองความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ และกำหนดให้น้ำกลั่นปราศจากไอออนเป็น negative control (เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสมีค่ากิจกรรม 100 เปอร์เซ็นต์) การคำนวณร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ (% Inhibition) ให้ใช้สมการดังนี้

$$\% \text{ Inhibition} = 100 \times [1 - (B/A)]$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออนเป็นซับสเตรต (negative control)

B คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ใช้อะคาโบส (positive control) หรือสารสกัดหยาบเป็นซับสเตรต

การหาค่า IC_{50} หาได้จากความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ร้อยละ 50 (50% Inhibition) โดยคำนวณด้วยโปรแกรมออนไลน์ IC_{50} Calculator ของบริษัท AAT Bioquest, Inc. (Sennikova et al., 2022)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ ค่ากิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส และค่า IC_{50} เป็นค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ standard deviation) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิเคราะห์ความ

แปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมคำนวณทางสถิติ SPSS Freeware



ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการสกัดและปริมาณฟลาโวนอยด์ในใบกัญชาแห้ง

การอบแห้งใบกัญชาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถทำให้ใบกัญชาแห้งสนิทได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะของใบกัญชาหลังจากการอบแห้งพบว่ามีเปลี่ยนสีจากเขียวสด (Figure 1A) เป็นสีเขียวปนน้ำตาลและมีความกรอบ (Figure 1B) โดยน้ำหนักหลังการอบแห้งคิดเป็น 11.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบสดก่อนการอบแห้ง



Figure 1 Characteristics of fresh cannabis leaves (A) and dried cannabis leaves (B).

เมื่อนำใบกัญชาแห้งไปทำการสกัดฟลาโวนอยด์ด้วยน้ำ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิต่อการสกัดจำนวน 3 ช่วง ได้แก่ 40, 80 และ 100 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีปริมาณฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้คือ 0.29 มิลลิกรัมสมมูลของเคอซีทินต่อน้ำหนักตัวอย่างสารสกัด 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สามารถสกัดฟลาโวนอยด์ได้เพิ่มขึ้นเป็น 0.85 มิลลิกรัมสมมูลของเคอซีทินต่อน้ำหนักตัวอย่างสารสกัด 1 กรัม และที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสพบว่า สามารถสกัดฟลาโวนอยด์ได้ปริมาณสูงสุดเท่ากับ 1.12 มิลลิกรัมสมมูลของเคอซีทินต่อน้ำหนักตัวอย่างสารสกัด 1 กรัม

งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ศึกษาการสกัดสารฟลักซ์เคมีจากใบกัญชา โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 6 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน (Hexane), ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane), เอทิลอะซิเตต (Ethyl acetate), เอทานอล (Ethanol), เมทานอล (Methanol) และ

น้ำ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องสามารถสกัดสารในกลุ่มเทอร์พีนอยด์ (Terpenoids) และอัลคาลอยด์ (Alkaloids) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (9 % w/w) แต่สามารถสกัดสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Niyomdechana & Niyomdechana, 2022) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำสำหรับการสกัดมีผลโดยตรงต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้ โดยผลการทดลองพบว่าการสกัดที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง (40, 80 และ 100 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่สกัดได้เพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะการสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสซึ่งให้ผลที่ดีที่สุด (Table 1) ดังนั้นสรุปได้ว่าการใช้น้ำร่วมกับอุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดฟลาโวนอยด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 1 Effect of water temperature on total flavonoid content

Water Temperature (°C)	Total Flavonoid Content (mg QE / g extract)
40	0.29 ± 0.12 ^c
80	0.85 ± 0.05 ^b
100	1.12 ± 0.08 ^a

Mean ± SD represents the average value and the standard deviation.

QE refers to quercetin equivalent.

Values with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

ฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้จากงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ (Flavonoid glycoside) ซึ่งสารประกอบนี้เกิดจากการรวมตัวของฟลาโวนอยด์กับโมเลกุลแซคคาไรด์ เช่น กลูโคส แรมโนส หรือกาแลคโตส ด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic linkage) โดยฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์พบได้มากในส่วนใบและเมล็ดของพืช (Bao

et al., 2018) คุณสมบัติที่โดดเด่นของฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์คือความสามารถในการละลายในน้ำได้ดี จึงทำให้สามารถสกัดออกมาได้มากเมื่อนำเป็นต้นทำละลาย โครงสร้างของฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติกชนิดเคเทคอล (Catechol) จำนวนสองวงที่เชื่อมกันด้วยสะพานคาร์บอน 3 อะตอม (C3) และมี

หมู่ ไฮดรอกซิล (-OH) ที่สามารถเชื่อมต่อกับแซคคาไรด์ได้หลายตำแหน่ง มีรายงานว่าพืชตระกูลกุยชาสามารถตรวจพบฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์หลายชนิดได้แก่ รุทีน (Rutin) เควอซิทริน (Quercitrin) เฮสเพรีดิน (Hesperidin) และไบคาลิน (Baicalin) (Bautista et al., 2021) จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำที่อุณหภูมิระหว่าง 80-100 องศาเซลเซียสสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Liau et al., 2017) ที่ใช้เทคนิคสกัดฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์จาก *Camellia oleifera* ด้วยน้ำร้อนและใช้แรงดันสูง โดยใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และความดัน 600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลที่ได้คือสภาวะการสกัดนี้สามารถสกัดฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ได้มากกว่าการสกัดด้วยน้ำอุณหภูมิห้องที่ความดันปกติ 1.19 ถึง 1.23

เท่า นอกจากนี้ยังพบว่าฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้มีความเป็นขี้ผึ้งและมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีมาก

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเอนไซม์ที่สกัดได้จากยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ซึ่งในงานวิจัยนี้สามารถวิเคราะห์ค่ากิจกรรมเอนไซม์ได้ 4.33 U/mL (Table 2) โดยเมื่อเติมสารยับยั้งอะคาโบสลงไปในช่วงขั้นตอนการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์จึงพบว่า อะคาโบสมีประสิทธิภาพการยับยั้งการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ดี โดยปริมาณอะคาโบสที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสที่เพิ่มมากขึ้น

Table 2 Analysis of commercial glucosidase enzyme activity

Enzyme	Enzyme Activity (U/mL)
α -Glucosidase from <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	4.33 $\pm$ 0.56

Mean $\pm$ SD represents the average value and the standard deviation.

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามความเข้มข้นของอะคาโบสในช่วง 1–50 $\mu\text{g/mL}$ (Figure 2) แต่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 50 เป็น 100 $\mu\text{g/mL}$ ค่าการยับยั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ปรากฏการณ์นี้อาจเกิดจากสภาวะอิ่มตัว (Saturation) ของบริเวณเร่งของเอนไซม์ โดยที่ความเข้มข้นเอนไซม์ระดับหนึ่ง สารยับยั้งได้จับกับเอนไซม์เกือบทั้งหมดแล้ว ทำให้แม้จะเพิ่มความเข้มข้นของสารอีกก็ไม่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพการยับยั้งเพิ่มเติม ปรากฏการณ์เช่นนี้พบในกลไกการยับยั้งแบบแข่งขัน

(Competitive inhibition) โดยเมื่อสารยับยั้งมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับซับสเตรต และเกิดการแย่งจับกับตำแหน่งเร่งของเอนไซม์ในสภาวะที่จำนวนเอนไซม์มีจำกัด การเพิ่มสารยับยั้งในระดับที่เกินกว่าความสามารถของเอนไซม์ในการตอบสนองจะทำให้กราฟร้อยละการยับยั้งเข้าสู่ภาวะคงที่ (Plateau) ดังที่ปรากฏในผลการทดลอง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการกำหนดปริมาณสารสกัดอย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยไม่สิ้นเปลืองสารหรือทรัพยากรโดยไม่จำเป็น (Miller & Joubert, 2022)

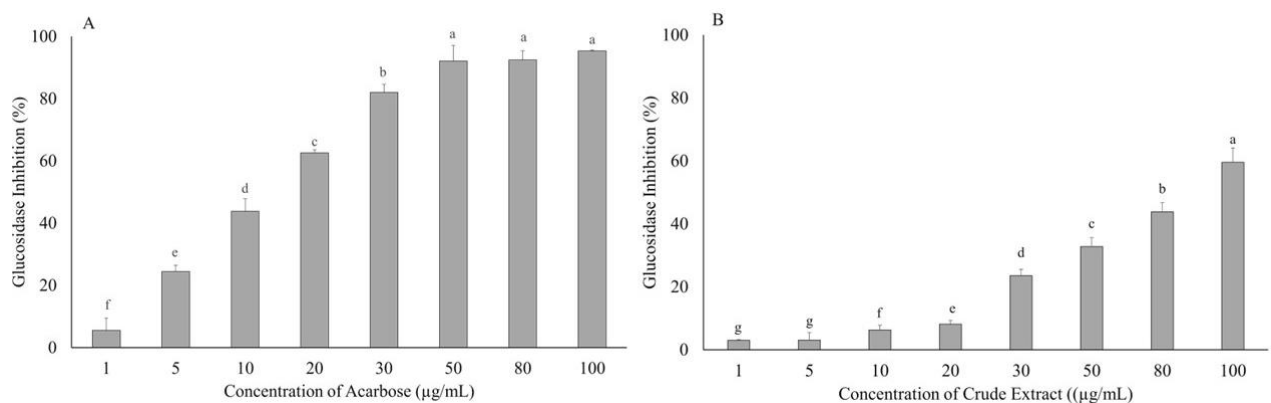


Figure 2 Inhibition of glucosidase activity by (A) acarbose and (B) crude extract at various concentrations. The values represent mean $\pm$ standard deviation (SD) for triplicate measurements. Different letters above the bars indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

ในงานวิจัยนี้ได้นำสารสกัดฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้จากน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สกัดได้ดีที่สุดมาทำการศึกษการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส โดยผลการศึกษาพบว่าสารสกัดฟลาโวนอยด์มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ โดยที่ความเข้มข้น 100 $\mu\text{g/mL}$ สารสกัดฟลาโวนอยด์แสดงประสิทธิภาพการยับยั้งสูงสุดที่ 59 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2B) ส่วนความเข้มข้นของสารสกัดที่ 1 ถึง 80 $\mu\text{g/mL}$ มีประสิทธิภาพการยับยั้งแอลฟาไกลูโคซิเดสเพิ่มขึ้น โดยที่ความเข้มข้น 1, 5, 10, 20, 30,

50 และ 80 $\mu\text{g/mL}$ สามารถยับยั้งเอนไซม์ได้ที่ 3, 3, 6, 8, 23, 32 และ 42 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยแต่ละความเข้มข้นมีความแตกต่างกันของประสิทธิภาพการยับยั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

งานวิจัยที่ผ่านมาได้รายงานพบว่าฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากพืชมีศักยภาพที่ดีในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส และสามารถสกัดได้จากสารละลายหลายชนิด ฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์บางชนิดที่สกัดได้จากน้ำก็มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ดีเช่นกัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษานางานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตาม

ตามฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์มักมีประสิทธิภาพด้อยกว่าฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากตัวทำละลายอินทรีย์ เนื่องจากโครงสร้างฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์จะมีหมู่แซคคาไรด์ เช่น glucose เชื่อมต่อกับวงแหวนในโมเลกุลจะส่งผลให้เกิด Steric hindrance ขณะยึดจับในบริเวณเร่งของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสซึ่งมีลักษณะเป็นโพรง โครงสร้างที่ใหญ่ของฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์จะไปลดความมั่นคงในการยึดจับกับเอนไซม์ ทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้งลดลง การศึกษาของ He et al. (2019) เกี่ยวกับฟลาโวนอยด์ 15 ชนิด พบว่าฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ 4 ชนิด ได้แก่ Naringin, Hesperidin, Baicalin และ Rutin มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส โดยมีค่า $IC_{50} \geq 500 \mu\text{g/mL}$ แต่กลับมีประสิทธิภาพด้อยกว่าฟลาโวนอยด์ชนิดอื่นที่สกัดจากตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น Myricetin ซึ่งเป็นฟลาโวนอยด์ชนิด aglycone (มีหมู่ฟังก์ชันอื่นที่ไม่ใช่แซคคาไรด์) ซึ่งโครงสร้างโมเลกุลมีความเป็น Steric hindrance เช่นกันแต่ขนาดเล็กกว่าหมู่แซคคาไรด์มาก โดยมีค่า IC_{50} ต่ำกว่าฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ทั้ง 4 ชนิดมากถึง 250 เท่า อย่างไรก็ตาม แม้ฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ที่สกัดได้จากน้ำจะมีข้อดีในเรื่องความปลอดภัย แต่ผลการศึกษาที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่าขนาดและ

โครงสร้างโมเลกุลของสารยับยั้งยังมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

ผลการศึกษาค่า IC_{50} ระหว่างสารสกัดฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ที่สกัดด้วยน้ำจากชาใบกัญชาและอะคาโบสในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างชัดเจนในด้านประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส (Table 3) โดยอะคาโบสซึ่งเป็นสารยับยั้งมาตรฐานแสดงค่า IC_{50} เท่ากับ $14.81 \pm 0.217 \mu\text{g/mL}$ ซึ่งต่ำกว่าค่า IC_{50} ของสารสกัดฟลาโวนอยด์ที่มีค่าเท่ากับ $97.36 \pm 1.54 \mu\text{g/mL}$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าอะคาโบสมีประสิทธิภาพสูงกว่าสารสกัดฟลาโวนอยด์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส โดยมีประสิทธิภาพมากกว่าประมาณ 6.5 เท่า ซึ่งข้อมูลนี้มีความสำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้ฟลาโวนอยด์จากใบกัญชาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรือนวัตกรรมยารักษาโรคเบาหวาน อย่างไรก็ตาม ฟลาโวนอยด์ที่สกัดด้วยน้ำยังคงแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการยับยั้งเอนไซม์ที่ดี จึงเหมาะสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มาจากแหล่งธรรมชาติปลอดภัย และเหมาะสมแก่กลุ่มเป้าหมายที่ต้องการลดการพึ่งพาสารสังเคราะห์ (Jain and Ramawat, 2013)

Table 3 The IC_{50} values of water-extracted flavonoids and acarbose for α -glucosidase Inhibition

Inhibitor	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
Acarbose	14.81 ± 0.217^b
Flavonoids (water extract)	97.36 ± 1.54^a

Mean $\pm$ SD represents the average value and the standard deviation.

Values with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองนี้กับงานวิจัยของ Phan et al., (2013) ระบุว่าสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดด้วยน้ำจากใบ *Epimedium brevicornum* มีค่า IC_{50} เพียง $2.01 \mu\text{g/mL}$ ซึ่งต่ำกว่าค่า IC_{50} ของฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้จากงานวิจัยนี้อย่างมาก ($97.36 \mu\text{g/mL}$) อีกทั้งประสิทธิภาพของฟลาโวนอยด์ในงานวิจัยดังกล่าวใกล้เคียงกับอะคาโบสมากกว่า ($2.58 \mu\text{g/mL}$) สาเหตุของความแตกต่างนี้อาจขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชที่ใช้ วิธีการสกัด และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่เป็นองค์ประกอบหลักในตัวอย่าง นอกจากนี้ งานวิจัยของ Thiantongin et al., (2020) ยังได้เปรียบเทียบวิธีการสกัดฟลาโวนอยด์ด้วยน้ำและเอทานอลจากสมุนไพรร 3 ชนิดได้แก่ จั้ว กระถินไทย และ กำแพงเจ็ดชั้น โดยพบว่าฟลาโวนอยด์ที่สกัดด้วยน้ำมีค่า IC_{50} เท่ากับ $21.12 \mu\text{g/mL}$ ในขณะที่ฟลาโวนอยด์ที่สกัดด้วยเอทานอลมีค่า IC_{50} ต่ำกว่าเล็กน้อยที่ $17.12 \mu\text{g/mL}$ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของฟลาโวนอยด์ในสารสกัดจากสมุนไพรรในหลากหลายวิธีการสกัด

สารฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ที่สกัดได้จากงานวิจัยนี้สามารถจับกับเอนไซม์ได้ผ่านพันธะไฮโดรเจนและแรงวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเป็นปฏิสัมพันธ์สำคัญที่เกิดขึ้นบริเวณเร่งของเอนไซม์ และเพียงพอที่จะขัดขวางไม่ให้ซับสเตรตที่แท้จริง เช่น มอลโทส เข้าจับและผ่านกระบวนการเร่งปฏิกิริยาได้ตามปกติ การศึกษาทาง molecular docking และ IGM (Independent Gradient Model) จากงานของ He et al., (2019) ช่วยสนับสนุนผลการศึกษานี้ได้อย่างดี โดยพบว่าฟลาโวนอยด์อะโกลโคน ที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลมาก เช่น เคอควิทิน (ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลถึง 5 ตำแหน่ง) โดยเฉพาะในบริเวณวงแหวน B จะสามารถจับกับกรดอะมิโนบริเวณเร่งของเอนไซม์ เช่น Asp215, Tyr72 และ Arg442 ได้มั่นคงยิ่งขึ้น ปฏิสัมพันธ์นี้มีลักษณะของ Competitive

inhibition กล่าวคือ ฟลาโวนอยด์สามารถเลียนแบบโครงสร้างของซับสเตรต และเข้าไปยึดครองบริเวณเร่งก่อนที่ซับสเตรตจริงจะเข้าจับ ส่งผลให้เกิดการยับยั้งอย่างเฉพาะเจาะจง สำหรับฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ แม้จะมีความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนและแรงวนเดอร์วาลส์เช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า จึงเกิด steric hindrance ที่ขัดขวางการเข้าถึงบริเวณเร่งของเอนไซม์ได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม แม้ฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์จากชา ใบกัญชาที่สกัดด้วยน้ำจะมีค่า IC_{50} สูงกว่าสารมาตรฐานอย่างอะคาโบส แต่ก็ยังแสดงศักยภาพในการยับยั้งเอนไซม์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งสนับสนุนกลไกที่ว่า การยับยั้งเอนไซม์ในงานวิจัยนี้เกิดขึ้นที่บริเวณเร่งจริง ผ่านปฏิสัมพันธ์ระดับโมเลกุลที่มีความเฉพาะเจาะจง เพียงพอ และเสถียรในระดับหนึ่ง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อปริมาณและประสิทธิภาพของฟลาโวนอยด์จากใบกัญชาอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสสามารถสกัดฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ได้ในปริมาณสูงสุด และแสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ดี แม้ว่าฤทธิ์ของฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้จะยังน้อยกว่าอะคาโบสซึ่งเป็นสารควบคุมมาตรฐาน แต่ผลที่ได้สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพในการนำสารสกัดจากธรรมชาติไปใช้ในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และสนับสนุนแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพร เช่น ชากัญชาเพื่อสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากใบกัญชาเพื่อช่วยลดความเสี่ยงของโรคเบาหวาน อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนและรอบด้านยิ่งขึ้น ควรมีการศึกษาต่อยอดเกี่ยวกับชีวประสิทธิผล (Bioavailability) ความเสถียรของสารในระบบย่อย

อาหาร รวมถึงประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์จริงในร่างกาย (in vivo) ผ่านการทดลองในสัตว์หรือในมนุษย์ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ทางคลินิกและการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร ที่อำนวยความสะดวกในการใช้อาคารสถานที่และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์สำหรับงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณงบประมาณสนับสนุนงานวิจัยนี้ ซึ่งได้รับจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) ประจำปีงบประมาณ 2566

References

- Bao, Y., Liu, H., Yang, J., Gupta, V. K., & Jiang, Y. (2018). New insights on bioactivities and biosynthesis of flavonoid glycosides. *Trends in Food Science & Technology*, 79, 116-124. doi: [10.1016/j.tifs.2018.07.006](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.006)
- Bautista, J. L., Yu, S., & Tian, L. (2021). Flavonoids in *Cannabis sativa*: Biosynthesis, bioactivities, and biotechnology. *ACS Omega*, 6(8), 5119-5123. doi: [10.1021/acsomega.1c00318](https://doi.org/10.1021/acsomega.1c00318)
- Chang, C., Yang, M., Wen, H. & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food Drug Analysis*, 10, 178-182. doi.org/10.38212/2224-6614.2748
- Dirir, A. M., Daou, M., Yousef, A. F., & Yousef, L. F. (2022). A review of alpha-glucosidase inhibitors from plants as potential candidates for the treatment of type-2 diabetes. *Phytochemistry Reviews*, 21(4), 1049-1079. doi: [10.1007/s11101-021-09773-1](https://doi.org/10.1007/s11101-021-09773-1)
- He, C., Liu, X., Jiang, Z., Geng, S., Ma, H., & Liu, B. (2019). Interaction mechanism of flavonoids and α -glucosidase: Experimental and molecular modelling studies. *Foods*, 8(9), 355. doi.org/10.3390/foods 8090355
- Jain, N., & Ramawat, K. G. (2013). Nutraceuticals and Antioxidants in Prevention of Diseases. In: Ramawat, K.G., & Mérillon, JM. (eds) *Natural Products* (pp.2559-2580). Berlin, Germany: Springer.
- Lajoie, L., Fabiano-Tixier, A.-S., & Chemat, F. (2022). Water as green solvent: Methods of solubilisation and extraction of natural products -past, present and future solutions. *Pharmaceuticals*, 15(12), 1507. doi.org/10.3390/ph15121507
- Lertdetkajorn, K. (2022). *The latest statistics on type 2 diabetes in Thailand*. Accessed January 3, 2025. Retrieved from <https://www.healthdeliver.asia/blog/the-latest-statistics-on-type-2-diabetes-in-thailand>
- Liau, B.C., Ponnusamy, V. K., Lee, M.-R., Jong, T.-T., & Chen, J.-H. (2017). Development of pressurized hot water extraction for five flavonoid glycosides from defatted *Camellia oleifera* seeds (byproducts). *Industrial Crops and Products*, 95, 296-304. doi: [10.1016/j.indcrop.2016.10.034](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.034)
- Lowe, H., Steele, B., Bryant, J., Toyang, N., & Ngwa, W. (2021). Non-cannabinoid metabolites of *Cannabis sativa* L. with therapeutic potential. *Plants*, 10(2), 400. doi: [10.3390/plants10020400](https://doi.org/10.3390/plants10020400)
- Miller, N., & Joubert, E. (2022). Critical Assessment of In Vitro screening of α -Glucosidase inhibitors from plants with acarbose as a reference standard. *Planta medica*, 88(12), 1078-1091. doi.org/10.1055/a-1557-7379
- Nithiprapawat, P., Therawiwat, M., Vatanasomboon, P., & Iamee, N. (2021). The Promotion Program for Food Consumption to Control Blood Sugar Levels Emphasizing Thai Herbal Food in Patients with Type 2 Diabetes. *Journal of Thai Traditional and Alternative Medicine*, 19(1), 74-86.
- Niyomdech, S., & Niyomdech, M. (2022). Phytochemical screening and antioxidant activities of cannabis. *Journal of Academic for Public and Private Management*, 4(2), 155-166. (in Thai)
- Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The freeze-drying of foods: The characteristic of the process course and the effect of its parameters on the physical properties of food materials. *Foods*, 9(10), 1488. doi.org/10.3390/foods9101488
- Pandey, M., Verma, R. K., & Saraf, S. A. (2010). Nutraceuticals: new era of medicine and health. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 3(1), 11-15.
- Pannico, A., Kyriacou, M. C., El-Nakhel, C., Graziani, G., Carillo, P., Corrado, G., Ritieni, A., Roupheal, Y., & De Pascale, S. (2022). Hemp microgreens as an innovative functional food: Variation in the organic acids, amino acids, polyphenols, and cannabinoids composition of six hemp cultivars. *Food Research International*, 161, 111863. doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111863
- Pantong, W., Somsap, O., & Sujiwattanasat, P. (2024). Inhibitory effects of stink bean (*Parkia speciosa*) extracts against α -amylase and α -glucosidase activity. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 16(3), 301-315. (in Thai)
- Parwata, A., Manuaba, P., & Yasa, S. (2018). The potency of flavonoid compounds in water extract *Gyrinops versteegii* leaves as natural antioxidants sources.

- Biomedicine & Pharmacotherapy Journal*, 11(3). 1501-1511. doi.org/10.13005/bpj/1517
- Phan, M. A. T., Wang, J., Tang, J., Lee, Y. Z., & Ng, K. (2013). Evaluation of α -glucosidase inhibition potential of some flavonoids from *Epimedium brevicornum*. *LWT - Food Science and Technology*, 53(2), 492-498. doi: 10.1016/j.lwt.2013.04.002
- Proença, C., Freitas, M., Ribeiro, D., Oliveira, E. F. T., Sousa, J. L. C., Tomé, S. M., Ramos, M. J., & Fernandes, P. A. (2017). Flavonoids as potential therapeutic agents for type 2 diabetes mellitus: A structure–activity relationship study. *Journal of Medicinal Chemistry*, 60(19), 8736-8751. doi.org/10.1021/acs.jmedchem.7b00685
- Rucksakaew, K., Damsud, T., & Chankaew, W. (2020). Flavonoid effects of water extraction on total flavonoid content and biological activities between natural and cultured *Wolffia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas. *Princess of Naradhiwas Journal*, 12(1). 150-162. (in Thai)
- Rucksakaew, K., Damsud, T., & Chankaew, W. (2019). Effects of water extraction on total flavonoid content and biological activities between natural and cultured *Wolffia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 11(2), 150-162.
- Sennikova, V. V., Zalaltdinova, A. V., Sadykova, Y. M., Khamatgalimov, A. R., Gazizov, A. S., Voloshina, A. D., Lyubina, A. P., Amerhanova, S. K., Voronina, J. K., Chugunova, E. A., Appazov, N. O., Burilov, A. R., & Pudovik, M. A. (2022). Diastereoselective synthesis of novel spiro-phosphacoumarins and evaluation of their anti-cancer activity. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(22), 14348.
- Suriyaphan, O., Tangsathitkulchai, K., Chewchinda, S., Lomarat, P., & Sato, V. H. (2023). Antioxidant activity and α -glucosidase inhibitory activity of *Mesona chinensis* aqueous extract. *Burapha Science Journal*, 28(3), 1766-1782. (in Thai)
- Thiantongin, P., Thammaporn, C., & Chaweerak, S. (2020). Alpha-glucosidase inhibitory and antioxidant activities of Thai herbal recipes for anti-diabetes. *Udon Thani Rajabhat University Journal of Science and Technology*, 8(1), 1-17. (in Thai)
- Wongsa, P., Chaiwarit, J., & Zamaludien, A. (2012). In vitro screening of phenolic compounds, potential inhibition against α -amylase and α -glucosidase of culinary herbs in Thailand. *Food Chemistry*, 131(3), 964-971. doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.088
- Yimsaard, P., Lancaster, K. E., & Sohn, A. H. (2023). Potential impact of Thailand's cannabis policy on the health of young adults: current status and future landscape. *The Lancet Regional Health. Southeast Asia*, 10, 100145. doi: 10.1016/j.lansea.2023.100145
- Zimmet, P., Alberti, K. G. M. M., & Shaw, J. (2001). Global and societal implications of diabetes epidemic. *Nature*, 414(6865), 782-787. doi: 10.1038/414782a

Research article

Effect of Water Extraction Temperature on the Efficiency of α -Glucosidase Inhibition by Flavonoids from Dried Cannabis Leaves

Krongsakda Phakthanakanok^{1*} Rapeepan Kongtoom¹ Rinrampai Puttipan² and Sirichada Plengphanich³

¹ Faculty of Science and Technology, Muban Chombueng Rajabhat University, Chombueng, Ratchaburi, 70150, Thailand

² College of Muaythai Study and Thai Traditional Medicine, Muban Chombueng Rajabhat University, Chombueng, Ratchaburi, 70150, Thailand

³ Department of Thai Traditional and Alternative Medicine, Mueng Nonthaburi, 11000, Thailand

ARTICLE INFO

Article history

Received: 24 January 2025

Revised: 3 June 2025

Accepted: 26 June 2025

Online published: 29 June 2025

Keyword

Cannabis

Enzyme inhibitors

Flavonoids

α -glucosidase enzyme

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the α -glucosidase inhibitory activity of flavonoids extracted with water from dried cannabis leaves. Flavonoid extraction was performed using water at 40°C, 80°C, and 100°C. The flavonoid content was analyzed using the Aluminum Chloride Colorimetric Assay, while α -glucosidase inhibitory activity was assessed using the Dinitrosalicylic Acid (DNS) Assay. The results indicated that extraction at 100°C yielded the highest flavonoid content (1.12 mg QE/g extract). The extracted flavonoids were identified as water-soluble flavonoid glycosides that demonstrated significant α -glucosidase inhibitory potential. The IC₅₀ value of the flavonoid extract was determined to be 97.36 μ g/mL, compared to 14.81 μ g/mL for acarbose. The results confirmed that higher water temperatures significantly enhance the dissolution and release of flavonoids. This study highlights the potential of developing cannabis leaf tea products to help reduce blood sugar levels, which could be beneficial for managing type 2 diabetes. Furthermore, the findings support the sustainable use of medicinal plants in traditional and alternative Thai medicine.

*Corresponding author

E-mail address: krongsakda@gmail.com (K. Phakthanakanok)

Online print: 29 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.16>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การเสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารไก่ฟักพันธุ์ต่อประสิทธิภาพทางการสืบพันธุ์ และการเก็บรักษาน้ำเชื้อแบบแช่เย็น

พัชรา ธนานุรักษ์^{1*} ศศิณัฐา ถนอมวงศ์วัฒน์¹ ปาจริย์ โทตะกุล¹ พิริยาภรณ์ สังขปรีชา¹ เจริญฤทธิ์ ศิริประเสริฐ¹ สุจิรา พึ่งเจริญ¹ ธีรภัทร แก้วกัณหา¹ และณภัช ช่วยชูหนู²

¹ สาขาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12130 ประเทศไทย

² คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 3 กันยายน 2567

แก้ไข: 8 พฤษภาคม 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 26 พฤษภาคม 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 29 มิถุนายน 2568

คำสำคัญ

เยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขาม

คุณภาพน้ำเชื้อ

การเก็บรักษา

ไก่

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อไก่ฟักพันธุ์ โดยนำเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามมาทำการสกัดด้วยวิธีสกัดด้วยน้ำร้อน จากนั้นนำไปศึกษาปริมาณฟีนอลและปริมาณฟีนอลทั้งหมดที่ 7435.08 mg/g DM และ 503.95 mg/g DM และศึกษาการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธี radical scavenging capacity assay, ferric reducing (FRAP) assay (3538.56 μ M FeSO₄/ml), 2,2-di-phenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (85.70 เปอร์เซ็นต์) และ Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) (69.81 เปอร์เซ็นต์) พบว่าเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามมีการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สูง และนำไปเป็นส่วนผสมในอาหารไก่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomize Complete Block Design (RCBD) ทำการศึกษาโดยใช้ฟักพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทย จำนวน 24 ตัว อายุเฉลี่ย 1-1.5 ปี โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ที่มีการเสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหาร ที่ระดับ 0 0.3 0.6 และ 0.9 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ทำการรีดเก็บน้ำเชื้อสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ และทำการเก็บรักษาน้ำเชื้อไก่ฟักพันธุ์ที่อุณหภูมิ 5 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 12 และ 24 ชั่วโมง และประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ อัตราการเคลื่อนที่ทั้งหมด อัตราการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า และอัตราการรอดชีวิต ผลการศึกษาพบว่า การเสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามที่ 0.6 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร มีอัตราการเคลื่อนที่ทั้งหมด อัตราการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า และอัตราการรอดชีวิตของน้ำเชื้อไก่ฟักพันธุ์ทำการเก็บรักษาน้ำเชื้อที่อุณหภูมิ 5 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 12 และ 24 ชั่วโมง สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ($p < 0.05$) การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารระดับ 0.6 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร สามารถเพิ่มคุณภาพน้ำเชื้อสดทั้งด้านการเคลื่อนที่และอัตราการรอดชีวิต ให้เหมาะสมต่อการนำไปเก็บรักษาหรือการผสมเทียมได้

บทนำ

การผสมเทียมไก่เป็นเทคโนโลยีการสืบพันธุ์ที่เกษตรกรสามารถเข้าถึงได้ เนื่องจากมีขั้นตอนและวิธีการที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าในสัตว์ชนิดอื่น โดยเกษตรกรสามารถใช้เทคโนโลยีการผสมเทียมเพื่อการผลิตลูกไก่ หรือการคัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์ ซึ่งการผสมเทียมทำให้ทราบประวัติลูกหลานที่ชัดเจน เพิ่มการใช้งานฟักพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดจำนวนการเลี้ยงฟักพันธุ์ ลดการเคลื่อนย้ายฟักพันธุ์ หรือใช้ในการแก้ไขปัญหาฟักพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ หรือพิการได้ ปัจจุบันที่มีผลต่ออัตราการผสมติดนั้นมีหลายปัจจัย เช่น อายุ น้ำหนักตัว ความสมบูรณ์พันธุ์ พันธุ์กรรม ปัจจัยทางด้านอาหาร ปัจจัยด้านการจัดการสภาพแวดล้อมในโรงเรือน และปัจจัยที่สำคัญอย่างมากต่ออัตราการผสมติดของฟักไก่ คือ น้ำเชื้อของไก่ฟักพันธุ์ ในด้านของคุณภาพของน้ำเชื้อสดและความทนทานต่อความเย็นขณะทำการเก็บรักษาที่สามารถส่งผลเสียต่อลักษณะของอสุจิเนื่องจากบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์อสุจิได้รับความเสียหาย

น้ำเชื้อแช่เย็น (cool semen) เป็นน้ำเชื้อที่เก็บรักษาที่ความเย็น 5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการเก็บรักษาน้ำเชื้อที่สามารถนำมาใช้งานในระดับฟาร์มเกษตรกรได้เพื่อการผสมพันธุ์ไก่ พบว่าสามารถเก็บได้ 6-24 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำเชื้อเบื้องต้น ระยะเวลาการเก็บ และระดับความเสียหายของอสุจิระหว่างการเก็บที่เกิดจากขบวนการเมตาบอลิซึมของตัวอสุจิ โดยความเสียหายหลักเกิดกับเยื่อหุ้มเซลล์อสุจิที่มีการดื้อไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Lipid peroxidation) จากกลุ่ม Reactive Oxygen Species (ROS) แม้ว่าในร่างกายสัตว์จะมีระบบการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน รวมถึงลดความเป็นพิษของสารประกอบเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระดับหนึ่ง (Bréque et al., 2003) แต่การเลี้ยงไก่แบบเชิงกรงภายใต้สภาวะโรงเรือนระบบเปิดของประเทศไทยที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงตลอดทั้งปีส่งผลกระทบต่อตัวสัตว์ได้โดยตรงจากความเครียดจากความร้อน (Heat stress) (Boonkum et al. 2021; Loengbudnark et al, 2023) ก่อให้เกิดความผิดปกติในการสร้างอสุจิและลดการผลิตเทสโทสเตอโรน (Chen et al., 2015) จากการศึกษาของสารอนุมูลอิสระในร่างกายที่เพิ่มขึ้นทำให้สัตว์ต้องการ

*Corresponding author

E-mail address: pachara_th@rmutt.ac.th (P. Thananurak)

Online print: 29 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.17>

สารต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น ในกรณีที่สารต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกายไม่เพียงพออาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่จะถูกนำมาเก็บรักษา รวมถึงในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาน้ำเชื้อที่ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นองค์ประกอบในน้ำกามอาจไม่เพียงพอจึงอาจเป็นผลเสียต่ออายุการเก็บรักษาน้ำเชื้อได้

ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการเพิ่มประสิทธิภาพในน้ำเชื้อไก่พ่อพันธุ์เพื่อเพิ่มอัตราการผสมติดในฝูงไก่ (Thananurak et al., 2019; Chuaychu-noo et al., 2021) การเลี้ยงไก่พ่อพันธุ์ เพื่อให้มีประสิทธิภาพด้านการสืบพันธุ์ที่ดีนั้น จำเป็นต้องมีอาหารที่มีคุณภาพตามความต้องการของพ่อพันธุ์ การเลือกใช้เห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขาม (Tamarind seed husk) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์ เห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขามนั้นพบสารออกฤทธิ์ที่สำคัญหลายชนิด เช่น polyphenol, flavonoids, ascorbic acid และ tocopherol (Thanomwongwatana, 2018) ซึ่งสารเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ กำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมัน ลดการเกิดปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (ROS) เสริมฤทธิ์ในการรักษาเนื้อเยื่อต่าง ๆ ช่วยในการเจริญพันธุ์ เพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ ความสมบูรณ์ของอสุจิ และชะลอการแก่ตายของเซลล์อสุจิอีกด้วย (Ly et al., 2015; ilberstein et al., 2016; Fouad et al., 2020; Ros-Santaella & Pintus, 2021) แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในเห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขามที่อาจจะเป็นวิธีการหนึ่งในการลดผลกระทบของความเครียดจากสิ่งแวดล้อมต่อความสมบูรณ์พันธุ์ของไก่พ่อพันธุ์ร่วมกับการปกป้องไม่ให้เกิดความเสียหายของอสุจิระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในเวลาเดียวกัน

อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีรายงานการพบสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขาม แต่มีรายงานการศึกษาระดับสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ในเห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขามค่อนข้างน้อย และยังไม่มีการศึกษาวิจัยใด ๆ เกี่ยวกับการการใช้เห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารต่อประสิทธิภาพทางการสืบพันธุ์และการเก็บรักษาน้ำเชื้อแบบแช่เย็นของไก่พื้นเมือง การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขาม และคุณภาพของน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์ไก่พื้นเมืองภายหลังได้รับการเสริมเห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารที่นำไปเก็บรักษาแบบแช่เย็น

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สัตว์ทดลอง

ทำการศึกษาโดยใช้พ่อพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยประดู่หางดำ อายุเฉลี่ย 1 ปี จำนวน 24 ตัว แยกเลี้ยงขังกรงเดี่ยว และได้รับอาหารประมาณ 130 กรัม/ตัว/วัน ทำการถ่ายพยาธิภายใน ตัดขนรอบทวาร และทำการทดสอบอัตราการผสมติด ซึ่งวิธีการศึกษาทั้งหมดได้รับอนุญาตการใช้สัตว์ทดลองเลขที่ RMUTT.AGR.2021.R001 (คณะกรรมการแพทยุทธนาการ, มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

การสกัดสารจากเห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขามและการทดสอบฤทธิ์ต่อต้านสารอนุมูลอิสระ

นำผงเห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขาม สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ และทำการระเหยเอทานอลด้วยเครื่องกลั่นแยกสาร (Rotary evaporator) จากนั้นนำสารสกัดเห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขาม ไปทำการทดสอบฤทธิ์ต่อต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี Total Phenolic Content (TPC), Total Flavonoid Content (TFC), Radical Scavenging Capacity Assay, Ferric Reducing Assay (FRAP) 2,2-Di-phenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง และนำมาวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\pm$ SD)

การให้อาหารทดลอง

ทำการผสมเห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขามที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมในอาหาร ที่ระดับ 0 0.3 0.6 และ 0.9 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ลงในอาหารไก่ชนิดผงทางการค้าที่โปรตีน 17 เปอร์เซ็นต์ ทำการสุ่มแบ่งพ่อพันธุ์ไก่กลุ่มละ 6 ตัว โดยพ่อพันธุ์ไก่แต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารมีการเสริมเห็ดห่มเปลือกเมล็ดมะขาม ในปริมาณวันละ 130 กรัม/ตัว/วัน เป็นเวลา 14 วัน ก่อนทำการรีดน้ำเชื้อ ซึ่งต้องทำการรีดน้ำเชื้อทั้ง 2 ครั้งก่อนเริ่มเก็บข้อมูล

การรีดน้ำเชื้อ

ดำเนินการรีดเก็บน้ำเชื้อ โดยคนหนึ่งเป็นผู้จับไก่อีกคนหนึ่งเป็นผู้รีด มีการตัดขนและทำความสะอาดบริเวณ Cloaca การกระตุ้นก่อนการรีด กระทำโดยการลูบหลังพ่อพันธุ์ด้วยฝ่ามือ เมื่อลูบถึงโคนหางพ่อพันธุ์จะมีการตอบสนอง โดยการกระดกหางขึ้นและมีอาการเกร็งที่ขา รีดกับน้ำเชื้อโดยใช้นิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้กดเข้าไปทั้งสองข้างของ Cloaca คือบริเวณที่นุ่มของฐานกระดูกทันทีก่อนใช้แรงบีบพอประมาณน้ำเชื้อจะพุ่งหรือไหลออกมา รองรับน้ำเชื้อด้วยหลอดขนาด 1.5 มิลลิลิตร การรีดเก็บน้ำเชื้อไก่พ่อพันธุ์ควรต้องระวังไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของมูลไก่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส น้ำเชื้อจะถูกตรวจประเมินคุณภาพเบื้องต้นก่อนทำศึกษา โดยน้ำเชื้อที่สามารถนำไปใช้ทำการศึกษาได้นั้นจะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้ ปริมาตร 0.2-0.6 มิลลิลิตร ความเข้มข้น $\geq 3 \times 10^9$ เซลล์อสุจิ/มิลลิลิตร และอัตราการเคลื่อนไหว ≥ 80 เปอร์เซ็นต์ (Kheawkanha et al. 2023)

การเตรียมน้ำยาเจือจางน้ำเชื้อและการเจือจางน้ำเชื้อ

การเตรียมน้ำยาเจือจางน้ำเชื้อสูตร BHSV ใช้แมกนีเซียม อะซิเตส (Magnesium acetate tetrahydrate, sigma; M5661) 0.7 กรัม , โซเดียมกลูตาเมต (L-Glutamic acid monosodium salt hydrate, sigma; G5889) 28.5 กรัม กลูโคส (glucose, sigma; G8270) 5 กรัม อินโนซิ ทอล (myo-Inositol, sigma; I7508) 2.5 กรัม และ โพแทสเซียมอะซิเตส (potassium acetate, sigma; 60035) 5 กรัม เติมน้ำกลั่นชนิด double-distilled ปรับให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (Schramm, 1991) (pH 7.1 และค่าแรงดันสารละลาย (Osmotic pressure; O.P.) 395 mOsm/kg) เจือจางน้ำเชื้อในอัตราส่วน 1 : 4 (น้ำเชื้อ:น้ำยาเจือจาง; v/v) ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างน้ำเชื้อไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชื้อต่อไป

การประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ

การเคลื่อนที่ของอสุจิ

ประเมินการเคลื่อนที่ของอสุจิด้วยเครื่อง computer-assisted sperm analyser (CASA) รุ่น 10.0D HTM-VOS (Hamilton-Thorne Bioscience, Beverly, MA, USA) นำตัวอย่างน้ำเชื้อเจือจางในน้ำยาเชื้อจากสูตร BHSV ในอัตราเจือจาง 1:15 (น้ำเชื้อ:น้ำยาเจือจาง) หยดตัวอย่างน้ำเชื้อลงบนแผ่นสไลด์ CASA และปิดด้วย cover glass โหลดลงบน Dual slide sperm analysis ปรับอุณหภูมิสไลด์ที่ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการประเมินเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ (Total Motile; MOT)

อัตราการมีชีวิตของอสุจิ

การประเมินอัตราการมีชีวิตด้วยการย้อมสี SYBR-14 ร่วมกับ Propidium iodide (PI) (Live/dead® sperm viability kit, L7011, Invitrogen; USA) โดยนำตัวอย่างน้ำเชื้อปริมาตร 150 ไมโครลิตร มีจำนวนอสุจิประมาณ 1.5×10^8 เซลล์ เติมน้ำ SYBR-14 ปริมาตร 5 ไมโครลิตร บ่ม 10 นาที และเติม Propidium iodide 5 ไมโครลิตร บ่ม 5 นาที และทำการ fixed cell ด้วย formaldehyde ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 15 ไมโครลิตร จากนั้นทำการประเมินได้กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนซ์ (Fluorescence microscope; Inverted Microscope with Micromanipulator Olympus IX71) ที่กำลังขยาย

400 เท่า โดยตัวอสุจิที่รอดชีวิตจะติดสีเขียวของสี SYBR-14 และตัวอสุจิที่ตายจะติดสีแดงของสี PI (Partyka et al., 2012)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินคุณภาพน้ำเชื้อสด มาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยกำหนดให้พ่อพันธุ์ไก่อายตัวที่ถูกรีดเก็บน้ำเชื้อในการศึกษาเป็น block และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละพหุคูณด้วยวิธี Duncan's new multiple rang test (SAS, 1997)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ศึกษาการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขาม

จากการศึกษาการสารประกอบฟีนอลรวมทั้งหมดของเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขาม พบว่าเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามมีปริมาณฟีนอลรวมทั้งหมด 7435.08 mg/g DM ในส่วนของปริมาณ flavonoids ทั้งหมด พบว่าเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามมีปริมาณทั้งหมด 503.95 mg/g DM (ดังแสดงใน Table 1)

Table 1 Phenolic content (TPC) and antioxidant activity by 2,2-Di-phenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity assay, ferric reducing (FRAP) assay, Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay, and Reducing power (RP) assay methods in tamarind (*Tamarindus indica*) seed husk. Values are the mean of three replicates $\pm$ standard deviation

Assay	TSH
TPC (mg/g DM)	7435.08 $\pm$ 48.56
TFC (mg/g DM)	503.95 $\pm$ 39.7
FRAP (μ M FeSO ₄ /ml)	3538.56 $\pm$ 92.66
DPPH (% inhibition)	85.7 $\pm$ 3.33
TEAC (% inhibition)	69.81 $\pm$ 1.1

TSH; Tamarind (*Tamarindus indica*) seed husk, TPC; Total phenolic content, TFC; Total flavonoid content, FRAP; radical scavenging capacity assay, ferric reducing (FRAP) assay, DPPH; 2,2-di-phenyl-1-picrylhydrazyl, TEAC; Trolox equivalent antioxidant capacity.

สารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามเป็นแหล่งของสารแอนติออกซิเดนท์ (antioxidant) จากธรรมชาติที่มีศักยภาพสูงถึงแม้จะผ่านการใช้ความร้อนมาแล้วก็ยังคงมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันอยู่ (Suksomtip & Pongsamart, 2008) เมื่อศึกษาถึงการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขาม ด้วยวิธี Radical scavenging capacity assay ferric reducing assay พบว่าเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามเกิดปฏิกิริยา FRAP ที่ปริมาณ 3538.56 μ M FeSO₄/ml เมื่อศึกษาถึงปฏิกิริยาการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTH พบว่าเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามออกฤทธิ์ดังกล่าวที่ 85.70 และ 69.81 ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ส่วนใหญ่เป็นสารที่ประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น tocopherol (-)-epicatechin และ gallic acid รวมทั้งสาร flavonoids (Ramamoorthy & Bono, 2007) สารเหล่านี้มีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ (Radical scavenging) โดยเป็นตัวให้อิเล็กตรอนหรือลดอนุมูลอิสระและกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอคทีฟของอนุมูลอิสระในกลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก (Reductive Oxygen Species) ซึ่งโดยปกติมีโมเลกุลที่ไม่เสถียรก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาออกซิเดชันให้กลับมาอยู่รูปแบบที่เสถียรหรือสารที่ไม่สามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันได้นอกจากนี้ยัง

ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (Reducing agent) โดยการดักจับกับไอออนโลหะโดยเฉพาะ Fe²⁺ และ Cu²⁺ ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Metal chelation) (Sánchez-Moreno et al., 1999) เป็นผลให้ชะลอหรือหยุดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเซลล์

ผลของการเสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารไก่พ่อพันธุ์ต่อประสิทธิภาพทางสารสืบพันธุ์และการเก็บรักษาน้ำเชื้อแบบแช่เย็น

อาหารสัตว์เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการผลิตสัตว์ คิดเป็นต้นทุน 60-80 เปอร์เซ็นต์ ของการผลิตสัตว์ นักอาหารสัตว์จึงให้ความสำคัญในเรื่องของโภชนาการต่าง ๆ ในสูตรอาหาร โดยต้องการคุณภาพ ความสมดุลของโภชนาการที่ตรงตามความต้องการของสัตว์ เพื่อให้การผลิตสัตว์มีประสิทธิภาพสูงสุดในการสร้างผลผลิตของสัตว์ ไม่มีผลตกค้างของสารพิษในสัตว์ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และลดต้นทุนการผลิตสัตว์ ในการผลิตอาหารสัตว์นอกจากต้องประกอบด้วยสารที่ให้โภชนาการ ยังประกอบด้วยสารเสริม (Feed additive) หลายชนิดที่มีจุดประสงค์แตกต่างกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เช่น สารเพิ่มความหวาน สารเพิ่มสี สารเพิ่มกลิ่น และสารแอนติออกซิเดนท์ Sittikijyothin & Cherdwongcharoensuk (2011) รายงานว่าเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงเทียบเท่าสารสกัดจากผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากต่างประเทศ โดยในเปลือกหุ้ม

เมล็ดมะขามเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มฟีนอล (Phenolic compounds) ที่บ่งชี้ว่าสารสกัดเมล็ดมะขามมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Sandesh et al., 2014) และมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ (Tril et al., 2014) และสามารถนำมาเลี้ยงสัตว์ได้ จากงานทดลองนี้ได้มีการศึกษาผลของการเสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารสำหรับการเลี้ยงไก่ฟองพันธุ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการสืบพันธุ์ พบว่าผลของการเสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อไก่ฟองพันธุ์ที่ระดับ 0.3 0.6 และ 0.9 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร พบว่ากลุ่มที่เสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหาร 0.6 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร มีอัตราการเคลื่อนที่รวม และอุณหภูมิในการเก็บรักษาน้ำเชื้อไก่ก่อนการผสมเทียมที่อุณหภูมิ 5 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่งผลต่ออัตราการเคลื่อนที่รวม อัตราการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า และอัตราการ

รอดชีวิตสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ฟองพันธุ์ที่ได้รับการเสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารระดับ 0.3 0.9 และ 0.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ (ดังแสดงใน Table 2 3 และ 4) ซึ่งคุณภาพน้ำเชื้อที่ได้รับจากฟองพันธุ์ที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0.9 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ภายหลังการเก็บรักษาที่ 5 และ 25 องศาเซลเซียส นั้นเป็นคุณภาพของน้ำเชื้อที่สามารถนำไปใช้ในการผสมเทียมได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการผสมติด Donoghue & Wishart (2000) แสดงให้เห็นว่าอัตราการเคลื่อนที่ของสเปิร์มที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพที่สำคัญที่ส่งผลต่อการเดินทางไปยังท่ออสุจิ (sperm storage tubules; SSTs) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการผสมติดที่ประสบความสำเร็จ โดยอัตราการผสมติดจะลดลงเมื่ออัตราการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (Kheawkanha et al., 2023)

Table 2 Total motile spermatozoa (MOT) of cooled semen after storage at 5 °C and 25 °C for 0 h, 12 h, and 24 h (mean±SE)

Temp. control	Hr.	TSH (mg/kg diet)			
		0	0.3	0.6	0.9
5 °C	0	95.31±1.37	95.83±0.46	96.73±0.8	95.89±1.45
	12	81.77±1.83 ^c	87.16±1.44 ^b	89.83±1.1 ^a	87.17±2.06 ^b
	24	68.53±2.31 ^d	83.72±3.14 ^c	88.83±5.49 ^a	86.51±3.17 ^{ab}
25 °C	0	80.73±2.31 ^c	89.75±3.14 ^b	93.61±5.49 ^a	77.12±3.29 ^d
	12	61.42±3.67 ^d	75.08±4.28 ^b	88.99±1.47 ^a	67.32±1.32 ^c
	24	58.53±3.67 ^d	63.72±3.92 ^b	66.55±2.18 ^a	59.62±1.4 ^{bc}

Different letters (a, b) within rows indicate significant differences ($p < 0.05$), MOT (%): percentage of spermatozoa with percentage of motile spermatozoa, Hr: time of semen storage and measurement, TSH; Tamarind (*Tamarindus indica*) seed husk.

Table 3 Progressive motile spermatozoa (PMOT) of cooled semen after storage at 5 °C and 25 °C for 0 h, 12 h, and 24 h (mean±SE)

Temp. control	Hr.	TSH (mg/kg diet)			
		0	0.3	0.6	0.9
5 °C	0	65.27±2.57	64.93±3.78	64.98±2.95	63.95±3.02
	12	59.28±2.45 ^c	64.10±2.67 ^{ab}	66.40±5.54 ^a	61.89±3.25 ^b
	24	48.13±2.34 ^d	57.77±3.67 ^b	64.47±4.22 ^a	54.46±3.68 ^c
25 °C	0	59.93±3.67 ^c	65.41±4.54 ^a	63.37±4.9 ^b	57.38±3.26 ^d
	12	28.73±4.87 ^d	40.01±4.54 ^c	58.62±2.07 ^a	54.40±4.21 ^{ab}
	24	10.66±3.54 ^d	22.86±3.12 ^b	25.01±3.32 ^a	19.97±2.4 ^c

Different letters (a, b) within rows indicate significant differences ($p < 0.05$), MOT (%): percentage of spermatozoa with percentage of motile spermatozoa, Hr: time of semen storage and measurement, TSH; Tamarind (*Tamarindus indica*) seed husk.

Table 4 Sperm viability (VI) of cooled semen after storage at 5 °C and 25 °C for 0 h, 12 h, and 24 h (mean±SE)

Temp. control	Hr.	TSH (mg/kg diet)			
		0	0.3	0.6	0.9
5 °C	0	90.02±2.5	91.32±2.97	90.56±3.11	92.04±4.37
	12	75.23±2.15 ^b	84.75±3.4 ^a	85.94±4.22 ^a	84.15±3.28 ^a
	24	66.74±2.64 ^c	74.32±3.12 ^b	80.36±3.31 ^a	76.37±3.99 ^b
25 °C	0	88.90±2.83 ^{ab}	86.26±3.64 ^b	89.05±3.6 ^a	80.31±4.74 ^c
	12	55.30±5.15 ^d	68.32±4.84 ^b	70.65±3.85 ^a	64.23±4.38 ^c
	24	5.35±5.26 ^d	32.68±3.19 ^b	40.55±5.28 ^a	36.04±4.24 ^b

Different letters (a, b) within rows indicate significant differences ($p < 0.05$), VI (%): sperm viability, Hr: time of semen storage and measurement, TSH; Tamarind (*Tamarindus indica*) seed husk.

จากการศึกษาของ Simões et al. (2013) พบว่าความไวของตัวอสุจิต่อความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันสัมพันธ์กับความสมบูรณ์ของ DNA ของตัวอสุจิ นอกจากนี้ความไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อจำนวนบลาสโตเมอร์ และส่งผลให้

อัตราการผสมติดลดลง นอกจากนี้เยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามยังมีองค์ประกอบของ polymeric tannins (Sinchaiyakit et al., 2011) ที่สามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ด้านจุลินทรีย์ และต้านปรสิตแต่ยังพบว่าสามารถส่งผลกระทบต่อสัตว์ปีกมากกว่าสัตว์

กระเพาะรวมในด้านของการลดความอยากอาหาร อัตราการกินได้ และการดูดซึมของสารอาหารในกรณีที่ได้รับ tannins ในปริมาณสูง (Çalışlar, 2018) ซึ่งการใช้เยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารที่ระดับ 0.9 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาจจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพทางการสืบพันธุ์หรือคุณภาพน้ำเชื้อเนื่องจากไก่พ่อพันธุ์ได้รับปริมาณและสารอาหารที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบเชิงลบต่อไก่พ่อพันธุ์ของการใช้เยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการสืบพันธุ์อาจจะต้องคำนึงถึงระดับการใช้ที่เหมาะสมร่วมกับการเก็บข้อมูลอัตราการกินได้ของไก่พ่อพันธุ์

สรุปผลการวิจัย

การเสริมเยื่อหุ้มเปลือกเมล็ดมะขามในอาหารระดับ 0.6 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร สามารถเพิ่มคุณภาพน้ำเชื้อสดทั้งความเข้มข้นและอัตราการรอดชีวิต ให้เหมาะสมต่อการนำไปเก็บรักษาหรือการผสมเทียมได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ทูสนับสนุนการพัฒนาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 (รหัสโครงการวิจัย FRB66E0213) (รหัสคำรับรอง FRB660012/0168)

References

Boonkum, W., Duangjinda, M., Kananit, S., Chankitisakul, V., & Kenchaiwong, W. (2021). Genetic effect and growth curve parameter estimation under heat stress in slow-growing Thai native chickens. *Veterinary Sciences*, 8(12), 297. doi: 10.3390/vetsci8120297.

Bréque, C., Surai, P., & Brilard, J. -P. (2003). Roles of antioxidants on prolonged storage of avian spermatozoa in vivo and in vitro. *Molecular Reproduction and Development*, 66(3), 314-323. doi: 10.1002/mrd.10347.

Çalışlar, S. (2018). Effects of tannins on poultry nutrition. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Agriculture and Nature*, 21(4), 615-623. doi: 10.18016/ksudobil.359982.

Chen, Z., Zhang, J. R., Zhou, Y. W., Liang, C., & Jiang, Y. Y. (2015). Effect of heat stress on the pituitary and testicular development of Wenchang chicks. *Archives Animal Breeding*, 58(2), 373-378. doi: 10.5194/aab-58-373-2015.

Chuaychu-noo, N., Thananurak, P., Boonkum, W., Vongpralub, T., & Chankitisakul, V. (2021). Effect of organic selenium dietary supplementation on quality and fertility of cryopreserved chicken sperm. *Cryobiology*, 98, 57-62. doi: 10.1016/j.cryobiol.2020.12.008.

Donoghue, A. M., & Wishart, G. J. (2000). Storage of poultry semen. *Animal Reproduction Science*, 62(1-3), 213-232 doi: 10.1016/S0378-4320(00)00160-3.

Fouad, A. M., El-Senousey, H. A. K., Ruan, D., Xia, W., Chen, W., Wang, S., & Zheng C. (2020). Nutritional modulation of fertility in male poultry. *Poultry Science*, 99(11), 5637-5646. doi: 10.1016/j.psj.2020.06.083.

Kheawkanha, T., Chankitisakul, V., Thananurak, P., Pimprasert, M., Boonkum, W., & Vongpralub, T. (2023). Solid storage supplemented with serine of rooster semen enhances higher sperm quality and fertility potential during storage at 5 °C for up to 120 h. *Poultry Science*, 102(6), 102648 doi: 10.1016/j.psj.2023.102648.

Loengbudhark, W., Chankitisakul, V., & Boonkum, W. (2023) The genetic impact of heat stress on the egg production of Thai native chickens (Pradu Hang dum). *PLoS One*, 18(2), e0281328. doi: 10.1371/journal.pone.0281328.

Ly, C. J., Yockell-Lelièvre, Z. M., Ferraro, J. T., Amason, J., Ferrier, J., & Gruslin, A. (2015). The effects of dietary polyphenols on reproductive health and early development. *Human Reproduction Update*, 21(2), 228-248. doi: 10.1093/humupd/dmu058.

Partyka, A., Łukaszewicz, E., & Nizanski, W. (2012). Effect of cryopreservation on sperm parameters, lipid peroxidation and antioxidant enzymes activity in fowl semen. *Theriogenology*, 77(8), 1497-1504. doi: 10.1016/j.theriogenology.2011.11.006.

Ramamoorthy, P. K., & Bono, A. (2007). Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of *morinda citrifolia* fruit extracts from various extraction processes. *Journal of Engineering Science and Technology*, 2(1), 70-80.

Ros-Santaella, J. L., & Pintus, E. (2021). Plant extracts as alternative additives for sperm preservation. *Antioxidants*, 10, 772. doi: 10.3390/antiox10050772.

Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., & Saura-Calixto, F. (1999). Free radical scavenging capacity and inhibition of lipid oxidation of wines, grape juices and related polyphenolic constituents. *Food Research International*, 32(6), 407-412. doi: 10.1016/S0963-9969(99)00097-6.

Sandesh, P., Velu, V., & Singh, R. P. (2014). Antioxidant activities of tamarind (*Tamarindus Indica*) seed coat extracts using in vitro and in vivo models. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1965-1973. doi: 10.1007/s13197-013-1210-9.

SAS. (1997). *SAS/STAT user's guide: Version 6.12*. (4th ed.). Cary, North Carolina, United States: SAS Institute Inc.

- Schramm, G. P. (1991). Suitability of different cryoprotectants for cock semen. *Monatshefte für Veterinärmedizin*, 46, 438-440.
- Silberstein, T., Har-Vardi, I., Harlev, A., Friger, M., Hamou, B., Barac, T., Levitas, E., & Saphier, O. (2016). Antioxidants and polyphenols: concentrations and relation to male infertility and treatment success. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 9140925. doi: 10.1155/2016/9140925
- Simões, R., Feitosa, W. B., Siqueira, A. F. P., Nichi, M., Paula-Lopes, F. F., Marques, M. G., Peres, M. A., Barnabe, V. H., Visintin, J. A., & Assumpção, M. E. O. (2013). Influence of bovine sperm DNA fragmentation and oxidative stress on early embryo in vitro development outcome. *Reproduction*, 146, 433-441. doi: 10.1530/REP-13-0123.
- Sinchaiyakit, P., Ezure, Y., Sriprang, S., Pongbangpho, S., Povichit, N., & Suttajit, M. (2011). Tannins of tamarind seed husk: preparation, structural characterization, and antioxidant activities. *Natural Product Communications*, 6(6), 829-834. doi: 10.1177/1934578X1100600619.
- Sittikijyothin, W., & Cherdwongcharoensuk, D. (2011). Free radical scavenging activity of seed coat extracts of sweet and sour tamarinds. *Burapha Science Journal*, 16(1), 47-55. (in Thai)
- Suksomtip, M., & Pongsamart, S. (2008). Protective effect against oxidation of human low-density lipoprotein and plasmid DNA strand scission of Tamarind seed coat extract in vitro. *Food Science and Technology*, 41(10), 2002-2007. doi: 10.1016/j.lwt.2008.01.018.
- Thananurak, P., Chuaychu-noo, N., Thélie, A., Phasuk, Y., Vongpralub, T., & Blesbois, E. (2019). Sucrose increases the quality and fertilizing ability of cryopreserved chicken sperms in contrast to raffinose. *Poultry Science*, 98(9), 4161-4171. doi: 10.3382/ps/pez196.
- Thanomwongwatana, S. (2018). Application of phenolic extracts from tamarind seed husk to inhibit the formation of antioxidants in animal feeds. *Proceeding of the 1st International conference of food and agriculture* (pp. 222-227). Indonesia: Politeknik Negeri Jember.
- Tril, U., Fernandez-Lopez, J., Alvarez, J. A. P., & Viuda-Martos, M. (2014). Chemical, physicochemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of rich-fiber powder extract obtained from tamarind (*Tamarindus indica* L.). *Industrial Crops and Products*, 55, 155-162. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.01.047.

Research article

Dietary tamarind (*Tamarindus indica*) seed husk supplementation in rooster on reproductive performances and cool storage semen

Pachara Thananurak^{1*} Sasinidtha Thanomwongwatana¹ Pajaree Totakul¹
Piriaporn Sungkhapreecha¹ Tiewnuthai Siripraseart¹ Sujeera Pungcharoen¹
Theerapat Kheawkanha and Napapach Chuaychu-noo²

¹ Division of Animal Science, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi District, Pathum Thani Province, 12130 Thailand

² Faculty of Agricultural, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thung Song District, Nakhon Si Thammarat Province, 80110 Thailand

ARTICLE INFO

Article history

Received: 3 September 2025

Revised: 8 May 2025

Accepted: 26 May 2025

Online published: 29 June 2025

Keyword

Tamarind seed husk

Semen quality

Storage

Chicken

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effects of dietary tamarind seed husk (TSH) supplementation on rooster semen quality. TSH was extracted using a spray dryer. The phenolic and total phenolic contents were analyzed and found to be 7435.08 mg/g DM and 503.95 mg/g DM, respectively. Antioxidant activity was assessed using various assays, including radical scavenging capacity, ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay (3538.56 μ M FeSO₄/ml), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay (85.70%), and Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay (69.81%), indicating that TSH possesses high antioxidant activity. The experiment followed a randomized complete block design (RCBD). Twenty-four Thai native roosters (1–1.5 years old) were divided into four groups. The four treatments included dietary TSH supplementation at 0, 0.3, 0.6, and 0.9 mg/kg. Semen was collected twice per week for six weeks. Different storage temperatures (5 °C and 25 °C) and durations (0, 12, and 24 hours) were used to evaluate semen quality and determine the optimal storage conditions. Semen quality evaluation included motion parameters, progressive motility, and viability. The results indicated that total motility, progressive motility, and the percentage of viable sperm in the 0.6 mg/kg TSH group were significantly higher than in the other groups ($p < 0.05$). These findings suggest that dietary supplementation with 0.6 mg/kg TSH improves the quality of fresh semen, particularly in terms of motion parameters and sperm viability, making it suitable for semen storage or artificial insemination in roosters.

*Corresponding author

E-mail address: pachara_th@rmutt.ac.th (P. Thananurak)

Online print: 29 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.17>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนในการปรับปรุงดินเสื่อมสภาพต่อการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica* Forsk.)

ฐิติพันธ์ สืบประสิทธิ์ อุดมศักดิ์ ผ่องศรี และ จุฬาลักษณ์ ตลับนาค*

หลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ประเทศไทย 10900

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 20 กุมภาพันธ์ 2568

แก้ไข: 6 พฤษภาคม 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 7 พฤษภาคม 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 29 มิถุนายน 2568

คำสำคัญ

ผักบุ้ง

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน

การเจริญเติบโตของพืช

ดินเสื่อมโทรม

บทคัดย่อ

ดินเสื่อมสภาพคือดินที่เสื่อมโทรมหรือไม่มีความอุดมสมบูรณ์ ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินและความหลากหลายทางชีวภาพลดลง ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเป็นที่รู้จักในการปรับปรุงคุณภาพดิน ความอุดมสมบูรณ์ การระบายอากาศ และผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือการศึกษาผลของสัดส่วนปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica*) โดยการศึกษาใช้สัดส่วนของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและดิน 4 อัตรา ได้แก่ 0:10 (ไม่มีปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน) 1:9, 3:7 และ 5:5 ทำการวัดความยาวลำต้น จำนวนใบ จำนวนกิ่ง น้ำหนักราก และน้ำหนักสด ผลการทดลองพบว่าสัดส่วนปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อดินที่อัตรา 5:5 ให้ความยาวลำต้นสูงสุดที่ 19.72 ซม. ร่องลงมาคืออัตรา 3:7, 1:9, และ 0:10 ซึ่งให้ค่าเฉลี่ย 17.42, 12.94 และ 10.47 ซม. ตามลำดับ ในส่วนของจำนวนใบและจำนวนกิ่ง พบว่าอัตราส่วน 5:5 ให้ค่าจำนวนใบและจำนวนกิ่งสูงสุดที่ 32.92 และ 1.92 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ สำหรับน้ำหนักสดและน้ำหนักราก พบว่าน้ำหนักสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 21.29 และ 7.28 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงผลในอัตราส่วน 5:5 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ ดังนั้นการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนสามารถใช้เป็นทางเลือกสำหรับการเลือกใช้ในการบำรุงดินและพืช และยังส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบุ้งได้อีกด้วย

Introduction

Soil is the most important factor for plant production and crop yield. Fertile soils contribute to food security, high yields for farmers and economic development for the countries. Deteriorated soil is degraded soil or unproductive soil which reduced soil fertility, soil biodiversity, soil structure, and local ecosystems. It caused by many factors such as wind and water erosion, deforestation, overgrazing, farming, use of toxic soil pollutants, overexploitation, industrialization, and urbanization (Irawan & Antriandarti, 2020). There was an important effect on agricultural productivity because the parameters of soil fertility such as organic matter, nutrients, and microorganisms in soil have been lost. Soil

fertility is the ability of soil to nourish plant growth and optimize crop yield which supposed to essential plant nutrients uptake and favorable chemical, physical, and biological characteristics for plant growth (Rabot et al., 2018). Thus, macronutrients, micronutrients, and microorganisms in soil were used by plants. It affected to the soil fertility. It is known that vermicompost improves soil property, soil fertility, aeration capacity, and agricultural products (Alwaneen, 2016; Oyege, & Bhaskar, 2023). Vermicompost is a soil amendment and a biocontrol agent (Joshi et al., 2015). Vermicompost contains macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and sulfur), micronutrients (boron, chlorine, copper, iron,

* Corresponding author

E-mail address: chulalak.t@chandra.ac.th. (C. Talubnak)

Online print: 29 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.18>

manganese, molybdenum, and zinc), vitamins, enzymes, antibiotics, hormones, and saprophytic microorganisms to sustain soil fertility and plant growth (Geremu et al., 2020; Erdawati et al., 2021). Vermicompost was retaining the nutrients for a long time, gave a high water-holding capacity and high percentage of humic acids in soil compared to conventional compost (Theunissen et al., 2010; Elissen et al., 2023). Although in drought stress, vermicompost was an effective fertilizer to improve soil properties and nutrient availability for plants yield (Feizabadi et al., 2021). Therefore, the usage of vermicompost to the degraded soil was beneficial because it was increasing the soil organic matter composition, nutrient content, and soil microorganisms (Mahmud et al., 2018). At present, vermicompost has been widely used in the crop fields which produced high crop yields and soil amendment as reported in wheat (Hafez et al., 2021), *Amaranthus* (Uma & Malathi, 2009), tomato and cabbage (Goswami et al., 2017), pineapple (Mahmud et al., 2018), rapeseed (Feizabadi et al., 2021), vegetable crops (Theunissen et al., 2010), strawberry (Zuo et al., 2018), cucumber (Tith et al., 2021) and potato, spinach and turnip (Ansari, 2008). In addition, the use of vermicompost can improve the quality of the plants and save the soil from all the ill effects of pollution. It was noted that the use of vermicompost could slightly reduce heavy metal contamination or chemical residue in soil and agricultural products (Shetinina et al., 2019). Also, the application of vermicompost and drum compost in combination with recommended chemical fertilizer promoted crop growth, yield, product quality, and storage

longevity of tomato and cabbage plants (Goswami et al., 2017). Moreover, it was reported that the use of vermicompost mixed with biochar could be eliminated the detrimental effects of soil salinity and water stress on wheat growth (Hafez et al., 2021). Moreover, the usefulness of vermicompost was not only increased soil amendment and plant growth but also used as an organic pond fertilizer to improve water quality and survival rate of catfish fry (*Clarias* sp.) (Erdawati et al., 2021). Therefore, the objective of this research was to examine the effect of vermicompost ratios on morning glory (*Ipomoea aquatica*) growth such as plant height, leaf number, branch number, fresh weight, and root weight grown in deteriorated soil.

Materials and methods

Pot experiment

In order to evaluate the efficacy of vermicompost ratios on plant growth, morning glory (*Ipomoea aquatica*) was chosen. A pot experiment was conducted in natural condition at Faculty of Agriculture and Life Sciences, Chandrakasem Rajabhat University, Bangkok Thailand. This experiment was conducted in June, 2021. The deteriorated soil or used soil was used in this research and sterilized by one week exposure to sunlight before reusing the soil. The vermicompost was derived from Chai Nat province. The experiment was conducted in completely randomized design (CRD) with four different vermicompost ratios (vermicompost : soil) such 0:10 (no vermicompost), 1:9, 3:7 and 5:5. Four replicates for each treatment and each pot with three morning glory seedlings. Plants were watered every day.

Data collection

For measuring growth and yield parameters, all plants were recorded plant height, leaf number, branch number, root weight and shoot weight. Plant height was

measured every three days after sowing 14 days. Leaf number, branch number, and fresh weight were recorded at harvesting day (4 weeks after germination).

Data analysis

Data were expressed as means $\pm$ standard deviation (SD). All data were statistically analyzed by statistical software. Significant differences among different treatments were carried out via analysis of variance (ANOVA) using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at significance level of 95% ($p < 0.05$).

Results and Discussion

Application of vermicompost ratios to improve deteriorated soil or used soil was significantly presented on morning glory growth. Data in table 1 indicated that four different ratios of vermicompost to soil were gave significantly the growth rate of morning glory when compared to the control (0:10, no vermicompost). The plant height was measured every three days until the harvest. The result was found the highest plant presented in vermicompost ratio 5:5 with 19.72 ± 0.23 cm plant⁻¹ followed by vermicompost ratio 3:7 and 1:9 (17.42 ± 0.38 and 12.94 ± 0.36 cm plant⁻¹ respectively) (Table 1). The branch number and leaf number were in line with plant height. The vermicompost ratio 5:5 showed high significant morning glory growth of leaf and branch number (32.92 ± 3.60 and 1.92 ± 0.17 number plant⁻¹ respectively). Meanwhile, no vermicompost gave the lowest vegetative growth of morning glory (Figure 1A). Regarding the morning glory yield, data in table 2 presented that the shoot weights of morning glory plants tended to increase by increasing dose of vermicompost. The highest shoot weights of morning glory were not significantly affected which obtained by application the vermicompost to soil in 5:5 and 3:7 with 21.29 ± 4.40 and 19.73 ± 3.88 g plant⁻¹, respectively. Also, the root fresh weight was not significantly enhanced by vermicompost to soil in 5:5 and 3:7 with

7.28 ± 1.73 and 7.16 ± 1.49 g plant⁻¹, respectively (Table 2), while control (no vermicompost) treatment gave the lowest in shoot weight (Figure 1B). The result indicated that vermicompost could be used for soil amendment in deteriorated soil or unproductive soil.

As the results, plant growth and yield were significantly affected by applied different ratios of vermicompost to deteriorated soil. Similar results were noted that the vermicompost application could promote tomato plant growth and improve soil fertility (Stepanova et al., 2020). The results were similar to those reported by Barroso et al. (Barroso et al., 2021), who found that a combination of chicken manure and vermicompost improved the growth and productivity of kangkongs. Also the growth of *Amaranthus* plant, the vermicompost had promoted *Amaranthus* growth better than chemical fertilizer in plant height, shoot length, branch number, leaf number, leaf length, seeds number, and root length (Uma & Malathi, 2009). However, vermicompost could be combined with biochar which enhanced soil quality, increased nutrient uptake, and stimulated soil chemical properties. The treated soil was significantly presented soil properties in relative water content, chlorophyll content, stomatal conductance, cytotoxicity, proline content, growth, and yield in wheat crop (Hafez et al., 2021). Vermicompost has positive influence on the soil with high percentage of organic matter and available nitrogen, phosphorous, and potassium of soil (Uma & Malathi, 2009). Moreover, the vermicompost helps to optimize the physical properties of soil and increases the activity of microorganisms in the soil (Stepanova et al., 2020). Soil analysis revealed that vermicompost applied soil had higher organic matter and available nitrogen than chemical fertilizer applied soil. The use of vermicompost to soils increased their microbial biomass and dehydrogenase activity. To ward an increasing plant growth and yields (Uma & Malathi, 2009). In

addition, the application of vermicompost alone could be promoted an excellent plant growth performance and given the low total cost more than treated with chemical fertilizer in produce pineapple plants. It was suggested that the usage of vermicompost as the single source of nutrients was not suitable for sandy loam soil, but could be used as addition to sustain the soil health, soil fertile, and soil structure for agricultural sustainability (Mahmud et al., 2018). Same as the other organic fertilizers, it was reported by Hitinayake et al. (2018), the morning glory

growth and yield were affected by using cattle slurry mixed with compost. There were presented with high fresh weight and dry weight of the leaves. Also onion plant, organic cattle manure gave the highest values of vegetative growth (fresh and dry weight of bulb and leaves, bulb diameter and plant length) (Shedeed et al., 2014). Moreover, organic fertilizers have been an appropriate nutrient supply was major to reach high yields and good taste of tomato fruits (Heeb et al., 2006).

Table 1 Effect of vermicompost ratio on morning glory growth at 28 days

Vermicompost : Soil	Plant height (cm plant ⁻¹)	Branch number plant ⁻¹	Leaf number plant ⁻¹
Control (0:10)	10.47±0.45 ^{dl/}	0.00±0.00 ^c	11.33±1.36 ^d
1 : 9	12.94±0.36 ^c	1.09±0.42 ^b	19.17±1.00 ^c
3 : 7	17.42±0.38 ^b	1.58±0.32 ^a	26.08±2.69 ^b
5 : 5	19.72±0.23 ^a	1.92±0.17 ^a	32.92±3.60 ^a

^{l/}Number is averaged of 4 replications, followed by a letter. Different letter means there is a significant difference at $p<0.05$ by Duncan's Multiple Range Test.

Table 2 Effect of vermicompost ratios on morning glory yield at 28 days

Vermicompost : Soil	Fresh weight (g plant ⁻¹)	
	Shoot	Root
Control (0:10)	3.26±0.69 ^{cl/}	1.23±0.32 ^c
1 : 9	10.66±2.85 ^b	3.53±1.43 ^b
3 : 7	19.73±3.88 ^a	7.16±1.49 ^a
5 : 5	21.29±4.40 ^a	7.28±1.73 ^a

^{l/}Number is averaged of 4 replications, followed by a letter. Different letter means there is a significant difference at $p<0.05$ by Duncan's Multiple Range Test.



Figure 1 Comparison of the vermicompost ratios to deteriorated soil on morning glory plants for 28 days (A) and vegetative growth and root system (B)

Conclusion

From the results, it can be concluded that the application of vermicompost at ratio 5:5 (vermicompost : soil) produced good yield of morning glory (*Ipomoea aquatica*) with highest quality of plant height, leaves number, branch number and fresh weight. It

was a significant difference compared to the other treatments. As a result, vermicompost may be a preferable option for morning glory and other crop cultivation.

Acknowledgements

This work supported by Research Program supported by the Program of Agriculture, Department of Agriculture and Life Science, Chandrakasem Rajabhat University for providing research facilities.

References

- Alwaneen, W. S. (2016). Cow manure composting by microbial treatment for using as potting material: an Overview. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 19(1), 1-10. doi: 10.3923/pjbs.2016.1.10.
- Ansari, A. A. (2008). Effect of vermicompost on the productivity of potato (*Solanum tuberosum*) spinach (*Spinacia oleracea*) and turnip (*Brassica campestris*). *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(3), 333-336.
- Barroso, J. P., Arbutante, D. C. C., Lapates, J. M., & Ejem, L. A. (2021). Soil quality, crop growth, and productivity of *Ipomoea aquatica* Forssk. and *Brassica rapa* L. using different growing media mixtures for square-foot gardening in Malaybalay city, Bukidnon, Philippines. *Asia Pacific Journal of Social and Behavioral Sciences*, 19, 65-79.
- Elissen, H. J. H., van der Weide, R., & Gollenbeek, L. (2023). Effects of vermicompost on plant and soil characteristics – a literature overview. *Wageningen Research Report*, 995, 1-24. doi.org/10.18174/587210.
- Erdawati, Saefurahman, G., Hidayatuloh, S., & Hakimi, M. (2021). The use of vermicompost as an organic pond fertilizer in recirculating aquaculture system: effect on water quality and survival rate of catfish fry (*Clarias* sp.) *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 749, 012002. doi:10.1088/17551315/749/1/012002.
- Feizabadi, A., Noormohammadi, G., & Foad, F. (2021). Changes in growth, physiology, and fatty acid profile of rapeseed cultivars treated with vermicompost under drought stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(1), 200-208. doi.org/10.1007/s42729-020-00353-4.
- Geremu, T., Hailu, H., & Diriba, A. (2020). Evaluation of nutrient content of vermicompost made from different substrates at Mechara Agricultural Research Center on Station, West Hararghe zone, Oromia, Ethiopia. *Ecology and Evolutionary Biology*, 5(4), 125-130. doi: 10.11648/j.eeb.20200504.12.
- Goswami, L., Nath, A., Sutradhar, S., Bhattacharya, S. S., Kalamdhad, A., Vellingiri, K., & Kim, K. H. (2017). Application of drum compost and vermicompost to improve soil health, growth, and yield parameters for tomato and cabbage plants. *Journal of Environmental Management*, 200, 243–252. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.05.073.
- Hafez, E. M., Omara, A. E. D., Alhumaydhi, F. A., & El-Esawi, M. A. (2021). Minimizing hazard impacts of soil salinity and water stress on wheat plants by soil application of vermicompost and biochar. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 587-602. doi.org/10.1111/ppl.13261.
- Heeb, A., Lundegårdh, B., Savage, G., & Ericsson, T. (2006). Impact of organic and inorganic fertilizers on yield, taste, and nutritional quality of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 169(4), 535-541. doi.org/10.1002/jpln.200520553.
- Hitinayake, G., Ratnayake, R., & Gunarathna, C. (2018). Growing bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Kangkong (*Ipomea aquatica*) using natural pesticides and organic fertilizers. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 12(6), 191-200.

- Irawan, S., & Antriyandarti, E. (2020). Physical deterioration of soil and rice productivity in rural Java. In *10th International Conference on Physics and Its Applications (ICOPIA)*, Surakarta: Indonesia.
- Joshi, R., Singh, J., & Vig, A. P. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 14, 137-159. doi: 10.1007/s11157-014-9347-1.
- Mahmud, M., Abdullah, R., & Yaacob, J. S. (2018). Effect of vermicompost amendment on nutritional status of sandy loam soil, growth performance, and yield of pineapple (*Ananas comosus* var. MD2) under field conditions. *Agronomy*, 8(9), 183. doi.org/10.3390/agronomy8090183.
- Oyege, I., & Bhaskar, M. S. B. (2023). Effects of vermicompost on soil and plant health and promoting sustainable agriculture. *Soil Systems*, 7(4), 101. doi.org/10.3390/soilsystems7040101.
- Rabot, E., Wiesmeier, M., Schlüter, S., & Vogel, H.-J. (2018). Soil structure as an indicator of soil functions: A review. *Geoderma*, 314, 122–137. doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.009.
- Shedeed, S. I., EL-Sayed, S. A. A., & Abo Bash, D. M. (2014). Effectiveness of bio-fertilizers with organic matter on the growth, yield and nutrient content of onion (*Allium cepa* L.) plants. *European International Journal of Science and Technology*, 3(9), 115-122.
- Shetinina, E., Shetinina, A., & Potashova, I. (2019). Efficiency of vermicompost production and use in agriculture. *E3S Web of Conferences*, 91, 06006. doi.org/10.1051/e3sconf/20199106006.
- Stepanova, D. I., Grigorev, M. F., Grigoreva, A. I., & Dmitrieva, T. G. (2020). The effect of vermicompost on tomato productivity in the conditions of Yakutia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 548, 022027. doi:10.1088/1755-1315/548/2/022027.
- Theunissen, J., Ndakidemi, P. A., & Laubscher, C. P. (2010). Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of Physical Sciences*, 5(13), 1964-1973.
- Tith, S., Duangkaew, P., Laosuthipong, C., & Monkhung, S. (2021). Vermicompost efficacy in improvement of cucumber (*Cucumis sativus* L.) productivity, soil nutrients, and bacterial population under greenhouse condition. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 27(2), 1-9. doi.org/10.14456/apst.2022.24.
- Uma, B., & Malathi, M. (2009). Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of *Amaranthus* species. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(6), 1054-1060.
- Zuo, Y., Zhang, J., Zhao, R., Dai, H., & Zhang Z. (2018). Application of vermicompost improves strawberry growth and quality through increased photosynthesis rate, free radical scavenging and soil enzymatic activity. *Scientia Horticulturae*, 233, 132-140. doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.023.

Research article

Efficiency of vermicompost in improving deteriorated soil for the growth of Morning Glory (*Ipomoea aquatica* Forsk.)

Thitipan Suebprasit Udomsak Phongsri and Chulalak Talubnak *

Program in Agriculture, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Chandrakasem Rajabhat University, Bangkok, 10900 Thailand

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 20 February 2025

Revised: 6 May 2025

Accepted: 7 May 2025

Online published: 29 June 2025

Keyword

Ipomoea aquatica

Vermicompost

Plant growth

Deteriorated soil

ABSTRACT

Deteriorated soil refers to soil that has been degraded or rendered unproductive, leading to reduced fertility and biodiversity. Vermicompost is known to enhance soil quality, fertility, aeration, and agricultural productivity. Therefore, the objective of this research was to examine the effect of different vermicompost-to-soil ratios on the growth of morning glory (*Ipomoea aquatica*). The study evaluated vermicompost-to-soil ratios of 0:10 (no vermicompost), 1:9, 3:7, and 5:5. Measurements included stem length, number of leaves, number of branches, root weight, and shoot weight. The results showed that the 5:5 vermicompost-to-soil ratio produced the greatest stem length at 19.72 cm, followed by 3:7, 1:9, and 0:10 ratios at 17.42 cm, 12.94 cm, and 10.47 cm, respectively. In terms of the number of leaves and branches, the 5:5 ratio also yielded the highest values, with averages of 32.92 and 1.92, respectively, compared to the other treatments. The highest shoot and root weights were observed at the 5:5 ratio, averaging 21.29 g and 7.28 g, respectively, showing a significant difference compared to the other treatments. Therefore, this study indicates that vermicompost can be used as a biofertilizer to promote the growth of morning glory.

*Corresponding author

E-mail address: chulalak.t@chandra.ac.th. (C. Talubnak)

Online print: 29 June 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.18>



PRAWARUN

AGRICULTURAL JOURNAL

VOL. 22 NO. 1 January - June 2025