



วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

สำหรับวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีที่ 42 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2568

ISSN 2985-0118 (Online)

การแก้ไขปัญหาการจัดการสารเคมีในประเทศไทย

ศรภา ศุภรินทร์ และนนท์ น้าประทานสุข 1-14

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าโภชนาการของผักเหลียง (*Gnetum gnemon* var. *Tenerum*)

จิระศักดิ์ วิชาสวัสดิ์ ณัฏพัฒน์ สุขใส ฉันทวรรณ เอ่งฉ้วน อำนวย รักชาพล และเบญจมาศ ณ ทองแก้ว 15-25

ผลการเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดในสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 ต่อการเจริญเติบโต และสารสำคัญของพรณไม้หน้าพระมนิ (*Bacopa monnieri*) ในระบบปลูกพืชไร้ดิน

วรรัตน์ น้าผึ้ง นงนุช เลหาหวิสุทธิ และสมเกียรติ สีสอนง 26-37

ผลของไคโตซานและไซโตไคนนต่อการเจริญเติบโตกล้วยน้ำว้าพันธุ์ขาวขาวที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ

จักรกริช อนันตรศรัณย์ และวันชัย นันแสง 38-48

การใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราไพราโคลโตรบินเพื่อพัฒนาคุณภาพสีผิวผลของลำไย

จิรนนท์ เสนานาญ สุริย์วัลย์ เมฆกมล พาวิน มะโนชัย และวัชรินทร์ จันทร์วรรณ 49-57

การศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ปนเปื้อนและผลต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่ออ่อนในระบบเปิด

จิราพร พรหมขุนทด นัฏฐา นิตยวัฒน์กุล กาญจนา กิระศักดิ์ ภาควณิ ถิ่นคำ โสภณ วงศ์แก้ว และอารักษ์ ชีระอำพน 58-68

ความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์

เบญจรัตน์ นพพันธ์ และจักรพงษ์ พวงงามชื่น 69-81

การเปรียบเทียบรูปแบบการกวนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา

กัญญารัตน์ พูลทะจิตร นงนุช เลหาหวิสุทธิ สมเกียรติ สีสอนง และอัจฉริ เรืองเดช 82-93

การศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ไก่พื้นเมืองภาคใต้

ณภัช ช่วยชูหนู ประพจน์ มลิวัลย์ เอื้อมพร เอกขระ และสมคิด ชัยเพชร 94-106

ประเภทของแผ่นรองพื้นต่อพฤติกรรมความชอบของไก่ในการทดสอบแบบให้เลือกอิสระ

จิราวรรณ สอนพิชัย พรอมวดี ไสพรณรัตน์ และจำเริญ เทียงธรรม 107-120

ผลของสารสกัดจากเปลือกกล้วยตากแห้งต่ออัตราอดและการเติบโตของลูกปลากัดสายพันธุ์หางมุก

ปริดา ไวยเจริญ นงนุช เลหาหวิสุทธิ สมเกียรติ สีสอนง และอัจฉริ เรืองเดช 121-131

การใช้หมอนแมลงวันลายอบแห้งเป็นอาหารปลาบิกอินทรีย์

สุตาพร ตงศิริ จงกล พรหมยะ และนิสรา กิจเจริญ 132-142

สัดส่วนอาหารที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงตัวอ่อนแมลงทหารเสือ (*Hermetia illucens*) เพื่อใช้น้ำมันเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

พินนิต บุญช่วย จิราพร กลุสราธิ ชลธิชา อุทัยศรีผดุงกุล ปิยะฉัตร สาหัสชาติ กมลพร สิทธิไตรย์ สุวิทย์ โชตินันท์ 143-162

ฐิติณิชา ไชยชนะ กนกวรรณ ไกลถิ่น และชุตินา พิมลศิริผล 143-162

การควบคุมไรศัตรูผึ้ง (*Tropilaelaps* sp. และ *Varroa* sp.) ด้วยลิเทียมคลอไรด์ในผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera* L.)

พนารัตน์ สงวนศรี และชามา อินซอน 163-169

การคัดเลือกและเปลี่ยนแปลงสภาพพันธุศาสตร์ด้วยพลาสมาระดับความดันบรรยากาศเพื่อปรับปรุงการจุ่มน้ำนมหอมระเหยสำหรับควบคุมไรศัตรูผึ้ง

เลิศลักษณ์ วงศ์ทิทอง ธรรมบุญ บุญมี กมลพร ปานง่อม และวิรัตน์ ไชยเมณี 170-181

การพัฒนาโรงเลี้ยงข้าวจากเศษปลาทะเลเสริมโภชนาการจากแปะมะพร้าว

พัญนิยา เอกเพชร พงศ์พัฒน์ มากช่วย ณภัทร นาคสวัสดิ์ สุทธิพรณ ชิตินทร คัมภีราวดี นวกิจโพธิ์ 182-196

จันทร์พร ช่วงโชติ เดชธรรม สังข์ศรี และเขาสเตียน โอแบร์ 182-196

พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปในจังหวัดเชียงใหม่

รภัศรณ์ คงจรรจนันต์ และพัญอน ทวีโชติอนพัชร 197-207

การสร้างเส้นทางการท่องเที่ยวบนพื้นฐานทุนทางวัฒนธรรมชุมชนชาวเหนียวนครพนม

พัตตา เศรษฐภา กุลวดี แก้วกำ มยุรกาญจน์ เดชบุญชร ลักษณะวดี ทราขาว กรณิการ์ อนุมลสิทธิ์ 208-224

ธัญลักษณ์ เมืองโคตร เปรมฤดี จิตรเกื้อกุล และบุษกร ครุจางค์ 208-224

การศึกษาปัญหา ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่

อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี

ศิริลักษณ์ ชูพุทธพงศ์ วมลัย วิริยะสุธี ศิริพร ดอนเหนือ ศิริลักษณ์ นามวงศ์ และธำรงเจต พัฒนา 225-238

แบบจำลองการเกษตรฤดูแล้งเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจสูงสุด กรณีศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาวจังหวัดกาฬสินธุ์

สาธิต เหลืองเจริญลาภ และอาภาพงศ์ ชังจันทร์ 239-253

AgriBEESTSEARON
SISTEM

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

ที่ปรึกษา อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิณ มะโนชัย

รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย

รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการ

บรรณาธิการ ร่องศาสตราจารย์ ดร. เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง

รองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิชญ์ภาส สังपालี

บรรณาธิการช่วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สธิระ เหมอีก

อาจารย์ ดร. จุฑามาศ อัจฉนาเสียว

กองบรรณาธิการ	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.อนุรักษ์ ปัญญาวัฒน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. อารี วิบูลย์พงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. ดนัย บุญยเกียรติ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สัญญา จตุรสีทธา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์ ดร. ดอกกรั๊ก มารอด	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.ประนอม จันทโรนัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	ศาสตราจารย์ ดร.ศิริวัฒน์ วงษ์ศิริ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เฉลิมพล แซมเพชร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์ อินทร์คัมพร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร. บุญมี ศิริ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร. จริญญา บุญญาภาพ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร. ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ จรรยาสุภาพ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร. อภินันท์ สุวรรณรักษ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์อ้อมทิพย์ เมฆรักขาวนิช แคมป์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ประวิตร พุธานนท์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะนุช เนียมทรัพย์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพงษ์ สว่างปัญญากร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ฝ่ายจัดทำวารสารฯ

นางทิพย์สุดา ปุ๊กมณี	นางสาวอัมภา สันทราย
นางสาวรัชนีรนา ขยัน	

ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ นายปริญญา เพ็ชรอดสำห์

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

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร เป็นวารสารทางวิชาการของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่งานวิจัยและการด้านการเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ โดยมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปวารสารสี ISSN 2985-0118 (Online) สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตร

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ปีที่ 42 ฉบับที่ 1 (มกราคม 2568-เมษายน 2568) นับเป็นการเดินทางมายาวนานเข้าสู่ปีที่ 42 มุ่งมั่นในการตีพิมพ์บทความวิจัย เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรวารสารวิจัย ฯ ฉบับนี้ เป็นฉบับแรกของปี 2568 โดยการดำเนินงานของทีมงานกองบรรณาธิการที่มุ่งมั่นผลิตและเผยแพร่บทความวิจัยให้อยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพ โดยในรอบการประเมินที่ผ่านมาวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตรได้ผ่านการรับรองคุณภาพ และได้รับการพิจารณาอยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 1 นับว่าเป็นข่าวดีของทีมกองบรรณาธิการวารสารสำหรับในช่วงไตรมาสแรกของปีนี้ นับเป็นช่วงเดือนที่ประเทศไทยประสบกับพายุฤดูร้อน และลมมรสุมรุนแรง รวมถึงปัญหาจากฝุ่น PM2.5 เช่นเดียวกับปีก่อน ๆ รวมถึงผลกระทบจากแผ่นดินไหวขนาด 8.2 แมกนิจูด จากระลอกเลื่อนสะกายในสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา แรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวสามารถรับรู้ได้ในหลายพื้นที่ของประเทศไทย โดยเฉพาะทางภาคเหนือ และกรุงเทพมหานคร ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สินมหาศาล ทางวารสารวิจัยฯ ขอแสดงความเสียใจต่อผู้สูญเสีย และส่งกำลังใจให้ทุกท่านที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวในครั้งนี้ด้วยนะครับ

จากภัยพิบัติทางธรรมชาติที่มีแนวโน้มทวีความรุนแรง และก่อให้เกิดความเสียหายสูงขึ้น เราจึงต้องมีการปรับตัวและวางแผนรองรับเพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้น ขณะเดียวกันในด้านการเกษตร จำเป็นที่จะต้องปรับตัว ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมให้สูงขึ้นให้สอดคล้องรองรับต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ วารสารวิจัย ฯ ฉบับนี้ มีบทความวิจัยที่น่าสนใจที่หลากหลาย เช่น รูปแบบการกวนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าโภชนาการของผักเหียง การศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ปนเปื้อนและผลต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่ออ้อยในระบบเปิด บทความวิจัยเกี่ยวกับการผลิตสัตว์ เช่น ประเภทของแผ่นรองพื้นต่อพฤติกรรมความชอบของไก่ในการทดสอบแบบให้เลือกอิสระ การศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ไก่พื้นเมืองภาคใต้ ผลของสารสกัดจากเปลือกสีเสียดแห้งต่ออัตราการรอดและการเติบโตของลูกปลากัดสายพันธุ์หางมงกุฏ ตลอดจนงานวิจัยด้านการส่งเสริมการเกษตร อาทิ เช่น การศึกษาปัญหา ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ และเรื่องอื่น ๆ ที่น่าสนใจ วารสารวิจัย ฯ หวังว่าผู้อ่านจะได้รับประโยชน์ไม่มากนักน้อยเพื่อเป็นการส่งเสริมและแลกเปลี่ยน องค์ความรู้เพื่อช่วยกันพัฒนาการเกษตรให้ก้าวหน้าและทันต่อการเปลี่ยนแปลงยิ่ง ๆ ขึ้นไป แล้วพบกันใหม่ในฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม – สิงหาคม ครับ



รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง
บรรณาธิการวารสารวิจัยฯ

การแก้ไขปัญหการจัดการสารเคมีในประเทศไทย Tackling Chemical Management Issues in Thailand

ศราภา ศุทธิพันธ์* และนนท์ น้าประทานสุข
Sarapa Suttarin* and Non Napratansuk

วิทยาลัยบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
School of Administrative Studies, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: sarapa@windowslive.com

Received: August 21, 2024

Revised: December 11, 2024

Accepted: January 24, 2025

Abstract

This article presents an analytical study of the current situation and gaps in Thailand's chemical management system, along with proposed improvements and developments. The objectives are to 1) assess the current state of chemical management in Thailand, 2) identify existing problems and gaps in the chemical management system, and 3) propose guidelines for improving and developing the chemical management system to enhance efficiency and align it with international standards.

The findings reveal that despite Thailand's continuous efforts to develop its chemical management system, several significant gaps remain. These include a lack of integrated chemical data, inefficient risk assessment systems, inadequate law enforcement, a widespread lack of knowledge and understanding, and insufficient support for research and the development of alternative technologies or chemical substitutes.

The article proposes reforming the chemical management system through improved administrative structure and supervision by establishing three levels of committees: the National Chemical Policy Committee, the Chemical Assessment Committee, and the Specific Chemical Management Committee. Additionally, it recommends developing an integrated chemical information system, improving laws and risk assessment mechanisms, and enhancing knowledge and understanding across all sectors. These reforms will help elevate chemical safety standards, protect public health and the environment, and supporting sustainable economic development.

Keywords: chemical management, chemical management system, risk assessment, chemical policy, chemical safety

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอการศึกษาวเคราะห์สถานการณ์และช่องว่างในระบบการจัดการสารเคมีของประเทศไทย พร้อมเสนอแนวทางการปรับปรุงและพัฒนา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินสถานการณ์ปัจจุบันของการจัดการสารเคมีในประเทศไทย 2) ระบุปัญหาและช่องว่างที่ยังคงมีอยู่ในระบบการจัดการสารเคมี และ 3) เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการจัดการสารเคมีให้มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับมาตรฐานสากล

ผลการศึกษาพบว่า แม้ประเทศไทยจะมีความพยายามในการพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีอย่างต่อเนื่อง แต่ยังคงมีช่องว่างสำคัญหลายประการ ได้แก่ การขาดการบูรณาการข้อมูลสารเคมี ระบบการประเมินความเสี่ยงที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ การบังคับใช้กฎหมายที่ขาดความเข้มงวด การขาดความรู้ความเข้าใจในวงกว้าง และการขาดการสนับสนุนด้านการวิจัยและพัฒนา เทคโนโลยีหรือสารทดแทน

บทความเสนอแนวทางการปฏิรูประบบการจัดการสารเคมีผ่านการปรับปรุงโครงสร้างการบริหารและการกำกับดูแล โดยเสนอให้จัดตั้งคณะกรรมการ 3 ระดับ ได้แก่ คณะกรรมการนโยบายสารเคมีแห่งชาติ คณะกรรมการประเมินสารเคมี และคณะกรรมการจัดการสารเคมีเฉพาะด้าน พร้อมทั้งเสนอให้พัฒนาระบบข้อมูลสารเคมีแบบบูรณาการ ปรับปรุงกฎหมายและกลไกการประเมินความเสี่ยง และเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ทุกภาคส่วน เพราะการปฏิรูปดังกล่าวจะช่วยยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยด้านสารเคมี ค้ำครองสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อม ควบคู่ไปกับการสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การจัดการสารเคมี ระบบการจัดการสารเคมี การประเมินความเสี่ยง นโยบายสารเคมี ความปลอดภัยด้านสารเคมี

คำนำ

ในยุคที่การพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การจัดการสารเคมีอย่างมีประสิทธิภาพกลายเป็นประเด็นที่หลายประเทศให้ความสำคัญ ประเทศไทยมีการพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีที่มีความต่อเนื่องและครอบคลุมในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนากระบวนการข้อมูล การจัดทำแผนแม่บท การจัดการสารเคมี รวมถึงการวิจัยและพัฒนารูปแบบการจัดการที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม แม้จะมีความก้าวหน้าในหลายด้าน แต่ประเทศไทยยังคงเผชิญกับความท้าทายและช่องว่างในการจัดการสารเคมีที่ต้องการการปรับปรุงและพัฒนาให้ทันสมัย

บทความนี้ศึกษาถึงความพยายามของประเทศไทยในการจัดการสารเคมี ตั้งแต่การพัฒนาระบบข้อมูลและนโยบายควบคุม การวิจัยและพัฒนา ไปจนถึงการปรับปรุงกฎหมายและการสร้างความตระหนักรู้ในสังคม พร้อมทั้งชี้ให้เห็นถึงช่องว่างและปัญหาที่ต้องการการแก้ไข เพื่อให้การจัดการสารเคมีในประเทศไทยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับมาตรฐานสากล อันจะนำไปสู่ความปลอดภัยและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นของประชาชนและสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินสถานการณ์ปัจจุบันของการจัดการสารเคมีในประเทศไทย

2. เพื่อระบุปัญหาและช่องว่างที่ยังคงมีอยู่ในระบบการจัดการสารเคมีของประเทศไทย

3. เพื่อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการจัดการสารเคมีให้มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับมาตรฐานสากล เพื่อความปลอดภัยและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นของประชาชนและสิ่งแวดล้อม

ขอบเขตของเรื่อง

บทความนี้มีขอบเขตที่ครอบคลุมทั้งการพัฒนากระบวนการจัดการสารเคมีที่ครอบคลุมและครบวงจร การปรับปรุงกฎหมายและการบังคับใช้ การบริหารงานและการบูรณาการ รวมถึงการส่งเสริมความร่วมมือในการจัดการสารเคมีของประเทศไทย เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและประสิทธิภาพสูงสุด

คำจำกัดความหรือคำนิยาม

ระบบการจัดการสารเคมี (Chemical Management System) หมายถึง โครงสร้างและกระบวนการที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อบริหารจัดการสารเคมีอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ โดยครอบคลุมตลอดทั้งวงจรชีวิตของสารเคมี ตั้งแต่การนำเข้า การส่งออก การผลิต การขาย การครอบครอง การขนส่ง การใช้ การจัดเก็บ การบำบัด การกำจัด ทำลาย และการนำกลับมาใช้อีก และครอบคลุมทุกภาคส่วน ทั้งภาคการเกษตร อุตสาหกรรม สาธารณสุข การอุปโภคบริโภค และการขนส่ง เพื่อป้องกันอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

การจัดการสารเคมี (Chemical Management) หมายถึง กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมและดูแลการใช้สารเคมีให้ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ครอบคลุมกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การนำเข้า ส่งออก ผลิต ขนส่ง ใช้ จัดเก็บ บำบัด กำจัด ทำลาย และการนำกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้ ยังรวมถึงการปฏิบัติตามกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เพื่อป้องกันอันตรายต่อสุขภาพของ

มนุษย์และสิ่งแวดล้อม การจัดการสารเคมีเป็นส่วนหนึ่งของระบบการจัดการสารเคมี (Chemical Management System) ซึ่งมีโครงสร้างและกระบวนการที่ครอบคลุมตลอดวงจรชีวิตของสารเคมีและทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง

ระบบข้อมูลสารเคมี (Chemical Information System) หมายถึง ระบบที่รวบรวมและจัดการข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมี ซึ่งรวมถึงข้อมูลรายการสารเคมี คุณสมบัติ ความเป็นอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการติดตามตรวจสอบ ข้อมูลเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อให้การจัดการสารเคมีเป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

กฎหมายการจัดการสารเคมี (Chemical Management Law) หมายถึง พระราชบัญญัติว่าด้วยอันตราย พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติว่าด้วยอันตราย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2544 พระราชบัญญัติว่าด้วยอันตราย (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2551 พระราชบัญญัติว่าด้วยอันตราย (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 รวมถึงกฎข้อบังคับอื่นที่กำหนดกรอบการควบคุมและการจัดการสารเคมี

การประเมินความเสี่ยงสารเคมี (Chemical Risk Assessment) หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดจากการใช้สารเคมี ในประเทศไทยมักใช้วิธีการพิจารณาความเป็นอันตรายของสารเคมี (Hazard-based) เพื่อประกาศรายชื่อสารเคมีเป็นวัตถุอันตราย มากกว่าการประเมินตามความเสี่ยง (Risk-based) ซึ่งมุ่งเน้นการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การประเมินนี้มีบทบาทสำคัญในการตัดสินใจเกี่ยวกับการกำหนดมาตรการควบคุมและการจัดการสารเคมีให้ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

เนื้อเรื่อง

สถานการณ์ปัจจุบันของการจัดการสารเคมีในประเทศไทย

ประเทศไทยได้พัฒนาระบบการจัดการสารเคมีอย่างต่อเนื่อง โดยดำเนินการในหลายด้านเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

ของประชาชน ในด้านการพัฒนาระบบข้อมูล ได้มีการจัดทำระบบข้อมูลเพื่อการจัดการสารเคมีที่ครอบคลุมและครบวงจร (Dan-utra *et al.* 2006) ซึ่งรวมถึงการเก็บและจัดเก็บข้อมูลการใช้สารเคมีในห้องปฏิบัติการและภาคอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังได้จัดทำแผนแม่บทการจัดการสารเคมี พ.ศ. 2562-2580 เพื่อให้การจัดการสารเคมีในประเทศไทยมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ (National Committee on the Development of Strategic Management of Chemical Substances, 2018)

ในด้านนโยบายและมาตรการควบคุมของภาครัฐ มีความร่วมมือจากภาคเอกชนในการกำหนดนโยบายการจัดการสารเคมีและวัตถุอันตรายภายในองค์กร เช่น การใช้หลักการลำดับขั้นของการควบคุมอันตราย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการและลดความเสี่ยง ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานรัฐ องค์กรไม่แสวงหาผลกำไร และชุมชน เพื่อร่วมกันลดการใช้สารเคมีและวัตถุอันตราย รวมถึงการสร้างความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของสารเคมี (Charoen Pokphand Group, 2024) ในด้านการวิจัยและพัฒนา มีการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ (Pratumwan, 2021) นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนการพัฒนาเกษตรกรรมอย่างยั่งยืน โดยส่งเสริมให้เกษตรกรไทยปรับเปลี่ยนจากการใช้สารเคมีมาสู่การทำเกษตรกรรมที่ยั่งยืนมากขึ้น เพื่อลดการพึ่งพาสารเคมี (Phumwiangsri *et al.*, 2021) การพัฒนาเหล่านี้สะท้อนถึงความพยายามของประเทศไทยในการจัดการสารเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อความปลอดภัยและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นของประชาชนและสิ่งแวดล้อม

ช่องว่างและความท้าทายในระบบการจัดการสารเคมีของไทย

จากสถานการณ์การจัดการสารเคมีในประเทศไทยในปัจจุบันดังกล่าวข้างต้น ประเทศไทยยังคงมีช่องว่าง

ในระบบการจัดการสารเคมีหลายประเด็นที่ต้องการการปรับปรุงและพัฒนาให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันและอนาคต ซึ่งเป็นความท้าทายสำคัญในระบบการจัดการสารเคมีของประเทศ ดังนี้

ประเด็นแรก ได้แก่ พันธกรณีและกติกาสากล การปฏิบัติตามข้อตกลงและกติกาสากลเกี่ยวกับการจัดการสารเคมี เช่น ระบบการจัดกลุ่มและการติดฉลากสารเคมี (Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals: GHS) ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยให้การสื่อสารและการเข้าใจข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายของสารเคมีเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั่วโลก เป็นระบบสำคัญที่จะรับประกันความปลอดภัยและช่วยปกป้องสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมี การขาดการปฏิบัติตามระบบดังกล่าวจึงเป็นอุปสรรคสำคัญในการจัดการความปลอดภัยด้านสารเคมี ทั้งในภาคอุตสาหกรรมและครัวเรือน (Soontornchai, 2019)

ประเด็นที่สอง ได้แก่ การจัดการสารเคมีในห้องปฏิบัติการ การจัดเก็บสารเคมีที่ไม่ถูกต้อง เช่น การเก็บสารที่เข้ากันไม่ได้ในที่เดียวกัน อาจนำไปสู่อุบัติเหตุ เช่น การระเบิดหรือการรั่วไหลของสารเคมี (Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public Organization), 2021; Center for Occupational Safety Health and Environment Management: COSHEM, 2024)

ประเด็นที่สาม ได้แก่ การฝึกอบรมบุคลากร บุคลากรขาดทักษะที่จำเป็นในการจัดการสารเคมีตามมาตรฐานสากล ทำให้การจัดการความปลอดภัยไม่เป็นไปตามข้อกำหนด การพัฒนาบุคลากรจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไข เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการจัดการสารเคมีให้มากขึ้น (Chananphudsa *et al.*, 2024)

ประเด็นที่สี่ ได้แก่ ข้อมูลสารเคมีที่ไม่ครบถ้วน การขาดแคลนข้อมูลที่ทันสมัยและครบถ้วนเกี่ยวกับสารเคมี เช่น เอกสารข้อมูลความปลอดภัย (Safety Data Sheet: SDS) ที่ไม่ครบถ้วนหรือไม่เป็นปัจจุบัน ทำให้การสื่อสารความเสี่ยงไม่ชัดเจน (Thailand Institute

of Occupational Safety and Health (Public Organization), 2021)

ประเด็นที่ห้า ได้แก่ เทคโนโลยีและการจัดการของเสียอันตราย แม้ว่าจะมีเทคโนโลยีที่สามารถจัดการของเสียอันตรายได้อย่างปลอดภัย แต่การนำมาใช้ภายในประเทศยังประสบปัญหาด้านต้นทุนและความซับซ้อนในการบำรุงรักษา ทำให้การจัดการของเสียไม่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Babel, 2020) แม้ว่ารัฐบาลจะมีแผนแม่บทการจัดการสารเคมี (National Committee on the Development of Strategic Management of Chemical Substances, 2018) ที่ทุกภาคส่วนในประเทศ ไม่ว่าภาครัฐ ภาควิชาการ ภาคเอกชน ภาคประชาสังคม และเครือข่ายวิชาชีพต่าง ๆ ได้มีส่วนร่วมสำคัญในการดำเนินงานตามแผน เพื่อให้การจัดการสารเคมีของประเทศบรรลุตามเป้าหมาย แต่ยังคงมีปัญหามีส่วนร่วมในการดำเนินการตามนโยบายเหล่านี้ที่ยังไม่เพียงพอ (Luangpaiboon, 2022)

ประเด็นที่หก ได้แก่ การนำเข้าสารเคมี การเตรียมความพร้อม ณ จุดเข้าออก (Point of Entry: POE) ของประเทศยังไม่เพียงพอ อาจนำไปสู่ภัยคุกคามจากสารเคมีต่อสุขภาพและความปลอดภัยของประชาชน การเสริมสร้างศักยภาพเหล่านี้ จึงถือเป็นสิ่งสำคัญ (Praekunatham and Boonmephong, 2023)

ประเด็นสุดท้ายที่สำคัญ คือ กฎหมายการจัดการสารเคมี ซึ่งเป็นความท้าทายหลักของประเทศ กฎหมายที่มีอยู่ยังไม่ครอบคลุมหรือเข้มงวดเพียงพอในการควบคุมการใช้และจัดการสารเคมีอย่างปลอดภัย เมื่อวิเคราะห์การจัดการสารเคมีในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การนำเข้า ส่งออก นำผ่าน ผลิต ครอบครอง ขนส่ง ใช้ บำบัด กำจัด ทำลาย และนำกลับมาใช้ใหม่ ภายใต้พระราชบัญญัติวัตถุอันตรายและกฎข้อบังคับอื่น ๆ พบว่ากฎหมายเหล่านี้มีการควบคุมในลักษณะเชิงรับ โดยเน้นเฉพาะสารเคมีที่ถูกประกาศว่าเป็นอันตราย (Negative list) นอกจากนี้ยังขาดการรวบรวมข้อมูลสารเคมีทั้งหมดเพื่อจัดทำเป็นทำเนียบรายการสารเคมีที่มีอยู่ในประเทศ การขาดข้อมูล

ดังกล่าวอาจเพิ่มความเสี่ยงจากสารเคมีอันตรายที่ยังไม่ถูกควบคุม แต่สามารถนำเข้าและใช้ภายในประเทศได้

ความพยายามในการปรับปรุงกฎหมายว่าด้วยวัตถุอันตรายของไทย

1. การแก้ไขพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย

ตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา ประเทศไทยมีความพยายามที่จะปรับปรุงแก้ไขสาระสำคัญของกฎหมายทั้งระบบเพื่อให้สอดคล้องแนวทางสากล สังเกตได้จากความพยายามในการแก้ไขเพิ่มเติมพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายในหลายประเด็นสำคัญ เพื่อควบคุมและจัดการเกี่ยวกับวัตถุอันตรายอย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัยยิ่งขึ้น โดยมีการแก้ไขเพิ่มเติมในพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายหลายฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 2 พ.ศ.2544 ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2551 และฉบับที่ 4 พ.ศ. 2562 (Arunpoolthap, 2024) (Department of Industrial Works, 2024) ซึ่งมีการแก้ไขเพิ่มเติมในหลายประเด็น โดยประเด็นที่สำคัญมีดังนี้

2. ประเด็นสำคัญในการแก้ไขกฎหมาย

การกำหนดปริมาณและองค์ประกอบ รัฐมนตรีผู้รับผิดชอบมีอำนาจในการประกาศกำหนดปริมาณองค์ประกอบ คุณสมบัติ และสิ่งเจือปนของวัตถุอันตราย รวมถึงภาชนะบรรจุ วิธีตรวจและทดสอบภาชนะ ฉลาก และการปฏิบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวัตถุอันตราย เพื่อควบคุมและป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับบุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม

การควบคุมการผลิตและการนำเข้า มีการกำหนดให้ผู้ผลิตและผู้นำเข้าวัตถุอันตรายต้องปฏิบัติตามประกาศของรัฐมนตรีผู้รับผิดชอบ โดยต้องแจ้งพนักงานเจ้าหน้าที่ก่อนการดำเนินการ และต้องได้รับอนุญาตในกรณีของวัตถุอันตรายชนิดที่ 3

การควบคุมการนำผ่าน กำหนดให้ผู้นำผ่านวัตถุอันตรายชนิดที่ 1 หรือชนิดที่ 2 ต้องแจ้งให้พนักงานเจ้าหน้าที่ทราบก่อน และจะได้รับใบนำผ่านเป็นหลักฐาน ส่วนการนำผ่านวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ต้องได้รับอนุญาต

ก่อนการขนส่ง โดยมีการออกใบนำผ่านเป็นหลักฐานการอนุญาต ซึ่งมีอายุไม่เกิน 45 วัน

การควบคุมการโฆษณา กฎหมายห้ามการโฆษณาวัตถุอันตรายที่ใช้ข้อความที่อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อสังคมหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกายหรือจิตใจ

การจัดการและการทำลายวัตถุอันตราย กำหนดให้พนักงานเจ้าหน้าที่มีอำนาจเพิกถอนทะเบียนวัตถุอันตรายได้ หากวัตถุอันตรายนั้นไม่มีประโยชน์ตามที่ยื่นทะเบียนไว้ หรืออาจเกิดอันตรายที่ไม่สามารถป้องกันได้ด้วยวิธีปกติ และให้มีการจัดการทำลายหรือดำเนินการกับวัตถุอันตรายที่ถูกเพิกถอนทะเบียนอย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันอันตรายต่อบุคคล สัตว์ พืช และสิ่งแวดล้อม

การประกันความเสียหาย กำหนดให้มีการประกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพอนามัย ชีวิต หรือทรัพย์สิน จากการประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับวัตถุอันตราย

บทลงโทษ มีการกำหนดบทลงโทษสำหรับผู้ฝ่าฝืนหรือกระทำความผิดเกี่ยวกับวัตถุอันตราย ซึ่งรวมถึงโทษปรับและโทษจำคุก

ช่องว่างในกฎหมายและระบบการจัดการสารเคมี

แม้จะมีความพยายามในการปรับปรุงแก้ไข แต่กฎหมายว่าด้วยวัตถุอันตรายของประเทศไทยยังไม่ครอบคลุมการจัดการสารเคมีอย่างครบถ้วน และไม่สอดคล้องกับแนวทางระดับสากล จากการศึกษาพบว่า มีช่องว่างหลายประการในการจัดการสารเคมีของประเทศ ซึ่งไม่ได้ถูกระบุในกฎหมายปัจจุบัน (In-na, 2017; 2017) อาจกล่าวได้ว่าประเด็นเหล่านี้เป็นช่องว่างของกฎหมายได้แก่

1. ช่องว่างด้านข้อมูลสารเคมี ปัจจุบันยังขาดการบูรณาการและการจัดทำฐานข้อมูลสารเคมีที่สำคัญอย่างต่อเนื่อง เช่น ข้อมูลรายการสารเคมี ข้อมูลความเป็นอันตราย การประเมินความเสี่ยง ข้อมูลการตกค้างของสารเคมีทางการเกษตร การปนเปื้อนในอาหารและ

ผลิตภัณฑ์บริโภค และผลกระทบต่อสุขภาพ จำเป็นต้องพัฒนาระบบการติดตามตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลให้มีความเป็นระบบมากขึ้น นอกจากนี้ ยังไม่มีหน่วยงานที่รับผิดชอบในการพัฒนาหรือจัดทำฐานข้อมูลสารเคมีโดยรวมอย่างจริงจัง

การจัดทำทำเนียบสารเคมีภายในประเทศเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะช่วยให้การแยกแยะสารเคมีใหม่ที่เข้ามา รวมถึงสารเคมีที่ผลิตขึ้นใหม่ กฎหมายควบคุมสารเคมีในหลายประเทศ เช่น EU-REACH ของสหภาพยุโรป กำหนดให้มีการจัดทำและปรับปรุงทำเนียบหรือบัญชีรายชื่อสารเคมีให้ทันสมัยอยู่เสมอ เกาหลีใต้ก็ได้พัฒนา Korean Existing Chemicals Inventory (KECI) ตามแบบอย่างของ EU-REACH ดังนั้น การจัดทำทำเนียบหรือบัญชีรายชื่อสารเคมีของประเทศไทย เช่น Thailand Inventory of Chemical Substances (TICS) หรือ Thailand Existing Chemicals Inventory (TECI) จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและควรพิจารณา

การจัดทำ Thai REACH จะช่วยสนับสนุนการกำหนดมาตรการเพื่อลดความเสี่ยงจากสารเคมี โดยหน่วยงานที่รับผิดชอบตามกฎหมายสามารถกำหนดมาตรการจัดการความเสี่ยงในกระบวนการขออนุญาตนำเข้า ส่งออก ผลิต ขาย ครอบครอง ขนส่ง ใช้ จัดเก็บ บำบัด กำจัด และการนำกลับมาใช้ใหม่ ให้ครอบคลุมทั้งภาคการเกษตร อุตสาหกรรม สาธารณสุข รวมถึงการจำกัดการผลิต การจำหน่าย หรือการใช้สารเคมี และสามารถนำไปใช้ได้กับทั้งสารเคมีชนิดใหม่และสารเคมีที่มีอยู่เดิมภายในประเทศ

2. ช่องว่างในการประเมินความเสี่ยงของสารเคมี การประเมินความเสี่ยงสารเคมีในประเทศไทยยังไม่ได้มีการพัฒนาอย่างเป็นระบบในระดับประเทศ ปัจจุบันการประเมินยังคงขึ้นอยู่กับแต่ละหน่วยงาน โดยมักใช้วิธีการพิจารณาความเป็นอันตรายของสารเคมี (Hazard-based) เพื่อประกาศรายชื่อสารเคมีเป็นวัตถุอันตราย มากกว่าการประเมินตามความเสี่ยง (Risk-

based) ที่เน้นการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม เนื่องจากยังขาดข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับการได้รับสัมผัส ทำให้การอธิบายความเสี่ยงเป็นไปได้ยาก

การประเมินความเสี่ยงมีบทบาทสำคัญในการตัดสินใจเกี่ยวกับการกำหนดมาตรการควบคุมและการจัดการสารเคมีให้ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพัฒนาฐานข้อมูลเกี่ยวกับการได้รับสัมผัสสารเคมีของประชาชน โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็กและผู้สูงอายุ รวมถึงพัฒนาห้องปฏิบัติการที่สามารถทดสอบความเป็นพิษตามมาตรฐานสากล และเสริมสร้างศักยภาพของบุคลากรในหน่วยงานภาครัฐ ภาควิชาการ และภาคเอกชน เพื่อให้สามารถประเมินความเสี่ยงของสารเคมีได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

นอกจากนี้ ในการประเมินความเป็นอันตรายของสารเคมียังมีประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณา ได้แก่ การกำหนดเกณฑ์ในการประเมินและกลไกในการประเมินความเสี่ยง สำหรับเกณฑ์ในการประเมิน พระราชบัญญัติวัตถุอันตรายยังไม่ได้กำหนดหลักเกณฑ์ที่ชัดเจนในการระบุว่าสารเคมีใดเป็นวัตถุอันตรายที่ต้องระมัดระวัง แตกต่างจากประเทศญี่ปุ่นที่มีการกำหนดเกณฑ์การประเมินสารเคมีตามผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาจาก 1) การตกค้างที่ยาวนาน 2) การสะสมในสิ่งมีชีวิต 3) ความเป็นพิษต่อมนุษย์ในระยะยาว และ 4) ความเป็นพิษต่อพืชและสัตว์

ส่วนในด้านกลไกการประเมินความเสี่ยง พระราชบัญญัติวัตถุอันตรายก็ไม่ได้ระบุกลไกการประเมินความเสี่ยงหรือความเป็นอันตรายของสารเคมีอย่างชัดเจน ปัจจุบันการประเมินความเป็นอันตรายมีลักษณะเป็นการประเมินเพื่อประกาศรายชื่อสารเคมีเป็นวัตถุอันตรายมากกว่าจะเป็นการประเมินเพื่อการอนุญาตให้ผลิตหรือนำเข้า ดังนั้น กรอบการประเมินความเป็นอันตรายของสารเคมีในทั้งสองประเด็นนี้จึงควรได้รับการพิจารณาเพื่อแก้ไขและปรับปรุงกฎหมายให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

3. ช่องว่างด้านกฎหมายและการบังคับใช้ การบังคับใช้กฎหมายในการควบคุมและกำกับดูแลสารเคมีอันตรายยังไม่เข้มงวดเพียงพอ รวมถึงการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังสารเคมีที่มีความเสี่ยง บุคลากรที่รับผิดชอบในการควบคุมและติดตามสารเคมีตลอดวงจรชีวิต¹ ยังขาดแคลน ทั้งในส่วนกลาง ส่วนภูมิภาค และโดยเฉพาะในระดับท้องถิ่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นยังขาดความรู้ความเข้าใจ และบุคลากรสนับสนุนในการจัดการสารเคมีในพื้นที่ ส่งผลให้เกิดปัญหาการใช้สารเคมีทางการเกษตรเกินความจำเป็น การลักลอบทิ้งสารเคมีและกากของเสียอันตรายที่ยังไม่ลดลง รวมถึงอุบัติเหตุสารเคมียังคงเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนของสารเคมีอันตรายในอาหาร ผัก ผลไม้ และผลิตภัณฑ์ผู้บริโภค ตลอดจนการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม

4. ช่องว่างด้านการบริหารงานสารเคมี การบริหารงานตามแผนยุทธศาสตร์การจัดการสารเคมีแห่งชาติอยู่ภายใต้การดูแลของคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนายุทธศาสตร์การจัดการสารเคมี ซึ่งมีนายกรัฐมนตรีหรือรองนายกรัฐมนตรีที่ได้รับมอบหมายเป็นประธาน ฝ่ายเลขานุการประกอบด้วย 4 หน่วยงาน ได้แก่ กรมควบคุมมลพิษ กรมวิชาการเกษตร กรมอุตสาหกรรม และสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยหมุนเวียนกันทำหน้าที่ทุกสองปี คณะกรรมการนี้จัดตั้งขึ้นโดยมติคณะรัฐมนตรีแต่ไม่มีการรองรับทางกฎหมายเฉพาะ ทำให้ขาดอำนาจตามกฎหมายในการสั่งการคณะกรรมการหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้การจัดการสารเคมีไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน การดำเนินแผนงานและโครงการจึงเป็นไปในลักษณะต่างฝ่ายต่างปฏิบัติตามหน้าที่ของหน่วยงาน ขาดการบูรณาการ นอกจากนี้ การหมุนเวียนหน่วยงานในการทำหน้าที่ฝ่ายเลขานุการยังทำให้การดำเนินงานขาดความต่อเนื่อง หากกฎหมายมีการกำหนดองค์กรหรือหน่วยงานเฉพาะด้านโรงงานการจัดการสารเคมีให้ทำหน้าที่ฝ่ายเลขานุการ อาจช่วยลดช่องว่างในด้านนี้ได้

¹วงจรชีวิตของสารเคมีที่เกี่ยวกับการนำเข้า การส่งออก การผลิต การขาย การครอบครอง การขนส่ง การใช้ การจัดเก็บ การบำบัด การกำจัดทำลาย และการนำกลับมาใช้อีก ทั้งในภาคการเกษตร อุตสาหกรรม สาธารณสุข การอุปโภคบริโภค และการขนส่ง

5. ช่องว่างเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจเรื่องสารเคมี แม้สารเคมีจะเป็นเรื่องใกล้ตัว แต่ประชาชนยังขาดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับสารเคมีและอันตรายที่เกี่ยวข้อง ทำให้การจัดการสารเคมีไม่ได้รับความสนใจจากประชาชนเท่าที่ควร เกษตรกรส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช รวมถึงสารเคมีที่ใช้เป็นปุ๋ยจากการโฆษณาที่เกินจริง นอกจากนี้ผู้ประกอบการยังขาดความรู้ในการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัย และขาดความเข้าใจเกี่ยวกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมสารเคมี การเพิ่มทักษะให้แก่ผู้ประกอบการหรือผู้ขาย และการสร้างกระบวนการควบคุมตั้งแต่การผลิตและการขาย รวมถึงการกำหนดขั้นตอนในการให้ความรู้ความเข้าใจเรื่องสารเคมีแก่ผู้ซื้ออย่างถูกต้อง จะช่วยลดช่องว่างในด้านนี้ได้

6. ช่องว่างด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหรือสารทดแทน การสนับสนุนด้านการวิจัยและพัฒนาในประเทศไทยยังไม่เพียงพอ โดยเฉพาะในด้านการส่งเสริมการวิจัยเพื่อสร้างนวัตกรรมในการพัฒนาเทคโนโลยีหรือหาสารทดแทนสารเคมีอันตราย แม้ว่าภาคการศึกษาและหน่วยงานราชการจะมีการวิจัยและพัฒนาสารทดแทน เช่น สารชีวภาพหรือสารชีวภัณฑ์ แต่ยังขาดการสนับสนุนให้สามารถต่อยอดสู่การค้าในภาคเอกชนเพื่อให้ใช้งานได้อย่างแพร่หลาย หากมีการกำหนดแนวทางสนับสนุนด้านการวิจัยและพัฒนา กระบวนการจัดการสารเคมีในประเทศไทยก็จะสามารถพัฒนาได้อย่างรวดเร็ว

แนวทางการแก้ไขปัญหาและพัฒนากระบวนการจัดการสารเคมี

เพื่อแก้ปัญหาช่องว่างต่าง ๆ ในการจัดการสารเคมีของประเทศ สามารถดำเนินการตามแนวทางดังต่อไปนี้

1. ปรับปรุงโครงสร้างการบริหารและการกำกับดูแล จัดตั้งหรือมอบหมายให้หน่วยงานหรือคณะกรรมการที่มีอำนาจทางกฎหมายเฉพาะในการกำกับดูแลการจัดการสารเคมี เพื่อให้สามารถสั่งการและประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ กำหนดบทบาทและหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ชัดเจน เพื่อป้องกันการดำเนินงานซ้ำซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน นอกจากนี้ ควรเสริมสร้างความต่อเนื่องในการดำเนินงาน โดยลดการหมุนเวียนของหน่วยงานที่ทำหน้าที่ฝ่ายเลขานุการคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยวิทยาศาสตร์การจัดการสารเคมี เพื่อให้การดำเนินงานมีความต่อเนื่องและสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ และจัดทำแผนปฏิบัติการระยะยาวที่มีการบูรณาการระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

2. จัดทำและบูรณาการฐานข้อมูลสารเคมี พัฒนาฐานข้อมูลสารเคมีที่ครอบคลุมข้อมูลสำคัญจากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น รายการสารเคมี ความเป็นอันตราย การประเมินความเสี่ยง การตกค้างในผลิตภัณฑ์เกษตร การได้รับสัมผัสสารเคมีของประชาชน และผลกระทบต่อสุขภาพ รวมถึงระบบการติดตามและเฝ้าระวังสารเคมีที่มีความเสี่ยง เพื่อให้สามารถตรวจสอบและควบคุมการใช้สารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ควรใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรวบรวม จัดเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสนับสนุนการประเมินความเสี่ยงที่แม่นยำและครอบคลุม รวมถึงการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานของแผนยุทธศาสตร์การจัดการสารเคมีได้อย่างง่ายดาย

ควรจัดตั้งหน่วยงานหรือคณะกรรมการที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการพัฒนาฐานข้อมูลสารเคมีโดยเฉพาะ เพื่อให้มีการติดตามและปรับปรุงข้อมูลอย่างต่อเนื่อง

อีกทั้งควรสร้างทำเนียบหรือบัญชีรายชื่อสารเคมีที่มีอยู่ในประเทศ เช่น Thailand Inventory of Chemical Substances (TICS) หรือ Thailand Existing Chemicals Inventory (TECI) เพื่อให้สามารถติดตามสารเคมีใหม่ที่เข้ามาในประเทศและสารเคมีที่ผลิตขึ้นใหม่ได้ โดยศึกษาและปรับใช้แนวทางการจัดการสารเคมีจากประเทศที่มีระบบการจัดการที่ดี เช่น EU-REACH ของสหภาพยุโรป หรือ Korean Existing Chemicals Inventory (KECI) ของเกาหลีใต้ ให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย

3. ปรับปรุงกฎหมายและกลไกการประเมินความเสี่ยง ปรับปรุงกฎหมายให้มีเกณฑ์การประเมินความเสี่ยงที่ชัดเจนและทันสมัย พร้อมทั้งกำหนดกลไกการประเมินความเสี่ยงที่ครอบคลุมทั้งการประกาศรายชื่อและการอนุญาตให้ผลิตหรือนำเข้าสารเคมี โดยศึกษาแนวทางการจัดการสารเคมีจากประเทศที่มีระบบการจัดการที่ดี เช่น ญี่ปุ่น และนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย นอกจากนี้ ควรกำหนดบทลงโทษที่เหมาะสมสำหรับการละเมิดกฎหมายเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย (Arunpoolthap, 2024) และบังคับใช้กฎหมายอย่างเคร่งครัดและสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในระดับท้องถิ่น เพื่อให้เกิดการควบคุมและกำกับดูแลที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ควรกำหนดหลักเกณฑ์เพื่ออุดช่องว่างต่าง ๆ ที่ปรากฏในกฎหมายตามที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

4. เสริมสร้างความรู้และความเข้าใจแก่ประชาชน เพิ่มความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายของสารเคมี วิธีการจัดการสารเคมีอย่างปลอดภัย และการปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เพื่อเสริมสร้างความรู้ที่ถูกต้อง ความตระหนักรู้ และทักษะ รวมถึงสนับสนุนให้เกิดการมีส่วนร่วมของประชาชนในการควบคุมและกำกับดูแลสารเคมี

5. ส่งเสริมการพัฒนาทักษะและความร่วมมือในการจัดการสารเคมี พัฒนาทักษะและความรู้ให้แก่บุคลากรที่เกี่ยวข้องในการควบคุมและติดตามสารเคมี ตลอดจนจรรยาบรรณ ทั้งในระดับส่วนกลาง ส่วนภูมิภาค และท้องถิ่น เพื่อเพิ่มความรู้และความเข้าใจในการบริหาร

จัดการสารเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ควรส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคประชาชน และองค์กรไม่แสวงหาผลกำไรในการจัดการสารเคมีอย่างปลอดภัย

สร้างเครือข่ายความร่วมมือและส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ระหว่างหน่วยงาน สถาบันการศึกษา หน่วยงานวิจัย และภาคอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มความร่วมมือในการทำงานร่วมกัน สนับสนุนภาคเอกชนในการวิจัยและพัฒนาต่าง ๆ เช่น การพัฒนานวัตกรรมด้านเทคโนโลยีการจัดการสารเคมีอย่างปลอดภัย และสารทดแทน เช่น สารชีวภาพหรือสารชีวภัณฑ์ เพื่อเป็นทางเลือกแทนสารเคมีอันตราย และสนับสนุนการนำผลการวิจัยไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย โดยจัดตั้งกองทุนหรือโครงการสนับสนุนผู้ประกอบการที่ต้องการพัฒนาสินค้าและบริการที่ใช้สารทดแทนสารเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัย

บทสรุป

ปัจจุบัน ประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาสารเคมีที่มีความซับซ้อนและหลากหลาย ตั้งแต่การปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารและผลิตภัณฑ์อุปโภคบริโภค ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรและสิ่งแวดล้อม จนถึงอุบัติเหตุและการลักลอบทิ้งสารเคมีอย่างผิดกฎหมาย แม้ว่าภาครัฐจะมีความพยายามอย่างต่อเนื่องในการพัฒนาระบบการจัดการสารเคมี แต่ยังคงประสบกับอุปสรรคสำคัญหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการบูรณาการข้อมูลสารเคมี ระบบการประเมินความเสี่ยงที่ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ นอกจากนี้ การบังคับใช้กฎหมายที่ยังขาดความเข้มงวดก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้การแก้ไขปัญหาเป็นไปอย่างล่าช้า

ปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสารเคมีในวงกว้าง ทั้งในระดับประชาชนและผู้ประกอบการ ประกอบกับการขาดการสนับสนุนด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหรือสาร

ทดแทนที่เพียงพอ ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการพัฒนาทางเลือกที่ปลอดภัยและยั่งยืน นอกจากนั้น โครงสร้างการบริหารและการกำกับดูแลที่เป็นอยู่ในปัจจุบันยังคงมีข้อจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของคณะกรรมการที่รับผิดชอบ ซึ่งยังขาดอำนาจทางกฎหมายที่เพียงพอในการสั่งการและประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้การดำเนินงานขาดความต่อเนื่องและเอกภาพ อันเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

การปฏิรูประบบการจัดการสารเคมีจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยต้องมีการปรับปรุงพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย ในประเด็นสำคัญต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ เพื่อให้การจัดการสารเคมีเป็นไปอย่างบูรณาการและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการปฏิรูปดังกล่าวควรมุ่งเน้นการปกป้องสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อม ควบคู่ไปกับการคำนึงถึงการลดภาระของผู้ประกอบการ ดังนี้

1. การแก้ไขปัญหาสารเคมีอย่างยั่งยืน จำเป็นต้องมีการปรับปรุงโครงสร้างการบริหารและการกำกับดูแลอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดตั้งองค์กรที่มีอำนาจทางกฎหมายเฉพาะในการกำกับดูแลการจัดการสารเคมีอย่างครบวงจร หัวใจสำคัญของการปฏิรูประบบการจัดการสารเคมี คือ การจัดตั้งคณะกรรมการนโยบายสารเคมีแห่งชาติ โดยมีนายกรัฐมนตรีดำรงตำแหน่งประธาน องค์ประกอบของคณะกรรมการจะต้องมีความหลากหลายและครอบคลุมประกอบด้วยผู้แทนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้ทรงคุณวุฒิจากสาขาต่าง ๆ ตลอดจนตัวแทนจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น องค์กรสาธารณประโยชน์ ภาคเอกชน และภาคประชาสังคม โดยคณะกรรมการชุดนี้จะมีบทบาทสำคัญในการกำหนดนโยบายการใช้สารเคมีของประเทศ ซึ่งถือเป็นกลไกสำคัญที่จะช่วยเสริมสร้างเอกภาพในการจัดการสารเคมี อันเป็นสิ่งที่ระบบการจัดการสารเคมีของประเทศไทยยังขาดแคลนอยู่ในปัจจุบัน การมีคณะกรรมการระดับชาติที่มีอำนาจ

เบ็ดเสร็จจะช่วยให้การดำเนินนโยบายด้านสารเคมีเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น

2. การยกระดับมาตรฐานการจัดการสารเคมีของประเทศไทยจำเป็นต้องมีการปรับปรุงกฎหมายและกลไกการประเมินความเสี่ยงให้มีความทันสมัยและชัดเจนมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งต้องมีการบังคับใช้กฎหมายอย่างเคร่งครัดและสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมสารเคมี

การจัดตั้งคณะกรรมการประเมินสารเคมีถือเป็นความจำเป็นเร่งด่วน โดยคณะกรรมการชุดนี้จะมีหน้าที่สำคัญในการประเมินความเสี่ยงอันตราย จำแนกระดับความเป็นอันตราย และจัดกลุ่มสารเคมีตามมาตรฐานสากล เพื่อป้องกันการลักลอบนำสารเคมีอันตรายเข้าประเทศ โดยองค์ประกอบของคณะกรรมการประเมินสารเคมีจะประกอบด้วยตัวแทนจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ทั้งผู้แทนหน่วยงานภาครัฐ ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และผู้แทนจากภาคประชาสังคมและภาคเอกชน การมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนนี้จะช่วยสร้างการยอมรับในวงกว้างทั้งในมิติด้านสุขภาพและเศรษฐกิจ การปฏิบัติงานของคณะกรรมการชุดนี้จะเป็นกลไกสำคัญในการเติมเต็มช่องว่างของระบบการประเมินความเสี่ยงสารเคมีที่ประเทศไทยยังขาดแคลนอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ ยังจะทำหน้าที่เป็นกลไกหลักในการขึ้นทะเบียนและกำหนดเงื่อนไขการควบคุมสารเคมีแต่ละประเภทอย่างเป็นระบบ

3. ระบบการจัดการสารเคมีของประเทศไทยในปัจจุบันมีความซับซ้อนและกระจายโดยอยู่ภายใต้การควบคุมของกฎหมายหลายฉบับและหลากหลายหน่วยงาน แม้จะมีพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 เป็นกฎหมายหลัก แต่การกำกับดูแลกลับมีหน่วยงานสำคัญที่เกี่ยวข้องถึง 6 หน่วยงาน ได้แก่ กรมวิชาการเกษตร กรมประมง กรมปศุสัตว์ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กรมโรงงานอุตสาหกรรม และกรมธุรกิจพลังงาน ซึ่งการควบคุมแบบแยกส่วน

ภายใต้การดูแลของหลายหน่วยงานจากหลายกระทรวง ก่อให้เกิดความซ้ำซ้อนและขาดเอกภาพในการดำเนินงาน ประกอบกับการขาดนโยบายที่เป็นเอกภาพในการใช้ สารเคมีของรัฐบาล ยิ่งทำให้การประสานงานระหว่าง หน่วยงานต่างกระทรวงเป็นไปอย่างยากลำบาก

แม้ปัจจุบันจะมีคณะกรรมการวัตถุอันตราย ภายใต้การกำกับของกระทรวงอุตสาหกรรมเป็นผู้มีอำนาจ ควบคุมวัตถุอันตรายหรือสารเคมี ทั้งหมดตาม พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย รวมถึงสารเคมีทางการ เกษตรและสาธารณสุข แต่โครงสร้างดังกล่าวกลับ ไม่ได้รับการยอมรับจากภาคประชาสังคม หากมีการจัดตั้ง คณะกรรมการจัดการสารเคมีเฉพาะด้านครอบคลุม สามด้านหลัก ได้แก่ ด้านการเกษตร สาธารณสุข และ อุตสาหกรรม ภายใต้การกำกับดูแลของรัฐมนตรีเพียงสาม กระทรวง ก็จะช่วยให้การควบคุมสารเคมีที่ใช้ ภายในประเทศมีประสิทธิภาพมากขึ้น การจัดกลุ่มการ ควบคุมตามลักษณะการใช้งานเป็นสามกลุ่มหลักนี้ จะช่วย ยกระดับการจัดการสารเคมีของประเทศไทยให้มีความ โปร่งใสและตอบสนองความต้องการของทุกภาคส่วนได้ อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุผลที่ว่า

- การบริหารจัดการสารเคมีในแต่ละด้านมีบริบท และความต้องการที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การ จัดตั้งคณะกรรมการจัดการสารเคมีเฉพาะด้าน จึงเป็น แนวทางที่จะช่วยลดความซ้ำซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพ ในการควบคุมและจัดการสารเคมีในแต่ละภาคส่วน คณะกรรมการแต่ละชุดจะสามารถกำหนดหลักเกณฑ์และ ออกใบอนุญาตที่สอดคล้องกับความต้องการเฉพาะ ของ แต่ละภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นด้านการเกษตร สาธารณสุข หรืออุตสาหกรรม

- การมีคณะกรรมการเฉพาะด้านจะช่วยลด ขั้นตอนและความยุ่งยากในการจัดการ ส่งผลให้การ ดำเนินงานมีความคล่องตัวมากขึ้น นอกจากนี้ ยังช่วยลด ข้อกังวลของภาคประชาสังคมที่มีต่อการควบคุมสารเคมี ทั้งหมดโดยคณะกรรมการวัตถุอันตรายที่อยู่ภายใต้การ กำกับของกระทรวงอุตสาหกรรมเพียงกระทรวงเดียว

- ข้อเสนอในการปรับโครงสร้างการบริหาร จัดการนี้มีความสอดคล้องกับแนวทางตามรัฐธรรมนูญ มาตรา 77 ที่กำหนดให้มีหน่วยงานและคณะกรรมการ เท่าที่จำเป็น เมื่อพิจารณาถึงความจำเป็นและความคุ้มค่า ของการจัดตั้งคณะกรรมการทั้งสามระดับ ได้แก่ คณะกรรมการนโยบายสารเคมีแห่งชาติ คณะกรรมการ ประเมินสารเคมี และคณะกรรมการจัดการสารเคมีเฉพาะ ด้าน จะเห็นได้ว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยลด ความซ้ำซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ มากยิ่งขึ้น ทั้งไม่ได้ทำให้ระบบมีขนาดใหญ่ขึ้น หากแต่เป็น เพียงการปรับบทบาทและหน้าที่ของหน่วยงานรัฐ ที่รับผิดชอบการกำกับดูแลสารเคมีเท่านั้น

4. ควรมีการพัฒนากระบวนการข้อมูลและการ เสริมสร้างศักยภาพด้านการจัดการสารเคมี โดยการจัดตั้ง ศูนย์ข้อมูลสารเคมีเพื่อบูรณาการฐานข้อมูลที่ครอบคลุม และทันสมัย โดยศูนย์ดังกล่าวจะใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ในการรวบรวม จัดเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็น ระบบ โดยมีประเภทข้อมูลที่จัดเก็บ ได้แก่

- ข้อมูลพื้นฐานสารเคมี จะครอบคลุมรายการ สารเคมีที่มีอยู่ในประเทศไทย รวมถึงบัญชีสารเคมีแต่ละ ประเภท และข้อมูลการลงทะเบียนและประเมินสารเคมี

- ข้อมูลการใช้งานและการจัดการ ที่จะรวบรวม ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวงจรชีวิตของสารเคมี ตั้งแต่การ นำเข้า ผลิต ส่งออก นำผ่าน การครอบครอง ขยาย ขนส่ง ใช้ บำบัด กำจัด ทำลาย และการนำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึง ข้อมูลชนิดและปริมาณการใช้ แหล่งประกอบการ และ เส้นทางกระจายสารเคมี

- ข้อมูลความปลอดภัย เป็นการจัดเก็บองค์ ความรู้ด้านการจัดการสารเคมี ผลการวิจัยและพัฒนาเพื่อ ลดความเสี่ยงหรือทดแทนสารเคมีอันตราย และแนวทาง การสื่อสารความเสี่ยง

อย่างไรก็ดี การจัดการข้อมูลดังกล่าวจะต้อง คำนึงถึงข้อจำกัดทางกฎหมาย โดยเฉพาะข้อมูลที่ต้องขอ อนุญาตจากบุคคลภายนอกและข้อมูลที่เป็นความลับทาง การค้า เพื่อให้สอดคล้องกับกฎหมายข้อมูลข่าวสารของ

ราชการ กฎหมายความลับทางการค้า และกฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล

นอกจากนั้น การยกระดับการจัดการสารเคมีจำเป็นต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการเสริมสร้างความรู้และความเข้าใจแก่ประชาชนเกี่ยวกับอันตรายและวิธีการจัดการสารเคมีอย่างปลอดภัย พร้อมทั้งส่งเสริมการพัฒนาทักษะและความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน รวมถึงสนับสนุนการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมด้านเทคโนโลยีการจัดการสารเคมีและสารทดแทน

การปฏิรูประบบการจัดการสารเคมีของประเทศไทยเป็นก้าวสำคัญที่จะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ผลลัพธ์ที่คาดหวังจะนำมาซึ่งการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยด้านสารเคมี การคุ้มครองสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อม ควบคู่ไปกับการสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจ การเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมและจัดการสารเคมีในแต่ละด้านจะช่วยสร้างระบบที่มีความเข้มแข็งและยั่งยืน อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนและการพัฒนาประเทศในระยะยาวอย่างแท้จริง แม้จะเป็นความท้าทายอย่างมาก แต่การปฏิรูปดังกล่าวจะเป็นก้าวสำคัญที่จะช่วยให้ประเทศไทยสามารถพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีที่มีมาตรฐานและสอดคล้องกับมาตรฐานสากล

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณพ่อและแม่ที่มีส่วนสำคัญในการสนับสนุนและให้กำลังใจข้าพเจ้าตลอดมา ความรักและการสนับสนุนของท่านทั้งสองเป็นแรงผลักดันที่สำคัญที่ทำให้ข้าพเจ้าสามารถสร้างสรรค์ผลงานที่มีคุณภาพและมีประโยชน์ต่อสังคมได้

เอกสารอ้างอิง

- Arunpoolthap, K. 2024. **Legal measures for the control of hazardous substances.** [Online]. Available <https://shorturl.asia/mWMCb> (January 11, 2024). [in Thai]
- Babel, S. 2020. Current Situation and Challenges of Waste Management in Thailand: Sustainable Waste Management Challenges in Developing Countries. pp. 409-440. In Pariatamby, A., F. Shahul Hamid and M. Bhatti (Eds.). **Sustainable Waste Management Challenges in Developing Countries.** Pennsylvania: IGI Global Scientific Publishing.
- Center for Occupational Safety Health and Environment Management: COSHEM. 2024. **Chemical and chemical waste management.** [Online]. Available <https://www.tm.mahidol.ac.th/research/ORIC/Chemical%20Safety/WasteManagements.pdf> (January 11, 2024). [in Thai]
- Chananphudsa, O., C. Pararach and C. Phadermrod. 2024. Risk assessment of chemical management system: a case study of chemical laboratories of Faculty of Science and Technology in A University, Pathum Thani province. **Thai Journal of Safety and Health, Year 17(1): 60-71.**

- Charoen Pokphand Group. 2024. **Chemical and hazardous substance management policy, Charoen Pokphand Group.** [Online]. Available <https://www.cpgroupglobal.com/storage/document/code-of-conduct-policies-and-guidelines/hazardous-chemicalsand-substances-management-policy-th.pdf> (August 13, 2024).
- Dan-utra, W., W. Muksuwan and W. Pruetthithawon. 2006. **Integrated chemical management information system.** [Online]. Available <https://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=3&ID=2> (August 18, 2024) [in Thai]
- Department of Industrial Works. 2024. **Hazardous substance act.** [Online]. Available <https://www.diw.go.th/webdiw/law-haz/> (August 13, 2024). [in Thai]
- In-na, Y. 2017. Feasibility Study on the Establishment of the National Chemical Agency (Thailand). pp. 303-318. *In Proceedings of the 1st National Conference on Chemicals Management: Moving Forwards Sound Chemicals Management for Sustainable Development.* Bangkok: Department of Agriculture.
- _____. 2017. Preparation of Thailand Existing Chemicals Inventory. pp. 287-302. *In Proceedings of the 1st National Conference on Chemicals Management: Moving Forwards Sound Chemicals Management for Sustainable Development.* Bangkok: Department of Agriculture.
- Luangpaiboon, W.A. 2022. Hazardous waste management system for Thailand's local administrative organization via route and location selection. **Journal of the Air and Waste Management Association** 10(22): 1121-1136.
- National Committee on the Development of Strategic Management of Chemical Substances. 2018. **Chemical Management Master Plan 2019-2037.** Bangkok: Aksorn Graphic and Design Publishing. 54 p. [in Thai]
- Phumwiangsri, S., N. Sinsupan and A. Chanawongse. 2021. The development of a sustainable management model for pesticides contamination in fruits, vegetables and agricultural products with the participation of communities and network partners in Nong Na Kham district, KhonKaen. **Research and Development Health System Journal** 14(2): 36-56.

Praekunatham, H. and K. Boonmephong. 2023. An evaluation of national capacity regarding chemical event management under the International Health Regulations: a case of Thailand, 2022. **Outbreak, Surveillance, Investigation and Response (OSIR) Journal** 3(16): 119-129.

Pratumwan, W. 2021. Development of chemical management system of Material Technology Laboratory, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkhla University. **Academic Journal of the Public Sector Development Commission** 12(1): 185-195.

Soontornchai, S. 2019. Problems and obstacles causing gap of GHS-based chemical safety management among household hazardous substance product enterprises. **Electronic Journal of Open and Distance Innovative Learning (e-JODIL)** 10(1): 143-152. [in Thai]

Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public Organization). 2021. **How to store chemicals in the laboratory to ensure safety**. [Online]. Available <https://www.tosh.or.th/index.php/blog/item/878-2021-03-12-04-23-24>. (August 13, 2024). [in Thai]

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าโภชนาการของผักเหลียง

(*Gnetum gnemon* var. *Tenerum*)

Effect of Organic Fertilizer on Growth and Nutritional Value of *Gnetum gnemon* var. *Tenerum*

จิระศักดิ์ วิชาวาสดี^{1*} ณัฏพัฒน์ สุขใส² ชันทวรรณ เอ่งฉ้วน³ อำนาจ รักษาพล⁴ และเบญจมาศ ณ ทองแก้ว⁴

Jirasak Wichasawasdi^{1*}, Nutchapat Suksai², Chantawan Engchuan³

Amnat Raksapol⁴ and Benjamas Na Thongkaew⁴

¹สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ชุมพร 86170

²สาขาวิชานวัตกรรมและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ชุมพร 86170

³สาขาวิชาการจัดการสำหรับผู้ประกอบการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ชุมพร 86170

⁴สาขาวิชาการท่องเที่ยวและบริการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ชุมพร 86170

¹Division of Plant Science, Maejo University at Chumphon, Chumphon, Thailand 86170

²Division of Innovative Coastal Aquaculture, Maejo University at Chumphon, Chumphon, Thailand 86170

³Division of Entrepreneurial Management, Maejo University at Chumphon, Chumphon, Thailand 86170

⁴Division of Tourism and Hospitality, Maejo University at Chumphon, Chumphon, Thailand 86170

*Corresponding author: jirasuk.w@gmail.com

Received: September 17, 2024

Revised: June 9, 2024

Accepted: July 26, 2024

Abstract

The use of organic fertilizers is useful for growing vegetables and ensuring safety for consumers. *Gnetum gnemon* is a popular local vegetable grown in Chumphon province. The objectives of this research were to test the effect of organic fertilizers on growth of *Gnetum gnemon* and to study the nutritional value of *Gnetum gnemon*. The experiment was conducted using a Completely Random Design (CRD) and divided into 4 treatments with 10 replications, including the following: T1) no organic fertilizer (control), T2) organic fertilizer (chicken compost) 300 g/plant, T3) organic fertilizer (150 g of chicken compost + 150 g of bat compost) and T4) dust organic fertilizer (enrich the plant formula (organic way®) (0.1 g/plant) for 56 days. The resulted showed that all treatments were not significantly different when comparing among plant height, canopy width and the number of young leaves at the 95% confidence level. For Nutritional values and active substances in *Gnetum gnemon*, the resulted indicated that powder organic fertilizers (organic way®) treatment had the highest antioxidant value (1,658.34 mmoles TE) compared to other treatments. However, this treatment showed the lowest total polyphenol content. The results suggested that the application of organic fertilizers is effective in

enhancing the nutritional values and active substances of *Gnetum gnemon*. This data may be used as a guideline for developing the taste and nutritional value of *Gnetum gnemon*.

Keywords: *Gnetum gnemon*, organic fertilizer, growth, antioxidant

บทคัดย่อ

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีประโยชน์ต่อการปลูกพืชผัก และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ผักเหลียงเป็นผักพื้นบ้านที่นิยมปลูกในจังหวัดชุมพร วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อทดสอบผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต และศึกษาคุณค่าโภชนาการของผักเหลียง ในการทดลองได้วางแผนการทดลองแบบ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 4 การทดลอง ๆ ละ 10 ซ้ำ ดังนี้ การทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยใดๆ (ชุดควบคุม) การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อดเม็ด อัตรา 300 กรัม/ต้น การทดลองที่ 3 ปุ๋ยมูลไก่อดเม็ด 150 กรัม/ต้น ร่วมกับปุ๋ยมูลค่างควาอดเม็ด 150 กรัม/ต้น การทดลองที่ 4 สารอินทรีย์แบบผง สูตรบำรุงพืช Organic way® อัตรา 0.1 กรัม/ต้น ทดสอบนาน 56 วัน จากผลการทดลองพบว่า ทุกการทดลองทำให้มีความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบเพสลาด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนคุณค่าโภชนาการและสารสำคัญที่พบในผักเหลียงที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าการใส่สารอินทรีย์ผง สูตรบำรุงพืช Organic way® ทำให้มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด 1,658.34 mmoles TE อย่างไรก็ตาม สิ่งทดลองดังกล่าว ทำให้มีปริมาณพอลิฟีนอลรวมทั้งหมดต่ำที่สุด จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดมีผลต่อคุณค่าโภชนาการและสารสำคัญของผักเหลียง อาจใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารสชาติและคุณค่าทางโภชนาการของผักเหลียง

คำสำคัญ: ผักเหลียง ปุ๋ยอินทรีย์ การเจริญเติบโต สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

การพัฒนาชุมชนท่องเที่ยวเชิงเกษตรและการขับเคลื่อนเครือข่ายท่องเที่ยวชุมชนจังหวัดชุมพรให้บรรลุเป้าหมาย ต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันองค์ความรู้หนึ่งที่มีประโยชน์ต่อนักท่องเที่ยว ผู้บริโภค และสถานประกอบการท่องเที่ยว คือ การจัดการท่องเที่ยวโดยใช้ศาสตร์แห่ง Gastronomy (Gastronomic-tourism) เพื่อเสริมสร้างคุณค่าให้กับสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งชาวบ้านผลิตขึ้นเองในแหล่งท่องเที่ยวชุมชน รวมทั้งสร้างคุณค่าให้แหล่งท่องเที่ยวให้เป็นที่ประทับใจให้แก่ผู้มาเยี่ยมเยือนชุมชนพื้นบ้าน เช่น คุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่ผู้บริโภคหรือนักท่องเที่ยวได้รับประทานในแต่ละเมนู เป็นต้น จากข้อมูลสำรวจในแหล่งท่องเที่ยวชุมชนจังหวัดชุมพร ได้แก่ แหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร 4 แห่ง ซึ่งมีพื้นที่อยู่ในเขต อำเภอหลังสวน อำเภอพะโต๊ะ และบ้านทอน-อม อำเภอทุ่งตะโก จังหวัดชุมพร รวมทั้งพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้ตามศาสตร์พระราชาศูนย์โครงการพัฒนาหนองใหญ่ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอเมืองชุมพร ทั้งนี้เกษตรกรในแหล่งท่องเที่ยวชุมชนดังกล่าวมีการปลูกผักอินทรีย์ เช่น ผักเหลียง ซึ่งเป็นผักที่มีเบต้าแคโรทีนซึ่งจัดเป็นสารต้านออกซิเดชันและเป็นสารตั้งต้นการสร้างวิตามินเอ ผักเหลียง 100 กรัม ให้เบต้าแคโรทีน สูงถึง 1,089 ไมโครกรัมหน่วยเรตินัล ซึ่งสูงกว่าผักบุ้งจีน 3 เท่า มากกว่าผักบุ้งไทย 5-10 เท่า (Department of Agricultural Extension, n.d.) ซึ่งเกษตรกรต้องการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับพืชผักเหลียงด้วยศาสตร์แห่ง Gastronomy ด้าน functional foods โดยเฉพาะองค์ความรู้คุณค่าโภชนาการของผักพื้นบ้าน รวมทั้งอาจช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพและโภชนาการในอนาคต

ปุ๋ยอินทรีย์ธรรมชาติ หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยพืชสด ส่วนปุ๋ยอินทรีย์สังเคราะห์ หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ซึ่งได้มาจากการสังเคราะห์โดยวิธีทางเคมี (Suwanrit, 2007) ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizers) ที่สำคัญมี 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด คำว่า Manure หมายถึง ส่วนของอินทรีย์วัตถุที่กำลังเน่าเปื่อย เช่น มูลสัตว์ต่าง ๆ ส่วนปุ๋ยที่ได้จากเศษของพืชปลูกและวัชพืชที่เน่าเปื่อยเรียกว่า Compost (Department of Soil Science, 2001)

ปุ๋ยมูลสัตว์ (Animal manures) ได้แก่ มูลไก่ มูลสุกร มูลโค มูลกระบือ มูลแพะ มูลแกะ มูลกระต่าย มูลค่างควา มูลนก ฯลฯ ซึ่งทั้งหมดนี้ประกอบด้วยส่วนของแข็งที่มาจากมูลของสัตว์ ซึ่งจะเป็นเศษซากของพืชและสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายไปบางส่วนระหว่างทางของระบบย่อยของสัตว์ และส่วนที่เป็นปัสสาวะซึ่งอุดมไปด้วยเกลือแร่และสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเมื่อรวมกันเข้าก็จะมีองค์ประกอบที่สมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารพืช มูลนก มูลค่างควา และมูลสัตว์เลี้ยงประเภทสัตว์ปีก มีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในมูลสูง เพราะสัตว์เหล่านี้กินปลาแมลง และสัตว์เล็ก มากกว่ากินอาหารที่มาจากพืช และในระบบการขับถ่ายมูลและปัสสาวะของสัตว์ปีกจะรวมกันจึงขับถ่ายออกมาพร้อมกัน สำหรับสัตว์ใหญ่ เช่น ช้าง ม้า โค และกระบือ มักจะกินพืชเป็นอาหารจึงมีความเข้มข้นของ N, P และ K ค่อนข้างต่ำ กรณีเลี้ยงสัตว์แล้วใช้พืชตระกูลถั่วและเนื้อสัตว์ป็นเพิ่มไปในอาหาร มูลของสัตว์เหล่านี้จะใช้ทำปุ๋ยได้ดี ในขณะที่สารอินทรีย์ต่าง ๆ ในปุ๋ยอินทรีย์กำลังถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์นั้น สารประกอบอินทรีย์รูปต่าง ๆ ของไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จะเปลี่ยนแปลงย่อยสลายไปตามลำดับ และในที่สุดจะไปเป็นสารอนินทรีย์ซึ่งมีธาตุ N และ P เช่น NH_4^+ , NO_3^- , H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-} ซึ่งรากพืชสามารถดูดไปใช้ได้ ส่วนโพแทสเซียมในปุ๋ยมักอยู่ในรูปไอออนที่ละลายน้ำได้ดีจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทันที การปลดปล่อยธาตุอาหารใน

ปุ๋ยอินทรีย์จะช้ากว่าปุ๋ยเคมีและสม่ำเสมอมาก ทำให้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพสูง พืชตอบสนองดีและไม่ค่อยเกิดการเป็นพิษต่อพืช (Department of Soil Science, 2001) ธาตุอาหารพืชในมูลสัตว์ เช่น มูลไก่ มี N เท่ากับ 1.2-4.8% มี P_2O_5 เท่ากับ 1.2-9.4% และมี K_2O เท่ากับ 0.5-4.2% มูลค่างควา มี N เท่ากับ 0.1-2.9% มี P_2O_5 เท่ากับ 0.6-36.8 % และมี K_2O เท่ากับ 0.4-22% (Department of Soil Science, 2001)

สำหรับผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางเคมีของดิน โดยปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้อยู่ต่ำและสลายตัวให้อิออนส์ซึ่งมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง ทำให้มีลักษณะที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากในปุ๋ยมีอินทรีย์สารที่มีตำแหน่งของการแลกเปลี่ยนแคตไอออนในปริมาณสูงมาก จึงช่วยเจือจางความเข้มข้นของไอออนที่อยู่บริเวณรอบ ๆ และควบคุมปฏิกิริยาทางเคมีในดินให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอไม่เปลี่ยนแปลงไปมาอย่างเฉียบพลัน จึงช่วยให้พืชเจริญเติบโตสม่ำเสมอดีขึ้น ปุ๋ยอินทรีย์บางชนิดมีธาตุอาหารสูงมาก และมี C/N แคบ จึงสลายตัวง่ายและเกิดความร้อนจากการสลายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดอันตรายต่อพืชได้ สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ที่มี C/N กว้าง เมื่อใส่ลงไปในดินจะทำให้เกิดการขาด N อย่างรุนแรงระหว่างการสลายตัว การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีสารตกค้างที่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยทำให้ดินอุ้มน้ำดีขึ้น และปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ได้สูงขึ้น ทำให้อนุภาคดินหยาบ ๆ เกาะตัวได้ดีขึ้น ดินเหนียวจะร่วนขึ้น โปร่งขึ้น มีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ความหนาแน่นลดลง ไม่แข็งจัดเมื่อแห้ง จึงช่วยรักษาสภาพทางกายภาพของดินให้ดีขึ้นได้นาน (Department of Soil Science, 2001)

นอกจากนี้ Foi Phikun (2003) รายงานว่า ปุ๋ยอินทรีย์จะให้ธาตุอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะไนโตรเจน ซึ่งพืชต้องการปริมาณมาก โดยอินทรีย์สารให้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมและไนเตรทที่พืชสามารถใช้ได้ทันทีสำหรับประโยชน์ของปุ๋ยคอกที่ได้จากมูลสัตว์ต่าง ๆ ช่วย

เพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จุลธาตุบางชนิด ปุ๋ยคอกช่วยแก้ปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ การขาดจุลธาตุ แก้มสมบัติทางกายภาพเนื้อดินที่มีปัญหา อุ้มน้ำ โครงสร้างดินไคพรวนยาก

สำหรับบทบาทของปุ๋ยอินทรีย์ต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในพืช อนุมูลอิสระ หมายถึง สารหรือโมเลกุลใด ๆ ที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (Unpaired electron) ที่ชั้นนอกสุดทำให้มีความไวต่อการทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่น ๆ และการที่สารหรือโมเลกุลใดจะเกิดเป็นอนุมูลอิสระหรือไม่ขึ้นกับปฏิกิริยาทางเคมีที่มีการรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอนหรืออาจเกิดจากการแตกหักที่อาศัยพลังงานความร้อน หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำให้อิเล็กตรอนออกมา อนุมูลอิสระสามารถเกิดขึ้นได้ในสภาวะปกติของร่างกาย เช่น การแสดงออกของยีน ภาวะชราภาพของร่างกาย ความเครียดจากออกซิเดชันกับโรคเมอเร้ง เป็นต้น สำหรับ สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) เป็นสารที่ทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระโดยตรงเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระให้หมดไป หรือยับยั้งปฏิกิริยาถูกโซ่ของอนุมูลอิสระนั้น ๆ สารต้านอนุมูลอิสระมีหลายชนิด ทั้งชนิดทำหน้าที่เป็นเอนไซม์และที่ไม่เป็นเอนไซม์ ทั้งชนิดสารประกอบที่ละลายในน้ำและไขมัน ซึ่งมีกลไกต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ การยับยั้งของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ เสริมฤทธิ์และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ เป็นต้น (Kunathip, 2021) ทั้งนี้ ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ช่วยทำให้พืชไม่เกิดสภาวะเครียดจากการขาดธาตุอาหาร มีการแสดงออกของยีนตามกลไกปกติ ดังนั้น จึงทำให้ในพืชเกิดอนุมูลอิสระน้อยลงได้

สำหรับสารกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenol) เป็นสารประกอบเคมีในธรรมชาติ (Secondary metabolites) จัดอยู่ในสารกลุ่มฟีนอล ที่พบในพืชผัก ข้าวสาลี และผลไม้หลายชนิด สารเหล่านี้ แบ่งเป็น 4 กลุ่มหลัก (Class) ดังนี้ ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) กรดฟีนอลิก

(Phenolic acid) สารสตีลเบนส์ (Stilbenes) และลิกแนน (Lignans) ซึ่งสารเหล่านี้มีบทบาทต่างกัน เช่น ช่วยการทำงานของฮอร์โมนออกซิน ช่วยป้องกันอันตรายจากรังสียูวี ช่วยป้องกันศัตรูพืช (Pathogen) ช่วยป้องกันการพัฒนาของเซลล์มะเร็ง ช่วยชะลอวัย (Aging) (Pandey and Rizvi, 2009)

ในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักเหียง และวิเคราะห์สารที่มีคุณค่าโภชนาการของผักเหียง โดยเน้นตรวจปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในพืชที่ผ่านการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ คาดหวังว่าองค์ความรู้ใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการฟาร์มผักเหียงอินทรีย์และทราบคุณค่าโภชนาการของผักเหียง

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของผักเหียง

จากการสำรวจเบื้องต้น ในพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร จำนวน 4 แห่ง พบว่าชาวบ้านนิยมปลูกผักเหียงใช้สถานที่วิจัยทดสอบปุ๋ย ณ แปลงปลูกต้นผักเหียง ศูนย์การเรียนรู้บ้านน้อยกลางป่าใหญ่ อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร ในการทดสอบปุ๋ยใช้ต้นผักเหียง ที่มีอายุ 3 ปี ซึ่งตัดแต่งกิ่งให้มีความสูงและความกว้างทรงพุ่มที่สม่ำเสมอทุกต้นก่อนใช้ทดลอง เลือกแต่ละต้นที่อยู่ห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร ได้ดำเนินการทดสอบการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สำหรับบำรุงต้นผักเหียง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 4 การทดลอง ๆ ละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น รวมใช้ต้นผักเหียง 40 ต้น ได้แก่ การทดลองที่ 1 (T1) ไม่ใส่ปุ๋ยใด ๆ จำนวน 10 ต้น (ชุดควบคุม) การทดลองที่ 2 (T2) ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ด อัตรา 300 กรัม/ต้น รวมจำนวน 10 ต้น การทดลองที่ 3 (T3) ปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ด 150 กรัม/ต้น ผสมกับปุ๋ยมูลค่างอัตรา 150 กรัม/ต้น ใช้จำนวน 10 ต้น การทดลองที่ 4 (T4) สารอินทรีย์แบบผงละลายน้ำ สูตรบำรุงพืช Organic way® อัตรา 0.1 กรัม/ต้น ใช้จำนวน

10 ต้น ซึ่งการทดลองต่าง ๆ ดังกล่าวเป็นตัวแปรอิสระ (Independent variable) (โดยให้ปุ๋ยรอบโคนต้นแล้วรดน้ำ ให้ปุ๋ยตามแผนการทดลองข้างต้น ทุก ๆ 2 สัปดาห์ เฉพาะปุ๋ยในการทดลองที่ 2 และ 3 ให้ปุ๋ยจำนวน 3 ครั้ง การทดลองที่ 4 ให้ปุ๋ย 5 ครั้ง การให้ปุ๋ยตามแผนทดลอง และรดน้ำทุก 3 วัน จากนั้นเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ทุกต้น ทุก ๆ 2 สัปดาห์ ทดสอบเป็นเวลา 56 วัน การเก็บข้อมูลตัวแปรตาม (Dependent variable) ดังนี้ ความสูงต้นและความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบแก่ (นับจำนวนใบสีเขียวที่มีความสมบูรณ์ ความกว้างใบ 4 ซม. ความยาวใบ 10 ซม.ขึ้นไป ไม่รวมใบเพสลาด) และจำนวนใบเพสลาด (นับเฉพาะใบเพสลาดที่ยาว ตั้งแต่ 10 ซม. ขึ้นไป) โดยเก็บข้อมูลจาก 10 ต้นต่อการทดลอง

การศึกษาคุณค่าโภชนาการของผักเคลซึ่งผ่านการใส่ปุ๋ยอินทรีย์

หลังจากคัดเลือกต้นเคลซึ่งปลูกอยู่ในแปลงทดสอบการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ณ ศูนย์การเรียนรู้บ้านน้อยกลางป่าใหญ่ อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร ดังกล่าวแล้ว ได้สุ่มเก็บตัวอย่างใบเคลซึ่ง โดยเก็บตัวอย่างใบสดแยกแต่ละการทดลอง สุ่มตัวอย่างจากจำนวน 4 การทดลอง ๆ ละ 10 ต้น แล้วนำตัวอย่างใบสดไปอบให้แห้งด้วยตู้อบความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แล้วจึงบดตัวอย่างใบ ใช้น้ำหนักใบแห้ง เท่ากับ 300 กรัมต่อ 1 ตัวอย่าง แล้วบรรจุในภาชนะที่สะอาด ปราศจากสิ่งปลอมปน เพื่อส่งตรวจ

วิเคราะห์สารโภชนาการ โดยแยกวิเคราะห์ในแต่ละการทดลอง จากนั้นตรวจวิเคราะห์สารโภชนาการที่พบในใบผักเคลซึ่งในทั้ง 4 การทดลอง ได้แก่ ตรวจวัดโปรตีน (Protein) วิตามินซี (Vitamin C) พอลิฟีนอลรวม (Total polyphenol) ค่าสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) แต่ละค่าได้วิเคราะห์แบบ Duplication และหาค่าเฉลี่ย การตรวจวัดผลค่าดังกล่าวโดยสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา จังหวัดนครปฐม

ผลการวิจัย

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของผักเคล

จากการสำรวจชนิดของพืชผักพื้นบ้านในแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร พบว่าผักเคลซึ่งเป็นพืชที่นิยมปลูกมากที่สุดในทุกแหล่งท่องเที่ยว โดยนิยมนำมาทำเมนูผักเคลผัดไข่ จึงมีการส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในผักเคล ซึ่งจากการทดสอบปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการปลูกผักเคลซึ่งแบบเกษตรอินทรีย์ ณ ศูนย์เรียนรู้บ้านน้อยกลางป่าใหญ่ อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร ปรากฏผลดังนี้

1) ความสูงต้น จากการทดลอง เมื่อใส่ปุ๋ยครบ 56 วัน พบว่า การทดลองที่ใช้สารอินทรีย์สูตรบำรุงพืช Organic way® ทำให้มีความสูงต้นมากที่สุด คือ 125.1 ± 10.9 ซม. รองลงมาคือ การทดลองชุดควบคุม มีความสูงเฉลี่ย 121.3 ± 15.8 ซม. แต่ทุกการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Height of *Gnetum gnemon* after receives organic fertilizers at 56 days

Treatment	Height (cm±SD)				
	0 days	14 days	28 days	42 days	56 days
T1	99.4±8.0	101.7±10.8	108.0±13.6	114.7±15.0	121.3±15.8
T2	107.0±18.0	107.3±19.2	115.4±17.1	118.3±14.6	120.9±18.0
T3	100.8±16.0	102.9±17.8	108.1±17.0	112.6±18.2	114.3±19.9
T4	112.6±10.0	114.3±7.8	118.5±7.7	123.4±9.0	125.1±10.9
Significant level	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	12.9	13.8	12.8	12.4	13.7

ns = no significant different at $P < 0.05$; SD. = Standard Deviation

T1 = no fertilizer (control); T2 = chicken fertilizer 300 g/plant; T3 = chicken fertilizer 150 g + bat fertilizer 150 g/plant;

T4 = organic nutrient (Organic way®) 0.1 g/plant

2) ความกว้างทรงพุ่ม จากการทดลอง เมื่อใส่ปุ๋ยครบ 56 วัน พบว่าการทดลองที่ 2 การใช้มูลไก่อัดเม็ดอัตรา 300 กรัม/ครั้ง ทำให้มีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุดคือ 65.7 ± 9.0 ซม. รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดร่วมกับปุ๋ยมูลค่างควาอัดเม็ด ทำให้มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 62.4 ± 10.4 ซม. แต่ในทุกการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) จำนวนใบเพสลาดสีเขียว จากการทดลองใส่

ปุ๋ยอินทรีย์ นาน 56 วัน พบว่าการใช้สารอาหารอินทรีย์ผสมละลายน้ำสูตร Organic way® ทำให้มีจำนวนใบเขียวเพสลาดมากที่สุด จำนวน 10.6 ± 10.7 ใบ รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยสูตรมูลไก่ร่วมกับมูลค่างควา ทำให้มีจำนวนใบเพสลาด 6.5 ± 6.5 ใบ สำหรับการไม่ใส่ปุ๋ย ทำให้แตกใบเขียวระยะเพสลาดน้อยที่สุด 3.5 ± 2.2 ใบ แต่ทุกการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

Table 2 Width of *Gnetum gnemon* after receives organic fertilizers at 56 days

Treatment	Width (cm) $\pm$ SD					No.1 ^{1/}	No.2 ^{2/}
	0 day	14 days	28 days	42 days	56 days	56 days	56 days
T1	53.0 $\pm$ 7.0	53.3 $\pm$ 6.5	52.4 $\pm$ 8.4	60.5 $\pm$ 10.3	61.7 $\pm$ 14.2	21.0 $\pm$ 17.8ab	3.5 $\pm$ 2.2
T2	57.3 $\pm$ 7.6	58.4 $\pm$ 7.3	61.0 $\pm$ 7.9	69.1 $\pm$ 8.8	65.7 $\pm$ 9.0	27.4 $\pm$ 21.8a	6.5 $\pm$ 6.5
T3	55.1 $\pm$ 13.0	55.1 $\pm$ 13	55.7 $\pm$ 13.9	66.2 $\pm$ 11.9	62.4 $\pm$ 10.4	5.5 $\pm$ 5.9b	8.0 $\pm$ 7.9
T4	50.2 $\pm$ 6.7	54.4 $\pm$ 5.2	59.1 $\pm$ 5.3	62.9 $\pm$ 7.4	61.4 $\pm$ 8.4	14.4 $\pm$ 12.8ab	10.6 $\pm$ 10.7
Significant level	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)	16.5	15.4	16.5	15.1	17.1	92.1	104.6

¹Number of dark green-mature leaves; ²Number of light green-young leaves

* = statistic significant at P<0.05 (compare mean using DMRT method by Sirichai Statistic)

T1 = no fertilizer (control); T2 = chicken fertilizer 300 g; T3 = chicken fertilizer 150 g + bat fertilizer 150 g; T4 = organic nutrient (Organic way®) 0.1 g/plant

การศึกษาคุณค่าโภชนาการของผักเหลียงที่ผ่านการใส่ปุ๋ยอินทรีย์

คุณค่าโภชนาการของใบเหลียงที่ปลูกแบบอินทรีย์ด้วยปุ๋ยสูตรต่าง ๆ จากผลการทดลอง ปรากฏผลดังนี้ 1) โปรตีน จากการทดลองพบว่า การไม่เติมปุ๋ยใด ๆ ทำให้มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด เฉลี่ย 19.61 กรัม/ตัวอย่าง 100 กรัม รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์สูตรบำรุงพืช Organic way® ทำให้มีโปรตีน 18.29 กรัม 2) วิตามินซี พบว่าไม่มีวิตามินซีในทุกตัวอย่างใบที่ผ่านการใส่ปุ๋ยทั้ง 3 แบบ และการไม่ใช้ปุ๋ยใด ๆ 3) พอลิฟีนอลรวมทั้งหมด จากการทดลองพบว่า ปุ๋ยที่ทำให้มีปริมาณพอลิฟีนอลรวมทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์สูตรบำรุงพืช Organic way® ทำให้มีค่าเฉลี่ย 790.46 mg eq GA รองลงมาคือ การใช้มูลไก่ ทำให้มี

ปริมาณพอลิฟีนอลรวมทั้งหมด 876.77 mg eq GA ทั้งนี้ การไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ใด ๆ ทำให้มีปริมาณพอลิฟีนอลรวมทั้งหมด เฉลี่ย 1,070.29 mg eq GA (Table 3) 4) สารต้านอนุมูลอิสระ (Total antioxidant activity) พบว่าการใส่ปุ๋ยให้กับต้นผักเหลียงในแต่ละสูตร มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในใบพืช โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ Organic way® สูตรสำหรับผักใบเขียว ทำให้มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เฉลี่ย 1,658.34 mmol TE รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยมูลไก่ ให้ค่าสารต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ย 1,315.39 mmol TE สำหรับสูตรปุ๋ยที่ทำให้ใบมีสารต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด คือ การใช้ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับปุ๋ยมูลค่างควา ทำให้มีค่าเฉลี่ย 981.63 mmol TE (Table 3)

Table 3 Protein, Vitamin C, Total polyphenol value of *Gnetum*-dry leaves after receives organic fertilizers at 56 days

Treatment	Protein (Nx6.25) (g)	Vitamin C (mg)	Total polyphenol (mg eq GA)
T1	19.6	Not detected	1,070.3
T2	16.8	Not detected	876.8
T3	17.0	Not detected	1,050.3
T4	18.3	Not detected	790.5

T1 = no fertilizer (control); T2 = chicken fertilizer 300 g; T3 = chicken fertilizer 150 g + bat fertilizer 150 g; T4 = organic nutrient (Organic way®)

Table 4 Total antioxidant activity value of *Gnetum*-dry leaves after use the organic fertilizers at 56 days.

Treatment	Total antioxidant activity (DPPH) (mmoles TE)
T1	1,219.4
T2	1,315.4
T3	981.6
T4	1,658.3

T1 = no fertilizer (control); T2 = chicken fertilizer 300 g; T3 = chicken fertilizer 150 g + bat fertilizer 150 g; T4 = organic nutrient (organic way®)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของผักเหียง

จากผลการทดลอง หลังจากให้ปุ๋ยครบ 56 วัน ข้อมูลด้านความสูงของต้น พบว่าการทดลองที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์สูตรบำรุงพืช Organic war® ทำให้มีความสูงต้นมากที่สุด คือ 125.1±10.9 ซม. รองลงมาคือ การทดลองชุดควบคุม มีความสูงเฉลี่ย 121.3±15.8 ซม. แต่ทุกการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อาจเนื่องจากต้นเหียงจัดเป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดเล็ก (Shrub) (Thai Agricultural Research Data Warehouse, 2024) ทำให้

มีการเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ สำหรับความกว้างทรงพุ่มและความสูงทรงพุ่ม พบว่าทุกการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากระยะเวลาการเก็บข้อมูล 60 วัน ซึ่งน้อยเกินไปสำหรับไม้พุ่ม จึงทำให้ข้อมูลการเจริญเติบโตดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้ในอนาคตควรเพิ่มระยะเวลาทดลองให้นานขึ้น เมื่อต้นผักเหียงมีอายุ 56 วัน พบว่าจำนวนใบเขียว (ใบแก่) ในการทดลองที่ใช้มูลไก่ 300 กรัม/ต้น มีจำนวนใบเขียวมากที่สุด เท่ากับ 27.4±21.8 ใบ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีที่ 3 การใช้มูลไก่ 150 กรัม/ต้น ร่วมกับมูลค่างขาว อาจเนื่องจากมูลไก่

มีธาตุไนโตรเจนสูง ทั้งนี้ มูลไก่ มีไนโตรเจน (N) เท่ากับ 1.2-4.8% ส่วน มูลค่างคาว มี N เท่ากับ 0.1-2.9% (Department of Soil Science, 2001) การใช้มูลไก่อาจช่วยบำรุงใบเหลืองได้ดี และช่วยให้ใบพืชมีสีเขียวเข้มกว่าการใช้มูลค่างคาว เนื่องจากมูลไก่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงกว่ามูลค่างคาว

การศึกษาคุณค่าโภชนาการของผักเหลียงที่ผ่านการใส่ปุ๋ยอินทรีย์

1) การไม่เติมปุ๋ยใดๆ ทำให้ผักเหลียงมีปริมาณโปรตีนมากที่สุด คือ 19.6 กรัม รongลงมาคือ ปุ๋ยอินทรีย์ Organic war® ทำให้มีค่าโปรตีน เท่ากับ 18.3 กรัม

2) ไม่พบวิตามินซีในทุกตัวอย่างของใบอบแห้งที่ผ่านการใส่ปุ๋ยทั้ง 3 แบบ และการไม่ใช้ปุ๋ยใด ๆ อาจเนื่องจากการอบแห้งใบเหลียงในทุกการทดลองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ในระหว่างขั้นตอนการเก็บตัวอย่างใบแห้งบดละเอียด เพื่อวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการ ทำให้ระดับอนุมูลอิสระที่สูงจากแสงแดด สามารถเกิดการสูญเสียของวิตามินซีได้ มีรายงานว่าขั้นตอนการให้ความร้อนในการทำอาหาร เป็นสาเหตุให้วิตามินซีเกิดการสูญเสียไปได้ สำหรับปริมาณวิตามินซีขึ้นกับชนิดพืช พันธุ์พืช และปัจจัยสภาพแวดล้อมต่าง ๆ รวมทั้ง วิธีการประกอบอาหารที่ต่างกัน ได้แก่ การอบด้วยไมโครเวฟ การนึ่ง และการต้ม ทำให้ปริมาณวิตามินซีในผักต่าง ๆ มีระดับวิตามินแตกต่างกันในพืชหลายชนิด เช่น กะหล่ำปลี มะเขือเปราะ แครอท มันฝรั่ง พริกไทย เป็นต้น (Tinchewa, 2019)

3) พอลิฟีนอลรวมทั้งหมด จากการทดลองพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ใด ๆ ทำให้มีปริมาณพอลิฟีนอลรวมทั้งหมดมีค่ามากที่สุด ส่วนการใช้สารอินทรีย์สูตรบำรุงพืช (ยี่ห้อ Organic war®) ทำให้ใบพืชมีปริมาณพอลิฟีนอลรวมทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ยังไม่ทราบกลไกขบวนการดูดซึม (Kinetic absorption) การสะสม (Accumulation) และการกำจัด (Elimination) ที่แน่ชัดในพืชผักเหลียงที่ได้รับชนิดปุ๋ยแตกต่างกันในประเด็นดังกล่าว ทั้งนี้ Pandey and Rizvi (2009)

รายงานว่า ยังคงต้องมีการศึกษาเรื่องกลไกด้านชีวเคมีของสารพอลิฟีนอลให้มากขึ้น เช่น กลไกขบวนการดูดซึม (Kinetic absorption) การสะสม (Accumulation) และการกำจัด (Elimination) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์คาดหวังว่าองค์ความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับสารพอลิฟีนอลจะเป็นประโยชน์ต่อการรักษาผู้ป่วย

4) การใส่ปุ๋ยหรือสารอาหารให้กับต้นผักเหลียงในแต่ละกรรมวิธี ได้ส่งผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในใบผักเหลียง โดยการใส่สารอินทรีย์สูตรสารอาหารบำรุงพืช (Organic way®) ทำให้มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เฉลี่ย 1,658.34 mmols TE ส่วนปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระระดับรองลงไป ได้แก่ การใส่ปุ๋ยมูลไก่เท่านั้น ซึ่งทำให้มีค่าสารต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ย 1,315.39 mmols TE ทั้งนี้ อาจเนื่องจากทั้งสองกรรมวิธีช่วยให้พืชได้รับธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในระดับที่เพียงพอและเหมาะสมสำหรับกิจกรรมเมตาบอลิซึมต่าง ๆ ของผักเหลียงที่เป็นปกติและมีความเหมาะสม เช่น ปฏิกริยาออกซิเดชัน การแสดงออกของยีน การทำงานของเอนไซม์ การแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนต่าง ๆ ในเซลล์พืช ปฏิกริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่งผลให้พืชไม่เกิดสภาวะเครียด (Stress) จากปัจจัยสภาพแวดล้อมภายในพืชและปัจจัยนอก เช่น ไม่ขาดปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้ผักเหลียงมีใบเขียว ใบไม่เหี่ยว จึงทำให้พืชเกิดอนุมูลอิสระในระดับที่ต่ำ ปฏิกริยาทางเคมีที่มีการรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอนเป็นสภาวะปกติ ทำให้มีสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) ในระดับสูงกว่า ซึ่งเป็นสารที่ทำปฏิกริยากับอนุมูลอิสระโดยตรงเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระให้หมดไป หรือยับยั้งปฏิกริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ (Kunathip, 2021) นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยมูลไก่ปริมาณ 150 กรัม/ต้น ร่วมกับปุ๋ยมูลค่างคาว 150 กรัม/ต้น ทำให้พืชมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด อาจเนื่องจาก พืชได้รับธาตุไนโตรเจนไม่เพียงพอ เมื่อขาดไนโตรเจนทำให้พืชมีใบสีเหลือง ส่วนปุ๋ยมูลค่างคาวมักมีโพแทสเซียมค่อนข้างสูง K_2O อาจสูงถึง 22% เมื่อโพแทสเซียมสูงเกินไป ทั้งสองปัจจัยอาจส่งผลให้พืชเกิด

สภาวะเครียด เมื่อพืชมีสภาวะเครียด ส่งผลให้พบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระน้อยลง โดยมีรายงานพบว่า มูลไก่ มี N เท่ากับ 1.2-4.8% ส่วน มูลค่างควา มี N เท่ากับ 0.1-2.9% (Department of Soil Science, 2001) ซึ่งมูลค่างความีไนโตรเจนต่ำกว่ามูลไก่ ทำให้การให้ปุ๋ยบางกรรมวิธีดังกล่าวพืชจึงขาดธาตุไนโตรเจน

สรุปผลการวิจัย

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของผักเหลียง

จากการทดสอบผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์กรรมวิธีต่าง ๆ ต่อความกว้างทรงพุ่ม และความสูงของต้นผักเหลียงพบว่า ทุกการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การศึกษาคุณค่าโภชนาการของผักเหลียงที่ผ่านการใส่ปุ๋ยอินทรีย์

จากการวิจัยนี้ สารโภชนาการที่พบในใบเหลียงที่ผ่านการทดสอบปุ๋ยต่างๆ ได้แก่ 1) การไม่เติมปุ๋ยใด ๆ ทำให้มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด 2) จากผลการทดลองพบว่า ไม่ปรากฏวิตามินซีในทุกตัวอย่างใบ 3) การไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ใด ๆ ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมดเฉลี่ย มีค่ามากที่สุด 4) การใส่สารอินทรีย์ ยี่ห้อ Organic way® (สารอินทรีย์สูตรสำหรับผักใบเขียว) ทำให้มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เฉลี่ย 1,658.34 mmols TE รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยมูลไก่ให้ค่าสารต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ย 1,315.39 mmols TE

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง การยกระดับการท่องเที่ยวเชิงเกษตรสู่ความเป็นเมืองสุขภาวะที่ดีภายในจังหวัดชุมพร รหัสโครงการวิจัย มจ.1-64-009.2 เป็นโครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการส่งเสริมการท่องเที่ยวแบบบูรณาการเพื่อการยกระดับ

การท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดชุมพร ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

Department of Agricultural Extension. n.d.

Pugleang. [Online]. Available

[https://esc.doae.go.th/wp-content/](https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2018/10/pugleang.pdf)

[uploads/2018/10/pugleang.pdf](https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2018/10/pugleang.pdf)

(June 7, 2024). [in Thai]

Department of Soil Science. 2001. **Basic of Soil Science**. Bangkok: Kasetsart University. 547 p. [in Thai]

Foi Phikun, W. 2003. **Techniques and Use of Soil, Fertilizer and Water**. Surin: Faculty of Science and Technology, Surin Rajabhat University. 406 p. [in Thai]

Kunathip, K. 2021. **The Study of Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Kale Powder Products**. Master Thesis. Dhurakij Pundit University. 40 p. [in Thai]

Pandey, K.B. and S.I. Rizvi. 2009. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. **Oxid Med Cell Longev**. 2(5): 270-278.

Suwanrit, A. 2007. The truth about fertilizers. **Journal of Soil and Fertilizer** 29(3): 89-99. [in Thai]

Thai Agricultural Research Data Warehouse.

2024. **Liang vegetables, leafy vegetables from the forest, suitable for city people.** [Online]. Available <http://blog.arda.or.th/Vegetables/Liang-vegetable-leafy-vegetable-from-the-forest> (January 12, 2024). [in Thai]

Tincheva, P.A. 2019. The effect of heating on the vitamin C content of selected vegetables. **World Journal of Advanced Research and Reviews** 3(3): 27-32.

ผลการเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรตในสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 ต่อการเจริญเติบโต
และสารสำคัญของพรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ในระบบปลูกพืชไร้ดิน
Effects of Adding Ammonium Nitrate in KMITL 2 Nutrient Solution on Growth
and Phytochemicals of Brahmi (*Bacopa monnieri*) in Hydroponics

วรารัตน์ น้ำผึ้ง¹ นงนุช เลหาวิสุทธิ^{1*} และสมเกียรติ สีสนอง²

Wararat Namphung¹, Nongnuch Laohavisuti^{1*} and Somkiat Seesanong²

¹สาขาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการจัดการทรัพยากรทางน้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

²สหวิทยาการเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹Department Aquacultural Technology and Aquatic Resource Management, Faculty of Agricultural Technology

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520

²Office of Administrative Interdisciplinary Program on Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520

*Corresponding author: nongnuch.la@kmitl.ac.th

Received: January 05, 2024

Revised: July 9, 2024

Accepted: July 26, 2024

Abstract

Brahmi (*Bacopa monnieri*) is a medicinal herb that plays a crucial role in human health. Its Pharmacological properties include disease treatment, brain tonic enhancement memory improvement and antioxidant effects. The purpose of this research was to investigate the effects of adding ammonium nitrate (NH_4NO_3) to the KMITL 2 nutrient solution on growth and the enhancement of important phytochemicals content for medicinal use in hydroponics systems. The experiment involved different NH_4NO_3 concentrations (0 (control), 0.5, 1 and 2 mEq/L) over 8 weeks. The results indicated that concentrations of 1 and 2 mEq/L significantly affected plant length, number of branches, fresh weight and dry weight ($p < 0.05$). In contrast NH_4NO_3 did not affect root length ($p > 0.05$). The highest average amounts of phytochemicals were found in Brahmi extracted with 95% ethanol at concentration of 0.5, 1 and 2 mEq/L, including total phenols, total flavonoids, total saponins, and antioxidant activity measured by DPPH assays, with statistical significance ($p < 0.05$). However, it did not affect antioxidant activity measured by the ABTS assays ($p > 0.05$). Therefore, adding NH_4NO_3 at concentrations of 1 and 2 mEq/L to the KMITL 2 nutrient solution effectively stimulates the growth and phytochemicals content of Brahmi in hydroponic systems.

Keywords: *Bacopa monnieri*, ammonium nitrate, growth, antioxidant, hydroponics

บทคัดย่อ

พรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ถือเป็นพืชสมุนไพรที่มีบทบาทในด้านสุขภาพของมนุษย์ โดยมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาในการรักษาโรค บำรุงสมอง ความทรงจำ และต้านอนุมูลอิสระ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรด (NH_4NO_3) ในสูตรสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และปริมาณสารสำคัญทางการแพทย์ของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน จากการเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ ๆ ละ 3 ชั่วโมง ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1 และ 2 mEq/L เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดที่มีความเข้มข้น 1 และ 2 mEq/L สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพรมมิได้แก่ ความยาวลำต้น จำนวนกิ่ง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อความยาวรากทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลของสารฟลักซ์เคมีพบว่า การเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดที่มีความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 mEq/L ปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดจากการสกัดพรมมิด้วย 95% เอทานอล ได้แก่ ปริมาณฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณซาโปนินทั้งหมด และปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี ABTS ทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้น การเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 mEq/L ลงในสูตรสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 มีประสิทธิภาพกระตุ้นการเจริญเติบโต และการสร้างสารสำคัญของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน

คำสำคัญ: พรมมิ แอมโมเนียมไนเตรด
การเจริญเติบโต สารต้านอนุมูลอิสระ
ระบบปลูกพืชไร้ดิน

คำนำ

พรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monnieri* (L.) Wettst.) จัดอยู่ในวงศ์ Plantaginaceae สามารถพบได้ทั่วไปในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อน (Saran *et al.*, 2022) ในประเทศไทยสามารถพบทั่วทุกภูมิภาค เป็นพืชชาน้ำ ชอบขึ้นในที่ชื้นแฉะ มีลักษณะลำต้นเลื้อยทอดไปตามพื้นดินที่ชุ่มชื้น รากออกตามข้อ ใบเดี่ยวออกแบบตรงข้าม ปลายใบมน ดอกมีสีขาว หรือสีม่วงอ่อน (Figure 1) สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย พรมมิจัดเป็นพืชสมุนไพรที่นิยมเป็นอย่างมากในการแพทย์อายุรเวทของอินเดีย พบรายงานฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่บ่งชี้ว่าพรมมิสามารถผลิตสารฟลักซ์เคมีที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้หลายกลุ่ม เช่น ไกลโคไซด์ (Glycoside) อัลคาลอยด์ (Alkaloid) ซาโปนิน (Saponin) และฟีนอล (Phenols) (Subashri and Koilpillai, 2012) อีกทั้งยังพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิด Bacoside A (Naik *et al.*, 2017) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในการป้องกันระบบประสาทที่สำคัญ รวมถึงมีฤทธิ์เพิ่มความทรงจำของมนุษย์ โดยสารฟลักซ์เคมีของพรมมิได้รับการยอมรับว่าเป็นพืชสมุนไพรบำรุงสมอง เพิ่มความทรงจำ สามารถนำมารักษาหรือบรรเทาอาการโรคที่เกิดจากการเสื่อม จึงเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ซึ่งความผิดปกติทางระบบประสาทของมนุษย์เป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ทำให้การเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศต่าง ๆ ลดลง ตามรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO) คาดการณ์ถึงเรื่องความผิดปกติทางระบบประสาทจะเพิ่มขึ้นเป็น 12% ภายในปี ค.ศ. 2030 ด้วยโรคอัลไซเมอร์ และสภาวะสมองเสื่อมอื่น ๆ (Bhardwaj *et al.*, 2016)

ระบบปลูกพืชไร้ดินเป็นเทคโนโลยีทางการเกษตรที่สามารถควบคุมคุณภาพของพืชได้ดี ทำให้พืชมีคุณภาพสูงเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาและอาหารเสริม โดยสามารถลดความเสี่ยงของการ

ปนเปื้อนสารพิษจากดิน ยาฆ่าแมลง และโลหะหนัก อีกทั้งยังเพิ่มผลผลิต รวมถึงลดระยะเวลาในการเพาะปลูก เนื่องจากพืชใช้รากดูดซึมแร่ธาตุที่จำเป็นได้โดยตรงจากสารละลายธาตุอาหารทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วกว่า (Jomthaisong *et al.*, 2015) เก็บเกี่ยวผลผลิตได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกพืชในดิน (Maneepley *et al.*, 2018) สามารถกระตุ้นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสารพฤกษเคมีได้ โดยการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหาร (Kiferle *et al.*, 2013) ซึ่งในการเพาะปลูกพืชด้วยระบบปลูกพืชไร้ดินมีปัจจัยหลักที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีจากการได้รับธาตุอาหารตามปริมาณความต้องการของพืชแต่ละชนิด (Jomthaisong *et al.*, 2015) โดยธาตุอาหารไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบอินทรีย์ที่สำคัญหลายชนิด เช่น กรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ และกรดนิวคลีอิก (Chrysargyris *et al.*, 2016) ถือเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการปริมาณมากในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการสังเคราะห์สารพฤกษเคมี ซึ่งพืชสามารถได้รับในรูปแบบของแอมโมเนียไอออน (NH_4^+) และไนเตรตไอออน

(NO_3^-) (Khammar *et al.*, 2021) ทั้งสองรูปแบบนี้จะมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช ในกรณีที่พืชได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอจะแสดงอาการใบมีสีเหลือง การแตกใบอ่อนไม่ดี แต่ในกรณีที่พืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้ใบของพืชมีการเจริญเติบโตมาก ใบมีสีเขียวเข้ม ออกดอกยาก และไม่ต้านทานต่อโรคหรือแมลง

การเลือกใช้ระดับไนโตรเจนที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มทั้งการเจริญเติบโต ขนาดของใบ และปริมาณผลผลิตใบเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก (Chrysargyris *et al.*, 2016) อีกทั้งยังส่งผลต่อการผลิตสารพฤกษเคมีของพืชสมุนไพรได้ (Chrysargyris *et al.*, 2017) ดังนั้นการศึกษการเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดลงในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ต่อการเจริญเติบโต และสารสำคัญของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดินจะส่งเสริมด้านผลผลิตให้สูงขึ้นทั้งปริมาณ และคุณภาพ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของพืชสมุนไพรต่อการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตยา และอาหารเสริมตอบสนองความต้องการของตลาดในอนาคต



Figure 1 Brahmi (*Bacopa monnieri* (L.) Wettst.)

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยศึกษาการเพิ่มระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3) ในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 (Table 1) ต่อการเจริญเติบโต และสารสำคัญของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน แบบ Deep Flow Techniques (DFT) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ตามระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรตที่เพิ่มลงในสารละลาย ดังนี้ 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1 และ 2 mEq/L ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 12 ถ้วยปลูก รวมทั้งหมด 144 ถ้วยปลูก

ระบบการปลูก

นำต้นพรมมิมาคัดเลือกเอาเฉพาะส่วนยอดความยาวประมาณ 6-7 ซม. ตัดรากและกิ่งออก จากนั้นปลูกพรมมิ 3 กิ่ง/ถ้วยปลูก พยุงลำต้นด้วยฟองน้ำ และนำไปแช่น้ำในกล่องระบบปิด วางไว้ใต้โต๊ะปลูกภายในโรงเรือนอนุบาลประมาณ 7 วัน หลังจากนั้นย้ายลงปลูกบนรางในระบบปลูกพืชไร้ดินในแต่ละชุดการทดลอง โดย

ปรับสารละลายธาตุอาหารให้มีค่า pH 6.5-7.0 และค่าการนำไฟฟ้า (EC) 1.50 mS/cm ควบคุมแอมโมเนียมไนเตรตในสูตรสารละลายธาตุอาหารให้มีความเข้มข้นคงที่โดยการวัดค่า pH และ EC ทุก 2 วัน เมื่อครบ 1 สัปดาห์จะถ่ายเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารใหม่เข้าไปทดแทน 2 ใน 3 ของความจุของถังใส่สารละลาย ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ของการทดลอง

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ของการทดลอง ดังนี้

- 1) ความยาวลำต้น โดยใช้ไม้บรรทัดวัดจากส่วนของลำต้นที่เหนือจากวัสดุปลูกไปจนถึงยอดสุดของต้นหลักพรมมิ
- 2) จำนวนกิ่ง นับจำนวนกิ่งทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากต้นหลักพรมมิ
- 3) ความยาวราก โดยใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวรากจากโคนรากถึงปลายรากของต้นหลักพรมมิ
- 4) เก็บพรมมิทั้งต้นนำมาชั่งน้ำหนักสด และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง

Table 1 Chemical composition of the experimental nutrient solutions in KMITL 2 formula

Chemical composition	NH_4NO_3 (mEq/L)			
	0*	0.5	1	2
Stock solution A				
$(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ (kg)	3.767	3.767	3.767	3.767
Fe-EDDHA (kg)	0.303	0.303	0.303	0.303
NH_4NO_3 (g)	0	40	80	160

Table 1 (Continued)

Chemical composition	NH ₄ NO ₃ (mEq/L)			
	0*	0.5	1	2
Stock solution B				
KNO ₃ (kg)	1.796	1.796	1.796	1.796
KH ₂ PO ₄ (kg)	0.653	0.653	0.653	0.653
MgSO ₄ • 7H ₂ O (kg)	1.037	1.037	1.037	1.037
ZnSO ₄ (g)	4.756	4.756	4.756	4.756
CuSO ₄ • 5H ₂ O (g)	1.016	1.016	1.016	1.016
MnSO ₄ • H ₂ O (g)	14.194	14.194	14.194	14.194
H ₃ BO ₃ (g)	8.894	8.894	8.894	8.894
(NH ₄) ₂ MoO ₄ (g)	0.343	0.343	0.343	0.343
NH ₄ NO ₃ (g)	0	40	80	160
Total N (mg/L)	170	190	210	250

*Using KMITL 2 formulae as control treatment

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

1) ขั้นตอนการสกัด นำพรมที่อบแห้งจากการเก็บในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 มาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นสแตนเลส เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ โดยนำปริมาณ 0.20 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น และ 95% Ethanol ปริมาณ 20 มล. แช่เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง เมื่อครบระยะเวลานำมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 ปรับปริมาตรให้ครบ 20 มล. เก็บรักษาสารสกัดในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4°C. (ดัดแปลงจาก Chang *et al.*, 2002)

2) การหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

2.1) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด นำสารสกัดพรม 100 µL ผสมกับน้ำกลั่น 500 µL เติม Folin-ciocalteu reagent 100 µL เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นเติม 7% NaCO₃ 1 มล. และน้ำกลั่น 500 µL เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 90 นาที วัดค่าดูดกลืนแสง

ที่ 760 nm โดย Spectrophotometer ค่าที่ได้เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Shirazi *et al.*, 2014)

2.2) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด นำสารสกัดพรม 50 µL เติม 10% AlCl₃ 100 µL เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติม 1M Potassium acetate 1 มล. และน้ำกลั่น 2.8 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 415 nm โดย Spectrophotometer ค่าที่ได้เทียบกับสารละลายมาตรฐานเคออสติน (Karimi *et al.*, 2022)

2.3) ปริมาณซาโปนินทั้งหมด นำสารสกัดพรม 500 µL เติม 0.5% Anisaldehyde reagent 500 µL เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นเติม 50% Sulphuric acid reagent 2 มล. เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำหลอดทดลองไปต้มใน Water bath ที่อุณหภูมิ 60°C. ทิ้งไว้นาน 10 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 435 nm โดย Spectrophotometer ค่าที่ได้เทียบกับสารละลายมาตรฐานซาโปนิน (Vador *et al.*, 2012)

(3) การวิเคราะห์ปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ

3.1) DPPH โดยวิธีของ Shirazi *et al.* (2014) เตรียม 0.002% DPPH ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 15 นาที หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสง (ค่าควบคุม) จากนั้นนำสารสกัดพรมมี 50 μL เติม 0.002% DPPH 3 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 15 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 515 nm โดย Spectrophotometer นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร

$$\text{DPPH (\%)} = [\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{sample}} / \text{Abs}_{\text{control}}] \times 100$$

3.2) ABTS โดยวิธีของ Leite *et al.* (2018) เตรียม 7 mM ABTS 5 mL ร่วมกับ 140 mM $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 88 μL ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 16 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำสาร ABTS 2 มล. มาเจือจางด้วย 99% Ethanol 150 mL หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสง (ค่าควบคุม) นำสารสกัดพรมมี 300 μL เติมสารที่เจือจางแล้ว 2.7 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 20 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 734 nm โดย Spectrophotometer นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร

$$\text{ABTS (\%)} = [\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{sample}} / \text{Abs}_{\text{control}}] \times 100$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี

Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัย

การเจริญเติบโต (Growth)

จากการทดลองเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันในสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 ของการเลี้ยงพรมมีในระบบปลูกพืชไร้ดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่าความยาวลำต้น จำนวนกิ่ง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2) โดยความเข้มข้น 2 mEq/L ส่งผลต่อความยาวลำต้นเฉลี่ยของพรมมีมากที่สุด คือ 44.36 ± 4.27 ซม. ขณะที่ในความเข้มข้น 2 และ 1 mEq/L พบพรมมีมีจำนวนกิ่งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 18.25 ± 4.96 และ 18.02 ± 3.86 กิ่ง/ต้น ตามลำดับ ในปริมาณความเข้มข้น 1 และ 2 mEq/L ยังส่งผลต่อน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 7.88 ± 1.92 และ 6.81 ± 0.94 กรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.58 ± 0.11 และ 0.50 ± 0.07 กรัม ตามลำดับ ขณะที่ความเข้มข้น 2 mEq/L ส่งผลต่อความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุด คือ 9.44 ± 1.72 ซม. แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 2 Effect of different levels NH_4NO_3 on *B. monnieri* plants grown in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Plant length (cm)	Number of branches (per plant)	Root length (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
0	35.93 ± 2.55^c	9.97 ± 0.77^b	8.48 ± 0.16	3.93 ± 0.69^b	0.31 ± 0.05^b
0.5	37.43 ± 3.92^{bc}	11.61 ± 2.50^{ab}	8.11 ± 0.92	4.13 ± 0.69^b	0.33 ± 0.07^b
1	42.82 ± 1.70^{ab}	18.02 ± 3.86^a	9.19 ± 0.89	7.88 ± 1.92^a	0.58 ± 0.11^a
2	44.36 ± 4.27^a	18.25 ± 4.96^a	9.44 ± 1.72	6.81 ± 0.94^a	0.50 ± 0.07^a
P-value	0.037	0.034	ns	0.008	0.011

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

ปริมาณฟีนอลทั้งหมด พบว่าตัวทำละลาย 95% เอทานอล ในสัปดาห์ที่ 8 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 80.55 ± 2.89 $\mu\text{gGAE/mL}$

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ตัวทำละลายน้ำกลั่นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 (Table 3)

Table 3 Effect of different levels NH_4NO_3 on TPC ($\mu\text{gGAE/mL}$) of *B. monnieri* in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Solvents			
	Distilled water		95% Ethanol	
	4 weeks	8 weeks	4 weeks	8 weeks
0	50.17 ± 6.36	54.94 ± 4.36	73.88 ± 6.70	72.14 ± 4.22^b
0.5	57.14 ± 7.45	62.06 ± 3.65	83.35 ± 2.49	80.55 ± 2.89^a
1	46.99 ± 2.80	57.37 ± 1.90	82.52 ± 3.98	77.75 ± 2.62^{ab}
2	47.06 ± 1.59	56.15 ± 4.52	80.13 ± 5.30	76.15 ± 0.90^{ab}
<i>P</i> -value	ns	ns	ns	0.043

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบว่าตัวทำละลาย 95% เอทานอล ในสัปดาห์ที่ 4 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 189.71 ± 3.64 $\mu\text{gQE/mL}$

เช่นเดียวกับตัวทำละลายน้ำกลั่น ในสัปดาห์ที่ 8 คือ 72.76 ± 3.29 $\mu\text{gQE/mL}$ และสัปดาห์ที่ 4 คือ 67.09 ± 6.99 $\mu\text{gQE/mL}$ (Table 4)

Table 4 Effect of different levels NH_4NO_3 on TFC ($\mu\text{gQE/mL}$) of *B. monnieri* in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Solvents			
	Distilled water		95% Ethanol	
	4 weeks	8 weeks	4 weeks	8 weeks
0	54.52 ± 0.73^b	66.09 ± 2.97^b	173.95 ± 3.00^c	165.61 ± 5.94
0.5	67.09 ± 6.99^a	72.76 ± 3.29^a	189.71 ± 3.64^a	168.00 ± 3.77
1	67.04 ± 2.97^a	67.95 ± 1.43^b	180.71 ± 2.60^b	175.61 ± 4.36
2	65.61 ± 2.18^a	68.57 ± 0.75^{ab}	181.80 ± 3.29^b	170.85 ± 6.54
<i>P</i> -value	0.013	0.045	0.002	ns

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

ปริมาณซาโปนินทั้งหมด พบว่าตัวทำละลาย 95% เอทานอล ในสัปดาห์ที่ 8 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 76.19 ± 3.25 mgSaponin/mL ในส่วนของสัปดาห์ที่ 4 ความเข้มข้น 1 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 61.51 ± 4.34

mgSaponin/mL รองลงมาตัวทำละลายน้ำกลั่น ในสัปดาห์ที่ 8 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 9.12 ± 0.22 mgSaponin/mL และในสัปดาห์ที่ 4 ความเข้มข้น 1 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 7.83 ± 0.71 mgSaponin/mL (Table 5)

Table 5 Effect of different levels NH_4NO_3 on TSC (mgSaponin/mL) of *B. monnieri* in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Solvents			
	Distilled water		95% Ethanol	
	4 weeks	8 weeks	4 weeks	8 weeks
0	6.31 ± 0.09^b	7.46 ± 0.68^b	54.39 ± 3.04^b	65.62 ± 3.29^b
0.5	7.72 ± 0.02^a	9.12 ± 0.22^a	60.65 ± 1.23^a	76.19 ± 3.25^a
1	7.83 ± 0.71^a	7.71 ± 0.54^b	61.51 ± 4.34^a	72.14 ± 1.41^a
2	7.22 ± 0.28^a	7.64 ± 0.92^b	56.61 ± 1.24^{ab}	72.52 ± 2.83^a
P-value	0.005	0.046	0.043	0.011

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

ปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH พบว่าตัวทำละลาย 95% เอทานอล ในสัปดาห์ที่ 4 ความเข้มข้น 1 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ $14.45 \pm 1.43\%$ และในสัปดาห์ที่ 8 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ $8.17 \pm 0.62\%$

รองลงมาตัวทำละลายน้ำกลั่น ในสัปดาห์ที่ 4 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ $5.67 \pm 0.55\%$ ในขณะที่สัปดาห์ที่ 8 พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดในช่วงควบคุม คือ $5.19 \pm 0.55\%$ (Table 6)

Table 6 Effect of different levels NH_4NO_3 on DPPH (%) of *B. monnieri* in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Solvents			
	Distilled water		95% Ethanol	
	4 weeks	8 weeks	4 weeks	8 weeks
0	4.87 ± 0.60^{ab}	5.19 ± 0.55^a	11.95 ± 0.24^c	7.97 ± 0.48^a
0.5	5.67 ± 0.55^a	4.14 ± 0.38^b	13.93 ± 0.42^{ab}	8.17 ± 0.62^a
1	4.99 ± 0.18^{ab}	3.82 ± 0.30^b	14.45 ± 1.43^a	6.68 ± 0.13^b
2	4.47 ± 0.12^b	3.74 ± 0.24^b	12.52 ± 0.86^{bc}	7.41 ± 0.27^{ab}
P-value	0.047	0.007	0.025	0.10

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

ปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี ABTS พบว่าตัวทำละลายน้ำกลั่น ในสัปดาห์ที่ 8 ความเข้มข้น 1 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยลดลงที่ดี คือ $96.89 \pm 0.49\%$

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ตัวทำละลาย 95% เอทานอล ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 (Table 7)

Table 7 Effect of different levels NH_4NO_3 on ABTS (%) of *B. monnieri* in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Solvents			
	Distilled water		95% Ethanol	
	4 weeks	8 weeks	4 weeks	8 weeks
0	96.52 ± 0.53	94.92 ± 0.48^b	98.68 ± 0.90	99.24 ± 0.57
0.5	96.80 ± 0.93	94.97 ± 0.90^b	99.66 ± 0.57	99.57 ± 0.14
1	97.31 ± 0.64	96.89 ± 0.49^a	98.91 ± 0.08	99.47 ± 0.29
2	96.24 ± 0.58	96.80 ± 0.57^a	99.09 ± 0.16	99.19 ± 0.35
P-value	ns	0.006	ns	ns

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลองการเจริญเติบโต และสารสำคัญของพรรณไม้ น้ำพรมมี ที่เพิ่มระดับความเข้มข้นแอมโมเนียมไนเตรตพบว่า ความยาวลำต้น จำนวนกิ่ง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 mEq/L ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 210 และ 250 มก./ล. ไม่สอดคล้องกับ Ruangdej and Laohavisuti (2012) ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ต่อการเจริญเติบโตของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 57-170 มก./ล. มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งการใช้ไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่าง ๆ มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ และกรดนิวคลีอิก (Chrysargyris *et al.*, 2016) การเจริญเติบโตของพืชที่แตกต่างกันต้องใช้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในระดับที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น ในการศึกษา

การเจริญเติบโตของต้นสเปียร์มินต์ โดยระดับความเข้มข้นของไนเตรต 200 มก./ล. สามารถเพิ่มความสูงของพืชได้อย่างเหมาะสม (Chrysargyris *et al.*, 2017) และการเจริญเติบโตของต้นเสจ พบว่า ระดับความเข้มข้นของไนเตรต 14.6 mM สามารถเพิ่มความสูง รวมถึงน้ำหนักใบ (Khammar *et al.*, 2021) นอกจากนี้การเจริญเติบโตของต้นโหระพา พบว่าระดับความเข้มข้นของไนเตรต 5 mol m^{-3} ยังส่งผลให้เกิดการสร้างใบ (Kiferle *et al.*, 2013) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ เนื่องจากการเพิ่มระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรตเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตพรมมิสูงขึ้น ดังนั้นจากผลการกระตุ้นของแอมโมเนียมไนเตรตอาจเกี่ยวข้องกับบทบาทธาตุอาหารไนโตรเจนที่สำคัญต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง หรือกระบวนการเผาผลาญของสารประกอบอินทรีย์ในพืชที่ส่งเสริมการเจริญเติบโต (Khammar *et al.*, 2021)

การสกัดพรมมิด้วย 95% Ethanol พบปริมาณสารฟอกษเคมีสูง ได้แก่ ปริมาณฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณซาโปนินทั้งหมด และปฏิกิริยา

ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 mEq/L มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 190, 210 และ 250 มก./ล. ซึ่งไม่สอดคล้องกับ Ruangdej and Laohavisuti (2012) ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ต่อการต้านอนุมูลอิสระของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน พบว่าการปลูกพรมมิให้มีคุณภาพสารต้านอนุมูลอิสระสูงควรใช้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ลดลงโดยปริมาณไนโตรเจน 57 มก./ล. ส่งผลดีต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด เช่นเดียวกับปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH เนื่องจากการขาดสารอาหารมีผลให้พืชเกิดความเครียด และปรับตัวเพื่อรักษาสมดุลของเมตาโบไลต์ ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของพืชชนิดต่าง ๆ อธิบายถึงการมีอยู่ของส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฟลาโวนอยด์ (Khammar *et al.*, 2021) พืชที่มีปริมาณฟีนอลสูงสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของเนื้อเยื่อ จากการกำจัดอนุมูลอิสระ และยับยั้งลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (Chrysargyris *et al.*, 2017) ตัวอย่างเช่น ปริมาณฟีนอลสามารถเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเข้มข้นของไนเตรต 14.6 mM ในต้นเสจ (Khammar *et al.*, 2021) และความเข้มข้นของไนเตรต 200 มก./ล. ในต้นลาเวนเดอร์ (Chrysargyris *et al.*, 2016) โดยผลของไนโตรเจนสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้เช่นเดียวกับการศึกษานี้ ซึ่งการประยุกต์ใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนในระบบปลูกพืชไร้ดินไม่เพียงแต่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต แต่ยังสามารเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง และการสะสมคาร์โบไฮเดรต ทำให้เกิดการสังเคราะห์ทางชีวภาพของสารทุติยภูมิที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นสารประกอบของการต้านอนุมูลอิสระ (Barzegar *et al.*, 2020)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอมโมเนียมไนเตรตต่อการเจริญเติบโต และสารสำคัญของพรมมิในน้ำพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน พบว่าการเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรตสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโต อีกทั้งส่งผลต่อคุณภาพของพรมมิซึ่งมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูง ดังนั้น การเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรตที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 mEq/L ลงในสูตรสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 สามารถส่งเสริมด้านผลผลิตให้สูงขึ้นทั้งปริมาณและคุณภาพของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน โดยพืชสมุนไพรที่ปลูกแบบไร้ดินจะให้ฤทธิ์ทางชีวภาพที่เสถียร และสามารถควบคุมได้โดยการจัดการธาตุอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างสมดุลระหว่างการเจริญเติบโตของพืช และการผลิตสารสำคัญของพืช เพื่อประโยชน์สูงสุดในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุนบุ ุปผา จงพัฒน์ สำหรับคำแนะนำในการทำวิจัยให้ถูกต้อง รวมถึงคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ และพื้นที่ดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Barzegar, T., S. Mohammadi and Z. Ghahremani. 2020. Effect of nitrogen and potassium fertilizer on growth, yield and chemical composition of sweet fennel. **Journal of Plant Nutrition** 43(8): 1189-1204.

- Bhardwaj, P., C.K. Jain and A. Mathur. 2016. Comparative qualitative and quantitative analysis of phytochemicals in five different herbal formulations of *Bacopa monnieri*. **International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research** 8(4): 675-682.
- Chang, C.C., M.H. Yang, H.M. Wen and J.C. Chern. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. **Journal of Food and Drug Analysis** 10(3): 178-182.
- Chrysargyris, A., C. Panayiotou and N. Tzortzakis. 2016. Nitrogen and phosphorus levels affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (*Lavandula angustifolia* Mill.). **Industrial Crops and Products** 83: 577-586.
- Chrysargyris, A., E. Nikolaidou, A. Stamatakis and N. Tzortzakis. 2017. Vegetative, physiological, nutritional and antioxidant behavior of spearmint (*Mentha spicata* L.) in response to different nitrogen supply in hydroponics. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants** 6: 52-61.
- Jomthaisong, J., A. Lhakchaiyagul and R. Bowichean. 2015. **Hydroponics**. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand., Limited. 36 p. [in Thai]
- Karimi, M., N. Ahmadi and M. Ebrahimi. 2022. Red LED light promotes biomass, flowering and secondary metabolites accumulation in hydroponically grown *Hypericum perforatum* L. (cv. Topas). **Industrial Crops and Products** 175: 114239.
- Khammar, A.A., M. Moghaddam, A. Asgharzade and M.M. Sourestani. 2021. Nutritive composition, growth, biochemical traits, essential oil content and compositions of *Salvia officinalis* L. grown in different nitrogen levels in soilless culture. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition** 21: 3320-3332.
- Kiferle, C., R. Maggini and A. Pardossi. 2013. Influence of nitrogen nutrition on growth and accumulation of rosmarinic acid in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in hydroponic Culture. **Australian Journal of Crop Science** 7(3): 321-327.
- Leite, K.C.D.S., L.F. Garcia, G.S. Lobón, D.V. Thomaz, E.K.G. Moreno, M.F.D. Carvalho and E.D.S. Gil. 2018. Antioxidant activity evaluation of dried herbal extracts: an electroanalytical approach. **Revista Brasileira de Farmacognosia** 28: 325-332.

Maneeply, C., K. Sujipuli and N. Kunpratun.

2018. Growth of Brahmi *Bacopa monnieri* (L.) Wettst. by NFT and DFT hydroponic systems and their accumulation of saponin bacosides.

NU. International Journal of Science 15(2): 114-124.

Naik, P.M., M. Godbole, P. Nagella and

H.N. Murthy. 2017. Influence of different media, medium strength and carbon sources on adventitious shoot cultures and production of bacoside A in *Bacopa monnieri* (L.). **Ceylon Journal of Science** 46(4): 97-104.

Ruangdej U. and N. Laohavisuti. 2012. Effect of Nutrient Concentrations on Growth and Antioxidant Activities of Aquatic Plant, *Bacopa monnieri* in Hydroponics. pp.182-189. **In Naresuan Agricultural 10th**. Phitsanulok: Naresuan University. [in Thai]

Saran, P.L., H.I. Damor, D.H. Lodaya,

M.K. Suthar, K.A. Kalariya and S. Roy. 2022. Identification of potential accessions of *Bacopa monnieri* L. for herbage yield and bacosides A content. **Industrial Crops and Products** 176: 114348.

Shirazi, O.U., M.M.A.K. Khattak and

N.A.M. Shukri. 2014. Determination of total phenolic, flavonoid content and free radical scavenging activities of common herbs and spices. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry** 3(3): 104-108.

Subashri, B. and Y.J. Koilpillai. 2012.

Phytochemical analysis and *In Vitro* antioxidant activity from the extract of *Bacopa monnieri* (L.) Pennel—a multipurpose medicinal plant. **International Journal of Pharmacy and Biological Sciences** 3(2): 698-702.

Vador, N., B. Vador and R. Hole. 2012. Simple spectrophotometric methods for standardizing ayurvedic formulation. **Indian Journal of Pharmaceutical Sciences** 74(2): 161-163.

ผลของไคโตซานและไซโตไคนินต่อการเจริญเติบโตกล้วยน้ำว้าพันธุ์กาบขาว
ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ

The Effects of Chitosan and Cytokinin on the Growth
of *In Vitro* *Musa sapientum* L. cv. 'White Sheath Namwa'

จักรกริช อนันตครุณย์* และวนัชพร นับแสง

Jackrit Anantasaran* and Wanatchaporn Nabsang

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, Thailand 90000

*Corresponding author: Jackrit.an@skru.ac.th

Received: March 08, 2024

Revised: August 26, 2024

Accepted: September 17, 2024

Abstract

Musa sapientum L. cv. 'White Sheath Namwa' is a variety that farmers are encouraged to plant as a monoculture to enhance agricultural production and commercial value. Consequently, the government agencies employ plant tissue culture to propagate numerous plants, resulting in low genetic diversity. This study aimed to enhance *In Vitro* propagation of 'White Sheath Namwa' cultivar using a method that involved employing a combination of chitosan and cytokinin. Aseptic banana plantlets were propagated on MS supplemented with 2 mg/L TDZ and/or 4 mg/L BA either with or without 20 mg/L chitosan. Results showed that explants cultured on MS + 4 mg/L BA exhibited the highest fresh weight (3.6 g), greatest number (1.8 shoots/explant) and length of shoots (10.4 cm), and most abundant roots (3.5 roots/explant) and longest roots (5.9 cm). When bananas were grown in MS without cytokinin and MS + BA (4 mg/L) + TDZ (2 mg/L), chitosan accelerated the growth of the former, while it slowed down the growth of the latter when BA (2 mg/L) or TDZ (4 mg/L) was introduced. Thus, chitosan and cytokinin were used on 'White Sheath Namwa' tissue culture, impacting *In Vitro* growth. The effect depends on the concentrations of both chitosan and the growth regulator.

Keywords: *In Vitro* culture, *M. sapientum*, chitosan, cytokinins

บทคัดย่อ

กล้วยน้ำว้าพันธุ์กาบขาวเป็นกล้วยพันธุ์ที่ได้รับการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก โดยการปลูกเป็นพืชเชิงเดี่ยว เพื่อการผลิตทางเกษตรและจำหน่าย ส่งผลให้ภาครัฐใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขยายต้นพันธุ์จำนวนมากทำให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการขยายพันธุ์กล้วยน้ำว้าพันธุ์กาบขาวด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ด้วยการใช้สารไโคโตซานร่วมกับไซโตไคนิน โดยนำชิ้นส่วนหน่ออ่อนที่ปลอดเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ (2 มก.ต่อลิตร) และ/หรือ BA (4 มก.ต่อลิตร) มีหรือไม่มีไโคโตซาน 20 มก.ต่อลิตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนหน่อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS + BA (4 มก.ต่อลิตร) มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าชิ้นส่วนหน่อที่เพาะเลี้ยงบนสูตรอาหาร MS + TDZ (2 มก.ต่อลิตร) โดยมีแนวโน้มน้ำหนักสด (3.6 กรัม) จำนวน (1.8 ยอดต่อชิ้นส่วน) ความยาวยอด (10.4 ซม.) จำนวนราก (3.5 รากต่อชิ้นส่วน) และความยาวราก (5.9 ซม.) ที่มากกว่า เมื่อเนื้อเยื่อกล้วยเพาะเลี้ยงในอาหาร MS ที่ไม่เติมไซโตไคนินและอาหาร MS + BA (4 มก.ต่อลิตร) + TDZ (2 มก.ต่อลิตร) ไโคโตซานจะส่งเสริมการเจริญเติบโตมากขึ้น ขณะเดียวกันไโคโตซานจะชะลอการเจริญเติบโตในอาหาร MS ที่เติม BA (4 มก.ต่อลิตร) หรือ TDZ (2 มก.ต่อลิตร) อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้น การใช้ไโคโตซานและไซโตไคนินในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้ากาบขาว ส่งผลต่อการเจริญเติบโตในหลอดทดลอง ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโตและไโคโตซาน

คำสำคัญ: การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช กล้วยน้ำว้า
ไโคโตซาน ไซโตไคนิน

คำนำ

กล้วยน้ำว้ายักษ์พันธุ์กาบขาว (*Musa sapientum* L. cv. 'White Sheath Namwa', Musaceae) มีลักษณะเด่น คือ หวีและผลใหญ่ สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในการปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจเชิงเดี่ยว ปัจจุบันหน่วยงานราชการได้ขยายต้นพันธุ์กล้วยจำนวนมากด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้เกษตรกร ทำให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมกล้วยพันธุ์นี้ต่ำ เนื่องจากการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช กอปรกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง จึงมีความจำเป็นในการเพิ่มศักยภาพของต้นพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยพันธุ์ โดยการกระตุ้นให้เนื้อเยื่อพืชที่เพาะเลี้ยงเกิดสภาพเครียดเพื่อเพิ่มโอกาสความหลากหลายของลักษณะแสดงออกด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น เหนียวน้ำด้วยสภาพแวดล้อมและสารเคมีต่าง ๆ (Deepthi, 2018; Rebouças *et al*, 2021; Liu *et al*, 2024) เป็นต้น

ไโคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินที่ได้จากโครงสร้างเปลือกแข็งของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (Kurita, 2006) นิยมนำมาใช้กันหลากหลายในทางการเกษตรทั้งทางปศุสัตว์ เช่น การเลี้ยงสุกร (Senkwankaew, 2022) และการเพาะปลูกพืช โดยกระตุ้นในพืชหลายชนิดเกิดการตอบสนองให้ทนทานมากขึ้น ทั้งในแปลงเกษตรและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Choi *et al.*, 2016; Malerba and Cerana, 2016; Iriti and Varoni, 2015; Cho *et al.*, 2008; Ali *et al.*, 2011) ในการใช้ไโคโตซานกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สามารถกระตุ้นหรือยับยั้งเนื้อเยื่อพืชได้แตกต่างกันตามชนิดของพืช แหล่งที่มาและความเข้มข้นของไโคโตซานที่ใช้ (Ferri and Tassoni, 2011)

จากบทความที่น่าสนใจของโคโตซันดังข้างต้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโคโตซันร่วมกับไซโตไคนิน 2 ชนิด คือ Benzyladenine (BA) และ Thidiazuron (TDZ) ต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์กบขาวในสภาพปลอดเชื้อ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ต้นพันธุ์จำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น และอาจเพิ่มโอกาสความหลากหลายในการทนต่อสภาพเครียดจากสภาพแวดล้อม โดยยังคงให้ผลผลิตไม่แตกต่างไปจากเดิม เช่นเดียวกับงานวิจัยในอุษุม (Singh *et al.*, 2022) ข้าว (Hidangmayum *et al.*, 2019) ข้าวสาลี (Ghorbanpour *et al.*, 2020) และถั่วพุ่ม (Farouk and Amany, 2012) เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างพืช กล้วยน้ำว้าพันธุ์กบขาว ปลอดเชื้อจากพันธุ์แท้ที่ขยายพันธุ์เพื่อแจกจ่ายเกษตรกรของศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 2 จังหวัดตรัง นำตาของลำต้นใต้ดินมาตัดให้เป็นชิ้นส่วนรูปทรงลูกบาศก์ขนาดประมาณ 3x3 ซม. ฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลาย Clorox 20% (เติม

tween-20 จำนวน 2 หยด) 200 มล. เป็นเวลา 20 นาที ตามด้วยสารละลาย Clorox 10% (เติม tween-20 จำนวน 2 หยด) 200 มล. เป็นเวลา 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ ตัดแต่งเนื้อเยื่อส่วนที่เสียหายทิ้งไป แล้วเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตาบนสูตรแข็ง สูตร MS ที่เติม BA 4 มก.ต่อลิตร ต่อจากนั้นแยกหน่อที่เกิดขึ้นมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรเดิม จนได้จำนวนเพียงพอ แล้วจึงย้ายหน่อทั้งหมดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (without PGR) ก่อนทำการทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาพเนื้อเยื่อก่อนทำการทดลองต่อไป

การดำเนินการทดลอง ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่ไม่เติมทั้งสารควบคุมการเจริญเติบโตและโคโตซัน เติมโคโตซัน (Orchid-80 บริษัท โอลิแซ็ก เทคโนโลยี จำกัด ความเข้มข้น 10 มก.ต่อมิลลิกรัม ปริมาตร 0 และ 2 มล.ต่อลิตร ในอาหารเพียงอย่างเดียวหรือเติมร่วมกับ TDZ 2 มก.ต่อลิตร และ/หรือ BA 4 มก.ต่อลิตร รวมทั้งสิ้น 8 กรรมวิธี (Table 1) แต่ละกรรมวิธีใช้ 25 ตัวอย่าง จำนวน 3 ซ้ำ

Table 1 The combination of chitosan and cytokinin in MS medium for cultivating *M. sapientum* L. cv. 'White Sheath Namwa' in various treatments (T)

Medium	Without chitosan	20 mg/L Chitosan
MS + without PGR	T1	T5
MS + 2 mg/L TDZ	T2	T6
MS + 4 mg/L BA	T3	T7
MS + 2 mg/L TDZ + 4 mg/L BA	T4	T8

นำหน่อกล้วยที่เพาะเลี้ยงภายใต้สภาพปลอดเชื้อ มาตัดแต่งให้ได้ขนาด 1-2 ซม. เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็ง สูตร MS ในกรรมวิธีต่าง ๆ ที่กำหนดตามแผนการทดลอง

ควบคุมสภาพแวดล้อมอุณหภูมิที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$. ให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ ($13.50 \mu\text{mol/s/m}^2$) เป็นระยะเวลา 12 ชม.ต่อวัน ย้ายชิ้นส่วน

ลงอาหารใหม่ทุก 4 สัปดาห์ โดยเฉพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนและความยาวของยอด ใบ ราก และน้ำหนักสด

การวิเคราะห์ทางสถิติ นำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Ver. 18) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

เมื่อเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์กาบขาวในอาหารสูตร MS ที่เติมชนิดของไซโตไคนินร่วมกับไคโตซาน ความเข้มข้นแตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า

ชนิดของไซโตไคนินมีแนวโน้มส่งเสริมการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์กาบขาวแตกต่างกัน โดย BA 4 มก.ต่อลิตร ชักนำให้เนื้อเยื่อเจริญเติบโตได้ดีกว่า TDZ 2 มก.ต่อลิตร ทั้งในสูตรที่ไม่เติมและเติม ไคโตซาน เนื่องจากมีแนวโน้มน้ำหนักสด (3.6 และ 3.4 กรัม ตามลำดับ) จำนวนยอด (1.8 และ 1.6 ยอดต่อชิ้นส่วนตามลำดับ) ความยาวยอด (10.4 และ 7.1 ซม. ตามลำดับ) จำนวนราก (3.5 และ 1.4 รากต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ) และความยาวราก (5.6 และ 5.9 ซม. ตามลำดับ) ที่มากกว่าแต่การเติม BA 4 มก.ต่อลิตร ร่วมกับ TDZ 2 มก.ต่อลิตร กลับยับยั้งการเจริญเติบโตเนื้อเยื่อกล้วย โดยเฉพาะความยาวรากและจำนวนราก น้ำหนักสดของชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยง (Table 2)

Table 2 Growth of *M. sapientum* cv. 'White Sheath Namwa' when cultured on solid MS media supplemented with chitosan and cytokinin for 8 weeks

Chitosan (mg/l)	PGRs	Shoot		Root		Leave		Fresh Weight (g)
		No.	Length (cm)	No.	Length (cm)	No.	Length (cm)	
0	without PGRs	1.2±0.6	8.7±5.0 ^{ab}	3.4±3.0 ^{ab}	8.4±8.8 ^a	4.6±2.1	4.8±2.2 ^{ab}	3.0±2.2 ^{ab}
	2 mg/L TDZ	1.0±0.1	9.0±1.0 ^{ab}	2.3±2.1 ^{abc}	2.2±1.0 ^{ab}	5.3±0.6	4.3±0.5 ^{ab}	2.9±1.9 ^{ab}
	4 mg/L BA	1.8±1.3	10.4±3.5 ^{ab}	3.5±3.0 ^a	5.6±7.4 ^{ab}	3.3±1.4	5.1±2.6 ^{ab}	3.4±2.6 ^a
	4 mg/L BA+	1.8±2.2	5.9±3.8 ^b	0.2±0.4 ^c	0.3±0.4 ^b	4.1±1.6	3.1±1.5 ^b	1.5±1.2 ^b
	2 mg/L TDZ							
20	No PGRs	1.2±0.4	11.2±3.2 ^a	3.3±2.1 ^{abc}	9.2±7.9 ^a	4.9±2.5	6.0±2.8 ^a	3.2±1.9 ^{ab}
	2 mg/L TDZ	1.0±0.2	6.2±1.0 ^{ab}	0.3±0.5 ^{bc}	0.5±0.9 ^b	5.3±3.5	2.7±0.7 ^b	2.0±1.6 ^{ab}
	4 mg/L BA	1.6±1.2	7.1±4.2 ^{ab}	1.7±2.3 ^{abc}	5.9±8.2 ^{ab}	3.7±2.1	3.8±2.3 ^{ab}	3.6±3.6 ^a
	4 mg/L BA+	1.1±0.3	8.2±3.2 ^{ab}	1.4±1.8 ^{abc}	1.6±1.2 ^{ab}	4.7±1.9	3.7±2.1 ^{ab}	2.1±1.6 ^{ab}
	2 mg/L TDZ							
Mean		1.4±1.0	8.1±4.2	2.2±2.5	6.4±7.9	4.2±2.1	4.2±2.3	2.9±2.5
F-test		ns	*	*	*	ns	*	*

Data are presented as mean±SD, Values with different letters within the same column are significantly different at P<0.05 probability level by DMRT. ^{ns,**} not significant and significant at P<0.05 probability level

Chitosan \ PGR	No added	2 mg/L TDZ	4 mg/L BA	2 mg/L TDZ+4mg/L BA
No added				
20 mg/L				

Figure 1 Growth characteristics of *M. sapientum* cv. ‘White Sheath Namwa’ explants cultured on solid MS media supplemented with chitosan and cytokinin for 8 weeks (bar=1 cm)

เมื่อพิจารณาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อว่าแตกต่างกันตามการเติมไฮโดรคินินในอาหารเพาะเลี้ยง กล่าวคือ ถ้าเป็นอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่าไคโตซานช่วยกระตุ้นเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อให้เจริญเติบโตได้ดีกว่าการไม่เติมไคโตซาน (ความยาวของยอด ราก และใบ มีค่ามากกว่า) ส่วนในอาหารที่เติม BA หรือ TDZ อย่างใดอย่างหนึ่ง พบว่าไคโตซานมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของทั้ง BA และ TDZ แต่เมื่อเติมไคโตซานในอาหารที่เติมทั้ง BA และ TDZ กลับทำให้การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อตอบสนองได้ดีกว่า (จำนวนและความยาวของยอด ราก และใบมีค่าลดลง) โดยพบว่ามีแนวโน้มการเจริญเติบโตของความยาวยอด จำนวนราก ความยาวราก จำนวนใบ ความยาวใบ และน้ำหนักสด สูงกว่าเนื้อเยื่อที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่เติม BA และ TDZ แต่ไม่เติมไคโตซาน (8.2 ซม., 1.4 รากต่อชิ้นส่วน, 1.6 ซม., 4.7 ใบต่อชิ้นส่วน, 3.7 ซม. และ 2.1 กรัม ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาจากลักษณะของชิ้นส่วน

กล้วยน้ำว้าที่เพาะเลี้ยงในกรรมวิธีต่าง ๆ (Figure 1) พบว่า มีการเจริญเติบโตปกติเป็นต้นสมบูรณ์ กาบใบเขียวสด (Figure 1B, C และ G) และมีการแตกรากได้ดี (Figure 1A, E) ส่วนในอาหารที่เติม BA และ TDZ แต่ไม่มีไคโตซาน (Figure 1D) และสูตรอาหารที่เติม BA หรือ TDZ อย่างใดอย่างหนึ่งร่วมกับไคโตซาน (Figure 1F, G) เนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้ามีลักษณะสีเขียวอ่อนหรือซีด กาบใบมีขนาดเล็ก

วิจารณ์ผลการวิจัย

การเลี้ยงกล้วยน้ำว้าพันธุ์กาบขาวบนสูตร MS ที่เติม TDZ ชักนำการเจริญเติบโตได้ดีกว่า BA และการเติม TDZ ร่วมกับ BA กลับยับยั้งการเจริญเติบโตเนื้อเยื่อกล้วย ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นไซโตไคนินในสูตรอาหารที่มากเกินไปจะยับยั้งระบบรากและไม่ส่งเสริมการเกิดยอดใหม่ (Smitha *et al.*, 2014; Youmbi *et al.*,

2006) อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยพันธุ์อื่นในงานวิจัยต่าง ๆ พบว่า สูตรอาหารที่เติม TDZ ชักนำการเจริญเติบโตได้ดีกว่า BA โดยที่ชนิดและความเข้มข้นของไซโตไคนินที่เหมาะสมในการชักนำการเกิดยอดของกล้วยแตกต่างกันไปตามรูปแบบการเลี้ยงและพันธุ์ของกล้วย เช่น Smitha *et al.* (2014) ได้ศึกษาการชักนำการเกิดยอดกล้วย 4 พันธุ์ ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมของ TDZ และ BAP ที่แตกต่างกันไปตามพันธุ์ คือ *M. acuminata* 'Matti' (TDZ 0.8-1 มก.ต่อลิตร ให้ผลดีกว่า BA 1-3 มก.ต่อลิตร) และ *M. acuminata* 'Sannachenkadali' (TDZ 0.8-1 มก.ต่อลิตร ให้ผลดีกว่า BA 2-3 มก.ต่อลิตร), *M. acuminata* 'Chingan' (TDZ 1-2 มก.ต่อลิตร ให้ผลดีกว่า BA 4 มก.ต่อลิตร) และ *M. acuminata* 'Njalipooan' (TDZ 0.1 มก.ต่อลิตร ให้ผลดีกว่า BA 1-2 มก.ต่อลิตร) ในขณะที่ Lee (2005) รายงานไว้ว่า ความเข้มข้นของ TDZ ที่มากกว่า 2 มก.ต่อลิตร หรือ BAP ที่มากกว่า 7.5 มก.ต่อลิตร กระตุ้นการเกิดตุ่มตายอดจำนวนมากบริเวณฐานของเนื้อเยื่อกล้วย แต่ยับยั้งการพัฒนาและยืดยาวของยอดและลักษณะยอดที่ได้จะผิดปกติ ดังนั้น TDZ ความเข้มข้นสูงเกินไปจะยับยั้งการเกิดยอด (Adventitious shoots) (Lee, 2005; Shirani *et al.*, 2009; Murti *et al.*, 2012) ซึ่งในงานวิจัยนี้แม้ว่าจะเติมโคโตซานร่วมด้วยก็ไม่สามารถส่งเสริมการยืดยาวของยอดกล้วยน้ำว่าพันธุ์กาบขาวได้อย่างมีนัยสำคัญ

ในสูตรอาหารที่ไม่เติมไซโตไคนิน โคโตซานช่วยกระตุ้นเนื้อเยื่อกล้วยให้เจริญเติบโตได้ดีกว่าการไม่เติมโคโตซาน ขณะที่อาหารที่เติม BA หรือ TDZ อย่างใดอย่างหนึ่ง พบว่าโคโตซานมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของทั้ง BA และ TDZ แต่เมื่อเติมโคโตซานในสูตร MS ที่มีทั้ง BA และ TDZ กลับทำให้การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อกล้วยตอบสนองได้ดีกว่า เพราะการเติม BA ร่วมกับ TDZ ในสูตรอาหารทำให้ความเข้มข้นของไซโตไคนินสูงไม่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว่า แต่โคโตซานช่วยลดทอนความเป็นพิษทำให้เนื้อเยื่อกล้วยน้ำว่าที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติมทั้ง BA และ TDZ

ร่วมกับโคโตซาน และโคโตซานมีคุณสมบัติสร้างความเครียดให้เนื้อเยื่อพืชเกิดการตอบสนองให้เกิดการเจริญเติบโตในสูตรอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ขณะเดียวกันโคโตซานสามารถลดสภาวะความเครียดจากสูตรอาหารที่มีความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตสูงได้เช่นกัน

ความเข้มข้นของ TDZ ในสูตรอาหารที่เติมโคโตซานร่วมด้วย ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว่ากาบขาวอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับที่พบในอินทผาลัม (Al-Mayahi, 2022) กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างโคโตซานและ TDZ ต่อปริมาณออกซิน Indoleacetic acid (IAA) และไซโตไคนินภายในเซลล์อินทผาลัมที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ โดยความเข้มข้นของ TDZ ที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการสะสมของปริมาณ IAA และไซโตไคนินภายในเซลล์ ซึ่งการสะสมจะมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อความเข้มข้นของโคโตซานในอาหารมากขึ้น โดยเฉพาะความเข้มข้น 20 มก.ต่อลิตร แต่การสะสมของไซโตไคนินภายในเซลล์จะมีมากที่สุดเมื่อเติม TDZ 0.5 มก.ต่อลิตร ถ้าความเข้มข้นของ TDZ มากกว่านั้น การสะสมจะลดลงทุกความเข้มข้นของโคโตซาน ซึ่งสอดคล้องการวิจัยครั้งนี้ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 2 มก.ต่อลิตร อาจส่งผลต่อการสะสมปริมาณ IAA ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ BA 4 มก.ต่อลิตร ทำให้ชิ้นส่วนกล้วยน้ำว่ามีการพัฒนาของรากลดลงในอาหารที่เติม TDZ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่เติม BA ทำให้จำนวนรากและความยาวรากลดลง

การเติมโคโตซานในอาหารเพาะเลี้ยงมีแนวโน้มช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของรากกล้วยน้ำว่า สันนิษฐานว่าโคโตซานส่งสัญญาณกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีในการสร้างออกซินผ่าน Tryptophan-independent pathway ทำให้เกิดการกระตุ้นเนื้อเยื่อพืชให้สร้างออกซินสะสมภายในเซลล์ (Uthairatanakij *et al.*, 2007; Lopez-Moya *et al.* 2017) จึงเป็นเหตุผลที่แสดงให้เห็นว่า การเติมโคโตซานกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว่าในทุกด้านทั้งยอด ราก และใบ เช่นเดียวกับต้นฟรีเซีย (Salachna and

Zawadzinska, 2014) และมอร์นิงกลอรี (Acemi *et al.*, 2018)

ไคโตซานช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์กาบขาวในอาหารที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับพืชชนิดอื่น ๆ เช่น กล้วยไม้สกุลหวาย (Obsuwan *et al.*, 2013) คำฝอย ทานตะวัน (Jabeen and Ahmad, 2013) พืชเนย (Krupa-Matkiewicz and Fornal, 2018) อินทผาลัม (Al-Mayahi, 2022) เป็นต้น รวมทั้งกล้วยพันธุ์อื่น ๆ เช่น กล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อน (Thanakronpaisan *et al.*, 2019) กล้วยไข่ (Kunkeaw, *et al.*, 2020) เป็นต้น จึงยืนยันว่า ไคโตซานสามารถทำหน้าที่ได้เช่นเดียวกับสารควบคุมการเจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ดังนั้น การเติมไคโตซานในอาหารเพาะเลี้ยงสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตกล้วยน้ำว้าพันธุ์กาบขาวได้เช่นเดียวกัน

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยที่เติมไฮโดรโคตินชนิด BA และ TDZ ร่วมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อการชักนำยอดใหม่และการกระตุ้นยอดให้ยืดยาว แต่ทั้งนี้ความเข้มข้นและสัดส่วนที่เหมาะสมขึ้นกับพันธุ์ของกล้วยที่เพาะเลี้ยง (Smitha *et al.*, 2014) และไคโตซานสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตเนื้อเยื่อกล้วยในสภาพปลอดเชื้อและเพิ่มภูมิคุ้มกันต่อโรคของกล้วย (Kandha *et al.*, 2021) แต่ต้องคำนึงปริมาณไคโตซานร่วมกับชนิดและปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมในสูตรอาหาร รวมทั้งชนิดของพันธุ์กล้วยและรูปแบบการเพาะเลี้ยง ดังนั้น การศึกษาปริมาณไคโตซานต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชชนิดต่าง ๆ จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาได้เช่นเดียวกับปริมาณออกซินและไฮโดรโคติน เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อการพัฒนาของเนื้อเยื่อพืช (Malerba and Cerana, 2016; Ahmad *et al.*, 2019; Acemi, 2020)

สรุปผลการวิจัย

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์กาบขาวด้วยอาหารแข็ง MS ที่เติม BA 4 มก.ต่อลิตร ทำให้เนื้อเยื่อกล้วยเจริญเติบโตได้ดีกว่า TDZ 2 มก.ต่อลิตร การเติมไคโตซาน 20 มก.ต่อลิตร ในอาหารสูตร MS ที่เติม BA 4 มก.ต่อลิตร หรือ TDZ 2 มก.ต่อลิตร ไม่มีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อกล้วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเติมไคโตซาน 20 มก.ต่อลิตร ส่งเสริมการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อกล้วยในอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตหรือเติม BA 4 มก.ต่อลิตร ร่วมกับ TDZ 2 มก.ต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงควรศึกษาชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อกล้วยในสภาพปลอดเชื้อเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ของไคโตซานกับสารควบคุมการเจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย และศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 2 จังหวัดตรัง ที่ให้การสนับสนุนต้นพันธุ์กล้วยน้ำว้าสายพันธุ์กาบขาวสำหรับการทำวิจัย ไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- Acemi, A. 2020. Chitosan versus plant growth regulators: a comparative analysis of their effects on *In Vitro* development of *Serapias vomeracea* (Burm.F.) Briq. **Plant Cell Tissue Organ Culture** 141: 327-338.
<https://doi.org/10.1007/s11240-020-01789-3>

- Acemi, A., B. Bayrak, M. Çakır, E. Demiryürek, E. Gün, N. Gueddari and F. Özen. 2018. Comparative analysis of the effects of chitosan and common plant growth regulators on *in vitro* propagation of *Ipomoea purpurea* (L.) Roth from nodal explants. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant** 54: 537-544.
<https://doi.org/10.1007/s11627-018-9915-0>
- Ahmad, Z., A. Shahzad and S. Sharma. 2019. Chitosan versus yeast extract driven elicitation for enhanced production of fragrant compound 2-hydroxy-4-methoxy benzaldehyde (2H4MB) in root tuber derived callus of *Decalepis salicifolia* (Bedd. Ex Hook.F.) venter. **Plant Cell Tissue Organ Culture** 136: 29-40.
<https://doi.org/10.1007/s11240-018-1488-4>
- Ali, A., M.T.M. Muhammad, K. Sijam and Y. Siddiqui. 2011. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. **Food Chemistry** 124(2): 620-626.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.085>
- Al-Mayahi, A. 2022. *In Vitro* propagation and assessment of genetic stability in date palm as affected by chitosan and thidiazuron combinations. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology** 20(1): 165.
<https://doi.org/10.1186/s43141-022-00447-9>
- Choi, C., J.P. Nam and J.W. Nah. 2016. Application of chitosan and chitosan derivatives as biomaterials. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry** 33: 1-10.
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00607.x>
- Cho, M.H., H.K. No and W. Prinyawiwatkul. 2008. Chitosan treatments affect growth and selected quality of sunflower sprouts. **Journal of Food Science** 73(1): S70-S77.
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.10.028>
- Deepthi, V.P. 2018. Somaclonal variation in micro propagated bananas. **Advances in Plants & Agriculture Research** 8(6): 624-627.
<https://doi.org/10.15406/apar.2018.08.00395>
- Farouk, S. and A. Amany. 2012. Improving growth and yield of cowpea by foliar application of chitosan under water stress. **Egyptian Journal of Biology** 14(1): 14-26.
<https://doi.org/10.4314/ejb.v14i1.2>

- Ferri, M. and A. Tassoni. 2011. Chitosan as Elicitor of Health Beneficial Secondary Metabolites in *In Vitro* Plant Cell Cultures. pp. 389-414. In Mackay, R.G., J.M. Tait, (eds.). **Handbook of Chitosan Research and Applications**. Hauppauge NY: Nova Science Publishers Inc.
- Ghorbanpour, M., H. Mohammadi and K. Kariman. 2020. Nanosilicon-based recovery of barley (*Hordeum vulgare*) plants subjected to drought stress. **Environmental Science: Nano** 7(2): 443-461. <https://doi.org/10.1039/C9EN00973F>
- Hidangmayum, A., P. Dwivedi, D. Katiyar and A. Hemantaranjan. 2019. Application of chitosan on plant responses with special reference to abiotic stress. **Physiology and Molecular Biology of Plants** 25(2): 313-326. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0633-1>
- Iriti, M. and E.M. Varoni. 2015. Chitosan-induced antiviral activity and innate immunity in plants. **Environmental Science and Pollution Research** 22(4): 2935-2944.
- Jabeen, N. and R. Ahmad. 2013. The activity of antioxidant enzymes in response to salt stress in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings raised from seed treated with chitosan. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 93(7): 1699-1705. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5953>
- Kandha, L., R. Kumar, S.K. Sethi and B.K. Bindhani. 2021. Chitosan enhances growth and survival rate of *In Vitro* cultured plantlets of banana cultivar “Grand Naine. **Journal of Crop Improvement** 35(6): 848-865. <https://doi.org/10.1080/15427528.2021.1889732>
- Krupa-Mańkiewicz, M. and N. Fornal. 2018. Application of chitosan *In Vitro* to minimize the adverse: effects of salinity in *Petunia × atkinsiana* D. don. **Journal of Ecological Engineering** 19(1): 143-149. <https://doi.org/10.12911/22998993/79410>
- Kunkeaw, W., A. Obeng, S. Premjet, K. Sujipuli and P. Duangporn. 2020. Effect of Chitosan on Growth of *Musa acuminata* ‘Kluai Khai’ in Liquid Media Culture System. pp. 44-49. In **Proceedings of 58th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Animals, Veterinary Medicine, Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Kurita, K. 2006. Chitin and chitosan: functional biopolymers from marine crustaceans. **Review Mar Biotechnol (NY)** 8(3): 203-226. <https://doi.org/10.1007/s10126-005-0097-5>
- Lee, S.W. 2005. Thidiazuron in the improvement of banana micropropagation. **Acta Horticulturae** 692: 67-74. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.692.7>

- Liu, Y., Y. Li, A. Wang, Z. Xu, C. Li, Z. Wang, B. Guo, Y. Chen, F. Tang and J. Li. 2024. Enhancing cold resistance in banana (*Musa* spp.) through EMS-induced mutagenesis, L-Hyp pressure selection: phenotypic alterations, biomass composition, and transcriptomic insights. **BMC Plant Biology** 24:101
<https://doi.org/10.1186/s12870-024-04775-5>
- Lopez-Moya, F., N. Escudero, E. Zavala-González, D. Esteve-Bruna, M. Blázquez, D. Alabadi and L. Lopez-Llorca. 2017. Induction of auxin biosynthesis and WOX5 repression mediate changes in root development in *Arabidopsis* exposed to chitosan. **Scientific Reports** 7: 1-14.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-16874-5>
- Malerba, M. and R. Cerana. 2016. Chitosan effects on plant systems. **International Journal of Molecular Sciences** 17(7): 996.
<https://doi.org/10.3390/ijms17070996>
- Murti, R., S. Debnath and Y. Yeoun. 2012. Effect of high concentration of thidiazuron (TDZ) combined with 1H-indole-3-butanoic acid (IBA) on Albion strawberry (*Fragaria × ananassa*) cultivar plantlets induction. **African Journal of Biotechnology** 11(81): 14696-14702.
<https://doi.org/10.5897/AJB12.1047>
- Obsuwan, K., K. Sawangsri, A. Thongpukdee and C. Thepsithar. 2013. The Response of Growth and Development from *In Vitro* Seed Propagation of *Dendrobium* Orchid to Chitosan. pp. 173-176. *In Proceedings of International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals (QMSCO 2012) 21-24 February 2012.* Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi. [in Thai]
- Rebouças, T.A., A. De Jesus Rocha, T.S. Cerqueira, P.R. Adorno, R.Q. Barreto, M.D.S. Ferreira, L.S.M. Lino, V.B. De Oliveira Amorim, J.A.D. Santos-Serejo, F. Haddad, C.F. Ferreira and E.P. Amorim. 2021. Pre-selection of banana somaclones resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense, subtropical race 4. **Crop Protection** 147: 105692.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105692>
- Salachna, P. and A. Zawadzińska. 2014. Effect of chitosan on plant growth, flowering and corms yield of potted freesia. **Journal of Ecological Engineering** 15(3): 97-102.
<https://doi.org/10.12911/22998993.1110223>
- Senkwankaew, C. 2022. Effect of chitosan extracted by chemical method from shrimp shell in diet supplementation on growth performance and blood biochemistry in starting-growing pig (body weight 10-60 kg). **Journal of Agricultural Research and Extension** 39(1): 83-89. [in Thai]

- Shirani, S., F. Mahdavi and M. Maziah. 2009. Morphological abnormality among regenerated shoots of banana and plantain (*Musa* spp.) after *In Vitro* multiplication with TDZ and BAP from excised shoot-tips. **African Journal of Biotechnology** 8: 5755-5761. <https://doi.org/10.4314/ajb.v8i21.66048>
- Singh, R.K., E. Ruiz-May, V.D. Rajput, T. Minkina, R.L. Gómez-Peraza, K.K. Verma, M.S. Shekhawat, C. Pinto, V. Falco and F.R. Quiroz-Figueroa. 2022. Viewpoint of chitosan application in grapevine for abiotic stress/disease management towards more resilient viticulture practices. **Agriculture** 12(9): 1369. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091369>
- Smitha, P., K. Binoy and N. Ashalatha. 2014. Effect of TDZ on direct shoot regeneration from whole male inflorescence of four diploid banana cultivars from south India. **Plant Science International** 1: 24-32. <https://doi.org/10.12735/psi.v1n1p24>
- Thanakronpaisan, K., A. Kongbangkerd, S. Premjet and P. Duangporn. 2019. Effect of BA and chitosan on *In Vitro* growth of *Musa* (ABB Group) 'Kluai Namwa Mali-Ong'. **Asia-Pacific Journal of Science and Technology** 24(1): 1-6. <https://doi.org/10.14456/apst.2019.3>
- Uthairatanakij, A., J. Silva and K. Obsuwan. 2007. Chitosan for improving orchid production and quality. **Orchid Science and Biotechnology** 1: 1-5.
- Youmbi, E., B. Ella and K. Tomekpe. 2006. Effect of thidiazuron on *In Vitro* proliferation capacities of some banana (*Musa* spp.) cultivars with weak multiplication potential. **KDENİZ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ** 19(2): 255-259.

การใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราไพราโคลสโตรบินเพื่อพัฒนาคุณภาพสีผิวผลของลำไย

Using Pyraclostrobin Fungicide for Development of Fruit Skin Color Quality of Longan

จิรนนท์ เสนานาน^{1*}, สุรีย์วัลย์ เมฆกมล², พาวิณ มะโนชัย³ และวัชรินทร์ จันทวรรณ¹

Chiranan Senanan^{1*}, Sureewan Mekkamol², Pawin Manochai³ and Watcharin Jantawan¹

¹สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²หลักสูตรอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³หลักสูตรพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

³Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: chiranan_c@hotmail.com

Received: February 02, 2024

Revised: June 25, 2024

Accepted: July 26, 2024

Abstract

This study evaluated the impact of the fungicide Pyraclostrobin on fruit skin color quality in the "Dow" variety of longan (*Dimocarpus longan*), using 20-year-old trees in a farmer's orchard in Muang district, Lamphun. Pyraclostrobin was sprayed at a concentration of 10 mL per 20 liters of water when the fruit reached a diameter of 1.5-2.0 cm (60 days before harvesting). The experimental design was Completely Randomized Design (CRD) with four treatments as 1) untreated (control), 2) one application 30 days before harvesting, 3) two applications at 30 and 45 days before harvesting, and 4) three applications at 30, 45, and 60 days before harvesting. Results indicated that two and three applications of Pyraclostrobin significantly increased fruit brightness (L) compared to the control, though there were no significant differences in the red (a) and yellow (b) values among the treatments. Chemical residue analysis revealed treated fruits contained very low levels (0.02-0.05 mg/kg) within acceptable MRL standards while no Pyraclostrobin was found in the control fruits. The disease index at harvest showed 21.9, 13.7 and 13.5% in the one-application, two-application, and three-application treatments, respectively, significantly lower than the control (37.6%). The study demonstrates that one to three-applications of Pyraclostrobin before harvest can improve fruit brightness and reduce disease index without exceeding MRL standards.

Keywords: pyraclostrobin, longan, skin color quality, disease index, residue analysis

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการพ่นสารไพราโคลสโตรบิน ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพสีผิวผลลำไยพันธุ์ต่อและการเกิดโรค โดยใช้ต้นลำไยอายุ 20 ปี ในสวนของเกษตรกรที่อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน โดยพ่นสารไพราโคลสโตรบิน ความเข้มข้น 10 มล. ต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อผลลำไยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5-2.0 ซม. (60 วันก่อนเก็บเกี่ยว) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมี 4 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ไม่ใช้สารไพราโคลสโตรบิน (ชุดควบคุม) 2) ใช้สาร 1 ครั้ง 30 วันก่อนเก็บเกี่ยว 3) ใช้สาร 2 ครั้ง 30 และ 45 วันก่อนเก็บเกี่ยว และ 4) ใช้สาร 3 ครั้ง 30, 45 และ 60 วันก่อนเก็บเกี่ยว ผลการศึกษาพบว่ากรรมวิธีที่พ่นสาร 2 และ 3 ครั้ง ทำให้ค่าความสว่าง (L) ของผลลำไยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม แต่ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกกรรมวิธี การวิเคราะห์สารไพราโคลสโตรบินตกค้าง ตรวจพบสารตกค้างในระดับต่ำมาก (0.02-0.05 มก.ต่อกก.) ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน MRLs โดยไม่พบสารตกค้างในชุดควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารไพราโคลสโตรบิน 1, 2 และ 3 ครั้ง มีดัชนีการเกิดโรคบนผลลำไย 21.9, 13.7 และ 13.5% ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าชุดควบคุม (37.6%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้สารไพราโคลสโตรบินพ่น 1-3 ครั้ง ก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยเพิ่มความสว่างของผลลำไยทำให้สีผิวผลเป็นสีเหลืองทองและลดการเกิดโรคได้โดยมีสารตกค้างไม่เกินมาตรฐาน MRLs

คำสำคัญ: ไพราโคลสโตรบิน ลำไย สีผิวผล ดัชนีการเกิดโรค การวิเคราะห์สารตกค้าง

คำนำ

ตลาดหลักสำคัญในการส่งออกลำไยของประเทศไทย คือ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งผู้ประกอบการที่รับซื้อผลลำไยเพื่อส่งออกกำหนดราคาจากขนาดผลที่มีขนาดใหญ่ รวมทั้งคุณภาพด้านสีผิวผล ลำไยก็ถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดราคารับซื้อผลผลิต แม้ว่าลำไยผลจะมีขนาดใหญ่เกรด AA แต่ถ้ามีสีผิวคล้ำหรือมีกระบนผิวผล จะทำให้ขายได้ในราคาต่ำกว่าผลลำไยที่มีขนาดเล็กกว่าแต่มีสีผิวเหลืองทอง โดยราคาจะต่างกันประมาณ 7-10 บาทต่อกก. จากเหตุผลดังกล่าวทำให้เกษตรกรผู้ผลิตลำไยพยายามหาวิธีการจัดการเพื่อให้สีผิวผลลำไยมีคุณภาพดี ที่ผ่านมามีการใช้หลากหลายวิธีการ เช่น การใช้กระดาษห่อหุ้มผล (Jaroenkit *et al.*, 2002) แต่ก็ประสบปัญหาเรื่องแรงงาน และไม่สามารถทำได้กับต้นลำไยที่มีขนาดสูงใหญ่ รวมถึงการใช้วิธีการตัดแต่งกิ่งทรงพุ่มเพื่อให้ผลลำไยโน้มหลบภายในทรงพุ่ม (Manochai *et al.*, 2005) ซึ่งก็ยังไม่ประสบความสำเร็จเพราะไม่สามารถทำให้ผลลำไยมีสีผิวที่มีคุณภาพดีได้ทั้งต้น ต่อมามีการค้นพบการพัฒนาคุณภาพสีผิวที่สามารถทำให้ลำไยมีสีผิวสวยได้ โดยเกษตรกรใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราบางชนิด ได้แก่ อะซอกซีสโตรบิน ไพราโคลสโตรบิน (Manochai *et al.*, 2018) ฉีดพ่นจุดประสงค์เพื่อป้องกันกำจัดเชื้อรา และพบว่าผลลำไยมีสีผิวสวยงามขึ้น และมีการใช้อย่างแพร่หลาย (Manochai *et al.*, 2018) ซึ่งเชื้อราหลายชนิดที่ตรวจพบจากผลลำไยและมีรายงานว่าเป็นสาเหตุของอาการผลลายและสีผิวคล้ำ ได้แก่ เชื้อรา *Pestalotiopsis* sp. *Rhizoctonia* sp. และ *Phomopsis* sp. (Sittikul *et al.*, 2002; Chen *et al.*, 2014) สารไพราโคลสโตรบิน

(Pyraclostrobin) เป็นสารป้องกันกำจัดเชื้อราในวงกว้าง สารนี้จัดอยู่ในกลุ่มสารสโตรบิลูริน (Strobilurin) ซึ่งทำงานโดยการยับยั้งการหายใจของเชื้อรา ทำให้เชื้อราหยุดการเจริญและตายในที่สุด (Somat, 2000) อย่างไรก็ตาม มีรายงานการใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราพ่น 2 ครั้ง ห่างกัน 15 วัน ทำให้ลำไยมีสีผิวผลที่สวยงามกว่าการพ่นสารเพียง 1 ครั้ง แต่พบว่าสารเคมีตกค้างในผลผลิตเกินค่ามาตรฐาน (Senanan and Manochai, 2019) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการพ่นสารไพราโคลสโตรบินให้กับต้นลำไยที่เวลา 30, 45 และ 60 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว ต่อคุณภาพสีผิวผล ดัชนีการเกิดโรค รวมทั้งปริมาณสารตกค้างในผลลำไยพันธุ์ต่อ

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการคัดเลือกต้นลำไยพันธุ์ต่อ อายุ 20 ปี ที่ปลูกในที่ลุ่ม ทรงพุ่มสูง 3.5-4.0 เมตร กว้าง 7.0-10.0 เมตร สวนเกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน เริ่มการทดลองวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2565 – 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมี 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น กรรมวิธีการทดลองโดยพ่นสารไพราโคลสโตรบิน ในอัตรา 10 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ให้กับต้นลำไยก่อนการเก็บเกี่ยว โดยมีการทดลอง 4 กรรมวิธี ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ไม่พ่นสารไพราโคลสโตรบิน (ชุดควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 พ่นสารไพราโคลสโตรบิน 1 ครั้ง ก่อนเก็บเกี่ยว 30 วัน กรรมวิธีที่ 3 พ่นสารไพราโคลสโตรบิน 2 ครั้ง ก่อนเก็บเกี่ยว 30 และ 45 วัน และกรรมวิธีที่ 4 พ่นสารไพราโคลสโตรบิน 3 ครั้ง ก่อนเก็บเกี่ยว 30, 45 และ 60 วัน ครั้งแรกที่เริ่มพ่นสารไพราโคลสโตรบิน ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 60 วัน โดยผลลำไยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 1.5-2.0 ซม.

1. การตรวจคุณภาพของผลลำไยเมื่อเก็บเกี่ยว โดยการสุ่มจำนวน 10 ผลต่อต้น จำนวน 4 ต้น ต่อกรรมวิธี

- สีผิวของเปลือกของผลลำไยโดยใช้เครื่องวัดสีผิว (Colorimeter; Minolta CR-10 ประเทศญี่ปุ่น) และเครื่องวัดสีผิว (Chromameter; Minolta CR-10 ประเทศญี่ปุ่น) เพื่อวัดค่าความสว่าง ($L^* = 0-100$) ค่าสีแดง/เขียว ($a^* = -60$ ถึง $+60$) และค่าสีเหลือง/น้ำเงิน ($b^* = -60$ ถึง $+60$)

- น้ำหนักของผลลำไยทั้งผล โดยตาชั่งดิจิตอล

- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผล วัดด้วยเครื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (บริษัทพันช่าง คอเปเรชั่น จำกัด)

- ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ใช้น้ำคั้นจากเนื้อลำไยที่ผ่านการชั่งน้ำหนักเนื้อแล้ว โดยวัดด้วยเครื่อง Digital refractometer (Atago Co., LTD) บันทึกหน่วยเป็นองศาบริกซ์

2. การวิเคราะห์สารตกค้าง (Residue analysis) ในเนื้อผลลำไยสดที่เก็บเกี่ยวแล้ว โดยสุ่มตัวอย่างผลลำไย 4 ด้านรอบทรงพุ่ม รวม 1 กิโลกรัม โดยจำนวน 2 ซ้ำต่อกรรมวิธี แล้วจัดส่งผลลำไยสดให้บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่ เพื่อตรวจวิเคราะห์หาสารไพราโคลสโตรบินตกค้าง เนื่องจากห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยไม่สามารถวิเคราะห์ได้

3. การประเมินดัชนีการเกิดโรคผลลำไย ประเมินดัชนีการเกิดโรคก่อนการพ่นสารไพราโคลสโตรบิน และก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต ในระยะที่ผลมีขนาด 1.5-3.0 ซม. (ระยะพัฒนาผลขนาด 1.5-2.0 ซม. ก่อนเก็บเกี่ยว ครั้งแรก วันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2565 เวลา 60 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว ระยะพัฒนาผลขนาด 2.0-2.5 ซม. ก่อนเก็บเกี่ยว ครั้งที่สอง วันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2566 เวลา 45 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว ระยะพัฒนาผลขนาด 2.5-3.0 ซม. ก่อนเก็บเกี่ยว ครั้งที่สาม วันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2566 เวลา 30 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 2.8-3.0 ซม. ระยะเก็บเกี่ยว วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566) ประเมินดัชนีการโรคที่ผิวผลลำไย ดัดแปลงจากวิธีของ Chen *et al.* (2014) โดยกำหนดระดับความเสียหายของอาการโรคดังนี้ ระดับ 1 = อาการโรคน้อยกว่า 25% ระดับ 2 =

อาการโรคอยู่ระหว่าง 25%–น้อยกว่า 50% ระดับ 3 = อาการโรคอยู่ระหว่าง 50%–น้อยกว่า 75% และ ระดับ 4 = อาการโรคเท่ากับหรือมากกว่า 75% นำค่ามาคำนวณในสมการดัชนีความเสียหายจากโรคพืช (Disease index, DI) ดังนี้

$$DI (\%) = [\sum(rnr) / 4Nt] \times 100$$

โดยค่า r = ระดับความเสียหาย

nr = จำนวนผลในระดับความเสียหาย

Nt = จำนวนผลทั้งหมด

ผลการวิจัย

ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตค่าสีผิวลำไยค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b)

ค่าสีผิวลำไยค่าความสว่าง (L) ค่า สีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เมื่อพ่นไพราโคลสโตรบิน จำนวน 1-3 ครั้ง

ในระยะก่อนเก็บเกี่ยว 30, 45 และ 60 วัน เมื่อเก็บเกี่ยวผลลำไยแล้วตรวจคุณภาพในด้านค่าสีของผิวผล พบว่าการพ่นไพราโคลสโตรบินในระยะก่อนเก็บเกี่ยว 3 ครั้งทำให้ผลลำไยมีค่าความสว่างมากที่สุดเท่ากับ 54.37 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและการพ่นสารเพียงครั้งเดียว รวมทั้งทำให้มีสีค่าเหลือง (b) มากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้พ่นสารและการพ่นสารเพียงครั้งเดียวแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าสีแดงของผิวผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า 12.55-15.64 น้ำหนักของผลลำไยทั้งผล น้ำหนักของผลลำไย มีค่า 10.05-11.20 กรัมต่อ 10 ผล และปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำในทุกกรรมวิธี มีค่า 18.02-19.10 องศาบริกซ์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Fruit skin color of longan treated with pyraclostrobin spraying before harvesting

Treatments	Fruit skin color		
	Lightness factor (L)	Chromaticity coordinate (a)	Chromaticity coordinate (b)
Untreated (control)	42.86b	13.63	27.67
Pyraclostrobin spraying once before harvesting	44.63b	13.55	27.17
Pyraclostrobin spraying twice before harvesting	52.15a	15.64	32.87
Pyraclostrobin spraying thrice before harvesting	54.37a	12.55	32.76
F-test	*	ns	ns

Means within the column followed by the same letter were no significantly difference at p= 0.01 by the Least Significant Difference (LSD).

ns = not significant

ขนาดผล

จากการใช้ไพราโคลสโตรบินซึ่งเป็นสารป้องกัน และกำจัดเชื้อราต่อคุณภาพผลลำไยพบว่า ไม่มีผลต่อ

น้ำหนักต่อผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ไม่แตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

Table 2 Fruit weight and total soluble solid of longan fruit treated with pyraclostrobin spraying before harvesting

Treatments	Fruit weight (g)	Total soluble solid (°Brix)
Untreated (control)	10.10	18.02
Pyraclostrobin spraying once before harvesting	10.05	18.10
Pyraclostrobin spraying twice before harvesting	11.09	19.10
Pyraclostrobin spraying thrice before harvesting	11.20	18.53
F-test	ns	ns

ns = not significant

การวิเคราะห์สารเคมีตกค้างในผลลำไย

จากการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่พ่นไพราโคลสโตรบิน จำนวน 1-3 ครั้ง แก่ต้นลำไยในระยะก่อนเก็บเกี่ยว 30, 45

และ 60 วัน เมื่อวิเคราะห์สารตกค้างในเนื้อลำไยตรวจพบ ไพราโคลสโตรบิน เท่ากับ 0.03-0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 3)

Table 3 Chemical residues in fruit pulp of longan treated with pyraclostrobin spraying before harvesting

Treatments	Pyraclostrobin (mg/kg)
Untreated (control)	0.00
Pyraclostrobin spraying once before harvesting	0.03
Pyraclostrobin spraying twice before harvesting	0.02
Pyraclostrobin spraying thrice before harvesting	0.05
F-test	ns

ns = not significant

การประเมินโรคผลลาย

ในระยะที่ 1 ระยะที่ผลพัฒนามีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง 1.5-2.0 ซม. ไม่พบการเกิดโรคผลลำไยส่วน ใหญ่มีลักษณะปกติ บริเวณก้านช่ออาจพบเชื้อราและ เพี้ยแบ่งเล็กน้อย ส่วนในระยะที่ 2 เมื่อผลมีขนาด 2.0-

2.5 ซม. พบมีอาการโรคเพียงเล็กน้อย มีดัชนีการเกิดโรค 0.33-1.1% ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในแต่ละกรรมวิธี จากการทดลองพบว่าในระยะที่ 3 เมื่อ ผลมีขนาด 2.5-3.0 ซม. กรรมวิธีที่พ่นไพราโคลสโตรบิน มีดัชนีการเกิดโรค (มีค่า 3.13-4.07%) ต่ำกว่าชุดควบคุม

(มีค่า 10.7%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดควบคุมเกิดโรคที่ผิวผลและมีอาการผลแตก รวมทั้งพบเชื้อราและเพลี้ยแป้งบริเวณซั้วผลและก้านช่อผล ในระยะเก็บเกี่ยวผลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.8-3.0 ซม. พบว่ากรรมวิธีที่พ่นไพราโคลสโตรบิน จำนวน 2 และ 3 ครั้ง ก่อนการเก็บ

เกี่ยว ผลลำไยมีดัชนีการเกิดโรค 13.76 และ 13.60% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีดัชนีการเกิดโรค 37.66% (Table 4) ลักษณะอาการของโรค เกิดผลลายบริเวณซั้วผล บ่าผล และกระจายทั่วบนผิวเปลือก (Figure 1)

Table 4 Disease index (%) of longan fruit across various growth stages treated with pyraclostrobin spraying before harvesting

Treatments	Disease Index (%) across various growth stages by fruit diameter			
	1.5-2.0 cm	2.0-2.5 cm	2.5 -3.0 cm	2.8-3.0 cm
				(harvest)
Untreated (control)	0	1.10	10.78 a	37.66 a
Pyraclostrobin spraying once before harvesting	0	0.47	3.13 b	21.91 b
Pyraclostrobin spraying twice before harvesting	0	1.10	4.07 b	13.76 c
Pyraclostrobin spraying thrice before harvesting	0	0.33	3.29 b	13.60 c
CV (%)	93.20	66.28	14.10	93.20

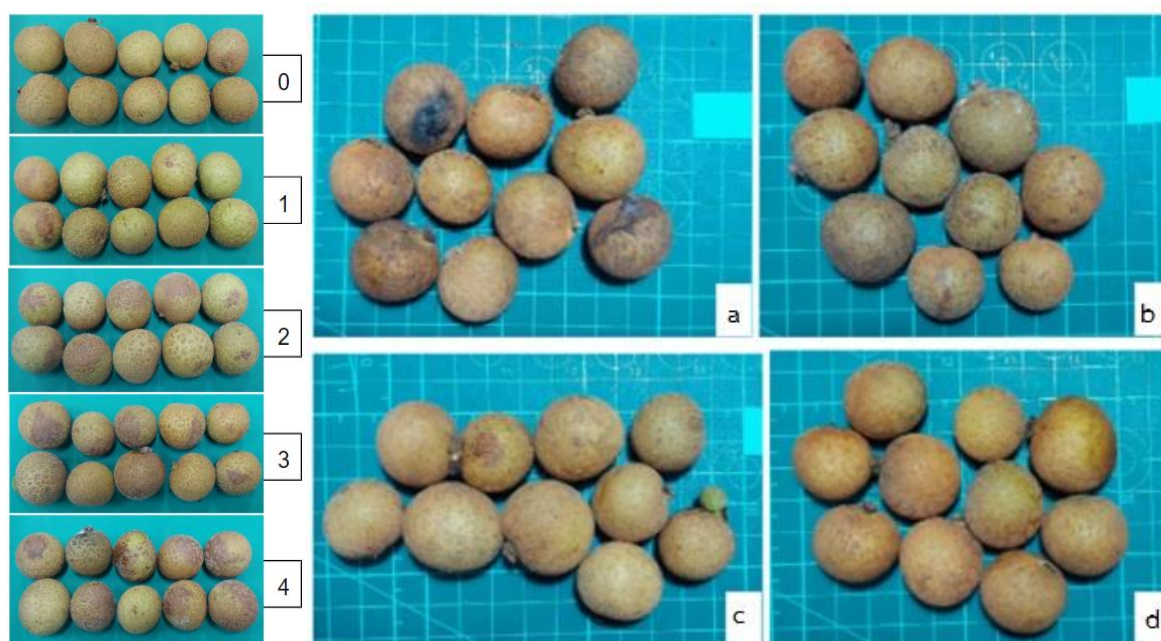


Figure 1 Disease rating scale (0-4) and fruit disease severity in each treatment at harvesting

(a) Untreated (control)

(b) pyraclostrobin spraying once before harvesting

(c) pyraclostrobin spraying twice before) before harvesting

(d) pyraclostrobin spraying thrice before harvesting

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการใช้สารป้องกันและกำจัดเชื้อราทุก 15 วัน พ่นไพราโคลสโตรบิน จำนวน 1-3 ครั้ง ในระยะก่อนเก็บเกี่ยว 30, 45 และ 60 วัน เมื่อเก็บเกี่ยวผลลำไยแล้วตรวจคุณภาพในด้านค่าสีของผิวผลพบว่า การพ่นไพราโคลสโตรบินในระยะก่อนเก็บเกี่ยว 3 ครั้ง ทำให้ผลลำไยมีค่าความสว่างมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและการพ่นสารเพียงครั้งเดียว รวมทั้งทำให้มีค่าสีเหลือง (b) มากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้พ่นสารและการพ่นสารเพียงครั้งเดียว ส่วนค่าสีแดงของผิวผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า 12.55-15.64 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Senanan and Manochai (2019) เมื่อพ่นสารไพราโคลสโตรบินระยะก่อนเก็บเกี่ยวต่อเนื่อง 3 ครั้ง ห่างกันทุก 15 วัน ทำให้

ผลลำไยมีค่าความสว่างมากกว่าชุดควบคุม และเมื่อพิจารณาการเกิดโรคพบว่า การไม่พ่นไพราโคลสโตรบินมีดัชนีความเสียหายจากโรคผลลายสูงที่สุด ผลลำไยแตกเสียหายจากการเข้าทำลายของโรคผลเน่า การใช้ไพราโคลสโตรบินในลำไยระยะก่อนเก็บเกี่ยวต่อเนื่อง 3 ครั้ง ห่างกันทุก 15 วัน สามารถควบคุมโรคผลลายได้ดีกว่าการพ่นอัตราสูงเพียงครั้งเดียวก่อนเก็บเกี่ยว จากการตรวจสอบเชื้อราสาเหตุการผลลาย พบเชื้อราหลายชนิด ได้แก่ *Pestalotiopsis* sp. *Rhizoctonia* sp. และ *Phomopsis* sp. ซึ่งเป็นเชื้อราที่มีรายงานว่าสามารถเข้าทำลายผลลำไยในระยะก่อนเก็บเกี่ยว และปรากฏอาการในขณะเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Pipattanapuckdee *et al.*, 2021; Office of Research and Development of Postharvest and Agricultural Product Processing, 2014)

เมื่อพิจารณาด้านประสิทธิภาพการควบคุมโรคพืชไฟราโคลสโตรบินเป็นสารกลุ่ม Azoxystrobin มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราด้วยกลไกการยับยั้งกระบวนการหายใจของเซลล์ (FRAC, 2022) สารดังกล่าวได้นำไปใช้ในการควบคุมโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิด (Wisetsang, 2009) เกษตรกรนิยมนำมาใช้ในการควบคุมโรคพืชอย่างแพร่หลาย จากการศึกษาพบว่าไฟราโคลสโตรบินควบคุมโรคผลสลายได้ โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสารที่ไม่พ่นสาร โดยการพ่นสารสองครั้งก่อนเก็บเกี่ยว (30 และ 45 วัน) พ่นสารสามครั้งก่อนเก็บเกี่ยว (30, 45 และ 60 วัน) ให้ผลในการควบคุมโรคได้ไม่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าการพ่นสารเพียงหนึ่งครั้งในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว 30 วันนั้น ยังพบการเข้าทำลายของเชื้อราได้ ทำให้สีผิวผลไม่สวยและพบว่ามีไฟราโคลสโตรบินตกค้างในผลลำไยเกินค่ามาตรฐาน (Senanan and Manochai, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Manochai *et al.* (2018) ที่ใช้ไฟราโคลสโตรบิน ในสวนเกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ทำให้ผลมีลำไยสีเหลืองทองสวยงาม

เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ได้พ่นสาร โดยการใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราดังกล่าวจำนวน 2 และ 3 ครั้ง ห่างกัน 15 วัน ทำให้มีสีผิวผลที่สวยงามกว่าการพ่นสารเพียงหนึ่งครั้ง เมื่อวิเคราะห์สารตกค้างในเนื้อลำไยพบสารไฟราโคลสโตรบิน เท่ากับ 0.03-0.05 มก./กก. โดยมีค่าต่ำกว่าระดับของสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้าง Maximum residue level (MRLs) ที่ กำหนดโดย Codex Alimentarius international Food Standards, Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO) และ World Health Organization (WHO) โดยยังไม่มีข้อกำหนดของสารนี้ในลำไย แต่มีกำหนดในพืชตระกูลส้ม 2 มก./กก. และมะม่วง 0.6 มก./กก. ส่วนข้อมูล Plant Standard and Certification Division (2018) กำหนดว่ามีค่าตกค้างได้ไม่เกิน 0.1-0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขึ้นอยู่กับประเทศปลายทาง เช่น ไต้หวัน รัสเซีย สหรัฐอเมริกา นิวซีแลนด์ และแคนาดา เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

การพ่นสารไฟราโคลสโตรบินมีผลต่อคุณภาพสีผิวผลลำไยพันธุ์ตอ โดยกรรมวิธีที่พ่นสาร 2 และ 3 ครั้ง ก่อนการเก็บเกี่ยว มีค่าความสว่างของผลลำไยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม มีผลให้สีผิวเป็นสีเหลืองทอง โดยพบสารไฟราโคลสโตรบินตกค้างในเนื้อลำไยที่ระดับต่ำมาก (0.02-0.05 มก.ต่อกก.) ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน MRLs และการศึกษาชี้ให้เห็นว่ากรรมวิธีที่พ่นสาร 2 และ 3 ครั้ง ก่อนการเก็บเกี่ยว ช่วยลดดัชนีการเกิดโรคบนผลลำไยได้เหลือเพียง 13.7% และ 13.5% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (37.6%)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ได้สนับสนุนงบประมาณการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Chen, Y., H. Lin, Y. Jiang, S. Zhang, Y. Lin and Z. Wang. 2014. *Phomopsis longanae* Chi induced pericarp browning and disease development of harvested longan fruit in association with energy status. **Postharvest Biology and Technology** 93: 24-28.
- FRAC. 2022. **Frac code list: fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action.** [Online]. Available <https://www.frac.info/docs/default-source/publications> (October 24, 2021).

- Jaroenkit, T., P. Manochai and N. Charasamrit. 2002. **Influence of Fruit Wrapping on the Quality of Longan Skin Color after Harvest (Abstract)**. pp. 207-208 *In Documents from Naresuan Agriculture Seminar No. 1. Phitsanulok: Naresuan University. [in Thai]*
- Manochai, P., T. Charoenkit, S. Mahattanaphak, C. Pimpimon, P. Chompurat and P. Jomngam. 2018. **Increasing the Potential of Longan Production for Export and Post-management: Harvesting to Reduce Losses of the Ban Mae Tam Farmer Group, Mueang District, Phayao Province**. Bangkok: The Office of the Research Fund. 222 p. [in Thai]
- Manochai, P., W. Suthon, S. Salirat, C. Senanan, C. Srichan and S. Usahatanon. 2005. **Pruning to Control the Longan Canopy: the Upturned Canopy, in Putting Fruit Tree Research Results into Commercial Practice**. Chiang Mai: Fruit Branch, Department of Horticulture, Maejo University. 70 p. [in Thai]
- Office of Research and Development of Postharvest and Agricultural Product Processing. 2014. **Postharvest fruit diseases**. [Online]. Available www.doa.go.th (October 24, 2021). [in Thai]
- Pipattanapakdee, E., D. Bunyakiat, C. Tiyanon, P. Sihanam and O. Rueangwong. 2021. Survey of post-harvest longan fruit rot disease. **Agricultural Science** 52(2)(Special): 61-64. [in Thai]
- Plant Standard and Certification Division. 2018. **Set agricultural product standards: pesticide residues: maximum residue limits**. [Online]. Available https://www.doa.go.th/psco/?option=com_contact&view=contact&i%20d=1&itemid=61 (October 24, 2021).
- Senanan, C. and P. Manochai. 2019. **Effect of Fungicides on the Development of Skin Color Quality of Longan Fruit**. 30 p. *In Research Report*. Chiang Mai: Chiatai Company Limited. 30 p. [in Thai]
- Sittikul, C., A. Akkaraphisann, P. Nuanbunruang and S. Arun. 2002. **Disease and Insect Management: Important Enemies of Longan out of Season in the Northern Region**. 220 p. *In Research Report*. Bangkok: Fund Office, Research Support. [in Thai]
- Somat, T. 2000. **Chemicals to Prevent and Kill Plant Diseases for the Public**. Bangkok: Green Fence Publishing House. 101 p. [in Thai]
- Wisetsang, O. 2009. **Guide to Selecting Plant Fungicides**. Bangkok: Plant Disease Research Group, Plant Protection Development Office, Department of Agriculture. 141 p. [in Thai]

การศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ปนเปื้อนและผลต่อการเจริญเติบโต
ของเนื้อเยื่ออ้อยในระบบเปิด

Study of the Use of Chemicals to Reduce Microbial Contamination
and Its Effect on the Growth of Sugarcane Tissue in an Open System

จิราพร พรหมขุนทด¹ นัฏฐา นิตยวัฒน์กุล¹ กาญจนา กิระศักดิ์³ ภาคภูมิ ถิ่นคำ³
โสภณ วงศ์แก้ว¹ และอารักษ์ จีระอำพน^{1,2*}

Jiraporn Promkunthod¹, Nattha Nitwatthanakul¹, Kanjana Kirasak³, Parkpoom Thinkum³
Sophon Wongkaew¹ and Arak Tira-umphon^{1,2*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

²ศูนย์วิจัยนวัตกรรมยกระดับคุณภาพผลิตผลทางการเกษตรเพื่ออุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

³สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ขอนแก่น 40000

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

²Center of Excellence in Agricultural Product Innovation, Suranaree University of Technology
Nakhon Ratchasima, Thailand 30000

³Agronomy and Renewable Energy Crops Research Institute (FCRI), Khon Kaen Field Crops Research Center
Khon Kaen, Thailand 40000

*Corresponding author:arak@sut.ac.th

Abstract

Received: September 23, 2023

Revised: October 22, 2024

Accepted: December 06, 2024

This study aims to determine the type and concentration of disinfectants that inhibit microbial growth in laboratory conditions while being suitable for sugarcane tissue culture. In the initial step, microorganisms contaminating the Murashige and Skoog (MS) in an open laboratory system (November 2020) were screened. Eight fungal isolates were found, including *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Gliocladium* sp., *Curvularia* sp. and a yeast, as well as two unknown species lacking identifiable fruiting structures. Five bacterial isolates were also identified, consisting of one gram-positive and four gram-negative bacteria. Subsequently, the type and concentration of disinfectants were tested to control each screened microbial contaminant in the MS medium. It was found that sodium hypochlorite at concentrations of 0.17, 0.25, and 0.33 ml/L effectively controlled microbial contamination. In the sugarcane tissue culture experiment using non-autoclaved MS medium supplemented with 1 mg/L kinetin, 150 mg/L citric acid, and

sodium hypochlorite at concentrations of 0.20, 0.25, and 0.33 ml/L, good growth and development of sugarcane tissue were observed, with no significant differences compared to traditional tissue culture methods.

Keywords: sugarcane, antimicrobial substances, low-cost tissue culture, open tissue culture

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสภาพห้องปฏิบัติการ และเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่ออ้อย โดยในขั้นตอนแรกทำการคัดกรองหาเชื้อจุลินทรีย์ที่พบปนเปื้อนในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS ในสภาพห้องปฏิบัติการระบบเปิด (เดือนพฤศจิกายน 2563) พบเชื้อรา 8 ไอโซเลท ได้แก่ *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Gliocladium* sp., *Curvularia* sp., ยีสต์ และอีก 2 ไอโซเลทไม่ทราบชื่อ เนื่องจากไม่สร้างหน่วยขยายพันธุ์และเชื้อแบคทีเรีย 5 ไอโซเลท ได้แก่ แบคทีเรียแกรมบวก 1 ไอโซเลท แบคทีเรียแกรมลบ 4 ไอโซเลท จากนั้นทดลองหาชนิดของสารฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อควบคุมจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่คัดกรองได้จากการปนเปื้อนในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS พบว่า Sodium hypochlorite ความเข้มข้น 0.17, 0.25 และ 0.33 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถควบคุมการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี ในการทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อยในอาหารสูตร MS ที่ไม่ได้นิ่งฆ่าเชื้อ เดิมโคเนดิน 1 มิลลิกรัม/ลิตร กรดซिटริก 150 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับสารเคมี Sodium hypochlorite ความเข้มข้น 0.20, 0.25 และ 0.33 มิลลิกรัม/ลิตร พบการเจริญเติบโตและการพัฒนาของเนื้อเยื่ออ้อยที่ดี และไม่แตกต่างจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบบดั้งเดิม

คำสำคัญ: อ้อย สารควบคุมจุลินทรีย์ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นพันธุ์ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบบระบบเปิด

คำนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลของประเทศไทย ปัญหาสำคัญของการผลิตอ้อย ได้แก่ โรคที่ถ่ายทอดผ่านทางท่อนพันธุ์ เช่น โรคใบขาว โรคกอตะไคร้ โรคเหี่ยวเน่าแดง และโรคเส้ดำ เป็นต้น การใช้ท่อนพันธุ์ที่ปราศจากเชื้อสาเหตุโรคเป็นการลดแหล่งเชื้อเริ่มต้นของการแพร่ระบาดของโรคพืชในพื้นที่เพาะปลูก วิธีการป้องกันกำจัดเชื้อสาเหตุโรคที่ติดมากับท่อนพันธุ์อ้อย ได้แก่ การแช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อนและสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช ซึ่งวิธีการดังกล่าวยังไม่สามารถกำจัดเชื้อสาเหตุโรคที่อาศัยอยู่ในท่อนพันธุ์ให้หมดไปได้ (Kaewpratumrussamee *et al.*, 2015) นอกจากนี้ยังส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การงอกของท่อนพันธุ์ลดลงอีกด้วย (Kaewmanee and Hanboonsong, 2011) ปัจจุบันยังไม่มียารักษาและไม่มีพันธุ์อ้อยที่ต้านทานโรคใบขาว วิธีที่ดีที่สุด คือ ใช้ท่อนพันธุ์สะอาด ที่จะสามารถช่วยลดอัตราการเกิดโรคใบขาวอ้อยได้ การผลิตอ้อยโดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อนำมาทำเป็นแปลงอ้อยพันธุ์ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการผลิตอ้อยปลอดโรค ปัญหาสำคัญในกระบวนการเพาะเลี้ยง

เนื้อเยื่อพืช คือ การปนเปื้อนเชื้อราและแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Leifert *et al.*, 1994) เพื่อขจัดหรือหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จำเป็นต้องหาวิธีการฆ่าเชื้ออย่างมีประสิทธิภาพ ประการแรก ห้องปฏิบัติการต้องประเมินสถานภาพการปนเปื้อนและปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเพื่อหลีกเลี่ยงหรือขจัดสิ่งปนเปื้อน (Reed and Tanprasert, 1995) แล้วฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Epiphytic และ endophytic) ในพืชด้วยสารปฏิชีวนะ อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบบดั้งเดิมมีต้นทุนเริ่มต้นค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเครื่องมือและอุปกรณ์ เช่น ตู้อบลมร้อนในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ และใช้หม้อนึ่งความดันสูง (Autoclave) เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Chotikadachanarong, 2015) ซึ่งปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดต้นทุนในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เช่น การใช้สารเคมี Sodium hypochlorite, Mercury bichloride, Ethanol, Hydrogen peroxide, Bromine water, Silver nitrate และ Antibiotics สำหรับการฆ่าเชื้อในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Sawant and Tawar, 2011; Tiwari *et al.* 2012) ทดแทนการฆ่าเชื้อด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อแรงดัน แต่ยังมีบทดลองในอ้อยน้อยมาก และสารเคมีที่ใช้ยังไม่สามารถควบคุมเชื้อได้ทั้งหมด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสภาพห้องปฏิบัติการ และเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่ออ้อย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมชิ้นส่วนพืช

คัดเลือกต้นพันธุ์อ้อยขอนแก่น 3 ที่สมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลงอายุ 8-10 เดือน จากศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ตัดเป็นท่อน ๆ ละ 1 ตา แخذท่อนพันธุ์อ้อยในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50°ซ. นาน 2 ชั่วโมง นำมาเพาะในกระบะทรายที่อบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120°ซ. นาน 3-4

สัปดาห์ ตัดหน่ออ่อนที่ได้ให้ชิดท่อนพันธุ์ที่สุด ปอกฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ เข้มข้น 70% นาน 1 นาที คลอโรกซ์ เข้มข้น 2% นาน 8 นาที จากนั้นนำเข้าสู่ตู้แช่เย็น ล้างด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง ตัดเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดภายใต้กล้องสเตอริโอ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญในอาหารที่ดัดแปลงสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA ความเข้มข้น 1 มก./ล. และ GA 2 มก./ล. เติมกรดซิตริก 150 มก./ล. และน้ำตาลซูโครส 20 ก./ล. ปรับค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อยู่ที่ 5.6-5.8 บนเครื่องเขย่า ความเร็ว 100 รอบ/นาที ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25±2°ซ. ภายใต้สภาพแสง 16 ชั่วโมง ไม่ให้แสง 8 ชั่วโมง นาน 6 สัปดาห์ เนื้อเยื่อเจริญจะพัฒนาเป็นหน่อใหม่/ยอดอ่อน จากนั้นนำมาเลี้ยงขยายเพิ่มปริมาณในอาหารที่ดัดแปลงสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต โคเคนติน 1 มก./ล. เติมกรดซิตริก 150 มก./ล. และน้ำตาลซูโครส 20 ก./ล. pH 5.6-5.8 วางในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25±2°ซ. ภายใต้สภาพแสง 16 ชั่วโมง ไม่ให้แสง 8 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มปริมาณหน่ออ่อน

การคัดกรองหาเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS ในสภาพห้องปฏิบัติการ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จำนวน 4 ปัจจัย ดังนี้ ปัจจัยที่ A คือ การเติมน้ำตาล ประกอบด้วย เติมน้ำตาลและไม่เติมน้ำตาล ปัจจัยที่ B คือ การอบเครื่องแก้ว/เพลท (Petri dish) ประกอบด้วย อบเพลท (อุณหภูมิ 180°ซ. 3 ชม.) และไม่อบเพลท ปัจจัยที่ C คือ การผ่านเครื่องนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ประกอบด้วย ผ่าน Autoclave และไม่ผ่าน Autoclave ปัจจัยที่ D คือ การเปิดฝาเพลท ประกอบด้วย เปิดฝาเพลท 30 นาที และไม่เปิดฝาเพลท โดยเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS เติมน้ำตาลซูโครส 20 กรัม/ลิตร และไม่เติม มีการอบเพลทและไม่อบเพลท การผ่านและไม่ผ่าน Autoclave และการเปิดฝาเพลท 30 นาที และไม่เปิดฝาเพลท ทดลองในห้องปฏิบัติการ (นอกตู้ปลอดเชื้อ) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (25±2°ซ.) ทำการ

ทดลองชุดละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 เฟลท ตรวจสอบเชื้อที่เจริญบนอาหารทุก ๆ วันติดต่อกันนาน 5 วัน แยกเก็บเชื้อราแต่ละไอโซเลท ใน Potato dextrose agar (PDA) slant และเชื้อแบคทีเรียใน Nutrient agar (NA) slant เพื่อนำไปศึกษาจำแนกชนิดแบคทีเรียโดยใช้วิธีการย้อมสีแกรม (Gram's stain) และย้อมสีเชื้อราด้วย Lecto-phenal cotton blue ตามวิธีของ Larone ดูลักษณะสัณฐานวิทยา (Morphology) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และนำไปใช้ในงานทดลองต่อไป

ทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและแบคทีเรียบนเปื้อน

วางแผนแบบ Factorial in CRD จำนวน 2 ปัจจัย ดังนี้ ปัจจัยที่ 1 คือ เชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย ที่ได้จากการทดลองที่ 1 ปัจจัยที่ 2 สารเคมี 2 ชนิด ดังนี้ 1) สาร Sodium hypochlorite เข้มข้น 0.00, 0.17, 0.25 และ 0.33 มล./ล. 2) สาร Povidone iodine เข้มข้น 0.00, 0.10, 0.15 และ 0.20 มล./ล. โดยทำการละลายสารแขวนลอยสปอร์เชื้อราหรือเซลล์แบคทีเรียที่ได้จากการคัดกรองในการทดลองที่ 1 ความเข้มข้น 500 spores หรือ cells/ml ลงบนอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS เติมน้ำตาลซูโครส 20 กรัม/ลิตร บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. ตรวจนับจำนวนโคโลนีหลังจาก 3-7 วัน เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งโดยเปรียบเทียบกับจำนวนโคโลนีที่ปรากฏในชุดควบคุม (No chemical control)

ผลของสารเคมีต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของเนื้อเยื่ออ้อยในอาหารสูตร MS

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 10 ซ้ำ ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อยปลอดเชื้อพันธุ์ขอนแก่น 3 (KK3) บนอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS ที่ไม่ได้นิ่งฆ่าเชื้อ เติมไคเนติน 1 มก./ล. กรดซิทริก 150 มก./ล. น้ำตาลซูโครส 20 กรัม/ลิตร ไม่เติมผงวุ้น ปรับ pH 5.6-5.8 จำนวน 2 ชุด ชุดที่ 1 ไม่เติมสารเคมี เพื่อใช้เป็นตำรับควบคุม (Control) ชุดที่ 2 เติมสารเคมี 2 ชนิด ดังนี้ 1)

สาร Sodium hypochlorite เข้มข้น 0.20, 0.25 และ 0.33 มล./ล. (โดยความเข้มข้น 0.20 มล./ล. เป็นการรีวิวนงานทดลองของ Wamaedeesa *et al.* (2021) 2) สาร Povidone iodine เข้มข้น 0.10, 0.15 และ 0.20 มล./ล. ใส่ชิ้นส่วนเนื้อเยื่อ 1 ชิ้น/ขวด วางเลี้ยงภายใต้สภาพแสง 16 ชั่วโมง ไม่ให้แสง 8 ชั่วโมง อุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. บันทึกเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน การ Browning และการรอดชีวิตที่อายุ 30 วัน วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ANOVA ของแต่ละการทดลอง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

จากการคัดกรองหาเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS ในสภาพห้องปฏิบัติการทำการจำแนกชนิดแบคทีเรียโดยใช้วิธีการย้อมสีแกรม (Gram's stain) และย้อมสีเชื้อราด้วย Lecto-phenal cotton blue ตามวิธีของ Larone ดูลักษณะสัณฐานวิทยา (Morphology) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สามารถจำแนกเป็นเชื้อรา 8 ไอโซเลท และเชื้อแบคทีเรีย 5 ไอโซเลท โดยเชื้อราที่พบ ได้แก่ *Aspergillus* sp, *Trichoderma* sp, *Fusarium* sp, *Gliocladium* sp, *Curvularia* sp ยีสต์ และอีก 2 ไอโซเลท ไม่ทราบชื่อเนื่องจากไม่สร้างหน่วยขยายพันธุ์ เชื้อแบคทีเรียที่พบ ได้แก่ แบคทีเรียแกรมบวก 1 ไอโซเลท และแกรมลบ 4 ไอโซเลท และยังพบว่าแหล่งเชื้อปนเปื้อนในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ไม่นับรวมเชื้อที่ติดมากับเนื้อเยื่อพืช) มาจาก 4 แหล่ง เรียงตามลำดับ คือ 1) อากาศและสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ 2) เฟลทที่รองรับหรือบรรจุอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช 3) อาหารเพาะเลี้ยงพบการปนเปื้อนน้อยและสามารถทำลายให้หมดไปได้ในกระบวนการเตรียมอาหาร โดยไม่จำเป็นต้องผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ 4) น้ำตาล มีส่วนช่วยส่งเสริมการปนเปื้อน (Table 1)

Table 1 Number of fungi and bacteria (colony/petri dish)

Treatment	Sugar	Sterilized petri dish	Auto- clave	Opening the petri dish (D)	Number of fungi and bacteria (colony/petri dish)		Source of contamination
					Fungi	Bacteria	
1	/	/	/	/	4.1	0.3	Air
2	/	/	/	X	0.0	0.0	-
3	/	/	X	/	1.4	0.0	Air and MS
4	/	/	X	X	0.4	0.0	Air and MS
5	/	X	/	/	0.5	0.2	Air and Petri dish
6	/	X	/	X	3.8	0.9	Petri dish
7	/	X	X	/	1.1	0.1	Air, MS and Petri dish
8	/	X	X	X	1.3	0.0	Petri dish and MS
9	X	/	/	/	4.1	0.2	Air
10	X	/	/	X	0.0	0.0	-
11	X	/	X	/	0.5	0.0	Air and MS
12	X	/	X	X	0.0	0.0	-
13	X	X	/	/	3.3	0.4	Air and Petri dish
14	X	X	/	X	0.2	0.1	Petri dish
15	X	X	X	/	1.4	0.0	Air, MS and Petri dish
16	X	X	X	X	0.0	0.0	-

(/) = yes, (x) = no

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและแบคทีเรียปนเปื้อน เพื่อหาชนิดและความเข้มข้นสารที่เหมาะสมต่อการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด โดยทำการทดสอบเชื้อรา 8 ไอโซเลท (F1 = *Aspergillus* sp., F2 = cannot specify type, F3 = *Trichoderma* sp., F4 = *Fusarium* sp., F5 = *Curvularia* sp., F6 = *Gliocladium* sp., F7 = cannot specify type และ Y1 = Yeast) และเชื้อแบคทีเรีย 5 ไอโซเลท (B1 = แบคทีเรียแกรมบวก และ B2-B5 = แบคทีเรีย

แกรมลบ) ที่แยกได้ในการทดลองที่ 1 ในอาหารสูตร MS พบว่า Sodium hypochlorite ความเข้มข้น 0.33 มล./ล. สามารถยับยั้งเชื้อราได้ถึง 6 ไอโซเลท (F1, F2, F3, F5, F6 และ F7) แต่ไม่ยับยั้ง F4 ส่วนการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย พบว่าสารเคมี Sodium hypochlorite ระดับความเข้มข้น 0.20, 0.25 และ 0.33 มล./ล. สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทั้ง 5 ไอโซเลท และสารเคมี Povidone iodine ความเข้มข้น 0.10, 0.15 และ 0.20 มล./ล. สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 6 ไอโซเลท (F2, F3, F4, F5, F6 และ F7)

แต่ไม่ยับยั้งเชื้อราอีก 2 ไอโซเลท (F1 และ Y1) ส่วนการยับยั้งเจริญของเชื้อแบคทีเรีย สารเคมี Povidone iodine

ความเข้มข้น 0.10, 0.15 และ 0.20 มล./ล. สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทั้ง 5 ไอโซเลท (Figure 1 and 2)

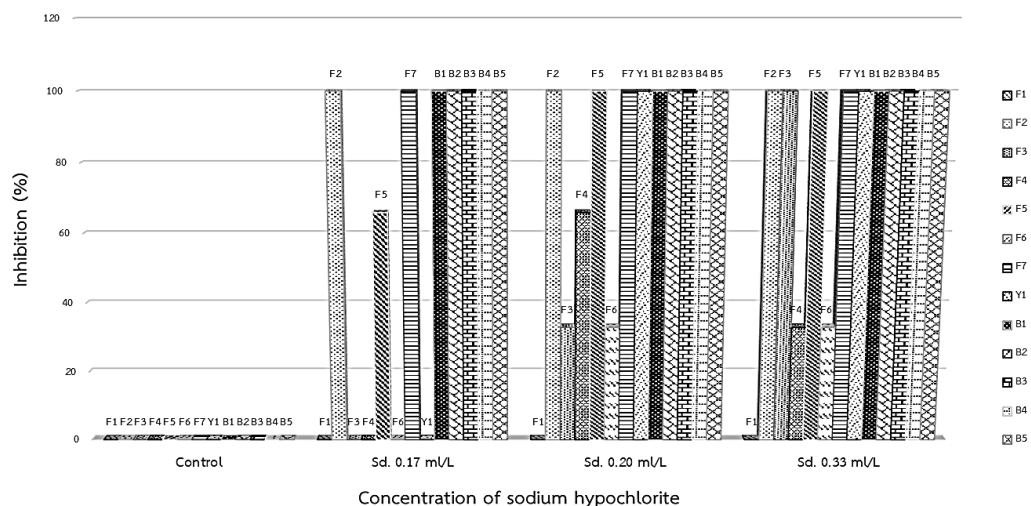


Figure 1 Antimicrobial activities of sodium hypochlorite (Sd) at concentrations of 0.20, 0.25 and 0.33 mL/L. against fungal contaminants (F1 = *Aspergillus* sp., F2 = cannot specify type, F3 = *Trichoderma* sp., F4 = *Fusarium* sp., F5 = *Curvularia* sp., F6 = *Gliocladium* sp., F7 = cannot specify type and Y1 = Yeast) and bacterial contaminants (B1 = gram-positive bacteria and B2-B5 = gram-negative bacteria)

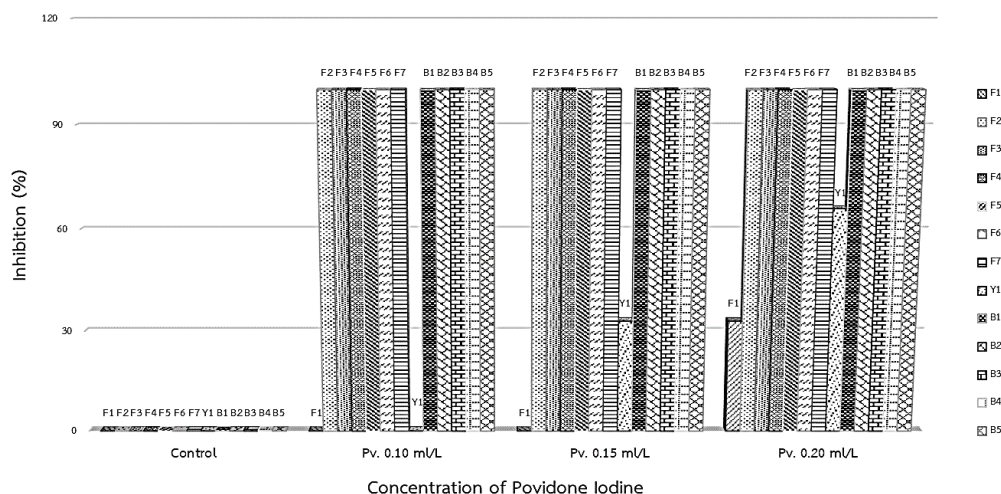


Figure 2 Antimicrobial activities of Povidone iodine (Pv) at concentrations of 10, 15 and 0.20 mL/L. against fungal contaminants (F1 = *Aspergillus* sp., F2 = cannot specify type, F3 = *Trichoderma* sp., F4 = *Fusarium* sp., F5 = *Curvularia* sp., F6 = *Gliocladium* sp., F7 = cannot specify type and Y1 = Yeast) and bacterial contaminants (B1 = gram-positive bacteria and B2-B5 = gram-negative bacteria)

จากการทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อยปลอดเชื้อ พันธุ์ขอนแก่น 3 (KK3) บนอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จำนวน 2 ชุด ชุดที่ 1 ไม่เติมสารเคมี ให้นิ่งฆ่าเชื้อ (Control) ชุดที่ 2 เติมสารเคมี 2 ชนิด ดังนี้ 1) สาร Sodium hypochlorite เข้มข้น 0.20, 0.25 และ 0.33 มล./ล. 2) สาร Povidone iodine เข้มข้น 0.10, 0.15 และ 0.20 มล./ล. หลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อย 30 วัน พบว่าสารเคมีมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การ Browning และการ

แตกหน่อของหน่ออ้อยที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดย Sodium hypochlorite ความเข้มข้น 0.20, 0.25 และ 0.33 มล./ล. ไม่พบการ Browning และพบการแตกหน่อ ดีที่สุด และพบว่าสารเคมีมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$) และการปนเปื้อนทุกทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 2 and Figure 3)

Table 2 The effect of chemicals on the growth and development of sugarcane tissue at 30 days

Treatment	Browning (%)	Contamination (%)	Survival (%)	Number of shoots
Control	0.0±0.0b	0.0±0.0	100.0±0.0a	6.6±1.0a
Sd. 0.20 ml/L	0.0±0.0b	22.0±19.1	77.8±19.2a	5.4±4.6a
Sd. 0.25 ml/L	0.0±0.0b	11.0±19.1	88.9±19.2a	7.3±1.5a
Sd. 0.33 ml/L	0.0±0.0b	0.0±0.0	100.0±0.0a	7.0±1.3a
Pv. 0.10 ml/L	0.0±0.0b	11.0±19.1	88.9±19.2a	4.7±1.7ab
Pv. 0.15 ml/L	22.2±19.2b	0.0±0.0	77.8±19.2a	1.7±0.6bc
Pv. 0.20 ml/L	66.7±33.5a	0.0±0.0	33.3±33.5b	0.6±0.7c
F test	**	ns	*	**
CV (%)	114.58	198.23	23.76	43.52

(*) The mean difference is significant at the .05 level., (**) The mean difference is highly significant at the 0.01 level., (ns) The mean non-significant., (Sd). = Sodium hypochlorite, (Pv). = Povidone Iodine

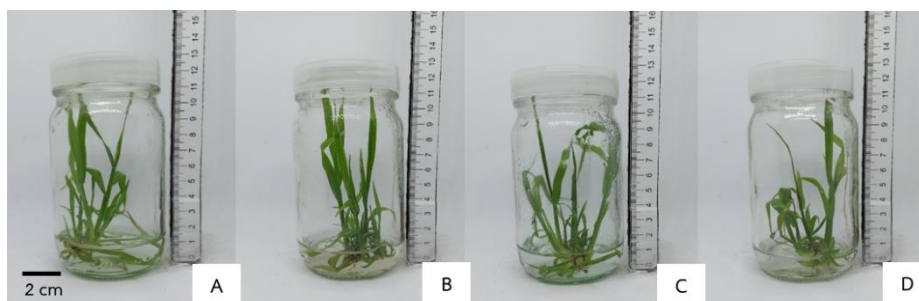


Figure 3 Sugarcane plantlets from conventional tissue culture methods (A), a low-cost open tissue culture technique of 0.20 ml/L sodium hypochlorite (B), 0.25 ml/L sodium hypochlorite (C) and 0.33 ml/L sodium hypochlorite (D) at 30 days

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการคัดกรองหาเชื้อจุลินทรีย์ที่พบปนเปื้อนในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS และในสภาพห้องปฏิบัติการ สามารถจำแนกเป็นเชื้อรา 8 ไอโซเลท และเชื้อแบคทีเรีย 5 ไอโซเลท โดยเชื้อราที่พบ ได้แก่ *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Gliocladium* sp., *Curvularia* sp., ยีสต์ และอีก 2 ไอโซเลทไม่ทราบชื่อ เนื่องจากไม่สร้างหน่วยขยายพันธุ์ เชื้อแบคทีเรียที่พบ ได้แก่ แบคทีเรียแกรมบวก 1 ไอโซเลท และแกรมลบ 4 ไอโซเลท Rangkawe and Koto (2016) รายงานว่า การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดกับชิ้นส่วนพืชที่นำมาเพาะเลี้ยง ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากวัสดุเพาะเลี้ยง ได้แก่ อาหารเพาะเลี้ยงและเครื่องมือเครื่องใช้ นอกจากนี้ยังอาจพบสาเหตุจากสถานที่ปฏิบัติงานอีกด้วย โดยเชื้อแบคทีเรียที่พบบ่อยในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Micrococcus* sp. และเชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus niger*, *Cladosporium* sp., *Fusarium oxysporum*, *F. culmorum*, *Rhizopus nigricans* และ *Saccharomyces* sp. Odutayo et al. (2007) กล่าวว่า โดยทั่วไปการแก้ปัญหาปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์สามารถทำได้โดยใช้หมอนึ่งแรงดันไอบรรจุให้ประสิทธิภาพสูง แต่เนื่องจากมีราคาสูงจึงเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับเกษตรกรรายย่อยหรือผู้ที่เริ่มต้นทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีงบประมาณไม่มากนักในการลงทุน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีในการยับยั้งเจริญของเชื้อรา 8 ไอโซเลท (F1 = *Aspergillus* sp., F2 = cannot specify type, F3 = *Trichoderma* sp., F4 = *Fusarium* sp., F5 = *Curvularia* sp., F6 = *Gliocladium* sp., F7 = cannot specify type และ Y1 = Yeast) และเชื้อแบคทีเรีย 5 ไอโซเลท (B1 = แบคทีเรียแกรมบวก และ B2-B5 = แบคทีเรียแกรมลบ) พบว่าการยับยั้งเจริญของเชื้อรา สารเคมี Povidone iodine ความเข้มข้น 0.10, 0.15 และ 0.20 มล./ล. สามารถยับยั้ง

เชื้อราได้ 6 ไอโซเลท เลต (F2, F3, F4, F5, F6 และ F7) แบคทีเรียได้ 5 ไอโซเลท (B1-B5) และสารเคมี Sodium hypochlorite ความเข้มข้น 0.33 มล./ล. สามารถยับยั้งเชื้อราได้ถึง 6 ไอโซเลท (F1, F2, F3, F5, F6 และ F7) สารเคมี Sodium hypochlorite ระดับความเข้มข้น 0.17, 0.25 และ 0.33 มล./ล. สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทั้ง 5 ไอโซเลท (B1-B5) ซึ่งสอดคล้องกับ Rangkawe and Koto (2016) รายงานว่า วิธีการฆ่าเชื้อในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS ด้วยคลอโรกซ์ซึ่งมีความเข้มข้น 5.25% Sodium hypochlorite พบว่าคลอโรกซ์ปริมาตร 0.05-0.25 มล. สามารถทำให้อาหารปราศจากเชื้อได้ 100% Wamaedeesa et al. (2021) รายงานว่าการเติม Haiter® และ Betadine® ความเข้มข้น 2, 4 และ 6 มล./ล. สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารเพาะเลี้ยงฟีโลเดนดรอน “รวยทรัพย์” ได้ดี นอกจากนี้ Sodium hypochlorite ยังเป็นสารที่หาซื้อได้ง่าย มีราคาถูก ไม่เป็นอันตรายหรือเป็นอันตรายน้อยมากต่อคนและชิ้นส่วนพืช ใช้กำจัดกลิ่นและฆ่าเชื้อในน้ำ สามารถออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย สปอร์ เชื้อรา โปรโตซัว และไวรัส โดยเฉพาะชนิดที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบของเปลือกหุ้ม (Lantagne et al., 2008 และ Bennet et al., 2015)

สารเคมี Sodium hypochlorite ความเข้มข้น 0.20, 0.25 และ 0.33 มล./ล. ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของเนื้อเยื่อที่ดีที่สุด (Table 2 and Figure 3) สอดคล้องกับ Balla et al. (2022) ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นฟีโลเดนดรอน “เซอร์รีเรด” ด้วยการเติม Haiter® และ Betadine® ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 มล./ล. ในอาหาร MS พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารได้ และยอดฟีโลเดนดรอน “เซอร์รีเรด” สามารถเจริญเติบโตได้ดี Chotikadachanarong (2013) รายงานผลการใช้น้ำยาฟอกผ้าขาวเพื่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยการเตรียมอาหารสูตร MS เติมน้ำยาฟอกผ้าขาวความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.3 และ 0.5 มล./ล. ผลการทดลองไม่พบ

การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในทุกชุดการทดลอง และอาหารที่ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยการเติมน้ำยาฟอกขาว ร้อยละ 0.01 มล./ล. มีการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อ ไม่แตกต่างจากชิ้นส่วนที่เลี้ยงบนอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 Deen *et al.* (2013) รายงานว่าความเข้มข้น 6% Sodium hypochlorite ปริมาตรที่เหมาะสม คือ ระหว่าง 0.2-2.0 มล./ล. มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อคำนวณต้นทุน การผลิตต้นกล้าอ้อย พบว่าต้นทุนการผลิตอ้อยแบบ ดั้งเดิมเท่ากับ 3.16 บาท/ต้น ขณะที่ระบบเปิดเท่ากับ 2.60 บาท/ต้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานิตและความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อ ต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ในสภาพห้องปฏิบัติการ และเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่ออ้อย โดยใน ขั้นตอนแรกทำการคัดกรองหาเชื้อจุลินทรีย์ที่พบปนเปื้อน ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS ในสภาพ ห้องปฏิบัติการระบบเปิด พบเชื้อรา 8 ไอโซเลท ได้แก่ *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Gliocladium* sp., *Curvularia* sp., ยีสต์ และอีก 2 ไอโซเลท ไม่ทราบชื่อ เนื่องจากไม่สร้างหน่วยขยายพันธุ์ และเชื้อแบคทีเรีย 5 ไอโซเลท ได้แก่ แบคทีเรียแกรมบวก 1 ไอโซเลท แบคทีเรียแกรมลบ 4 ไอโซเลท จากการทดลอง หาชนิดของสารฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อ ควบคุมจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่คัดกรองได้จากการปนเปื้อน ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS พบว่า Sodium hypochlorite ความเข้มข้น 0.20, 0.25 และ 0.33 มล./ล. สามารถควบคุมการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีและมีความ เป็นพิษต่อเนื้อเยื่ออ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 น้อยที่สุด และ

ไม่แตกต่างจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบบดั้งเดิม ดังนั้น การใช้สารเคมีจึงสามารถทดแทนการใช้หม้อนึ่งความดัน ไอน้ำ และยังสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ถึง 1.2 เท่า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ศูนย์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี และสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทน พลังงาน ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ที่ได้เอื้อเฟื้อบุคลากร สถานที่ทำการทดลอง และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

- Balla, N., N. Chanchula, T. Weeplian, B. Nuntha, N. Nunya, S. Pokaew and S. Kashima. 2022. Sterilization methods to prevent contamination in MS medium for the tissue culture of philodendron “Cherry Red”. *Wichcha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University* 41(1): 119-129. [in Thai]
- Bennett, E.J., R. Dolin and J.M. Blaser. 2015. *Principles and Practice of Infectious Diseases*. 8th Ed. Amsterdam: Elsevier Inc. 3697 p.
- Chotikadachanarong, K. 2015. Simple media from hydroponics nutrient solution for tissue culture of *Exacum affine* Balf.f.ex Regel and *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Asian Health, Science and Technology Reports* 23(1): 74-81. [in Thai]

- Chotikadachanarong, K. 2013. Influence of commercial bleach on sterilization of Persian Violet (*Exacum affine Balf. f. ex Regel*) tissue culture media. **Rajabhat Journal of Sciences Humanities and Social Sciences** 14(2): 35-44. [in Thai]
- Deein, W., C. Thepsithar and A. Thongpukdee. 2013. *In vitro* culture medium sterilization by chemical and essential oils without autoclaving and growth of chrysanthemum nodes. **World Academy of Science, Engineering and Technology** 7: 1041-1044.
- Kaewmenee, C., and Y. Hanboonsong. 2011. Evaluation of the efficiency of various treatments used for sugarcane white leaf phytoplasma control. **Bulletin of Insectology** 64: 197-198.
- Kaewpratumsamee, C., R. Koochapitakthum, O. Chatchawankanpanich, H. Chachiyo and A. Wongcharoen. 2015. A suitable culture medium for micropropagation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) *in vitro*. **KKU Science Journal** 43(Suppl.1): 170-175. [in Thai]
- Lantagne, D.S., B.C. Blount, F. Cardinali, and R. Quick. 2008. Disinfection by-product formation and mitigation strategies in point-of-use chlorination of turbid and non-turbid waters in Western Kenya. **Journal of Water and Health** 6(1): 67-82.
- Leifert, C., B. Waites, J.W. Keetley, S.M Wright, J.R. Nicholas and W.M. Waites. 1994. Effect of medium acidification on filamentous fungi, yeasts and bacterial contaminants in Delphinium tissue cultures. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 36: 149-155.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiol Plant** 15(3): 473-497.
- Odutayo, O.I., N.A. Amusa, O.O. Okutade and Y.R. Ogunsanwo. 2007. Determination of the sources of microbial contaminations of cultured plant tissues. **Plant Pathology Journal** 6(1): 77-81.
- Rangkawe, P. and R. Koto. 2016. Effects of chemical and microwave techniques on sterilization of medium and materials plant tissue culture and subculture without using laminar air flow cabinet. **Science Journal SWU** 32(2): 161-175. [in Thai]
- Reed, B.M. and P. Tanprasert. 1995. Detection and control of bacterial contaminants of plant tissue cultures: a review of recent literature. **Plant Tissue Culture and Biotechnology** 1(3): 137-142.
- Sawant, R. and P. Tawar. 2011. Use of sodium hypochlorite as media sterilant in sugarcane micropropagation at commercial scale. **Sugar Tech** 13(1): 27-35.

Tiwari, A., S. Tripathi, M. Lal and S. Mishra. 2012. Screening of some chemical disinfectants for media sterilization during *in vitro* micropropagation of sugarcane. **Sugar Tech** 14(4): 364-369.

Wamaedeesa, R., B. Ali, N. Chedao and S. Kanjanawattanawong. 2021. Chemical sterilization in MS culture medium for *In vitro* culture of *Philodendron* sp. "Ruaysap". **Princess of Naradhiwas University Journal** 13(1): 377-387.

ความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร
ในจังหวัดนครสวรรค์

The Feasibility of Growing Organic Maize of Farmers
in Nakhon Sawan Province

เบญจรัตน์ นพพันธ์ และจักรพงษ์ พวงงามชื่น*

Benjarat Noppun and Jukkaphong Pong-ngamchuen*

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

*Corresponding author: jukkaphobng.mju@gmail.com

Received: March 12, 2024

Revised: August 13, 2024

Accepted: September 29, 2024

Abstract

Currently, maize farmers still apply a lot of chemicals, affecting the organic meat production industry. Therefore, it is necessary to change the pattern of growing maize to meet organic standards. This research, therefore, attempts to study basic information, feasibility and various factors relating to the feasibility of growing organic maize. The opinions of animal feed manufacturing companies regarding problems, obstacles, and suggestions for farmers growing organic maize were also considered. Data were collected through interview schedule with 181 maize farmers from 6 districts in Nakhon Sawan province. In addition, a set of questions was also employed for 3 representatives from private animal feed production companies in Nakhon Sawan Province. The collected data were analyzed using descriptive, inferential statistics and rationale content analysis. The results revealed that most farmers (51.90%) were female with an average age of 56.90 years were married (70.70%), had completed primary school (54.10%), had an average household income of 179,143.64 Baht per year, and owned 22.31 rai of maize growing area on average. They had the Bank for Agriculture and Agricultural Co-operatives as a source of funds (50.30%), and attended training on organic farming systems (53.00%). Most farmers used both their own land and rented land (37.60%) and had experience in growing maize for 13.73 years on average. The farmers' attitude ($\bar{X}$ =3.20), and knowledge and understanding of organic agriculture (97.80%) were at a moderate level. Moreover, most farmers agreed on growing organic maize at a high level ($\bar{X}$ =3.52), and overall, the feasibility of growing organic maize was at a high level ($\bar{X}$ =3.93). Meanwhile, four factors were found to be related to the feasibility of growing organic maize namely: educational attainment, attitudes, opinions, and knowledge and understanding of growing organic maize. However, farmers seriously needed support for the implementation of groundwater access, insect pest

prevention, and a guaranteed purchasing price to alleviate problems related to water insufficiency, pests, and increasing production costs.

Keywords: organic maize, factor, feasibility, opinion

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ยังคงใช้สารเคมีอยู่มาก ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการผลิตเนื้อสัตว์อินทรีย์ ดังนั้นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ให้ได้มาตรฐานอินทรีย์ของเกษตรกรจึงเป็นเรื่องจำเป็น การวิจัยนี้จึงพยายามที่จะศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ความเป็นไปได้ และปัจจัยต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร รวมทั้งความคิดเห็นของบริษัทผู้ผลิตอาหารสัตว์ ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร โดยเก็บข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์ร่วมกับเทคนิคการสนทนากลุ่มกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์จำนวน 181 คน ใน 6 อำเภอของจังหวัดนครสวรรค์ และชุดคำถามร่วมกับวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกสำหรับตัวแทนบริษัทเอกชนผู้ผลิตอาหารสัตว์ในจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 3 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา สถิติเชิงอนุมาน และการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงเหตุผล ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 51.90) เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 56.90 ปี สมรสแล้ว (ร้อยละ 70.70) จบประถมศึกษา (ร้อยละ 54.10) มีรายได้เฉลี่ยครัวเรือน 179,143.64 บาทต่อปี มีพื้นที่ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์เฉลี่ย 22.31 ไร่ มีแหล่งเงินทุนคือธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ร้อยละ 50.30) เคยฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์ (ร้อยละ 53.00) ใช้ที่ดินของตนเองและเช่ามากที่สุด (ร้อยละ 37.60) มีประสบการณ์ปลูกข้าวโพดเฉลี่ย 13.73 ปี มีทัศนคติ ($\bar{X}$ =3.20) และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ (ร้อยละ 97.80) ในระดับปานกลาง มีความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอินทรีย์ในระดับเห็นด้วยมาก ($\bar{X}$ =3.52) และความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพด

อาหารสัตว์อินทรีย์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =3.93) ในขณะที่พบ 4 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ คือ ระดับการศึกษา ทัศนคติ ความคิดเห็น และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ อย่างไรก็ตามเกษตรกรต้องการให้มีการเจาะน้ำบาดาล หาวิธีการป้องกันแมลงศัตรูพืช และการประกันราคารับซื้อที่แน่นอน เพื่อบรรเทาปัญหาความไม่เพียงพอของน้ำ แมลงศัตรูพืช และต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

คำสำคัญ: ข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ ปัจจัย
ความเป็นไปได้ ความคิดเห็น

คำนำ

ข้าวโพดอาหารสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ที่มีความต้องการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ข้าวโพดอาหารสัตว์มีตลาดรองรับ และเป็นพืชไร่เศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพสามารถปลูกในฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าวได้ เหมาะสำหรับการปลูกทดแทนนาปรังที่ประสบปัญหาผลผลิตล้มตลาลด และช่วยเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ โดยเฉพาะใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ (Department of Agriculture, 2020) เนื่องจากโรงงานอาหารสัตว์ยังคงมีความต้องการข้าวโพดอาหารสัตว์อย่างต่อเนื่อง (Nakhon Ratchasima Provincial Agricultural and Cooperatives Office, 2018) ทั้งนี้ข้าวโพดเป็นพืชที่ให้พลังงานแก่สัตว์ที่มีความสำคัญและมีความต้องการของตลาดสูง (Poung-ngamchuen and Phromta, 2021) โดยพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยมีอัตราการปลูกข้าวโพด

อาหารสัตว์เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากราคาค่อนข้างดี ตลอดจนมีนายทุนภาคเอกชนส่งเสริมให้ปลูกทั้งข้าวโพดหวานและข้าวโพดอาหารสัตว์ในรูปแบบเกษตรพันธสัญญา (Contract farming) ส่งผลให้เกษตรกรมีความมั่นใจในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังทำให้เกษตรกรลดความกังวลและลดความเสี่ยงในการขายผลผลิตให้แก่บริษัทเอกชน เพราะได้ราคารับซื้อที่ค่อนข้างสูงและแน่นอน (Poung-ngamchuen and Buwjoom, 2023) เช่นเดียวกันกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ในจังหวัดนครสวรรค์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน 6 อำเภอที่มีพื้นที่ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์มากที่สุด ได้แก่ อำเภอตากฟ้า อำเภอพยุหะคีรี อำเภอไพศาลี อำเภอแม่เปิน อำเภอแม่่วงค์ และอำเภอลาดยาว โดยจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ในจังหวัดนครสวรรค์ประสบปัญหาต้นทุนด้านค่าปุ๋ยเคมี ยากำจัดศัตรูพืชและวัชพืช ค่าเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น แต่เกษตรกรก็ยังคงปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะข้าวโพดยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ (Poung-ngamchuen and Buwjoom, 2022)

ปัจจุบันกระแสการบริโภคอาหารอินทรีย์และการผลิตสัตว์แบบอินทรีย์กำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากประชาชนทั่วไปหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์มีความสนใจในการผลิตปศุสัตว์แบบอินทรีย์มากขึ้น (Panyakul, 2016) โดย Panpleum and Pasunon (2013) ได้รายงานไว้ว่า สักรวพบสินค้าเกษตรอินทรีย์ที่ผู้บริโภคนิยมซื้อมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ผักสด ผลไม้สด ข้าว และเนื้อสัตว์ โดยอาหารอินทรีย์นั้นเหมาะกับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม (Sukkarat and Athinuwat, 2019) ดังนั้นอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ก็ต้องเป็นอาหารสัตว์อินทรีย์ด้วยเช่นกัน ซึ่งวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารสัตว์

โดยทั่วไป คือ ข้าวโพดอาหารสัตว์ แต่ด้วยข้อจำกัดในการเพาะปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์นั้นทำให้ได้ผลผลิตอยู่ในปริมาณต่ำหรือประมาณ 400 กิโลกรัมต่อไร่เท่านั้น ซึ่งต่ำกว่าข้าวโพดอาหารสัตว์เคมีที่ให้ผลผลิตประมาณ 676 กิโลกรัมต่อไร่ (Office of Agricultural Economics, 2014) จึงทำให้เกษตรกรหันมาปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์แบบเคมีกันมากขึ้น

การให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารปลอดภัยตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น ได้ส่งผลกระทบโดยตรงไปที่อุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ และอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ในประเทศไทยที่จะต้องได้มาตรฐานอินทรีย์เช่นกัน กล่าวคือข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ปัจจุบันมีความต้องการสูงมาก เพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตอาหารสัตว์อินทรีย์ โดยเกษตรกรจะต้องมีศักยภาพเพียงพอในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ ดังนั้นการศึกษาถึงความพร้อม ความต้องการ และการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกร จะเป็นข้อมูลให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการหันมาปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ในระบบอินทรีย์ ซึ่งเป็นประเด็นเร่งด่วนที่ประเทศไทยควรให้ความสำคัญ ซึ่งจังหวัดนครสวรรค์เป็นอีกพื้นที่หนึ่งในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ที่สำคัญ สำหรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของภาคเหนือตอนล่าง ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทั่วไป ความเป็นไปได้ และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร รวมทั้งความคิดเห็นของตัวแทนจากบริษัทเอกชนผู้ผลิตอาหารสัตว์ และปัญหาอุปสรรคตลอดจนข้อเสนอแนะในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร โดยผู้วิจัยคาดหวังว่าผลการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการยกระดับการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์ให้ได้มาตรฐานอินทรีย์ในอนาคตต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสม (Mixed methodology) ระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) และการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดยได้กำหนดระเบียบวิธีการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

สถานที่ ประชากร และกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

สถานที่การวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ อำเภอตากฟ้า อำเภอพยุหะคีรี อำเภอไพศาลี อำเภอแม่เปิน อำเภอแม่วงค์ และอำเภอลาดยาว ซึ่งเป็นพื้นที่ทำการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์มากที่สุด ในจังหวัดนครสวรรค์ (Office of Agricultural Economics, 2022) โดยในแต่ละอำเภอจะมีการรวมกลุ่มของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดแปลงใหญ่ ในพื้นที่ตำบลเดียวกันโดยการวิจัยนี้จะทำการสุ่มตำบลที่มีพื้นที่การปลูกข้าวโพดมากที่สุด ตลอดจนเป็นพื้นที่ที่สามารถผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์เพื่อรองรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ในปริมาณมากที่สุดเช่นกัน (Figure 1) โดยได้

กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างไว้ 2 กลุ่ม คือ 1) เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์จำนวนทั้งสิ้น 331 คน ที่เข้าร่วมโครงการเกษตรกรแปลงใหญ่ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ของจังหวัดนครสวรรค์ในช่วงปี พ.ศ. 2563-2566 (Nakhonsawan Provincial Agricultural Extension Office, 2020) โดยคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรของ Yamane (1973) ที่ความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรทั้งสิ้น 181 คน (Table 1) และกำหนดกลุ่มตัวอย่างแต่ละตำบลด้วยสูตรการเทียบสัดส่วน Slovin's Formula (1960) โดยสุ่มกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มแบบง่าย (Simple random sampling) และ 2) ตัวแทนจากบริษัท เจริญโภคภัณฑ์โปรดิ๊วส์ จำกัด หรือ CPP สาขานครสวรรค์ที่เป็นคู่พันธสัญญา กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ใน 6 อำเภอของจังหวัดนครสวรรค์รวม 3 คน โดยสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) จากตำแหน่งผู้บริหารในระดับกลางหรือระดับล่างในจังหวัดนครสวรรค์ ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ รวมทั้งสิ้น 184 คน



Figure 1 Maize land area in Nakhon Sawan province

Table 1 Population and sample group divided by district and sub-district of Nakhon Sawan province

District	Sub-district	Population	Sample
Takfa	Suksomran	50	27
Phayuha khiri	Khowkala	30	16
Phaisali	Phoprasat	50	27
Maepoen	Maepoen	57	31
Maewong	Maeleh	50	27
Latyao	Sanchaokaitho	94	53
Total		331	181

เครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้ โดยใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูล 2 ประเภทดังนี้

1. แบบสัมภาษณ์ (Interview schedule)

ใช้ร่วมกับเทคนิคการอภิปรายกลุ่มเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายปิด (Close-ended questions) และคำถามปลายเปิด (Open-ended questions) โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเกี่ยวกับปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยสนับสนุน และปัจจัยด้านการเกษตรของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง โดยตัวแปรทัศนคติและความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์มีลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ (Guilford, 1954) โดยมีการกำหนดช่วงคะแนน คือ คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49 = เห็นด้วยน้อยที่สุด 1.50-2.49 = เห็นด้วยน้อย 2.50-3.49 = เห็นด้วยปานกลาง 3.50-4.49 = เห็นด้วยมาก และ 4.50-5.00 = เห็นด้วยมากที่สุด

สำหรับตัวแปรความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรเกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์เป็นข้อคำถามที่ประยุกต์จากระบบมาตรฐานเกษตรอินทรีย์โดย Department of

Agriculture (2020) ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 20 ข้อ แบบปรนัย “ถูก” และ “ผิด” ใช้เกณฑ์การวัด คือ ตอบถูก = 1 และตอบผิด = 0 ซึ่งการประเมินค่าคะแนนด้านความรู้ความเข้าใจมี 3 ระดับ จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน (Pong-ngamchuen and Buwjoom, 2022) คือ คะแนน 18-20 = ความรู้มาก คะแนน 10-17 = ความรู้ปานกลาง และคะแนน 0-9 = ความรู้น้อย

ตอนที่ 2 ข้อคำถามเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร ประกอบไปด้วยความพร้อม ความต้องการ และการยอมรับเทคโนโลยีในการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร โดยลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ (Pong-ngamchuen and Buwjoom, 2023) การกำหนดช่วงคะแนนคือ 4.21-5.00 = ความเป็นไปได้มากที่สุด 3.41-4.20 = ความเป็นไปได้มาก 2.61-3.40 = ความเป็นไปได้อันกลาง 1.81-2.60 = ความเป็นไปได้น้อย และ 1.00-1.08 = ความเป็นไปได้น้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ข้อคำถามเกี่ยวกับปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ในจังหวัดนครสวรรค์ โดยเป็นข้อคำถามแบบปลายเปิด เพื่อให้เกษตรกรได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่

2. ชุดคำถาม (A set of questions) ใช้

ร่วมกับเทคนิคการสัมภาษณ์เชิงลึกสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร เพื่อยกระดับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ให้ได้มาตรฐานอินทรีย์จากตัวแทนของบริษัท เจริญโภคภัณฑ์โปรดิเวส จำกัด หรือ CPP สาขานครสวรรค์โดยชุดคำถามได้ถูกกำหนดขึ้นใน 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1) กระแสการเปลี่ยนแปลงการบริโภค 2) เทคโนโลยีการผลิตอาหารสัตว์อินทรีย์ และ 3) การปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์ในระบบอินทรีย์ของเกษตรกร

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ข้อมูลปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคม ปัจจัยสนับสนุน ปัจจัยด้านการเกษตร และความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก และสถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistic) ได้แก่การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้วยวิธีเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation) และวิธีสเปียร์แมน (The Spearman Rank Correlation) สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร เพื่อยกระดับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ให้ได้มาตรฐานอินทรีย์ และข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร ใช้การวิเคราะห์เนื้อหาเชิงเหตุผล (Rationale content analysis)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และรายงานผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยเศรษฐกิจสังคม ปัจจัยสนับสนุน และปัจจัยด้านการเกษตรของกลุ่มตัวอย่าง

จากผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย (ร้อยละ 48.10) และเพศหญิง (ร้อยละ 51.90) ในสัดส่วนใกล้เคียงกัน มีอายุเฉลี่ย 56.90 ปี โดยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 70.70) สมรสแล้ว และจบการศึกษาในระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 54.10) มีรายได้ของครัวเรือนจากการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์เฉลี่ย 179,143.64 บาทต่อปี มีพื้นที่ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์เฉลี่ย 22.31 ไร่ โดยเกษตรกรครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 50.30) ใช้แหล่งเงินทุนในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์จากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 53.00) เคยเข้ารับการฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์ เกษตรกรมีการใช้ที่ดินของตนเองและเช่า (ร้อยละ 37.60) และใช้ที่ดินของตนเอง (ร้อยละ 36.50) ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน รองลงมาคือ ที่ดินที่ได้รับการจัดสรรจากสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) (ร้อยละ 12.70) ใช้ที่ดินเช่าอย่างเดียว (ร้อยละ 12.20) และใช้ที่ดินของญาติ (ร้อยละ 1.10) ตามลำดับ ในขณะที่ทัศนคติต่อระบบเกษตรอินทรีย์ (ค่าเฉลี่ย 3.20) และความรู้ความเข้าใจต่อระบบเกษตรอินทรีย์ (ร้อยละ 97.80) อยู่ในระดับปานกลาง ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (ค่าเฉลี่ย 3.52) และมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์เฉลี่ย 13.73 ปี

ความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง

จากผลการศึกษาใน Table 2 พบว่าความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.93) โดยประเด็น

ความเป็นไปได้ คือ ความพร้อม ความต้องการ และการยอมรับเทคโนโลยีในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน (ค่าเฉลี่ย 3.78, 4.08 และ 3.93 ตามลำดับ)

Table 2 Feasibility on growing organic maize of farmers in Nakhon Sawan province

Feasibility on growing organic maize	$\bar{x}$	SD	Description
1. Readiness of growing organic maize	3.78	0.775	High
2. Needs of growing organic maize	4.08	0.695	High
3. Technology adoption of growing organic maize	3.93	0.804	High
Total	3.93	0.674	High

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง

จากผลการวิเคราะห์ตาม Table 3 พบ 4 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ ได้แก่ ระดับการศึกษา ($r=-0.148^*$) ทักษะคิดต่อระบบเกษตรอินทรีย์ ($r=0.266^{**}$) ความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ ($r=0.280^{**}$) และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์ ($r=-0.160^*$) โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ คือ 1) ด้านความพร้อมในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์พบ 3 ปัจจัย คือ รายได้เฉลี่ยครัวเรือนจากการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ต่อปี ($r=0.158^*$) ทักษะคิดต่อระบบเกษตรอินทรีย์ ($r=0.218^{**}$) และความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ ($r=0.227^{**}$) ที่มีผลต่อความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ 2) ด้านความต้องการของเกษตรกร

ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์พบ 5 ปัจจัย คือ เพศ ($r=0.0192^{**}$) ระดับการศึกษา ($r=-0.194^{**}$) รายได้เฉลี่ยครัวเรือนจากการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ต่อปี ($r=0.171^*$) ทักษะคิดต่อระบบเกษตรอินทรีย์ ($r=0.163^*$) และความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ ($r=0.267^{**}$) และ 3) ด้านการยอมรับเทคโนโลยีในการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์พบ 4 ปัจจัย คือ รายได้เฉลี่ยครัวเรือนจากการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ต่อปี ($r=0.178^*$) ทักษะคิดต่อระบบเกษตรอินทรีย์ ($r=0.311^{**}$) ความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ ($r=0.254^{**}$) และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์ ($r=-0.174^*$) โดยในภาพรวมสามารถสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์ โดยปัจจัยหลักที่ควรให้ความสำคัญ คือ ทักษะคิดต่อระบบเกษตรอินทรีย์และความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร

Table 3 Factors correlating the feasibility on growing organic maize of farmers

Variables	Correlation coefficient of the feasibility on growing organic maize of farmers			
	Readiness	Needs	Technology adoption	Total
Gender	0.030	-0.030	-0.020	-0.013
Age	0.102	0.0192**	0.044	0.120
Marital status	0.011	0.105	-0.001	0.030
Educational attainment	-0.092	-0.194**	-0.120	-0.148*
Average income of household per year	0.158*	0.171*	0.178*	0.191
Growing maize land area (rai)	-0.120	-0.002	-0.024	-0.057
Source of funds	0.099	0.124	0.080	0.099
Training on organic agriculture	0.000	0.000	0.000	0.000
Holding status of agricultural land area	0.033	0.075	0.075	0.076
Attitude on organic agriculture	0.218**	0.163*	0.311**	0.266**
Opinion on organic maize growing	0.227**	0.267**	0.254**	0.280**
Experience of maize growing (year)	-0.044	0.136	0.128	0.078
Knowledge of organic maize growing	-0.143	-0.105	-0.174*	-0.160*

ความคิดเห็นของบริษัทเอกชนด้านการผลิตอาหารสัตว์ ต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร

ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ตัวแทนจากบริษัทเอกชนด้านอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ต่อประเด็นการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร เพื่อยกระดับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ให้ได้มาตรฐานอินทรีย์ใน 3 ประเด็นดังนี้

1) ด้านกระแสการเปลี่ยนแปลงการบริโภค ถึงแม้ว่าปัจจุบันประชาชนหันมาให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารปลอดภัยมากขึ้น แต่อาจไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิตอาหารสัตว์อินทรีย์ เนื่องจากกลุ่มลูกค้าเกษตรอินทรีย์ยังไม่แพร่หลายมาก อาหารสัตว์และผลิตภัณฑ์อินทรีย์ที่ผลิตได้ในปัจจุบันยังเพียงพอต่อความต้องการ

ของตลาด แต่อาจส่งผลกระทบต่อเชิงลบกับเกษตรกร เช่น ต้นทุนสูงขึ้น ผลผลิตลดลง เป็นต้น

2) ด้านเทคโนโลยีการผลิตอาหารสัตว์อินทรีย์ ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่หลากหลาย แต่สิ่งที่น่ากังวล คือ มาตรฐานอินทรีย์ของวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์อินทรีย์ และปริมาณวัตถุดิบที่จัดหาได้ยาก โดยเฉพาะข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ แต่ต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาเทคโนโลยีด้านสายพันธุ์ข้าวโพดที่ทนต่อโรคและแมลงศัตรูพืช เพื่อยกระดับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ให้ได้มาตรฐานอินทรีย์

3) ด้านการปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์ในระบบอินทรีย์ของเกษตรกร การปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตอาหารสัตว์ให้ได้มาตรฐานอินทรีย์

มีความเป็นไปได้น้อยมาก เนื่องจากข้อจำกัดหลายประการ เช่น วิธีการผลิตที่ยุ่งยาก ความมั่นคงด้านปริมาณการผลิต ด้านราคา ด้านรายได้ของเกษตรกร และต้องมีตลาดรับซื้อ ขนาดใหญ่เพียงพอ ในขณะที่ตลาดสินค้าผลิตภัณฑ์ เนื้อสัตว์อินทรีย์ยังคงอยู่ในกลุ่มผู้บริโภคขนาดเล็ก

ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะในการปลูกข้าวโพด อาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร

เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างได้กล่าวถึงประเด็นปัญหา อุปสรรคในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ไว้ 3 ประเด็น คือ 1) ความไม่เพียงพอของแหล่งน้ำ ทั้งจาก แหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำพัฒนา 2) แมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะหนอนกระทู้ที่มักจะทำลายยอดข้าวโพด รวมทั้งเพลี้ยที่เข้าไปดูดกินน้ำเลี้ยงของต้นข้าวโพด ส่งผล ต่อความไม่สมบูรณ์ของผลผลิตข้าวโพด และ 3) ต้นทุน ในการดูแลรักษาข้าวโพดที่ค่อนข้างสูง เช่น ต้นทุนด้าน โครงสร้างพื้นฐาน เมล็ดพันธุ์ การเก็บรักษาผลผลิต เป็นต้น โดยเกษตรกรต้องการให้บริษัทเอกชนดำเนินการขุดเจาะ น้ำบาดาล หรือจัดสรรงบประมาณให้เกษตรกรขุดเจาะ น้ำบาดาล รวมทั้งให้ความรู้แก่เกษตรกร และลงพื้นที่เพื่อ สืบสวนปัญหาแมลงศัตรูพืช และพัฒนาวิธีการและเทคนิค ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ตลอดจนต้องมีการประกันราคา รับซื้อข้าวโพด ที่สมเหตุสมผลกับการลงทุน เนื่องจากการปลูกข้าวโพด อาหารสัตว์อินทรีย์มีต้นทุนที่สูงมาก

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูก ข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร ในภาพรวมพบ ความเป็นไปได้อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นราย ด้านพบว่า ด้านความพร้อม ด้านความต้องการ และด้าน การยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรอยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกัน ทั้งนี้จากการพูดคุยอย่างไม่เป็นทางการกับ กลุ่มเกษตรกร ทำให้ทราบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เคยผ่าน

การฝึกอบรมด้านการเกษตรอินทรีย์ บางรายเคยทำ เกษตรอินทรีย์มาก่อน จึงทำให้เกษตรกรมีความมั่นใจ มี ความพร้อม และความต้องการที่จะปรับเปลี่ยนรูปแบบ การปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ให้ได้มาตรฐานอินทรีย์ ซึ่ง เป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Pong-ngamchuen and Phromta (2021) ที่พบว่าเกษตรกร นั้นมีความไม่แน่ใจด้านความพร้อมในการปรับเปลี่ยน รูปแบบการปลูกต้นยาสูบ เนื่องจากไม่แน่ใจในความรู้และ มีประสบการณ์เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ค่อนข้างน้อย เช่นเดียวกับ Pong-ngamchuen and Buwjoom (2023) ที่พบว่าเกษตรกรไม่แน่ใจในความพร้อมสำหรับ การปลูกต้นกัญชงในด้านการเตรียมพื้นที่ ด้านเงินทุน ในขณะที่การศึกษาของ Wanmaun et al. (2021) รายงานว่า ความต้องการในภาพรวมของเกษตรกร ในการ ผลิตข้าวอินทรีย์อยู่ในระดับมาก โดยเมื่อพิจารณาเป็นราย ด้านพบว่า เกษตรกรต้องการมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ หลักการผลิตข้าวอินทรีย์ ต้องการวิธีการส่งเสริมการผลิต ข้าวอินทรีย์ และต้องการการสนับสนุนจากหน่วยงาน ภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Pong-ngamchuen and Buwjoom (2023) ที่พบว่า เกษตรกรต้องการการส่งเสริม การฝึกอบรม และการ สนับสนุนเมล็ดพันธุ์ในการปลูกกัญชงจากหน่วยงาน ภาครัฐที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้การศึกษาพบว่าเกษตรกร ยอมรับ เทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของ เกษตรกรให้ความสำคัญกับการเตรียมพื้นที่ การจัดการน้ำ และการใช้ปุ๋ย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wannawong (2012) ที่พบว่าเกษตรกรให้ความสำคัญ และมีการยอมรับระบบเกษตรอินทรีย์ในด้านการจัดการ ดิน น้ำ พื้นที่การปลูก และการใช้ปุ๋ย

การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเป็นไปได้ ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร ในภาพรวมพบ 4 ปัจจัย โดยพบ 2 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ เชิงบวกกับความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ อินทรีย์ คือ 1) ทศนคติต่อระบบเกษตรอินทรีย์ และ 2) ความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์

ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Wachirawongsakorn and Jamnongkarn (2022) ที่พบว่าเกษตรกรที่มีความรู้และทัศนคติเกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์ในระดับมาก ส่งผลต่อการตัดสินใจในการผลิตข้าวอินทรีย์ในระดับมากเช่นเดียวกัน ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของของ Khaowisade (2020) ที่พบว่าทัศนคติและความคิดเห็นเกี่ยวกับการทำเกษตรอินทรีย์ในภาพรวมของเกษตรกรมีผลต่อการยอมรับการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ในขณะที่ผลการศึกษาของ Thaveethavornsawat and Siriwong (2022) ยืนยันว่าเกษตรกรที่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง จะส่งผลต่อการยอมรับการทำเกษตรอินทรีย์ในระดับสูง โดยอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าทัศนคติและความคิดเห็นเชิงบวกเกี่ยวกับการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรเป็นปัจจัยสำคัญในการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรในอนาคต

นอกจากนี้การศึกษายังพบอีก 2 ปัจจัย ที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกร คือ 1) ระดับการศึกษา และ 2) ความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรเกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์ ทั้งนี้จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการกับเกษตรกรพบว่า เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูง คือ เกษตรกรผู้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำเกษตรอินทรีย์ โดยเกษตรกรกลุ่มนี้มีความเข้าใจว่าการทำเกษตรอินทรีย์นั้นมีกระบวนการและขั้นตอนที่ค่อนข้างยุ่งยาก ซับซ้อน ซึ่งอาจส่งผลต่อการตัดสินใจไม่ปลูกข้าวโพดในระบบอินทรีย์ โดยผลการศึกษาเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับผลการศึกษาของ Sookplung *et al.* (2022) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร โดยพบว่าระดับการศึกษาและความรู้ความเข้าใจในการทำเกษตรอินทรีย์ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร ซึ่งสนับสนุนผลการศึกษาของ Unjan *et al.* (2023) ที่พบว่าระดับการศึกษาสูงสุดมีผลต่อความเป็นไป

ได้ในการยกระดับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์เมล็ดฝ้าย พื้นที่ตำบลเขาโร อำเภอกงหรา จังหวัดนครศรีธรรมราชสู่การเป็นเกษตรกรผู้ผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Saenthaweek (2018) เรื่องการศึกษาความรู้และทัศนคติของเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ โดยผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรที่มีความรู้ความเข้าใจด้านการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระดับมาก มักจะมีประสบการณ์ในการทำเกษตรอินทรีย์มาก่อน อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาที่แตกต่างกันในด้านระดับการศึกษาและความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์นั้น อาจเนื่องมาจากเงื่อนไขด้านบริบทของพื้นที่การศึกษาที่มีลักษณะภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน และเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่มีภูมิหลังด้านการศึกษา ความรู้ความเข้าใจ และประสบการณ์ในการทำเกษตรอินทรีย์ที่แตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรจังหวัดนครสวรรค์ใน 3 ด้าน โดยผลการศึกษาพบว่าความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ความเป็นไปได้ด้านความพร้อม ด้านความต้องการ และด้านการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ผลการศึกษาพบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรในภาพรวม 4 ปัจจัย ได้แก่ ระดับการศึกษา ทัศนคติต่อระบบเกษตรอินทรีย์ ความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์ ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐหรือบริษัทเอกชนที่เกี่ยวข้อง ควรให้ความสำคัญไปที่การปรับทัศนคติความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์ให้แก่เกษตรกรมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้อาจส่งผลไปสู่ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ใน

อนาคต นอกจากนี้เกษตรกรที่ต้องการปรับเปลี่ยนรูปแบบการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ในระบบอินทรีย์ ควรจะต้องมีพื้นฐานการศึกษาที่เพียงพอ ถึงแม้ว่าผลการศึกษาจะแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้มากถึงการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์แต่ในทางตรงกันข้าม ตัวแทนจากบริษัทเอกชนผู้ผลิตอาหารสัตว์ก็มีความคิดเห็นว่ามีความเป็นไปได้้น้อยมากในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ เนื่องจากข้อจำกัดด้านวิธีการผลิตที่ยุ่งยาก ความมั่นคงด้านผลผลิตราคาขาย และรายได้ที่เกษตรกรจะได้รับ อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของตัวแปรการศึกษาที่เป็นตัวแปรเฉพาะพื้นที่ ดังนั้นในการศึกษาต่อในอนาคตต่อไปควรให้ความสำคัญไปที่การลงพื้นที่ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นเพื่อกำหนดตัวแปรที่เหมาะสมกับพื้นที่การวิจัย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์ พบประเด็นปัญหาและอุปสรรคบางประการที่ต้องได้รับการปรับปรุงและพัฒนา โดยผู้วิจัยได้นำเสนอข้อเสนอแนะในการพัฒนา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. จากผลการศึกษาพบ 4 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ ในจังหวัดนครสวรรค์ คือ ระดับการศึกษา ทักษะคิดต่อระบบเกษตรอินทรีย์ ความคิดเห็นต่อการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบเกษตรอินทรีย์ ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง หรือบริษัทเอกชนด้านอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ ควรพิจารณาดำเนินโครงการหรือกิจกรรมที่ส่งเสริมความรู้ความเข้าใจ ตลอดจนข้อดี ข้อเสีย และผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำเกษตรอินทรีย์ ทั้งนี้เพื่อเป็นการปรับทัศนคติที่ดีหรือ

เชิงบวกต่อระบบเกษตรอินทรีย์ให้แก่เกษตรกร ซึ่งส่งผลต่อความคิดเห็นในการตัดสินใจปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ อย่างไรก็ตามเกษตรกรควรมีคุณสมบัติพื้นฐานที่เหมาะสมโดยเฉพาะระดับการศึกษา

2. หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง หรือบริษัทเอกชน ควรมีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจนเกี่ยวกับการยกระดับคุณภาพอาหารสัตว์ และวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ ทั้งนี้เพื่อการส่งเสริมการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์แก่เกษตรกร ตลอดจนดำเนินการวางแผนในระยะยาวเตรียมความพร้อม และคัดเลือกเกษตรกรที่เหมาะสม

3. ข้าวโพดอาหารสัตว์เป็นวัตถุดิบหลักที่ให้พลังงานแก่สัตว์ แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันข้าวโพดอาหารสัตว์อินทรีย์ยังมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ในปัจจุบัน ดังนั้นภาครัฐและเอกชนควรร่วมมือกันในการวางแผนกำหนดนโยบายและแนวทางในการผลิตวัตถุดิบอื่น ๆ เพิ่มเติม ทั้งนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้เสียสละเวลาและให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการทำการวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรจังหวัดนครสวรรค์ เจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรทั้ง 6 อำเภอ และผู้นำชุมชนที่อำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ท้ายที่สุดขอขอบคุณตัวแทนจากบริษัท เจริญโภคภัณฑ์โปรดิเวส จำกัด สาขาจังหวัดนครสวรรค์ และเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์จังหวัดนครสวรรค์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสัมภาษณ์ มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Department of Agriculture. 2020. **Knowledge Management Technology for Producing Corn for Animal Feed in the Central Region.** Bangkok: Office of Agricultural Research and Development Region 5, Department of Agriculture. 67 p. [in Thai]
- Guilford, J.P. 1954. **Psychometric Methods.** New York: McGraw-Hill. 597 p.
- Khaowisade, T. 2020. **Adoption of Organic Agriculture of Rice Farmers in Sam Chuk District, Suphan Buri Province.** Master Thesis. Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. 137 p. [in Thai]
- Nakhon Ratchasima Provincial Agricultural and Cooperatives Office. 2018. **Animal Feed Maize.** Nakhon Ratchasima: Agricultural Information Group. 15 p. [in Thai]
- Nakhon Sawan Provincial Agricultural Extension Office. 2020. **Information on farmers participating in the large-scale corn planting system.** [Online]. Available <http://www.nakhonsawan.doae.go.th/2016/> (June 26, 2024). [in Thai]
- Office of Agricultural Economics. 2014. **Animal feed maize: cultivated area, harvested area, yield, and yield per rai by district.** [Online]. Available <https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์/TH-TH> (June 26, 2024). [in Thai]
- _____. 2022. **Animal feed maize.** [Online]. Available <https://mis-app.oae.go.th/product/ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์> (June 26, 2024). [in Thai]
- Panpleum, P. and P. Pasunon. 2013. Factors affecting consumers' willingness to pay for organic products in green markets and specialty health food chain stores in the Bangkok metropolis and vicinity. **Modern Management Journal** 14(1): 169-178. [in Thai]
- Panyakul, T. 2016. **Overview of Thai organic agriculture.** 2559. [Online]. Available <http://www.greenet.or.th/article/411> (June 26, 2024). [in Thai]
- Poung-ngamchuen, J. and T. Buwjoom. 2022. Farmers' attitude on tobacco growing for reducing smog from maize stubble burning, Mae Chaem district, Chiang Mai, Thailand. **Journal of Agricultural Production** 4(1): 13-27.
- _____. 2023. The feasibility synthesis of growing hemp instead of maize to reduce smog from maize stubble burning in northern Thailand. **Universal Journal of Agricultural Research** 11(2): 230-240.
- Poung-ngamchuen, J. and W. Phromta. 2021. Tobacco growing for reducing smog effect from maize stubble burning in upper northern thailand. **Journal of MCU Social Science Review** 10(3): 184-197. [in Thai]

- Saenthaweesuk, S. 2018. **A Study of Knowledge and Attitudes of Farmers About the Use of Organic Fertilizers at Paksong District, Champasak Province, LAOs PDR.** Master Thesis. Rajabhat Mahasarakham University. 41 p. [in Thai]
- Slovin, E. 1960. **Slovin's Formula for Sampling Technique.** New York: Houghton-Mifflin. 5 p.
- Sookplung, D., C. Thawornratana and A. Jai-aree. 2022. Factors affecting organic farming of farmers in Suphan Buri province. **Journal of Multidisciplinary in Humanities and Social Sciences** 5(3): 1166-1184. [in Thai]
- Sukkarat, K. and D. Athinuwat. 2019. Study of consumption behavior and attitude of organic product consume. **Thai Journal of Science and Technology** 9(1): 68-76. [in Thai]
- Thaveethavornsawat, S. and O. Siriwong. 2022. Farmers' views on acceptance of organic farming in Nong Hi district, Roi Et. **Journal of Humanities and Social Sciences Bansomdejchaopraya Rajabhat University** 16(1): 70-85. [in Thai]
- Unjan, R., J. Phetchit and S. Buakhao. 2023. The feasibility of farmers enhancing towards organic rice farmers: a case study of Khao Ro Sub-district, Thung Song district, Nakhon Sri Thammarat province. **Journal of Agricultural Research and Extension** 40(3): 116-126. [in Thai]
- Wachirawongsakorn, P. and T. Jamnongkarn. 2022. Paddy farmer's knowledge, attitude and key factors affecting the decision making on organic rice production of farmers in Phitsanulok province. **Rajabhat Chiang Mai Research Journal** 23(2): 190-209. [in Thai]
- Wanmaung, A., W. Intaruccomporn, P. Prapatigul and S. Suriyon. 2021. Farmers' needs of organic rice production extension in Chiang Mai province. **Journal of Agricultural Production** 3(3): 57-66. [in Thai]
- Wannawong, P. 2012. **Adoption of the Standard Organic Agricultural System of Farmers in Chiangmai.** Master Thesis. Maejo University. 137 p. [in Thai]
- Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis.** New York: Harper International. 1130 p.

การเปรียบเทียบรูปแบบการกวนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา Comparison of Stirring Patterns Suitable for the Growth of *Chlorella* sp.

กัญญารัตน์ พูลทะจิตร์¹ นงนุช เลหาวิสุทธิ^{1*} สมเกียรติ สีสนอง² และอัจฉรี เรืองเดช¹

Kanyarat Pooltajit¹, Nongnuch Laohavisuti^{1*}, Somkiat Seesanong² and Uscharee Ruangdej¹

¹สาขาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการจัดการทรัพยากรทางน้ำ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

²สหวิทยาการเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹Department Aquacultural Technology and Aquatic Resource Management, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok, Thailand 10520

²Office of Administrative Interdisciplinary Program on Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520

*Corresponding author: nongnuch.la@kmitl.ac.th

Received: January 04, 2024

Revised: August 31, 2024

Accepted: September 30, 2024

Abstract

The study aimed to compare suitable stirring patterns for the growth of *Chlorella* sp. A completely randomized experimental design was conducted with four sets of experiments, each repeated five times. Set 1 served as the control with air-stone bubbler stirring. Sets 2 and 3 utilized horizontal and vertical stirring circulation, respectively, while Set 4 combined horizontal and vertical stirring circulation. *Chlorella* sp. cells, initially at 9.8×10^4 cells/mL, were cultured outdoors for 10 days using modified nutrient media. Growth parameters, including cell count, dry weight, chlorophyll a content, pheophytin content, and pH were recorded. The results showed that all experimental sets reached maximum growth rates on day 8, with values of 789.64×10^4 , 721.63×10^4 , $1,116.28 \times 10^4$ and $1,580.08 \times 10^4$ cells/mL, respectively, significantly differing ($P < 0.05$). Dry weight values were 123.60, 177.60, 164.00 and 202.80 $\mu\text{g/mL}$, respectively, also significantly different ($P < 0.05$). Chlorophyll a content was 3,859.81, 4,756.69, 4,068.30 and 5,741.60 $\mu\text{g/L}$, respectively ($P < 0.05$). Pheophytin content did not significantly differ ($P > 0.05$), and pH values showed minor alkalinity, favoring *Chlorella* sp. growth. In conclusion, the combined horizontal and vertical water circulation system proved to be the most suitable stirring pattern for cultivating *Chlorella* sp., resulting in superior cell count, dry weight, chlorophyll a content, and pheophytin content compared to other experimental sets.

Keywords: *Chlorella* sp., growth, submersible pump, stirring

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบรูปแบบการกวนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการกวนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 การกวนด้วยระบบเติมอากาศจากหัวทราย (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่ 2 และ 3 การกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบและแนวตั้ง ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ 4 การกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบร่วมกับแนวตั้ง โดยนำสาหร่ายคลอเรลลาที่มีจำนวนเซลล์เริ่มต้น 9.8×10^4 เซลล์/มล. มาเลี้ยงในสูตรอาหารสาหร่ายคลอเรลลาที่ดัดแปลงจากกรมประมง เลี้ยงในที่กลางแจ้ง ระยะเวลา 10 วัน โดยเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนเซลล์ น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณพีโอไฟติน และค่าความเป็นกรด-ด่าง ผลการศึกษาพบว่า ทุกชุดการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 8 มีค่าเท่ากับ 789.64×10^4 , 721.63×10^4 , $1,116.28 \times 10^4$ และ $1,580.08 \times 10^4$ เซลล์/มล. ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) น้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 123.60, 177.60, 164.00 และ 202.80 ไมโครกรัม/มล. ตามลำดับ ($P < 0.05$) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีค่าเท่ากับ 3,859.81, 4,756.69, 4,068.30 และ 5,741.60 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ ($P < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณพีโอไฟตินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และค่าความเป็นกรด-ด่าง มีความต่างเล็กน้อยทำให้สาหร่ายคลอเรลลาสามารถเจริญเติบโตได้ดี สรุปได้ว่าการกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบร่วมกับแนวตั้งเป็นรูปแบบการกวนที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลา ส่งผลให้มีจำนวนเซลล์ น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และปริมาณพีโอไฟตินดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ

คำสำคัญ: สาหร่ายคลอเรลลา การเจริญเติบโต
ปั๊มได้น้ำ การกวน

คำนำ

สาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) เป็นสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็กที่มีคลอโรฟิลล์เอ เป็นรงควัตถุหลักที่ช่วยในการสังเคราะห์แสง สาหร่ายคลอเรลลาเจริญเติบโตได้ดีในแหล่งน้ำที่มีธาตุอาหารสูง และมีปริมาณแสงที่เพียงพอ (Kamolrat *et al.*, 2019) มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยโปรตีน 64.15% (Tavarutmaneekul *et al.*, 2006) สาหร่ายคลอเรลลาถือว่ามีค่าเป็นต่ออาหารอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนอย่างมาก โดยนำสาหร่ายคลอเรลลามาเพาะเลี้ยงไรแดงซึ่งเป็นอาหาร (ให้กับอาหารสัตว์น้ำวัยอ่อน) รวมทั้งสามารถช่วยลดความโปร่งใสของน้ำในช่วงการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนทำให้ลูกสัตว์น้ำอยู่ในสภาวะไม่เครียด อัตรารอดสูง (Tavarutmaneekul *et al.*, 2006) แต่เมื่อสาหร่ายคลอเรลลามีความหนาแน่นของเซลล์มากขึ้น ทำให้เซลล์กระจายในบ่อเลี้ยงไม่ทั่วถึงเนื่องจากเกิดความขุ่น และเมื่อปริมาณเซลล์มากขึ้นทำให้เกิดการบดบังแสงระหว่างเซลล์ (Becker, 1994) ส่วนที่อยู่ด้านล่างได้รับปริมาณแสงน้อยส่งผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของเซลล์ ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาด้วยเครื่องไบโอรีแอคเตอร์ โดยไม่มีการเคลื่อนไหวของน้ำ ส่งผลให้ปริมาณแสงมีจำกัด เซลล์ได้รับแสงไม่เพียงพอ ซึ่งส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (Henrard *et al.*, 2015) และการเจริญเติบโตของเซลล์ การเติมอากาศโดยใช้ปั๊มได้น้ำเพื่อให้สามารถกวนผสมสาหร่ายคลอเรลลาภายในบ่อเพาะเลี้ยง ป้องกันการตกตะกอน เพิ่มการแลกเปลี่ยนก๊าซและการกระจายอาหารทั้งบ่อเลี้ยง (Isiya and Sani, 2020) การกวนจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมซึ่งจะช่วยให้เซลล์สาหร่ายคลอเรลลาที่อยู่ด้านล่างขึ้นมาได้รับแสงได้อย่าง

ทั่วถึง (Venkatarman, 1983) อีกทั้งยังช่วยให้ธาตุอาหาร ถูกผสมและนำไปใช้ได้ดีขึ้น (Contreras *et al.*, 1998) นอกจากนี้การกวนยังช่วยเพิ่มการละลายของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ลงสู่สูตรอาหารที่เลี้ยงทำให้สามารถ นำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ได้ขึ้น (Becker, 1994) อีกทั้ง ยังทำให้สาหร่ายคลอเรลลาอยู่ในสภาวะที่สัมผัสแสงอย่าง ต่อเนื่อง เซลล์จะมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง เพิ่มขึ้น และเมื่อเซลล์สัมผัสแสงด้วยความถี่เพิ่มขึ้นอัตรา การเจริญเติบโตของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (Mhongkeaw, 2012)

ดังนั้นการเปรียบเทียบรูปแบบการกวนต่อการ เจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลาเพื่อเพิ่มปริมาณ สาหร่ายคลอเรลลาจะส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตไรแดงที่กิน สาหร่ายคลอเรลลาเป็นอาหาร เพื่อนำไปใช้เป็นอาหาร ของสัตว์น้ำวัยอ่อนต่อไป และสามารถพัฒนาระบบการ เลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นจากวิธีแบบ ดั้งเดิมที่เกษตรกรใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) โดยแบ่ง รูปแบบ การกวนออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ ได้แก่ 1) การกวนด้วยระบบเดิมอากาศจากหัวทราย (ชุดควบคุม) 2) การกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบ 3) การ กวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวตั้ง และ 4) การกวน ด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบร่วมกับแนวตั้ง โดย เลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาในระบบการกวนรูปแบบต่าง ๆ เลี้ยงพื้นที่กลางแจ้ง เป็นระยะเวลา 10 วัน

วิธีการทดลอง

การเตรียมหัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลา

หัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลาจากกองวิจัย และ พัฒนาอาหารสัตว์น้ำ กรมประมง กรุงเทพฯ และนำมา

เพาะเลี้ยง ภายในคณะเทคโนโลยีการเกษตร สาขา เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการจัดการ ทรัพยากรทางน้ำ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ โดยใช้อาหารเลี้ยง สาหร่ายคลอเรลลาที่ดัดแปลงจากกรมประมง (Tavarutmaneekul *et al.*, 2006) เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ ก่อนการใช้ทดลอง เพาะเลี้ยงพื้นที่กลางแจ้งในถังขนาด 200 ลิตร และให้อากาศผ่านหัวทรายตลอดเวลา ระยะเวลา 5 วัน

การเตรียมระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลา

ชุดการทดลองที่ 1 การกวนด้วยระบบเดิม อากาศจากหัวทราย ติดตั้งปั๊มออกซิเจนให้อากาศผ่าน หัวทราย เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชุดการทดลองที่ 2 การกวน ด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบ เตรียมปั๊มไดน้ำโดยใช้ ปั๊ม SONIC-AP1600 900 ลิตร/ชั่วโมง ตัวกำหนดทิศทาง น้ำในแนวราบใช้ท่อ PE ขนาด 14 มม. ยาว 30 ซม. ใช้ เครื่องเป่าลมร้อนเป่าเพื่อตัดทรงท่อ PE ให้มีลักษณะโค้ง ตามแนวถัง จากนั้นนำมาต่อกับตัวปั๊มไดน้ำ ติดตั้งปั๊ม บริเวณก้นถังเลี้ยงหมุนทิศทางการเข้มนาฬิกา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชุดการทดลองที่ 3 การกวนด้วยระบบ หมุนเวียนน้ำในแนวตั้ง เตรียมปั๊มไดน้ำโดยใช้ปั๊ม SONIC-AP1600 900 ลิตร/ชั่วโมง ตัวกำหนดทิศทางน้ำในแนวตั้ง ใช้ท่อ PE ขนาด 14 มม. ยาว 10 ซม. ต่อกับข้อต่อ 90 องศา จากนั้นนำมาต่อกับปั๊มไดน้ำ ติดตั้งปั๊มบริเวณก้นถังเลี้ยง ให้เกิดการหมุนเวียนน้ำในแนวตั้ง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชุดการทดลองที่ 4 การกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำ ในแนวราบร่วมกับแนวตั้ง เตรียมปั๊มไดน้ำโดยใช้ปั๊ม SONIC-AP1600 900 ลิตร/ชั่วโมง ตัวกำหนดทิศทางน้ำ ในแนวราบรวมกับแนวตั้งใช้ท่อ PE ขนาด 14 มม. ยาว 5 ซม. จำนวน 1 อัน ต่อเข้ากับปั๊มไดน้ำ นำสามทางมาต่อ เชื่อมทางระหว่างการหมุนแนวราบกับแนวตั้ง โดยเริ่ม จากการต่อการกวนแนวตั้งก่อน ต่อท่อ PE ขนาด 14 มม. ยาว 5 ซม. จำนวน 1 อัน เช้าวาล์วปรับแรงดันน้ำเพื่อจะ ได้การกวนแนวตั้ง จากนั้นนำท่อ PE ขนาด 14 มม. ยาว

30 ซม. เป่าลมร้อนเป่าเพื่อตัดทรงท่อ PE ให้มีลักษณะโค้งตามแนวถัง แล้วต่อวาล์วปรับแรงดันน้ำ จำนวน 1 อัน จะได้รับการกวนแนวราบนำไปต่อกับสามทางอีกด้าน จากนั้นติดตั้งปั๊มบริเวณก้นถังเลี้ยงหมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา

เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเฉพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาในถังทดลองปริมาตร 200 ลิตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 73.6 ซม. สูง 68 ซม. (Figure 1)

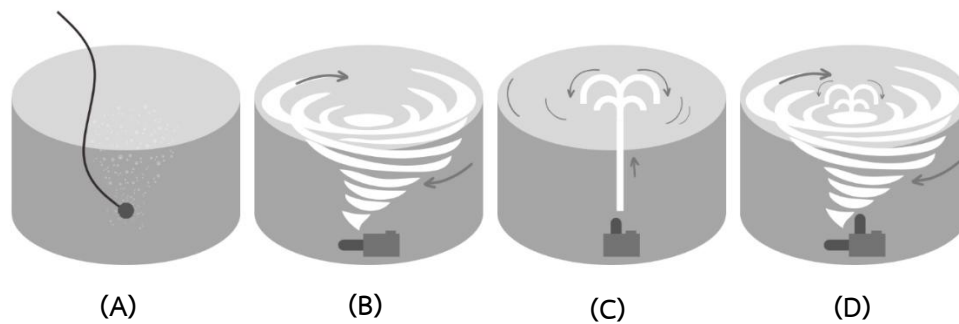


Figure 1 Different stirring patterns (A) air stone bubbler (control), (B) horizontal stirring, (C) vertical stirring and (D) horizontal and vertical stirring

การเตรียมสูตรอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลา

สูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาที่ดัดแปลงจากกรมประมง (Tavarutmaneekul *et al.*, 2006) ประกอบด้วย ปุ๋ยสูตรเสมอ (16-16-16) 0.15 กรัม/ลิตร ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 0.15 กรัม/ลิตร ปลาป่น 0.2 กรัม/ลิตร และปุ๋ยน้ำอามิ 0.8 มล./ลิตร

ขั้นตอนในการทดลอง

ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาสายพันธุ์ *Chlorella* sp. ในถังทดลองบรรจุน้ำผสมอาหาร 100 ลิตร โดยเติมสาหร่ายคลอเรลลาจำนวนเซลล์เริ่มต้น 9.8×10^4 เซลล์/มล. ในถังเพาะเลี้ยง แต่ละชุดการทดลองที่กำหนดไว้ และเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลากกลางแจ้งระยะเวลาทดลอง 10 วัน

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลาและวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ

ทำการเก็บน้ำโดยใช้กรองแพลงก์ตอนขนาด 10 ไมครอน ต่อมากรองน้ำสาหร่ายคลอเรลลาที่ปริมาตร 200 มล. ลงในขวดเก็บน้ำ จากนั้นหาน้ำหนักแห้งของสาหร่ายคลอเรลลา โดยใช้น้ำสาหร่ายคลอเรลลาปริมาตร 50 มล. กรองด้วยกระดาษกรอง GF/C (Glass fiber filter) ขนาด 55 มม. นำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C นาน 1-2 ชั่วโมง พักให้เย็นแล้วนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จากนั้นนำน้ำสาหร่ายคลอเรลมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 680 นาโนเมตร (Gunawan *et al.*, 2018) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น GENESYS 10S Vis เพื่อหาปริมาณเซลล์ และนับจำนวนเซลล์สาหร่ายคลอเรลลาด้วยสไลด์นับเซลล์ (Hemocytometer) โดยหยดน้ำสาหร่ายคลอเรลลาบนสไลด์ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า และวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำด้วยเครื่อง pH meter เก็บข้อมูลทุกวันเวลา 11.00 น. เป็นระยะเวลา 10 วัน

การวิเคราะห์คลอโรฟิลล์เอและพีโอไฟติน

เก็บน้ำสาหร่ายคลอเรลลาปริมาตร 50 มล. จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C (Glass fiber filter) ขนาด 55 มม. บดกระดาษกรองด้วยที่บดเซลล์ให้ละเอียด แล้วเติมอะซีโตน 90% ลงในภาชนะที่ใช้บด ปริมาตร 10 มล. ถ่ายตัวอย่างทั้งหมดลงในหลอด Centrifuge สีชา หรือหลอดทึบแสง เก็บที่ 4°C. เป็นเวลา 6-24 ชั่วโมง นำตัวอย่างในหลอด Centrifuge มาปั่น

เหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,500 รอบ นาน 10 นาที ด้วยเครื่อง centrifuge รุ่น Consul 21R ค่อย ๆ ดูดสารละลายที่มีสี ด้านบน คือ คลอโรฟิลล์และรงควัตถุอื่น ๆ ที่ละลายอยู่ในอะซีโตน มาวัดการดูดกลืนแสง โดยระวังอย่าให้รบกวนตะกอนด้านล่าง วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 750, 663, 645, 630 นาโนเมตร นำมาคำนวณโดยหาค่าความขุ่นจาก 750 นาโนเมตร ก่อน (EPA, 1991) คำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์เอตามสมการ (1)

$$\text{Chl a (ไมโครกรัม/ลิตร)} = \frac{[11.64 (\text{Abs}663) - 2.16 (\text{Abs}645) + 0.1 (\text{Abs}630)]E(F)}{V(L)} \quad (1)$$

ทำการวัดตัวอย่างอีกครั้งหลังจากเติมกรดลงไปเพื่อหาค่า Pheophytin แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 750 และ 665 นาโนเมตร โดยหาค่าความขุ่นจาก 750 นาโนเมตร ก่อน (EPA, 1991) แล้วคำนวณตามสมการ (2) และ (3)

$$\text{Chl a (ไมโครกรัม/ลิตร) ที่หักค่า Pheophytin แล้ว} = \frac{26.73 (663_b - 630_a) E(F)}{V(L)} \quad (2)$$

$$\text{Pheophytin (ไมโครกรัม/ลิตร)} = \frac{26.73 (1.7 \times [665_a] - 663_b) E(F)}{V(L)} \quad (3)$$

โดย	F	= Dilution factor (ถ้า Abs มากกว่า 0.99 ควรทำการเจือจางตัวอย่างก่อนวัด)
	E	= ปริมาตรของอะซีโตนที่ใช้ในการสกัด (มล.)
	V	= ปริมาตรของน้ำที่ใช้กรอง (ลิตร)
	L	= ความกว้างของเซลล์ที่ใช้วัด (ซม.)
	665a	= Abs665 - Abs750 หลังเติมกรด
	663b	= Abs663 - Abs750 ก่อนเติมกรด

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณพีโอไฟตินมาวิเคราะห์ ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลอง ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัย

จำนวนเซลล์สาหร่ายคลอเรลลาจำแนกตามรูปแบบการกวน
จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาภายใต้ รูปแบบการกวนที่แตกต่างกัน ได้แก่ การกวนด้วยระบบ เต็มอากาศจากหัวทราย (ชุดควบคุม) การกวนด้วยระบบ หมุนเวียนน้ำในแนวราบ การกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำ ในแนวตั้ง และการกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบ ร่วมกับแนวตั้ง เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่าทุกชุดการ

ทดลองมีปริมาณจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงระยะปรับตัว (Lag phase) ไปสู่ระยะการเพิ่มเซลล์อย่างรวดเร็วหรือระยะเอ็กซีโพเนนเชียล (Exponential phase) ภายในวันที่ 6 ส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลา ทำให้เข้าสู่ระยะคงที่ (Stationary phase) ในวันที่ 8 และเข้าสู่ระยะการตายของแพลงก์ตอน (Death phase) ในวันที่ 9

เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองจะเห็นได้ว่ามีจำนวนเซลล์สาหร่ายคลอเรลลาลดลง จากการทดลองพบว่า ทุกชุดการทดลองมีจำนวนเซลล์สูงสุดในวันที่ 8 มีค่าเท่ากับ 789.64×10^4 , 721.63×10^4 , $1,116.28 \times 10^4$ และ $1,580.08 \times 10^4$ เซลล์/มล. ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง ($P < 0.05$) (Figure 2 และ Table 1)

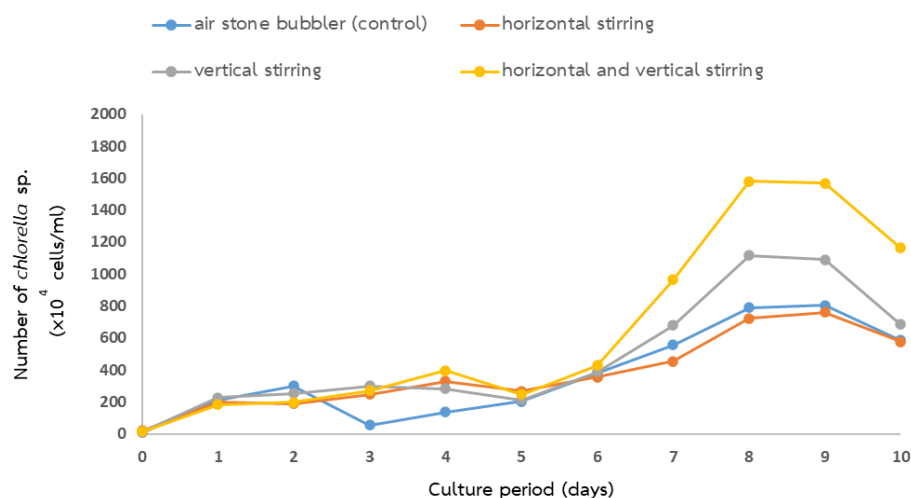


Figure 2 Number of *Chlorella* sp. with the different stirring patterns

น้ำหนักแห้งของสาหร่ายคลอเรลลาจำแนกตามรูปแบบการกวน

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาภายใต้รูปแบบการกวนที่แตกต่างกันต่อน้ำหนักแห้ง พบว่าทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักแห้งของสาหร่ายคลอเรลลาเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มการทดลองจนมีค่าสูงสุดเมื่อทำการเลี้ยงได้ระยะเวลา 8 วัน ซึ่งรูปแบบการกวนที่มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ การกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบร่วมกับแนวตั้ง 202.80 ไมโครกรัม/มล. รองลงมา

เป็นการกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบ 177.60 ไมโครกรัม/มล. การกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวตั้ง 164 ไมโครกรัม/มล. และการกวนด้วยระบบเดิมอากาศจากหัวทราย (ชุดควบคุม) 123.60 ไมโครกรัม/มล. ตามลำดับ โดยที่น้ำหนักแห้งเฉลี่ยมีค่าลดลงในวันที่ 9 และลดลงเรื่อย ๆ จนสิ้นสุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง ($P < 0.05$) (Figure 3 และ Table 1)

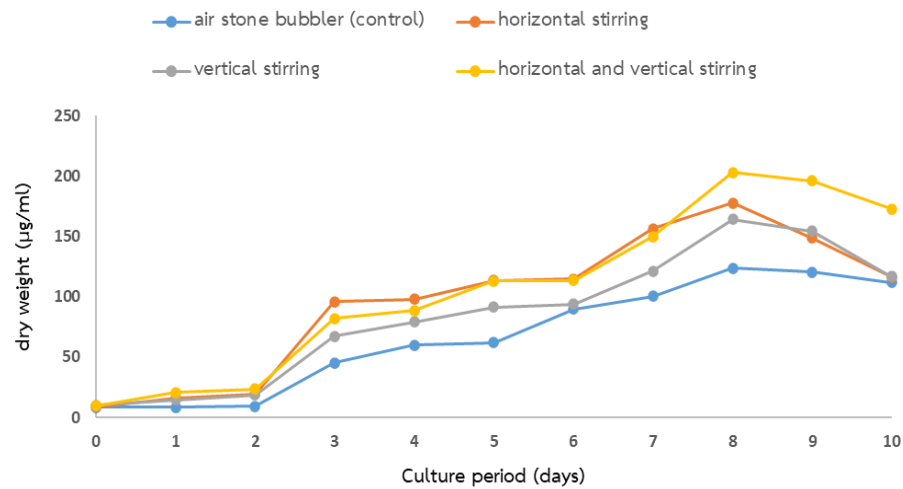


Figure 3 Dry weight of *Chlorella* sp. for the different stirring patterns

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll a) ของสาหร่าย คลอเรลลาจำแนกตามรูปแบบการกวน

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาภายใต้รูปแบบการกวนที่แตกต่างกันต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดเมื่อทำการเลี้ยงได้ระยะเวลา 8 วัน โดยที่ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ เฉลี่ยสูงสุดเมื่อทำการกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบร่วมกับแนวตั้ง มีค่าเท่ากับ

5,741.60 ไมโครกรัม/ลิตร และปริมาณต่ำสุดในรูปแบบการกวนด้วยระบบเติมอากาศจากหัวทราย (ชุดควบคุม) มีค่าเท่ากับ 3,859.81 ไมโครกรัม/ลิตร ($P < 0.05$) และมีปริมาณลดลงในวันที่ 9 จนสิ้นสุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เนื่องจากการตายของสาหร่ายคลอเรลลาทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ น้อยลง (Figure 4 และ Table 1)

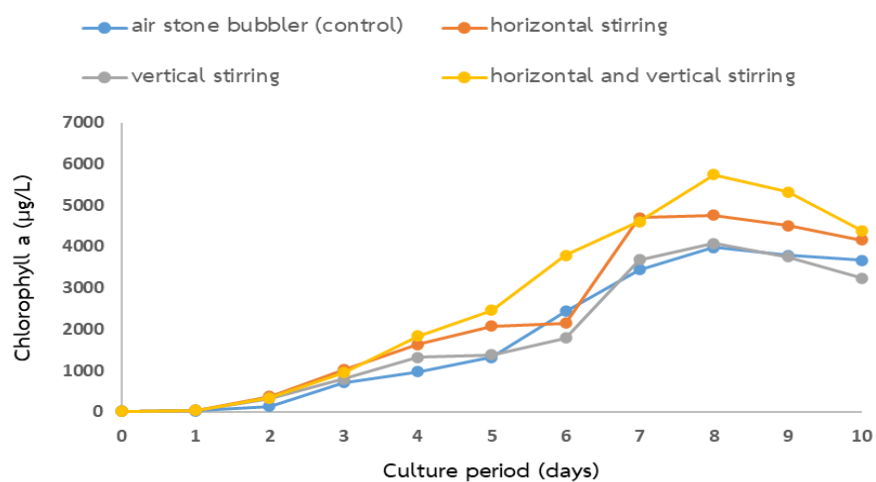


Figure 4 Chlorophyll a content of *Chlorella* sp. for the different stirring patterns

ปริมาณฟีโอฟิติน (Pheophytin) ของสาหร่ายคลอเรลลาจำแนกตามรูปแบบการกวน

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาภายใต้รูปแบบการกวนที่แตกต่างกันต่อปริมาณฟีโอฟิติน พบว่าตั้งแต่วันที่ 1 ทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟีโอฟิตินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงวันที่ 8 ของการทดลองมีค่าเท่ากับ 1,043, 1,255.24, 2,125.57 และ 2,587.80

ไมโครกรัม/ลิตร ($P < 0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองรูปแบบการกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบร่วมกับแนวตั้งมีค่าที่สูงกว่าทั้ง 3 รูปแบบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3,688.74 ไมโครกรัม/ลิตร ทั้งนี้เพราะการกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบร่วมกับแนวตั้งมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด จึงเกิดปริมาณฟีโอฟิตินมากกว่าทุกชุดการทดลอง ($P > 0.05$) (Figure 5 และ Table 1)

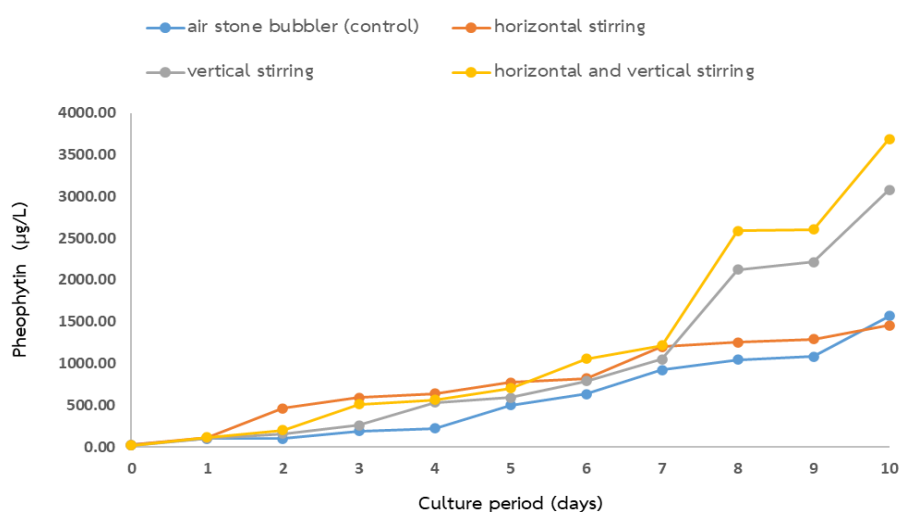
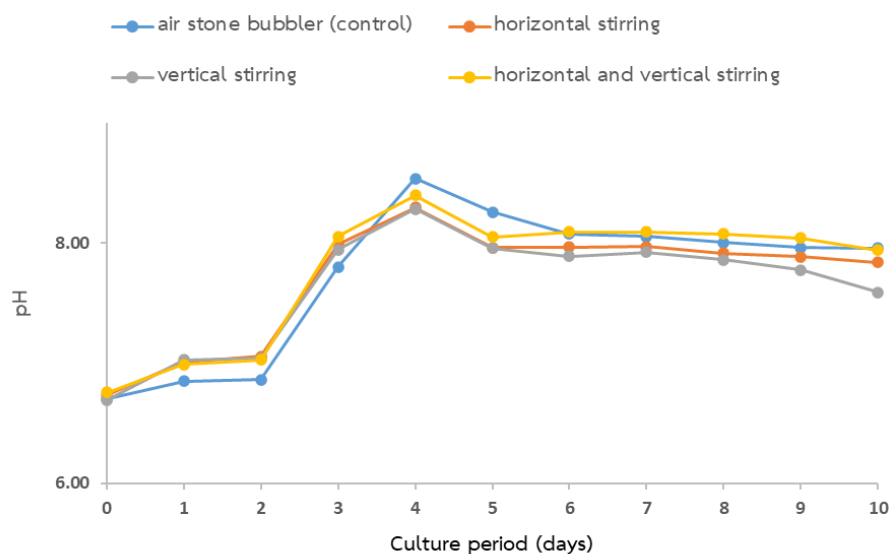


Figure 5 Pheophytin content of *Chlorella* sp. for the different stirring patterns

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสาหร่ายคลอเรลลาจำแนกตามรูปแบบการกวน

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาภายใต้รูปแบบการกวนที่แตกต่างกันต่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำ พบว่าวันที่ 8 ของการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.00, 7.91, 7.86 และ 8.08 ตามลำดับ มีความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง ($P < 0.05$) ซึ่งตลอดระยะเวลา 10 วัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของทุกชุดการทดลองอยู่ระหว่างช่วง 6.70-8.54, 6.74-8.30, 6.69-8.28 และ 6.76-8.40 ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (Figure 6 และ Table 1)

Figure 6 pH of *Chlorella* sp. for the different stirring patternsTable 1 Peak population on day 8 of *Chlorella* sp. with the different stirring patterns

Stirring patterns	Growth parameter				
	Number of <i>Chlorella</i> sp.	Dry weight	Chlorophyll a	Pheophytin	pH
	($\times 10^7$ cells/ml)	($\mu\text{g/ml}$)	($\mu\text{g/L}$)	($\mu\text{g/L}$)	
Air stone bubbler (control)	789.64 $\pm$ 125.36 ^c	123.60 $\pm$ 13.59 ^c	3,859.81 $\pm$ 1166.45 ^b	1,043.00 $\pm$ 807.46 ^b	8.00 $\pm$ 0.07 ^{ab}
Horizontal stirring	721.63 $\pm$ 127.42 ^c	177.60 $\pm$ 16.82 ^{ab}	4,756.69 $\pm$ 548.95 ^a	1,255.24 $\pm$ 372.82 ^b	7.91 $\pm$ 0.07 ^b
Vertical stirring	1,116.28 $\pm$ 164.74 ^b	164.00 $\pm$ 14.56 ^b	4,068.30 $\pm$ 1,497.17 ^b	2,125.57 $\pm$ 1,405.22 ^{ab}	7.86 $\pm$ 0.05 ^b
Horizontal and vertical stirring	1,580.08 $\pm$ 211.21 ^a	202.80 $\pm$ 28.80 ^a	5,741.60 $\pm$ 577.45 ^a	2,587.80 $\pm$ 577.88 ^a	8.08 $\pm$ 0.18 ^a
P-value	*	*	*	*	*

Mean $\pm$ SE values within a column followed by the different superscripts are significantly at $P < 0.05$.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลาภายใต้รูปแบบการกวนที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ ได้แก่ การกวนด้วยระบบเติมอากาศจากหัวทราย (ชุดควบคุม) การกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบ การกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวตั้ง และการกวนด้วย

ระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบร่วมกับแนวตั้ง ระยะเวลาทดลอง 10 วัน พบว่าการกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบร่วมกับแนวตั้ง ส่งผลให้จำนวนเซลล์และน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้น เนื่องจากปั๊มได้นำช่วยป้องกันการรวมกลุ่มของเซลล์สาหร่ายคลอเรลลา ทำให้เซลล์ของสาหร่ายคลอเรลลาไม่แตกตะกอน โดยการทำงานของปั๊มน้ำมีการหมุนเวียนสาหร่ายตลอดเวลา ทำให้สาหร่ายคลอเรลลา

สามารถ ดูดซับ CO_2 ในบรรยากาศ และปล่อย O_2 นอกจากนี้ยังช่วยเรื่องการผสมของอาหารเหลว (ปุ๋ย) ให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (Jiménez *et al.*, 2003) สำหรับนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ Henrard *et al.* (2015) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไซยาโนแบียมและคลอเรลลาภายใต้การกวนที่แตกต่างกัน พบว่าการกวนด้วยปั้มน้ำสามารถช่วยให้สาหร่ายไซยาโนแบียมและคลอเรลลา มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการกวนโดยใช้ใบพัดและหัวทราย ซึ่งมีความเข้มข้นของชีวมวลสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าปั้มน้ำช่วยให้ผลผลิตชีวมวลเพิ่มขึ้น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการกวนชนิดอื่น ๆ ในรายงานของ Chooluck *et al.* (2021) กล่าวว่าสาหร่ายขนาดเล็กมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ในเซลล์แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และปัจจัยภายนอกอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิและความเข้มของแสง เป็นต้น ซึ่งจะพบคลอโรฟิลล์อยู่ในช่วงร้อยละ 0.5 ถึง 4 ของน้ำหนักแห้งของสาหร่าย (Levasseur *et al.*, 2020) ปริมาณฟิโอฟิตินเกิดเมื่อคลอโรฟิลล์ทำปฏิกิริยากับกรด Penjumras *et al.* (2017) กล่าวว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาฟิโอฟิตินในเซลล์ (Pheophytinization) คือแมกนีเซียมไอออนจะถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจนอะตอม ทำให้คลอโรฟิลล์ถูกเปลี่ยนโครงสร้างเป็นฟิโอฟิติน จึงเป็นการสูญเสียแร่ธาตุแมกนีเซียมออกไปจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ สีเขียวของพืชจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Olive-brown) ของฟิโอฟิติน และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ อยู่ที่ช่วง 6.76-8.40 จากรายงานของ Saekoo and Panichpat (2017) กล่าวว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ อยู่ในช่วง 7.99-8.98 จัดเป็นน้ำที่มีค่าความเป็นด่างเล็กน้อย และเป็นช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างที่สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดี

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการเปรียบเทียบรูปแบบการกวนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา พบว่าในวันที่ 8 ของการเพาะเลี้ยงรูปแบบการกวนด้วยระบบหมุนเวียนน้ำในแนวราบร่วมกับแนวตั้งมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด โดยมีจำนวนเซลล์ 1,580.08 เซลล์/มล. น้ำหนักแห้ง 202.80 ไมโครกรัม/มล. ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ 5,741.60 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาณฟิโอฟิติน 2,587.80 ไมโครกรัม/ลิตร ($P < 0.05$) และมีค่าความเป็นกรด-ด่างเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยง จากการศึกษาครั้งนี้สามารถเพิ่มปริมาณสาหร่ายคลอเรลลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการเพิ่มผลผลิตให้คุ้มค่าต่อการเพาะเลี้ยง และสามารถพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณบุปผา จงพัฒน์ สำหรับคำแนะนำในการทำวิจัยให้ถูกต้องและสมบูรณ์ รวมไปถึงคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และพื้นที่ดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Becker, E.W. 1994. **Microalgae: Biotechnology and Microbiology.** Cambridge: Cambridge University Press. 304 p.
- Chooluck, S., P. Supitip and W. Jankhangram. 2021. Bioactive compounds from microalgae. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University** 23(3): 97-111. [in Thai]

- Contreras, A., F. García, E. Molina and J.C. Merchuk. 1998. Interaction between CO₂-mass transfer, light availability, and hydrodynamic stress in the growth of *Phaeodactylum tricornutum* in a concentric tube airlift photobioreactor. **Biotechnology and Bioengineering** 60(3): 317-325.
- EPA. 1991. **ESS Method 150.1: Chlorophyll-Spectrophotometric**. Wisconsin: Environmental Sciences Section, Inorganic Chemistry Unit, Wisconsin State Lab of Hygiene. 363 p.
- Gunawan, T.J., Y. Ikhwan, F. Restuhadi and U. Pato. 2018. Effect of light Intensity and photoperiod on growth of *Chlorella pyrenoidosa* and CO₂ biofixation. **E3S Web of Conferences** 31: 03003.
- Henrard, A.A., G. Martins da Rosa, L. Moraes, M. Greque de Moraes and J. Alberto Vieira Costa. 2015. The cultivation of microalgae *Cyanobium* sp. and *Chlorella* sp. in different culture media and stirring setting. **African Journal of Microbiology Research** 9(21): 1431-1439.
- Isiya, D.A and M. Sani. 2020. Effects of different stirring rates on the *Chlorella vulgaris* growth for wastewater treatment systems. **International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology** 4(11): 454-460.
- Jiménez, C., B.R. Cossío, D. Labella and F. Xavier Niell. 2003. The feasibility of industrial production of *Spirulina (Arthrospira)* in Southern Spain. **Aquaculture** 217: 179-190.
- Kamolrat, N., J. Phattaralephon and S. Sitthaphanit. 2019. Effects of LED light on growth performance of *Chlorella vulgaris*. **Khon Kaen Agriculture Journal** 47(3): 559-566. [in Thai]
- Levasseur, W., P. Perré and V. Pozzobon. 2020. A review of high value-added molecules production by microalgae in light of the classification. **Biotechnology Advances** 41: 107545.
- Mhongkeaw, C. 2012. **Bio-oil Production from Microalgae by Green Water System**. 131 p. In Research Report. Chiang Mai: Chiang Mai University. [in Thai]
- Penjumras, P., T. Chumsa and I. Wattananapakasem. 2017. Color and stability improvement of frillice iceberg juice using sodium chloride and hydrocolloid. **The Journal of Science and Technology RMUTSB** 3(1): 75-75. [in Thai]
- Saekoo, J. and T. Panichpat. 2017. The study of optimum conditions for microalgae culture in piggery wastewater and algae oil production. **Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University** 4(4): 41-52. [in Thai]

Tavarutmaneekul P., S. Setkij and

T. Watcharakonyothin. 2006.

Cultivation of Water Flea (*Moina macrocopa*). Bangkok: The Agricultural Co-operative of Thailand (ACFT) Press. 36 p. [in Thai]

Venkatarman, L.V. 1983. **Bluegreen Algae:**

***Spirulina*.** Mysore: Central Food Technological Research Institute. 120 p.

การศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ไก่พื้นเมืองภาคใต้

Study of Reproductive Efficiency in Southern Thai Native Chickens

ณปภัช ช่วยชูหนู* ประพนธ์ มลิวัลย์ เอี่ยมพร เอกขระ และสมคิด ชัยเพชร

Napapach Chuaychu-noo*, Prapot Maliwan, Auamporn Ekkhara and Somkid Chaipetch

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, นครศรีธรรมราช 80110

Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Sri Thammarat, Thailand 80110

*Corresponding author: c.sittikasamkit@gmail.com

Received: October 31, 2023

Revised: July 17, 2024

Accepted: July 26, 2025

Abstract

The objective of this study was to determine the quantity and quality of semen, the number of eggs in a year, and fertility via artificial insemination of Dang, Betong, and Naked Neck chickens, which are Southern Thai native chickens. The experiments were conducted using a randomized complete block design (RCBD). Six roosters of each breed (8 months old) and thirty hens of each breed (5 months old) were used. Breeding selection was done by the Animal Breeding Research Management Center in Surat Thani, Nakhon Sri Thammarat and Yala Rajabhat University. Semen samples were collected once a week, and semen evaluations in terms of volume, concentration, viability, morphology, number of eggs, egg weight, and fertility ability with the IGGKPh extender were performed. Results of the quantity and quality of all breeds of semen (one year) showed that the semen volume of Betong (0.40 ± 0.13 mL) was higher than Dang (0.36 ± 0.12 mL) and Necked Neck (0.34 ± 0.14 mL) chickens ($P < 0.01$). However, the concentration of Necked Neck $[(4002.70 \pm 194.80) \times 10^6 \text{ spz/mL}]$ was higher than Dang and Betong $[(3,875.50 \pm 262.80) \times 10^6 \text{ and } (3,732.20 \pm 187.70) \times 10^6 \text{ spz/mL, respectively}]$ ($P < 0.05$). In terms of the number of sperm per time of collection, Betong $[(1,489.20 \pm 132.12) \times 10^6 \text{ spz}]$ is higher than Necked Neck and Dang $[(1,378.30 \pm 172.61) \times 10^6 \text{ and } (1,372.69 \pm 137.51) \times 10^6 \text{ spz, respectively}]$ ($P < 0.05$). The percentages of viability, normal morphology, and motility were not significant. The results from the one-year laying period revealed that the egg weight of Naked Neck was 46.35 ± 9.05 g/egg, while the average egg weight of Dang and Betong was 41.52 ± 8.13 and 45.06 ± 9.33 g/egg, respectively. The body weight of Betong ($1,650.25 \pm 190.75$ g) and Necked Neck ($1,680.36 \pm 125.53$ g) at the started of laying was higher than Dang ($1,580.50 \pm 110.15$ g) ($P < 0.05$). The fertility and hatchability of all breeds were not significant. Therefore, the data on quantity and quality of semen, the number of laying periods, and fertility via artificial

insemination of Southern Thai native chickens could be used as a guideline for breeding management, semen cryopreservation, and improved breeding and production.

Keywords: Dang chicken, Betong chicken, Naked Neck chicken, semen, egg production, fertility

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณคุณภาพน้ำเชื้อ และอัตราการผสมติดด้วยการผสมเทียมภายใต้การเลี้ยงในโรงเรือนของไก่แดง เบตง และคอกลอน ซึ่งเป็นไก่พื้นเมืองของภาคใต้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยใช้พ่อพันธุ์ไก่แดง ไก่เบตง และไก่คอกลอน อายุ 8 เดือน สายพันธุ์ละ 6 ตัว รวม 18 ตัว และแม่ไก่พันธุ์ไก่แดง เบตง และคอกลอน อายุ 5 เดือน สายพันธุ์ละ 30 ตัว รวม 90 ตัว สัตว์ทดลองผ่านการคัดเลือกสายพันธุ์ ดังนี้ ไก่แดง จากศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุราษฎร์ธานี ไก่คอกลอน จากศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครศรีธรรมราช และไก่เบตง จากมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ทำการรีดน้ำเชื้อ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เพื่อประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ ประกอบด้วย ปริมาณ ความเข้มข้น อัตราอสุจิรอดชีวิต อสุจิรูปร่างปกติ อัตราการไข่ ขนาดฟองไข่ และการทดสอบอัตราการผสมติดโดยการผสมเทียม ใช้น้ำยาเจือจางน้ำเชื้อสูตร IGKPh ผสมเทียม 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำเชื้อและคุณภาพน้ำเชื้อเฉลี่ยของไก่แดง ไก่เบตง และไก่คอกลอนเฉลี่ยในรอบ 1 ปี ไก่เบตงมีปริมาณน้ำเชื้อเฉลี่ย 0.40 ± 0.13 มล. สูงกว่า ($P < 0.01$) ไก่แดงและไก่คอกลอน ซึ่งมีปริมาณ 0.36 ± 0.12 และ 0.34 ± 0.14 มล. ตามลำดับ แต่ไก่คอกลอนมีความเข้มข้นของอสุจิเฉลี่ย $(4,002.70 \pm 194.80) \times 10^6$ เซลล์/มล. สูงกว่า ($P < 0.05$) ไก่แดงและไก่เบตง ซึ่งมีความเข้มข้น $(3,875.50 \pm 262.80) \times 10^6$ และ $(3,732.20 \pm 187.70) \times 10^6$ เซลล์/มล. ตามลำดับ แต่ไก่เบตงมีจำนวนอสุจิเฉลี่ยต่อการรีด $(1,489.20 \pm 132.12) \times 10^6$ เซลล์ สูงกว่า ($P < 0.05$) ไก่คอกลอน

และไก่แดง $(1,378.30 \pm 172.61) \times 10^6$ และ $(1,372.69 \pm 137.51) \times 10^6$ เซลล์ เปอร์เซ็นต์อสุจิรอดชีวิต อสุจิรูปร่างปกติ และการเคลื่อนที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) การให้ผลผลิตไข่ของแม่ไก่ในรอบ 1 ปี แม่ไก่คอกลอนมีน้ำหนักฟองไข่เฉลี่ย 46.35 ± 9.05 กรัม/ฟอง สูงกว่า ($P < 0.01$) ไก่แดงและไก่เบตง ซึ่งมีน้ำหนัก 41.52 ± 8.13 และ 45.06 ± 9.33 กรัม/ฟอง ตามลำดับ แม่ไก่เบตงและแม่ไก่คอกลอนมีน้ำหนักตัวในการวางไข่ฟองแรก $1,650.25 \pm 190.75$ และ $1,680.36 \pm 125.53$ กรัม/ตัว ตามลำดับ สูงกว่า ($P < 0.05$) แม่ไก่แดง $1,580.50 \pm 110.15$ กรัม/ตัว อัตราการผสมติดจากการผสมเทียมและประสิทธิภาพการฟักออกของไข่ทั้งสามสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) จากข้อมูลปริมาณและคุณภาพน้ำเชื้อ อัตราการไข่ และอัตราการผสมติด ของไก่พื้นเมืองภาคใต้ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการจัดการเพาะขยายพันธุ์ การวางแผนการผสมพันธุ์ การปรับปรุงพันธุ์ และการเก็บรักษาเก็บน้ำเชื้อแบบแช่แข็งเพื่อการอนุรักษ์พันธุ์กรรม

คำสำคัญ: ไก่แดง ไก่เบตง ไก่คอกลอน น้ำเชื้อ การผลิตไข่ อัตราการผสมติด

คำนำ

ไก่นับเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญเนื่องจากเนื้อไก่เป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่มีราคาไม่แพง ในปี พ.ศ. 2564 พื้นที่ภาคใต้มีเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองจำนวน 427,061 ราย และมีไก่พื้นเมืองจำนวน 14,261,395 ตัว (Information and Communication Technology Center, Department of livestock

Development, 2021) โดยจังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นจังหวัดที่มีเกษตรกรประกอบอาชีพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองมากที่สุดในพื้นที่ภาคใต้ รองลงมาคือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงไก่ควบคู่กับการประกอบอาชีพเกษตรด้านอื่น ๆ โดยสายพันธุ์ที่นิยมเลี้ยงประกอบด้วย ไก่แดง ไก่คอล่อน ไก่ศรีวิชัย และไก่เบตง เป็นต้น ไก่พื้นเมืองนับได้ว่ามีบทบาทสำคัญทางเศรษฐกิจและวิถีชีวิตของเกษตรกรในชนบทของประเทศไทย โดยมีจุดเด่นทางพันธุกรรมที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี แต่ในปัจจุบันพันธุกรรมไก่พื้นเมืองกำลังถูกคุกคามจากการผสมข้ามสายพันธุ์กับไก่สายพันธุ์ต่างประเทศทั้งไก่สายพันธุ์การค้าและไก่กีฬา (ไก่ชน) จากต่างประเทศ ดังนั้นการเก็บรักษาพันธุกรรมจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ โดยเฉพาะการเก็บรักษาเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตไว้สำหรับนำไปใช้ในอนาคต เพื่อดำรงความหลากหลายทางชีวภาพให้คงอยู่และที่สำคัญเป็นการอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ที่มีลักษณะดี หายาก มีความเสี่ยงต่อสูญพันธุ์สูง (Blesbois *et al.*, 2007) การทำน้ำเชื้อแช่แข็งเป็นวิธีการเก็บรักษาเซลล์สืบพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ สามารถเก็บรักษาเซลล์สืบพันธุ์ได้อย่างยาวนาน แต่ทั้งนี้คุณภาพของน้ำเชื้อแช่แข็งที่ได้ยังมีความแปรปรวนสูง เนื่องจากส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากคุณภาพน้ำเชื้อเบื้องต้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำเชื้อที่ดีมีหลายปัจจัย ทั้งสายพันธุ์ อายุ สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ช่วงแสง ความชื้น เป็นต้น โดยปัจจัยสำคัญที่ทำให้คุณภาพของน้ำเชื้อสดในไก่แตกต่างกัน ได้แก่ สายพันธุ์ อายุ และสภาพแวดล้อม สอดคล้องกับ Saeid and Al-Soudi (1975) ซึ่งพบว่าฤดูกาลที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพน้ำเชื้อที่แตกต่างกันด้วยความแตกต่างระหว่างตัวสัตว์ สายพันธุ์มีผลต่อคุณภาพและความสมบูรณ์พันธุ์ของน้ำเชื้อแช่แข็ง ในไก่พื้นเมืองไทย ได้มีการศึกษาถึงปริมาณและคุณภาพการเก็บรักษาน้ำเชื้อด้วยวิธีการแช่แข็ง ในไก่พันธุ์ ไก่ประดู่หางดำ ไก่เหลืองหางขาว และไก่ซี ซึ่งกรมปศุสัตว์ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยได้รับรองพันธุ์ (Intharachote *et al.*, 2018) รวมทั้งไก่ดำมั่ง (Somtaw,

2015) แต่ยังคงขาดข้อมูลของไก่แดง ซึ่งเป็นไก่ที่มีการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุราษฎร์ธานี อีกทั้งในเขตภาคใต้ของไทยนั้นยังมีไก่สายพันธุ์เบตง และคอล่อน ซึ่งเป็นไก่ที่เกษตรกรนิยมเลี้ยง มีบทบาททางเศรษฐกิจและสังคมของการเกษตรในภาคใต้

ดังนั้นเพื่อการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ การเพิ่มประชากร รวมทั้งการพัฒนาสายพันธุ์ของไก่พื้นเมืองภาคใต้ ได้แก่ ไก่แดง (สุราษฎร์ธานี) ไก่เบตง (ยะลา) และไก่คอล่อน (พัทลุง) อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานทางชีววิทยาต่าง ๆ และยังเป็นงานที่ควบคู่กับการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ การศึกษาคุณลักษณะของน้ำเชื้อในรอบปี เป็นข้อมูลทางชีววิทยาที่สำคัญต่อการใช้ประโยชน์ทางพันธุกรรมของไก่ทำน้ำเชื้อในรอบปีการผลิต ข้อมูลคุณภาพน้ำเชื้อเบื้องต้นมีความสำคัญต่อการใช้ประกอบการเก็บรักษาน้ำเชื้อในรูปแบบน้ำเชื้อแช่แข็ง เพื่อสามารถใช้ในฟาร์มเกษตรกรหรือสะดวกต่อการขนส่งน้ำเชื้อไปยังพื้นที่ห่างไกล เป็นการกระจายพันธุกรรมสัตว์สายพันธุ์ดีได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังใช้เป็นข้อมูลในการเก็บรักษาน้ำเชื้อไก่แบบแช่แข็ง เพื่อการอนุรักษ์พันธุกรรมเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพการสืบพันธุ์ของไก่พื้นเมืองภาคใต้ (ไก่แดง ไก่เบตง และไก่คอล่อน) ในรอบ 1 ปี ภายใต้การเลี้ยงในสภาพโรงเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและแผนการทดลอง

การทดลองนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและการใช้สัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย (IAC 01-03-64) การศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ไก่พื้นเมืองภาคใต้ แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1: การศึกษาปริมาณและคุณภาพน้ำเชื้อไก่แดง ไก่เบตง และไก่คอล่อน ซึ่งเลี้ยงแบบขังกรง

ในรอบเวลาศึกษา 1 ปี วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยแบ่งพื้ 3 กลุ่ม (พันธุ์) ทำการรดน้ำเชื้อ 52 ครั้ง (สัปดาห์ละ 1 ครั้ง) ใช้พื้พันธุ์จำนวน 3 สายพันธุ์ ไก่แดง เบตง และคอล่อน อายุ 8 เดือน ซึ่งเป็นไก่ที่มีมาตรฐานสายพันธุ์ โดยไก่แดงจากศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุราษฎร์ธานี ไก่คอล่อนจากศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครศรีธรรมราช และไก่เบตงจากมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จำนวนสายพันธุ์ละ 6 ตัว รวม 18 ตัว แยกเลี้ยงในกรงขังเดี่ยว ขนาด 50x50x75 ซม. ให้อาหารเฉลี่ยวันละ 150 กรัมต่อตัวต่อวัน มีน้ำสะอาดกินแบบเต็มที่ สัตว์ทดลองได้ผ่านการทำวัคซีน คือ วัคซีนรวมนิวคาสเซิล หลอดลมอักเสบติดต่อกันในไก่ชนิดเชื้อเป็นและอหิวาต์เปิด-ไก่ ถ่ายพยาธิภายในภายนอกใน ไก่พื้พันธุ์ผ่านการฝึกซ้อมรดน้ำเชื้อเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ตามวิธีของ Burrows and Quinn (1937) รองเก็บน้ำเชื้อด้วยหลอดที่สะอาดขนาด 1.5 มล. (Surai and Whishart, 1996) ที่อุณหภูมิ 22-25°C. เพื่อร่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ ประกอบด้วย การประเมินคุณภาพน้ำเชื้อสดเบื้องต้น การวัดปริมาณน้ำเชื้อโดยใช้ Micropipette ความแรงของการเคลื่อนที่ของอสุจิ ประเมินภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า (ค่าคะแนน 0-5 คะแนน) การประเมินเปอร์เซ็นต์อสุจิมีชีวิตและรูปร่างปกติ โดยการย้อมสี Eosin nigrosin ตามวิธีของ Blom (1950) การประเมินรูปร่างของตัวอสุจิที่รอดชีวิตและรูปร่างปกติ ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 1,000 เท่า ซึ่งตัวอสุจิตายจะติดสีย้อมสีชมพู ส่วนตัวอสุจิรอดชีวิตจะไม่ติดสี โดยในกลุ่มอสุจิรอดชีวิตจะทำการจำแนกลักษณะผิดปกติ โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Lukaszewicz *et al.* (2008) ทำการนับจำนวนอสุจิตัวอย่างละ 300 ตัว นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์ตัวอสุจิรูปร่างปกติ การประเมินความเข้มข้นของตัวอสุจิโดยใช้อุปกรณ์นับเม็ดเลือด (Haemocytometer) (Vongpralub and Phasuk, 2007)

การทดลองที่ 2: การศึกษาอัตราการวางไข่ของแม่ไก่แดง เบตง และคอล่อน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) แบ่งแม่ไก่ออกเป็น 3 กลุ่ม (พันธุ์) สายพันธุ์ละ 30 ตัว รวม 90 ตัว เลี้ยงบนกรงขังเดี่ยว แยกเลี้ยงกรงขังเดี่ยว (กว้างxยาวxสูง) ขนาด 48x45x45 ซม. ได้รับอาหารวันละ 120 กรัมต่อตัวต่อวัน (อาหารไก่ทางการค้า มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 16 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำสะอาดกินแบบเต็มที่ ได้รับแสงวันละ 16 ชั่วโมง เปิดไฟฟ้าให้แสงช่วงแรกเวลา 05.00-06.00 น. ช่วงที่สอง เวลา 18.00-21.00 น. นำแม่ไก่แดง เบตง และคอล่อน ขึ้นเลี้ยงบนกรงขังก่อนเป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อให้แม่ไก่คุ้นชินกับกรงขัง จากนั้นทำการถ่ายพยาธิภายใน-ภายนอก และเลี้ยงจนแม่ไก่เริ่มวางไข่ของแรกคลอดของแต่สายพันธุ์ โดยทำการเก็บข้อมูลระยะเวลา 52 สัปดาห์ (ซ้ำ) คือ อายุการวางไข่ของแรกและน้ำหนักรไข่ อัตราการไข่และน้ำหนักรไข่ระยะเวลาหยุดวางไข่จนถึงกลับมาวางไข่

การทดลองที่ 3: ศึกษาประสิทธิภาพการผสมติดและอัตราการฟักออก วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) แบ่งแม่พันธุ์เพศไก่ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ไก่แดง เบตง และคอล่อน สายพันธุ์ละ 30 ตัว รวม 90 ตัว เลี้ยงบนกรงขังเดี่ยว แยกเลี้ยงกรงขังเดี่ยว (กว้างxยาวxสูง) ขนาด 48x45x45 ซม. ได้รับอาหารวันละ 120 กรัมต่อตัวต่อวัน (อาหารไก่ทางการค้า มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 16 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำสะอาดกินแบบเต็มที่ ได้รับแสงวันละ 12 ชั่วโมง เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิด ใช้น้ำเชื้อจากการทดลองที่ 1 พื้พันธุ์ ไก่แดง เบตง และ คอล่อน ที่มีคะแนนการเคลื่อนที่ ไม่น้อยกว่า 3.5 คะแนน ทำการเจือจางกับน้ำยาเจือจาง สูตร IGGKPh (Potassium citrate 0.14 กรัม, Sodium glutamate 1.40 กรัม, Dipotassium hydrogen phosphate 0.98 กรัม, Sodium dihydrogen phosphate 0.21 กรัม, Glucose 0.90 กรัม, Inositol 0.90 กรัม ค่า Osmolality 397 mOsm) (Surai and Whishart, 1996) ให้มีความเข้มข้นของอสุจิ

1,000×10⁶ เซลล์/มล. ทำการผสมเทียม โดยการฉีดน้ำเชื้อเข้าสู่ท่อไข่ ตามวิธีการของ Burrows and Quinn (1937) ใช้กระบอกฉีดยา ขนาด 1 มล. (Tuberculin syringe) บรรจุน้ำเชื้อ 0.1 มล. ที่มีความเข้มข้นของอสุจิ 100 ล้านเซลล์ สอดเข้าช่องคลอดลึกประมาณ 4 ซม. ในช่วงเวลา 15.00-17.00 น. ทดสอบไข่ทั้งหมด 5 ครั้ง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เก็บไข่เป็นเวลา 7 วัน เว้นระยะห่างระหว่างไข่ 14 วัน ทำการเก็บไข่ในวันที่ 3 ภายหลังการผสมเทียม นำไข่เข้าฟักสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยใช้ตู้ฟักไข่ระบบกลับไข่อัตโนมัติ ขนาด 500 ฟอง (อุณหภูมิ 37.5°C. ความชื้นสัมพัทธ์ 57-60 เปอร์เซ็นต์) การฟักตู้เกิด ขนาด 400 ฟอง (อุณหภูมิ 37°C. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์) ภายหลังการนำไข่เข้าฟัก 7 วัน นำไข่ฟักออกมาตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การผสมติด โดยการส่องไข่เพื่อดูการเจริญของคัพภะ นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การผสมติด ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การฟักออกเป็นตัวภายหลังการฟัก 21 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และ

เปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเมนต์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (SAS, 1997)

ผลการวิจัย

ปริมาณและคุณภาพน้ำเชื้อใน 1 ปี ของไก่แดง เบตง และคอล่อน

ผลของปริมาณและคุณภาพน้ำเชื้อของไก่แดง เบตง และคอล่อนในเวลา 1 ปี ดัง Table 1 และ Figure 1-3 พบว่าปริมาณน้ำเชื้อเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ไก่เบตงมีปริมาณน้ำเชื้อเฉลี่ยสูงกว่าไก่แดง และไก่คอล่อน ($P<0.01$) แต่ความเข้มข้นของอสุจิเฉลี่ยของไก่คอล่อนสูงกว่าไก่แดง ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากไก่เบตง ($P>0.05$) จำนวนอสุจิเฉลี่ยต่อการฉีดครั้งการฉีดของไก่เบตงนั้นสูงกว่าไก่แดง ($P<0.05$) และไก่คอล่อนเนื่องจากไก่เบตงนั้นมีปริมาณน้ำเชื้อที่รีดได้ในปริมาณที่สูงกว่าไก่แดงและไก่เบตง ถึงแม้จะมีความเข้มข้นของอสุจิต่ำกว่าก็ตาม ในด้านเปอร์เซ็นต์ อสุจิมิชีวิต อสุจิรูปร่างปกติ และคะแนนการเคลื่อนที่นั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 1 Semen quality and quantity in Dang, Betong and Naked Neck of the annual year

Parameter	Breed		
	Dang	Betong	Naked Neck
Volume (mL)	0.36±0.12 ^B	0.40±0.13 ^A	0.34±0.12 ^B
Sperm concentration (x10 ⁶ spz/mL)	3,875.50±262.80 ^b	3,732.2±187.70 ^b	4,002.70±194.80 ^a
Sperm per ejaculate (x10 ⁶ spz)	1,378.30±172.61 ^b	1,489.20±132.12 ^a	1,372.69±137.51 ^b
Sperm live (%)	91.51±2.33	91.63±2.92	93.00±2.21
Normal sperm (%)	90.12±2.21	92.17±2.86	91.79±2.11
Vigor score (1-5)	4.28±0.16	4.33±0.14	4.29±0.11

^{A,B} Means within row with no common superscript differ significantly ($P<0.01$).

^{a,b} Means within row with no common superscript differ significantly ($P<0.05$).

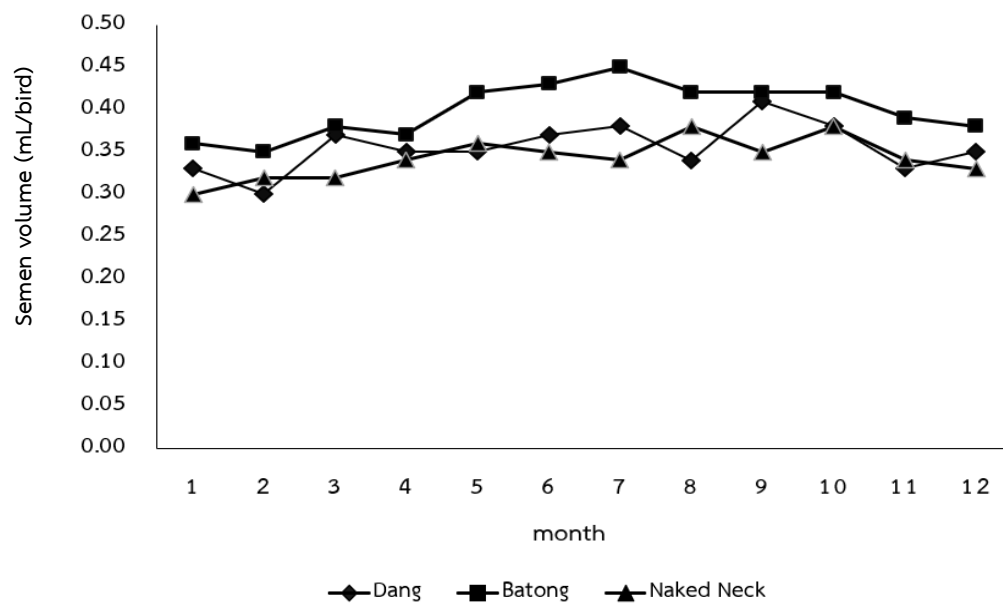


Figure 1 Semen volume in Dang, Betong and Naked Neck of the annual year

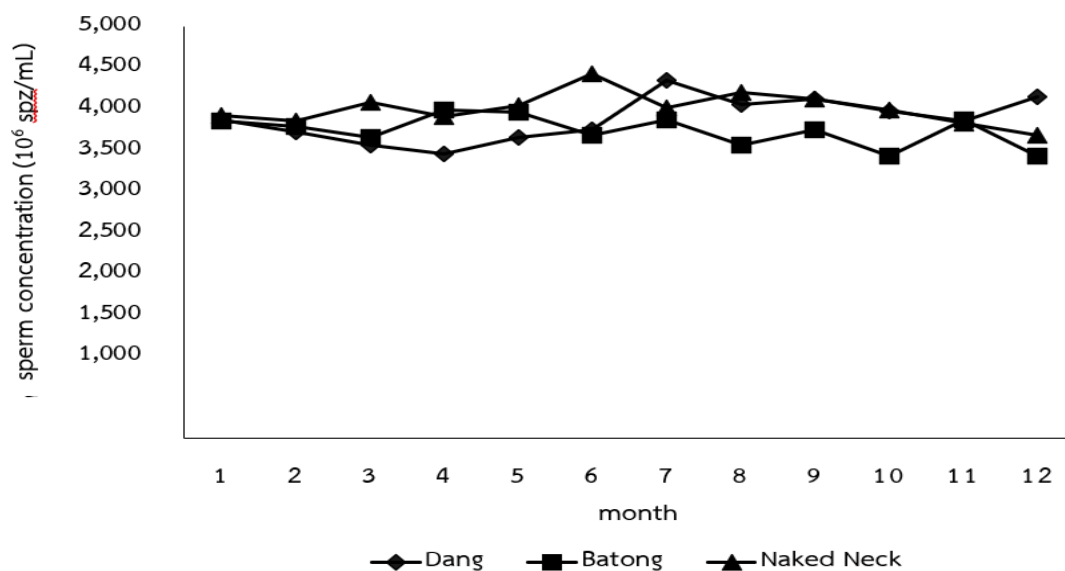


Figure 2 Semen concentration in Dang, Betong and Naked Neck of the annual year

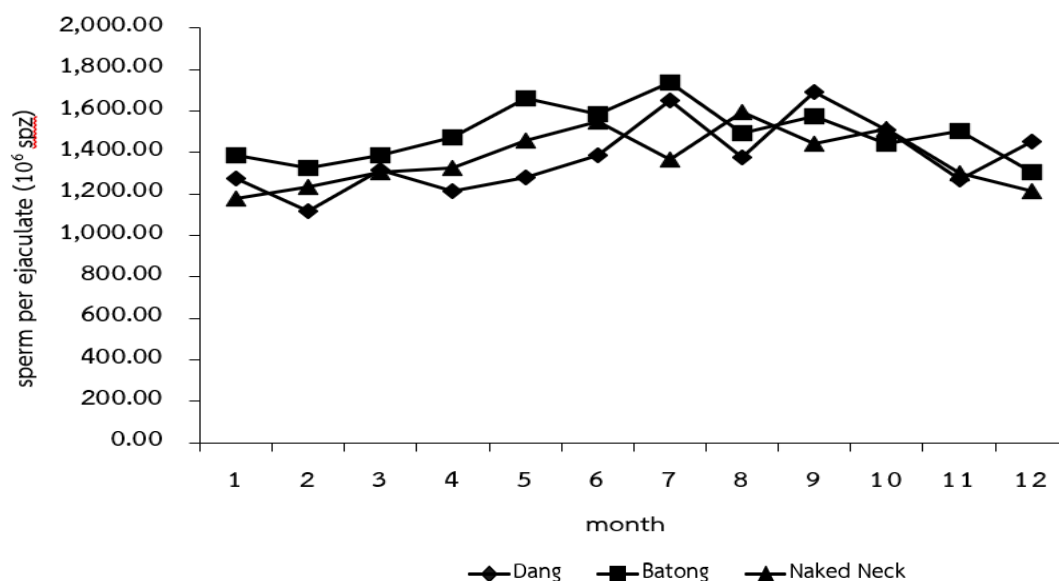


Figure 3 Semen per ejaculate in Dang, Betong and Naked Neck of the annual year

อัตราการไข่แม่พันธุ์ไก่แดง เบตง และคออ่อน เฉลี่ยในรอบ 1 ปี

อัตราการไข่ของไก่แดง เบตง และคออ่อนในรอบ 1 ปี ดัง Table 2 และ Figure 4-5 พบว่าอัตราการผลิตไข่ของไก่คออ่อนมีน้ำหนักฟองไข่เฉลี่ย 46.35 ± 9.05 กรัม/ฟอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.01$) กับไก่เบตงและไก่แดง ที่มีน้ำหนักฟองไข่เฉลี่ย

45.06 ± 9.33 และ 41.52 ± 8.13 กรัม/ฟอง ตามลำดับ แม่ไก่เบตงและแม่ไก่คออ่อน มีน้ำหนักตัวในการวางไข่ฟองแรก $1,650.25 \pm 190.75$ และ $1,680.36 \pm 125.53$ กรัม/ตัว ตามลำดับ ($P < 0.05$) สูงกว่าแม่ไก่แดง $1,580.50 \pm 110.15$ กรัม/ตัว โดยมีอายุการวางไข่ฟองแรกและปริมาณการไข่สะสมไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

Table 2 Egg production of Dang, Betong and Naked Neck chickens

Item	Breed		
	Dang	Betong	Naked Neck
Age at first egg laying (day)	162.20 $\pm$ 12.50	178.60 $\pm$ 12.35	158.20 $\pm$ 15.20
Body weight of first egg laying (g)	1,580.50 $\pm$ 110.15 ^b	1,650.25 $\pm$ 190.75 ^a	1,680.36 $\pm$ 125.53 ^a
Egg weight (g)	41.52 $\pm$ 8.13 ^C	45.06 $\pm$ 9.33 ^B	46.35 $\pm$ 9.05 ^A
Cumulative total egg number (egg)	146.50 $\pm$ 18.53	154.70 $\pm$ 22.04	153.40 $\pm$ 18.90

^{A,B} Means within row with no common superscript differ significantly ($P < 0.01$).

^{a,b} Means within row with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$).

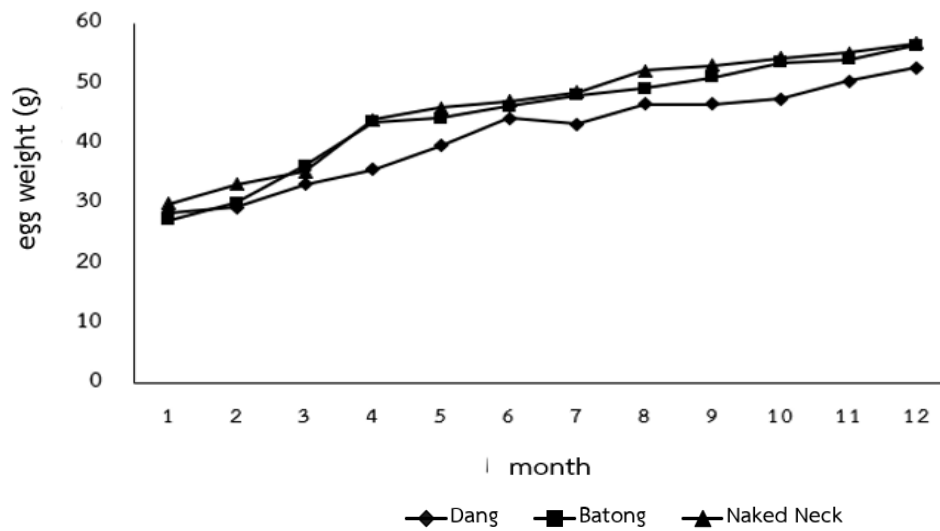


Figure 4 Egg weight in Dang, Betong and Naked Neck of the annual year

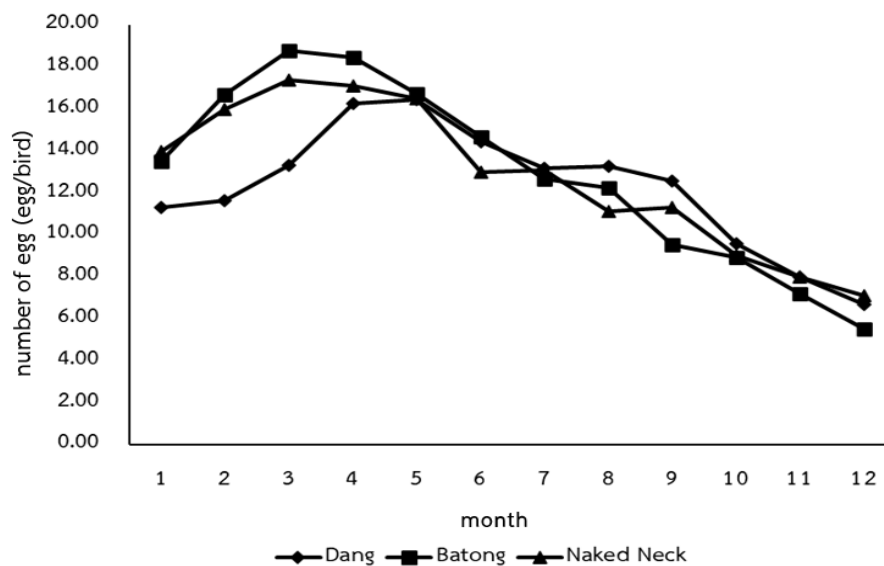


Figure 5 Egg number in Dang, Betong and Naked Neck of the annual year

อัตราการผสมติดจากการผสมเทียม

ผลการทดสอบอัตราการผสมติดของไก่แดง เบตง และคอล่อน ด้วยวิธีการผสมเทียม ด้วยน้ำยาเจือจางสูตร IGKPh จำนวน 1 ครั้งต่อสัปดาห์ พบว่าอัตราการ

ผสมติด อัตราการฟักออก และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักลูกไก่ ที่คำนวณจากน้ำหนักฟองไข่ นั้นไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Fertility rate and hatching with artificial insemination

Item	Breed		
	Dang	Betong	Naked Neck
Egg number	620	580	585
Egg weight (g)	44.48±0.78	45.31±1.51	46.39±0.98
Fertility rate (%)	87.59±3.23	86.56±2.92	86.76±2.75
Hatchability rate (%)	65.68±3.12	65.70±2.65	68.14±2.93
Hatchability rate (%) (calculated from fertile egg)	74.99±2.55	76.01±4.62	78.78±4.28
Chick weight (%) (calculated from egg weight)	65.85±0.83	66.10±0.87	66.43±0.75

^{A,B} Means within row with no common superscript differ significantly (P<0.01).

^{a,b} Means within row with no common superscript differ significantly (P<0.05).

วิจารณ์ผลการวิจัย

ไก่พื้นเมืองมีความสำคัญกับเกษตรกรไทยในทุกภูมิภาคของประเทศ ทั้งเลี้ยงไว้เป็นอาหาร เพื่อความสวยงาม และในเชิงเกมส์กีฬา นอกจากนั้นยังเกี่ยวข้องกับพิธีกรรมต่าง ๆ ที่จำเป็นเพราะต้องใช้ไก่พื้นเมืองเป็นส่วนประกอบสำคัญ ทำให้ราคาไก่พื้นเมืองและความต้องการไก่พื้นเมืองในบางช่วงเวลาสูง ประเทศไทยมีสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองที่หลากหลายกระจายอยู่ทั่วประเทศ แต่ด้วยการเกิดโรคระบาดที่รุนแรง และการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างไก่สายพันธุ์ต่างประเทศ และการปรับปรุงสายพันธุ์โดยมุ่งเน้นการทำสายพันธุ์ลูกผสม ปัจจัยเหล่านี้ อาจทำให้ไก่พื้นเมืองสายพันธุ์แท้ลดลง และขาดความหลากหลายทางชีวภาพ ในหลายประเทศมีการพัฒนารูปแบบในการอนุรักษ์พันธุ์กรรมสัตว์ปีก ด้วยการใช้เทคโนโลยีทางการสืบพันธุ์ เนื่องจากการอนุรักษ์โดยการรักษาสายพันธุ์เพียงอย่างเดียวนั้นเสี่ยงจากการระบาดของโรค ในประเทศไทยนั้นมีการศึกษาในด้านน้ำเชื้อสัตว์ปีก และการเก็บรักษาน้ำเชื้อไก่แบบแช่แข็งในสายพันธุ์ไก่เหลืองหางขาว (Boonmatan, 2013) ประดู่หางดำ (Chuaychu-noo, 2018) ไก่ดำมั่ง (Somtaw, 2015) ซึ่ง

ข้อมูลปริมาณและคุณภาพน้ำเชื้อ อัตราการไข่ อัตราการผสมติด นั้นเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาการเพาะขยายพันธุ์ โดยเฉพาะการผสมเทียม

ปริมาณและคุณภาพน้ำเชื้อไก่แดง เบตง และคอล่อน ซึ่งเป็นไก่พื้นเมืองที่มีเลี้ยงกันแพร่หลายในเขตภาคใต้ พบว่าปริมาณน้ำเชื้อที่รีดเก็บได้เฉลี่ยในรอบ 1 ปี ไก่เบตงมีปริมาณน้ำเชื้อสูงที่สุด 0.40±0.13 มล. ส่วนไก่แดงและไก่คอล่อนมีปริมาณน้ำเชื้อเฉลี่ย 0.36±0.12 และ 0.34±0.12 มล. ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของอสุจิ ไก่คอล่อน (4,002.7±194.8)×10⁶ เซลล์/มล. สูงกว่า ไก่แดงและเบตง (3,875.50±262.8)×10⁶ และ (3,732.2±187.7)×10⁶ เซลล์/มล. ตามลำดับ แต่จำนวนอสุจิต่อครั้งการรีดของไก่เบตง (1,489.20±132.12)×10⁶ เซลล์ นั้นสูงกว่า ไก่แดงและไก่คอล่อน (1,378.30±172.61)×10⁶ และ (1,372.69±137.51)×10⁶ เซลล์ ส่วนเปอร์เซ็นต์อสุจิรอดชีวิต อสุจิรูปร่างปกติและคะแนนการเคลื่อนที่นั้นไม่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณน้ำเชื้อใกล้เคียงกับ Khongsen and Boomkaew (2013) ที่พบว่าไก่พื้นเมืองไทยมีน้ำเชื้อประมาณ 0.33 มล. และ Sonseeda *et al.* (2013) ที่ทำการศึกษาในไก่ประดู่หางดำ เหลืองหางขาว และซีพบว่าน้ำเชื้อเฉลี่ย 0.33±0.02 มล. ปริมาณและคุณภาพ

น้ำเชื้อของไก่พื้นเมืองไทยในรอบ 1 ปี ไม่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น เนื่องจากไก่พื้นเมืองไทยมีความสามารถในการทนร้อนได้สูงกว่าไก่พื้นเมืองลูกผสมไทยและไก่เนื้อทางการค้า จึงทำให้ไก่พื้นเมืองไทยปรับตัวได้ดี ทำให้เกิดความเครียดน้อย การหลั่งของฮอร์โมน Gonadotropin จึงเป็นปกติทำให้คุณภาพน้ำเชื้อไม่มีความแตกต่างในรอบปี (Aengwanich, 2008; Duangduen, 2008) ซึ่งไก่พื้นเมืองไทย เหลืองหางขาว ประดู่หางดำ และซี นัน Ampaporn (2010) รายงานว่าพันธุ์ของไก่พื้นเมืองไทยทั้งสามพันธุ์ดังกล่าว มีความใกล้เคียงกันทางพันธุกรรม อาจเป็นสาเหตุทำให้ไม่พบความแตกต่างของสายพันธุ์ต่อคุณภาพน้ำเชื้อสด แต่ในไก่แดง เบตง และคอลลอน จากประวัติความเป็นมา รูปร่างภายนอกนั้นแตกต่างกัน แต่ยังไม่มียางานการศึกษาทางพันธุกรรม อาจมีส่วนทำให้ปริมาณน้ำเชื้อแตกต่างกัน สอดคล้องกับรายงานของ Hammerstedt (1995) ปัจจัยสำคัญที่ทำให้คุณภาพของน้ำเชื้อแตกต่างกัน ได้แก่ สายพันธุ์ อายุ และสภาพแวดล้อม ความแตกต่างระหว่างตัวผู้และสายพันธุ์มีผลต่อคุณภาพและความสำเร็จของพันธุ์ของน้ำเชื้อแช่แข็ง คุณภาพของน้ำเชื้อเป็นตัวบ่งชี้ที่ดี ถึงประสิทธิภาพของระบบสืบพันธุ์ โดยทั่วไปจะสามารถรีดเก็บน้ำเชื้อได้ประมาณ 100-800 ไมโครลิตร มีจำนวนเซลล์สpermatozoa 5.7×10^9 เซลล์/มล. (Etches, 1996; Gee, 1995) จากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาไก่แดง เบตง และคอลลอน สามารถเป็นแนวทางในการศึกษาการเก็บรักษาเซลล์สpermatozoa ในรูปน้ำเชื้อแช่เย็นและน้ำเชื้อแช่แข็งต่อไป

สมรรถภาพในการผลิตไข่ของไก่แดง เบตง และคอลลอน มีความแตกต่างกันในส่วนของน้ำหนักตัว การให้ไข่ฟองแรกแม่ไก่เบตงและแม่ไก่คอลลอนมีน้ำหนักตัว $1,650.25 \pm 190.75$ และ $1,680.36 \pm 125.53$ กรัมต่อตัว ตามลำดับ สูงกว่าแม่ไก่แดง $1,580.50 \pm 110.15$ กรัมต่อตัว ส่วนน้ำหนักไข่เฉลี่ยของไก่คอลลอน 46.35 ± 9.05 กรัมต่อฟอง รองลงมา ได้แก่ ไก่เบตง และไก่แดง 45.06 ± 9.33 และ 41.52 ± 8.13 กรัมต่อฟอง ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักและ

ขนาดของฟองไข่นั้นขึ้นอยู่กับพันธุกรรม อาหาร อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม และอายุ ซึ่งจากการพิจารณาขนาดฟองไข่ไก่แดง เบตง และคอลลอน พบว่าเมื่ออายุการไข่เพิ่มขึ้น ไก่ทั้งสามสายพันธุ์มีขนาดของฟองไข่เพิ่มขึ้น (Lokaewmanee, 2014) แต่อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า จำนวนการไข่สะสมของไก่แดง เบตง และคอลลอน เท่ากับ 146.50 ± 18.53 , 154.70 ± 22.04 และ 153.40 ± 18.90 ฟองต่อปี ตามลำดับ ซึ่งเป็นจำนวนที่สูงกว่ารายงานของกรมปศุสัตว์ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการไข่ของพื้นเมืองไทย และรายงานของ Chanjula *et al.* (2004) รายงานว่าไก่เบตงให้ไข่ปีละ 60 ฟอง ทั้งนี้ อาจเกิดจากระยะเวลาที่ผ่านมามีการพัฒนาคัดเลือกสายพันธุ์พื้นเมืองให้มีผลผลิตไข่ที่สูงขึ้น

อัตราการผสมติดและอัตราการฟักออกของไก่แดง เบตง และคอลลอน ด้วยวิธีการผสมเทียม ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยของการผสมติดนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพเบื้องต้นของน้ำเชื้อ ซึ่งไก่ที่ทำการศึกษามีคุณภาพน้ำเชื้อที่ผ่านการประเมินคุณภาพน้ำเชื้อเบื้องต้น และใช้น้ำยาเจือจางที่มีสารที่เป็นประโยชน์ต่อสpermatozoa ในระบบสืบพันธุ์ช่วยรักษาคุณภาพน้ำเชื้อ ส่งผลให้อัตราการผสมติดไม่แตกต่างกัน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ไก่คอลลอนมีอัตราการผสมติด อัตราการฟักออก และอัตราการฟักออกคิดจากไข่มีเชื้อ เท่ากับ 86.76 ± 2.75 , 68.14 ± 2.93 และ 78.78 ± 4.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ารายงานของ Odthorn *et al.* (2009) พบว่าการผสมเทียมไก่คอลลอนด้วยน้ำเกลือ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ มีอัตราการผสมติด 81.48 เปอร์เซ็นต์ อัตราการฟักออก 57.23 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการวิจัย

ปริมาณน้ำเชื้อและคุณภาพน้ำเชื้อเฉลี่ยของไก่แดง เบตง และคอลลอน เฉลี่ยในรอบ 1 ปี พบว่า ไก่เบตงมีปริมาณน้ำเชื้อเฉลี่ย 0.40 ± 0.13 มล. สูงกว่าไก่แดง และไก่คอลลอน 0.36 ± 0.12 และ 0.34 ± 0.14 มล. ตามลำดับ แต่ไก่คอลลอน มีความเข้มข้นของอสุจิลดลง

$(4002.7 \pm 194.80) \times 10^6$ เซลล์/มล. สูงกว่าไก่แดง และไก่เบตง $(3,875.50 \pm 262.8) \times 10^6$ และ $(3,732.2 \pm 187.70) \times 10^6$ เซลล์/มล. ตามลำดับโดยไก่เบตง มีจำนวนอสุจิเฉลี่ยต่อการรีด $(1,489.20 \pm 132.12) \times 10^6$ เซลล์ สูงกว่าไก่คอลอน และไก่แดง $(1,378.30 \pm 172.61) \times 10^6$ และ $(1,372.69 \pm 137.51) \times 10^6$ เซลล์/มล. ส่วนเปอร์เซ็นต์อสุจิ รอดชีวิต อสุจิรูปร่างปกติ และเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกัน

การให้ผลผลิตไข่ของแม่ไก่ในรอบ 1 ปี พบว่าแม่ไก่คอลอนมีน้ำหนักฟองไข่เฉลี่ย 46.35 ± 9.05 กรัม/ฟอง สูงกว่าไก่แดง และไก่เบตง 41.52 ± 8.13 และ 45.06 ± 9.33 กรัม/ฟอง ตามลำดับ แม่ไก่เบตงและแม่ไก่คอลอนมีน้ำหนักตัวในการวางไข่ฟองแรก $1,650.25 \pm 190.75$ และ $1,680.36 \pm 125.53$ กรัม/ตัว ตามลำดับ สูงกว่าแม่ไก่แดง $1,580.50 \pm 110.15$ กรัม/ตัว อัตราการผสมติดด้วยวิธีการผสมเทียม และประสิทธิภาพการฟักออกของไข่ทั้งสามสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปี พ.ศ. 2564 เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาปริมาณและคุณภาพน้ำเชื้อของไก่พื้นเมืองภาคใต้ เพื่อการอนุรักษ์พันธุ์กรรม และการขยายพันธุ์ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ ในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และการสนับสนุนการดำเนินโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Aengwanich, W. 2008. Comparative ability to tolerance heat between Thai indigenous, Thai indigenous crossbred and broilers chicken by using percentage of lymphocyte. *Inter Journal Poultry Science* 7: 1071-1073.
- Ampaporn, K. 2010. **The Study of Genetic Diversity and Genetic Structure Comparison Between Red Jungle Fowls and Thai Native Chicken by Microsatellites.** Master Thesis. Khon Kaen University. 115 p. [in Thai]
- Blesbois, E., F. Seigneurin, I. Grasseau, C. Limouzin, J. Besnard, D. Gourichon, G. Coquerella, P. Raut and M. Tixier-Boichard. 2007. Semen cryopreservation for *ex-situ* management of genetic diversity in chickens creation of the French avian cryo bank. *Poultry Science* 86: 555-564.
- Blom, E. 1950. A one – minute live-dead sperm stain by means of eosin-nigrosin. International. *Journal of Fertility and Sterility* 1: 176-177.
- Boonmatan T. 2013. **Cold and Frozen Storage of Native Chicken “Leung Hang Kao” Semen.** Master Thesis. Suranaree University of Technology. 121 p. [in Thai]

- Burrows, W.H. and J.P. Quinn. 1937. The collection of spermatozoa from the domestic fowl and turkey. **Poultry Science** 14: 19-24.
- Chanjula, P., W. Wanichapichart, T. Thongchumroon and S. Laochareonsuk. 2004. Village Betong chicken production in three Southernmost Thailand: a study of phenotypic characteristics, growth, carcass, yield and egg performance of Betong chickens. **Journal of Agriculture** 20(3): 278-288.
- Chuaychu-noo, N. 2018. **The Quantity Improvement of Cryopreservation Semen Production in Roosters**. Doctoral Dissertation. Khon Kaen University. 101 p. [in Thai]
- Duangduen, C. 2008. **Influence of hsp70 Gene Variation on Heat Tolerance in Thai Native Chickens**. Master Thesis. Khon Kaen University. 103 p. [in Thai]
- Etches, R.J. 1996. **Reproduction in Poultry**. Cambridge: CAB International. 320 p.
- Gee, G.F. 1995. Artificial Insemination and Cryopreservation of Semen from Non Domestic Birds. pp. 262-279. *In* Bakst M.R. and G.J. Wishart. **Proceedings of the First International Symposium on the Artificial Insemination of Poultry**. Savoy, IL: Poultry Science Association, Inc.
- Hammerstedt, R.H. 1995. Cryopreservation of Poultry Semen Current Status and Economics. pp. 229-250. *In* Bakst M.R. and G.J. Wishart. **Proceedings of the First International Symposium on the Artificial Insemination of Poultry Science**. Savoy, IL: Poultry Science Association.
- Information and Communication Technology Center, Department of Livestock Development. 2021. **Database system for farmers**. [Online]. Available <https://opendata.nesdc.go.th/dataset/d7681470-0120-47ab-8315-5cd28b9539c8/resource/1b116b37-ce19-415d-ae04-dd734add184f/download/-2564.pdf> (October 25, 2022). [in Thai]
- Intharachote, U., A. Leotaragul, T. Choimai, T. Jeendoung and C. Prapasawat. 2018. **Foundation Stock of 4 Bred Thai Indigenous Chicken**. 85 p. *In* Research Report. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). [in Thai]
- Khongsen, M. and P. Boomkaew. 2013. Quantity and quality of semen in chicken. **Princess of Narathiwat University Journal** 5(4): 144-152. [in Thai]
- Lokaewmanee, K. 2014. Factors influencing egg quality. **Kasetsart Extension Journal** 60(2): 1-8. [in Thai]

- Lukaszewicz, E., A. Jerysz, A. Partyka and A. Siudzinska. 2008. Efficacy of evaluation of rooster sperm morphology using different staining methods. **Research in Veterinary Science** 85(3): 583-588.
- Odthon, W., W. Wanicharpichart and V. Supasiripong. 2009. **Selection and Breeding Improvement of Naked Neck Chicken**. 40 p. *In* Research Report. Songkhla: Thaksin University. [in Thai]
- Saeid, J.M., and K.A. Al-soudi. 1975. Seasonal variation in semen characteristics of White Leghorn, New 178 Hampshire and Indigenous chicken in Iraq. **British Poultry Science** 16(1975): 97-102.
- SAS. 1997. **Institute. Inc. SAS/STAT User's Guide: Version 6.12.4 th ed.** Carry North Carolina: SAS Institute Inc. 1848 p.
- Somtaw S. 2015. **Annual Variation on Semen Characteristic and Frozen Semen Quality of Hmong Black-Bone Chicken**. Master Thesis. Khon Kaen University. 110 p. [in Thai]
- Sonseeda, P., T. Vongpralub and B. Laopaiboon. 2013. Effects of environmental factors ages and breeds on semen characteristics in Thai indigenous chickens: a one year study. **The Thai Journal of Veterinary Medicine** 43(3): 347-352.
- Surai, P.F. and G.J. Wishart. 1996. Poultry artificial insemination technology in the countries of the former USSR. **World Poultry Science Journal** 52: 27-43.
- Vongpralub, T and Y. Phasuk. 2007. **Development of Frozen Semen Storage Techniques and Artificial Insemination of Native Chickens**. 115 p. *In* Research Report. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). [in Thai]

ประเภทของแผ่นรองพื้นต่อพฤติกรรมความชอบของไก่ในการทดสอบแบบให้เลือกอิสระ Types of Floor Materials on Preference of Chickens Using Free Choice Test

จิราวรรณ สอนพิชัย¹ พรรณวดี โสพรรณรัตน์¹ และจำเริญ เทียงธรรม^{1,2*}

Jirawan Sonpichai¹, Panwadee Sopannarath¹ and Jamroen Thiengtham^{1,2*}

¹ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

²วิทยาลัยบูรณาการศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

²School of Integrated Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author: agrjat@ku.ac.th

Received: April 29, 2024

Revised: January 04, 2025

Accepted: January 15, 2025

Abstract

Improving living conditions for the chickens in response to their natural needs is an important factor in promoting their welfare status within the current farming system. This study aimed to determine the effects of different floor materials and times of the day on the free-choice test results of 18 male - KU Betong cockerels using four different materials (net mat, net mat with scourer, artificial turf, and tile). The number of contacts with different floor materials chosen by the chickens during three different periods over four consecutive test days (i.e. 10.00-12.00 a.m., 13:00-15:00 p.m., and 15:00-17:00 p.m.) was recorded. The overall results showed that artificial turf was the most selected material ($P < 0.05$). The chickens had more active contact with the test materials during 10:00 a.m. to 12:00 a.m. than at any other time of the day ($P < 0.05$). The test days had a significant impact on the type of floor materials selected by the chickens. This choice test results from the 1st to 3rd test days in this study were likely due to a of novel object test -i.e. a fear test response to a particular unfamiliar new object for the chickens. Afterward, the influence of fear may have diminished through experience, learning, and adaptation from the 4th test day onwards. Most chickens preferred artificial turf as it appeared similar to natural grass and potentially served as a main sign stimulus for triggering responses according to their natural behavioral needs. Further studies on the effect of artificial turf provision on natural behavior expression and farm bird performance may be beneficial in promoting their welfare status within the current production system.

Keywords: floor materials, preference test, animal welfare, chickens

บทคัดย่อ

การปรับปรุงสภาพความเป็นอยู่ของไก่เพื่อตอบสนองต่อความต้องการตามธรรมชาติ เป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมสวัสดิภาพสัตว์ในระบบการเลี้ยง ปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความชอบของไก่ต่อประเภทแผ่นรองพื้นและช่วงเวลาของวันโดยให้เลือกอย่างอิสระ ใช้ไก่เพศผู้พันธุ์เบตง (สายเคยู) อายุ 38 สัปดาห์ จำนวน 18 ตัว ทดสอบการเข้าใช้แผ่นรองพื้นคอก 4 ประเภท (แผ่นตาข่าย ตาข่ายเสริมใยขัด หญ้าเทียมพลาสติก และกระเบื้อง) เก็บข้อมูลความชอบจากการสังเกตจำนวนครั้งที่ไก่เข้าใช้แผ่นรองพื้นในแต่ละช่วงเวลา (10.00-12.00 น., 13.00-15.00 น. และ 15.00-17.00 น.) ทดสอบเป็นเวลา 4 วันติดต่อกัน พบว่าไก่เข้าใช้แผ่นหญ้าเทียมพลาสติกมากที่สุด ($P < 0.05$) และเข้าใช้แผ่นรองพื้นในช่วงเวลา 10.00-12.00 น. มากกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ ($P < 0.05$) ทั้งนี้ยังพบอิทธิพลของวันที่ทดสอบมีผลต่อการเข้าใช้แผ่นรองพื้นของไก่ โดยช่วงระหว่างการทดสอบวันที่ 1-3 เป็นการตอบสนองต่อสิ่งแปลกใหม่ที่ไก่ไม่เคย (Novel object test) ซึ่งเป็นการทดสอบความกลัวอย่างหนึ่ง เมื่อวันทดสอบผ่านไปจะพบอิทธิพลความกลัวลดลงจากประสบการณ์เรียนรู้และการปรับตัวในวันที่ 4 เป็นต้นไป ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไก่มีความชอบแผ่นหญ้าเทียมที่มีลักษณะคล้ายกับหญ้าธรรมชาติและเลือกใช้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการทางพฤติกรรม ดังนั้น จึงควรศึกษาผลการใช้แผ่นหญ้าเทียมต่อการแสดงออกทางพฤติกรรมธรรมชาติและประสิทธิภาพการผลิตของไก่ในระบบการเลี้ยงเพิ่มเติมเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้จัดการสิ่งแวดล้อมโดยคำนึงถึงสวัสดิภาพสัตว์ในการเลี้ยงสมัยใหม่

คำสำคัญ: แผ่นรองพื้น การทดสอบความชอบ สวัสดิภาพสัตว์ ไก่

คำนำ

หลักสวัสดิภาพสัตว์ (Animal welfare) ได้รับการยอมรับว่าเป็นมาตรฐานหรือแนวทางการคุ้มครองสัตว์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก (Shimmura *et al.*, 2018) การจำกัดพื้นที่การเลี้ยงอาจทำให้ไก่ถูกจำกัดหรือมีรูปแบบการแสดงออกทางพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งสาเหตุหนึ่งเกิดจากสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยหรือไม่มีสิ่งกระตุ้นปลดปล่อย (Sign stimuli) ให้สัตว์ได้แสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติ ไก่จะมีสภาวะอารมณ์เชิงลบจากการไม่ได้แสดงพฤติกรรมตามความต้องการ ส่งผลต่อระดับฮอร์โมนความเครียด หรือ Corticosterone ในเลือดที่เพิ่มสูงขึ้น (Altan *et al.*, 2003) อาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพและสวัสดิภาพอย่างร้ายแรงในระหว่างระยะเวลาการให้ผลผลิต (Tactacan *et al.*, 2009) ทั้งนี้ มีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหลักสวัสดิภาพสัตว์ในฟาร์มของสหภาพยุโรปโดย Directive 1999/74/EC กำหนดว่ากรงที่ใช้สำหรับเลี้ยงไก่จะต้องเอื้ออำนวยต่อไก่ในการแสดงพฤติกรรมธรรมชาติ เพื่อส่งเสริมสวัสดิภาพสัตว์ (European Union, 1999) ระบบการเลี้ยงแบบเสริมอุปกรณ์ (Furnished cages) เป็นระบบที่ส่งเสริมพฤติกรรมเชิงบวกและให้ไก่มีกิจกรรมเพิ่มขึ้น (Hemsworth and Edwards, 2020) ช่วยให้ไก่มีแรงจูงใจในการแสดงออกทางพฤติกรรมธรรมชาติ เพื่อการตอบสนองต่อหลักสวัสดิภาพสัตว์มากขึ้น (Appleby *et al.*, 2002; Li *et al.*, 2016; Krivankova *et al.*, 2020) การเสริมแผ่นรองพื้นในระบบการเลี้ยงเป็นการเพิ่มพื้นที่สำหรับจิกและคุ้ยเขี่ย (Wall and Tauson, 2013; Guinebretière *et al.*, 2014; Shimmura *et al.*, 2018; Moroki, 2020) ซึ่ง เป็นพฤติกรรมสำคัญต่อไก่ (Shimmura *et al.*, 2010) โดยแผ่นรองพื้นสามารถกระตุ้นให้ไก่แสดงพฤติกรรมที่ต้องใช้พลังงานในการเคลื่อนไหวร่างกาย โดยเฉพาะการออกกำลังบริเวณส่วนขา เช่น การเดิน การคุ้ยเขี่ยหาอาหาร

และการอาบฝุ่น (Arnould *et al.*, 2004) และเป็นปัจจัยที่ช่วยลดปัญหาสุขภาพจากการที่ไก่มีกิจกรรมเพิ่มขึ้น (Mench *et al.* 2001) ถือเป็นหนึ่งในดัชนีที่ชี้วัดถึงความเป็นอยู่ของสัตว์อย่างมีสวัสดิภาพ โดยการที่สัตว์ต้องมีความสุขกายและสุขภาพจิตที่ดี (Dawkins, 1999) ดัชนีการวัดทางด้านสุขภาพกายสามารถประเมินได้ง่าย ตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า ในขณะที่ดัชนีการวัดทางด้านสุขภาพจิตของสัตว์มีความซับซ้อนกว่า (Duncan, 1993) สัตว์ที่มีสุขภาพจิตดีเป็นการบ่งบอกว่า สภาพแวดล้อมความเป็นอยู่นั้นปราศจากสภาวะทางอารมณ์ด้านลบ เช่น ความเจ็บปวด ความไม่สบายกาย ความเค้นภายในใจ และความหิว (Dawkins, 1999) การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์จึงมีความสำคัญต่อระบบการผลิต เพื่อเป็นการรักษาระดับสวัสดิภาพของไก่และประสิทธิภาพการผลิตที่ดี (Hemsworth, 2021)

พฤติกรรมความชอบ (Preference) ถือเป็นแรงจูงใจเชิงบวก โดยหากสัตว์มีระดับแรงจูงใจให้แสดงบางพฤติกรรมสูงนั้นหมายถึงความสำคัญของการแสดงพฤติกรรมนั้นมากเช่นกัน (Dawkins, 1999) เมื่อสัตว์มีแรงจูงใจที่จะแสดงพฤติกรรมแต่สภาพแวดล้อมไม่มีสิ่งกระตุ้นปลดปล่อยให้แสดงพฤติกรรมเหล่านั้น จะเป็นการบ่งบอกถึงสภาพแวดล้อมมีสวัสดิภาพที่ไม่เหมาะสม (Kirkden and Pajor, 2006) โดยตามธรรมชาติสัตว์มักจะเข้าเลือกสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดความสะดวกสบายและความพึงพอใจ แต่จะหลีกเลี่ยงสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดความทรมานทุกข์ทรมาน (Dawkins, 1980) พฤติกรรมความชอบจึงถือเป็นพฤติกรรมที่ใช้เป็นดัชนีวัดระดับแรงจูงใจในการเลือกสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากมุมมองของสัตว์ (Broom, 1998) ดังนั้น การทดสอบความชอบ (Preference test) เป็นการทดสอบที่สามารถทำความเข้าใจต่อความต้องการทางจิตวิทยาจากมุมมองของสัตว์ (Dawkins, 1999) โดยเป็นวิธีการทางอ้อมในการประเมินสวัสดิภาพสัตว์บนพื้นฐานที่ความชอบและพฤติกรรมที่อาจมีความสำคัญต่อสัตว์ (Arnold and Hemsworth, 2013) ทั้งนี้เทคนิคการทดสอบแบบให้เลือกอิสระ (Free

choice test) เป็นเทคนิคที่ช่วยตัดสินใจเลือกหรือจัดหาสิ่งที่เหมาะสม เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงสภาพการเลี้ยงที่ดีขึ้น โดยสัตว์มีอิสระในการเลือกได้หลากหลายชนิดพร้อม ๆ กัน เพื่อนำมาจัดลำดับความชอบของสัตว์จากมากไปหาน้อยและสะท้อนถึงระดับของแรงจูงใจ กล่าวคือแรงจูงใจต่อสิ่งกระตุ้นปลดปล่อยเฉพาะ (Specific sign stimuli) สามารถนำไปสู่การเลือกของสัตว์หรือเลือกสิ่งใดสิ่งหนึ่งมากกว่าสิ่งอื่น ๆ (Muangchum *et al.*, 2015) ทั้งนี้ประเทศไทยยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบความชอบของไก่ด้วยเทคนิคแบบให้เลือกอิสระน้อยมาก การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความชอบของไก่ต่อประเภทแผ่นรองพื้นและช่วงเวลาของวัน ด้วยเทคนิคให้เลือกอย่างอิสระภายในคอก โดยเปรียบเทียบความชอบจากการเข้าใช้แผ่นรองพื้น 4 ประเภท (แผ่นตาข่าย ตาข่ายเสริมใยขัด หญ้าเทียมพลาสติก และกระเบื้อง) ในแต่ละช่วงเวลา (10.00-12.00 น., 13.00-15.00 น. และ 15.00-17.00 น.) เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางการทดสอบเบื้องต้นมาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับปฏิกิริยาของสัตว์โดยการเสริมอุปกรณ์ภายในคอก เป็นการปรับปรุงสภาพการเลี้ยงให้ใกล้เคียงกับความต้องการสัตว์ เพื่อให้ระดับของสวัสดิภาพสัตว์ดีขึ้นในระบบการเลี้ยงแบบขังภายในโรงเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและอุปกรณ์

ไก่เพศผู้พันธุ์เบตง (สายเคยู) อายุ 38 สัปดาห์ น้ำหนักตัวเฉลี่ย 2.80-3.00 กก. จำนวน 18 ตัว (9 ตัว/คอก) เลี้ยงและทดลองในโรงเรือนเดียวกัน โดยไก่แต่ละคอกจะได้รับโอกาสเข้าเลือกใช้แผ่นรองพื้น 4 ประเภท คือ แผ่นตาข่าย ตาข่ายเสริมใยขัด หญ้าเทียมพลาสติก และกระเบื้อง (Figure 1) การทดลองครั้งนี้ได้รับการอนุมัติและดำเนินการตามแนวทางของคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (คกส.) โครงการเลขที่ ACKU66-AGR-007 และใบอนุญาตใช้สัตว์เลขที่ U1-10407-2565

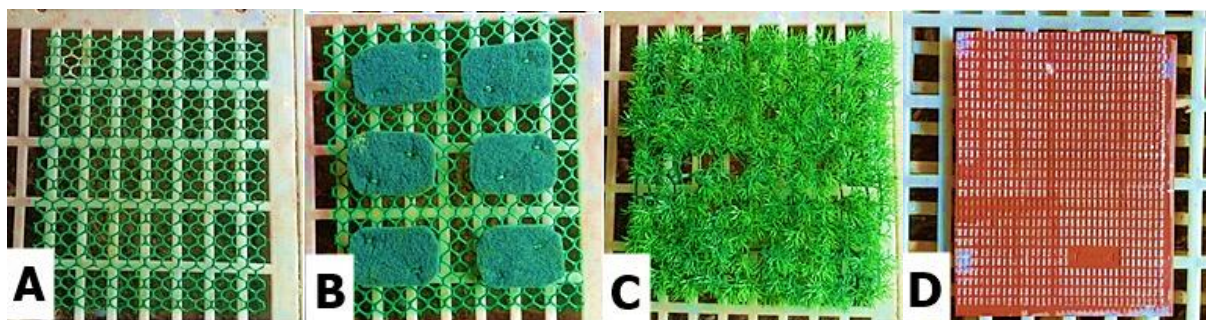


Figure 1 Four different materials (A = net mat; B = net mat with scourer; C = artificial turf; D = tile)

โรงเรือน

ไก่ทุกตัวถูกเลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดแบบพื้นสแลต ลักษณะพื้นคอกยกสูงจากพื้นดินและปูด้วยสแลตพลาสติก ซึ่งคอกมีขนาด 3x3 ตร.ม. ด้านข้างทั้งสี่ด้านมีตาข่ายลวดกัน มีระบบให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (Nipple) และให้อาหารแบบถังแขวน จำนวน 2 ถัง ไก่ได้รับอาหารสำเร็จรูปสูตรทางการค้าที่มีปริมาณองค์ประกอบทางโภชนาการ คือ พลังงานรวม 2,900 กิโลแคลอรี/กก. และ

มีโปรตีนรวม 16% ได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ (*ad libitum*) ใช้พัฒนากระบวยอากาศจำนวน 4 ตัว อยู่บริเวณส่วนกลางและท้ายของโรงเรือน แผ่นรองพื้นแต่ละแผ่นมีขนาด 20x25 ตร.ซม.หนา 3 มม. นำเข้าทดสอบภายในคอกที่ไก่อาศัยอยู่เดิม วางไว้บริเวณทั้งสี่ด้านของคอกโดยการสุ่มจนครบทั้ง 4 ตำแหน่งในแต่ละคอก และยึดแผ่นรองพื้นติดกับพื้นสแลต (Figure 2)

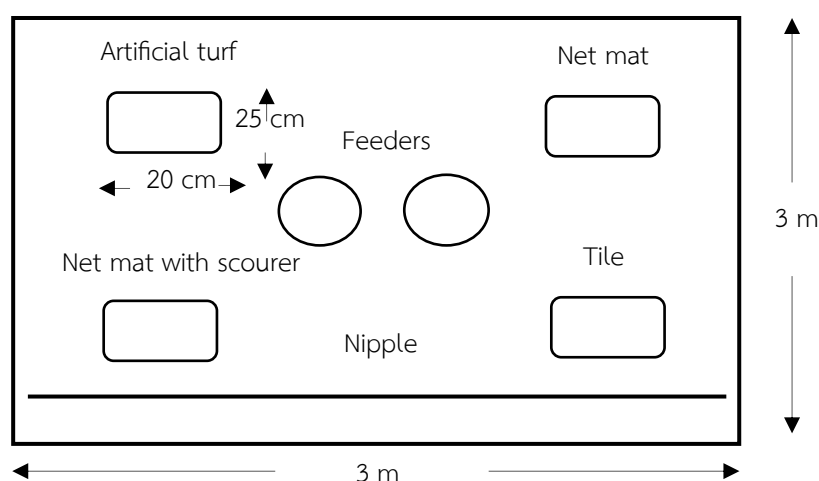


Figure 2 Experimental pen set up for a free-choice test with four different materials, randomly allocated to each corner of the pen

การสังเกตและบันทึกพฤติกรรม

การทดสอบพฤติกรรมความชอบของไก่ด้วยเทคนิคให้เลือกอย่างอิสระ สังเกตและบันทึกจำนวนครั้งที่ไก่เข้าใช้แผ่นรองพื้นแต่ละประเภทภายในคอกทดสอบไก่สามารถเลือกแผ่นรองพื้นได้อย่างอิสระมากกว่า 1 ประเภท และไม่จำกัดจำนวนครั้งที่เข้าใช้แผ่นรองพื้นในแต่ละช่วงเวลาที่บันทึก ทำการสังเกตด้วยสายตาเปล่าและการบันทึกด้วยกล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหว เริ่มสังเกตใน 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า (10.00-12.00 น.) ช่วงบ่าย (13.00-15.00 น.) และช่วงเย็น (15.00-17.00 น.) ภายในสองชั่วโมงทำการสังเกต 15 นาที พัก 5 นาที และดำเนินการเช่นนี้จนครบช่วงเวลา (จำนวนครั้ง/90 นาที) โดยทดสอบ 4 วันติดต่อกัน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดที่เก็บรวบรวมจากการสุ่มจะถูกนำมาตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้คำสั่ง PROC UNIVARIATE ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS OnDemand for Academics (SAS Institute Inc., 2014) ก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยข้อมูลพฤติกรรมทางเลือกของไก่เพื่อเข้าใช้แผ่นรองพื้นในแต่ละช่วงเวลา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนการทดลองแบบ 4×3 Factorial in Randomized Complete Block Design กำหนดปัจจัยของแผ่นรองพื้น ได้แก่ แผ่นตาข่าย ตาข่ายเสริมใยขัด หญ้าเทียมพลาสติก และกระเบื้อง ปัจจัยด้านช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเช้า ช่วงบ่าย และช่วงเย็น โดยมีการวัดซ้ำ (Repeated measurement) ในวันที่ทดสอบทั้งหมด 4 วันติดต่อกัน ทดสอบอิทธิพลและอิทธิพลร่วมของปัจจัยโดยใช้คำสั่ง PROC MIXED (SAS Institute Inc., 2014) ซึ่งมีแบบหุ่ดังนี้

$$y_{ijkl} = \mu + blk_i + T_j + P_k + (T*P)_{jk} + \delta_{i(jk)} + D_l + (T*D)_{jl} + (P*D)_{kl} + (T*P*D)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$y_{ijklm} = \text{ค่าสังเกตของจำนวนครั้งที่ไก่เข้าใช้แผ่นรองพื้นที่ } j \text{ ช่วงเวลาที่ } k \text{ ในวันที่ทดสอบที่ } l \text{ บล็อกคอกที่ } i$$

blk_i = อิทธิพลคงที่เนื่องจากบล็อกคอกที่ i ($i = 1, 2$)

μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

T_j = อิทธิพลคงที่ของแผ่นรองพื้นที่ j (j = แผ่นตาข่าย ตาข่ายเสริมใยขัด หญ้าเทียม พลาสติก และกระเบื้อง)

P_k = อิทธิพลคงที่ของช่วงเวลาที่ k (k = ช่วงเช้า ช่วงบ่าย และช่วงเย็น)

D_l = อิทธิพลคงที่ของวันที่ทดสอบที่ l ($l = 1, 2, 3$ และ 4)

$(T*P)_{jk}$ = อิทธิพลร่วมของแผ่นรองพื้นและช่วงเวลา

$(T*D)_{jl}$ = อิทธิพลร่วมของแผ่นรองพื้นและวันที่ทดสอบ

$(P*D)_{kl}$ = อิทธิพลร่วมของช่วงเวลาและวันที่ทดสอบ

$(T*P*D)_{jkl}$ = อิทธิพลร่วมของแผ่นรองพื้น ช่วงเวลา และวันที่ทดสอบ

$\delta_{i(jk)}$ = ความคลาดเคลื่อนสุ่มในส่วนของการปัจจัยแผ่นรองพื้น โดยมีการแจกแจงของ $\sim NID(0, \sigma^2\delta)$

ε_{ijkl} = ความคลาดเคลื่อนสุ่มในส่วนของการวัดซ้ำ โดยมีการแจกแจงของ $\sim NID(0, \sigma^2\varepsilon)$

แสดงค่าประมาณเฉลี่ยสี่สแควร์ (LSmeans) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี Tukey-Kramer Test (SAS Institute Inc., 2014) พิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัย

การศึกษาพฤติกรรมความชอบของไก่ต่อการเข้าใช้แผ่นรองพื้น 4 ประเภท ในแต่ละช่วงเวลา โดยทดสอบภายในคอกเป็นระยะเวลา 4 วันติดต่อกัน จากการวิเคราะห์สถิติตามแบบหุ่ที่กำหนด พบว่าอิทธิพลร่วมที่ 3 ระดับ คือ อิทธิพลร่วมของแผ่นรองพื้น ช่วงเวลา และวันที่ทดสอบ รวมถึงอิทธิพลร่วมที่ 2 ระดับ คือ อิทธิพลร่วมของแผ่นรองพื้นและช่วงเวลา มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ขณะที่พบอิทธิพลร่วม

2 ระดับ คือ อิทธิพลร่วมของแผ่นรองพื้นและวันที่ทดสอบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยวันที่ทดสอบมีผลต่อการเลือกใช้แผ่นรองพื้นแต่ละประเภทของไก่ (Figure 3) อีกทั้งยังพบอิทธิพลร่วมของช่วงเวลาและวันที่ทดสอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยวันที่ทดสอบมีผลต่อการเลือกใช้แผ่นรองพื้นของไก่ในแต่ละช่วงเวลา (Figure 4) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเลือกใช้แผ่นรองพื้นในแต่ละประเภท

เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ไก่เลือกใช้แผ่นรองพื้นที่แตกต่างกันในแต่ละวันทดสอบ พบว่า ในวันที่ 1-2 ของการทดสอบ ไก่เลือกใช้แผ่นรองพื้น

ทั้ง 4 ประเภท แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในวันที่ 3 ของการทดสอบ ไก่เลือกใช้แผ่นตาข่าย แผ่นตาข่ายเสริมใยขัด และแผ่นหญ้าเทียมพลาสติกมากกว่าแผ่นกระเบื้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และวันที่ 4 ของการทดสอบ ไก่เลือกใช้แผ่นหญ้าเทียมพลาสติกมากที่สุด ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบแผ่นรองพื้นประเภทเดียวกันในวันทดสอบที่ต่างกัน พบว่าไก่เลือกใช้แผ่นกระเบื้อง แผ่นตาข่ายเสริมใยขัด และแผ่นหญ้าเทียมพลาสติกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ทดสอบ ($P<0.05$) ในขณะที่การเลือกใช้แผ่นตาข่ายของไก่ในทุก ๆ วันที่ทดสอบแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$; Figure 3)

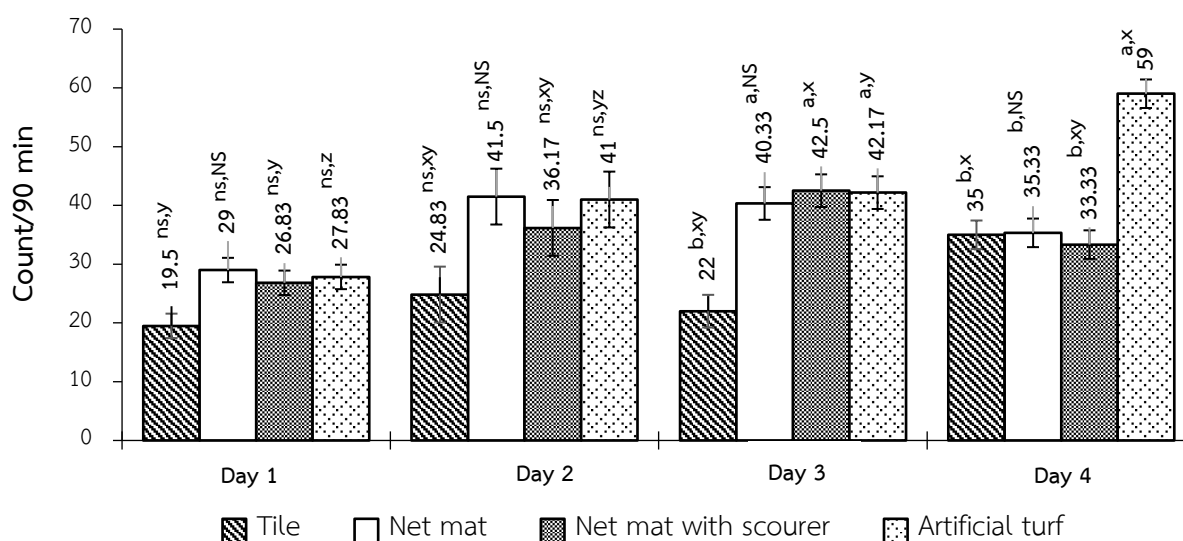


Figure 3 LSmeans number of frequencies (count/90 min) of birds chose each material in the 4-days of the test, with vertical bars representing standard error

^{a,b} Different values superscripts in the same day of the test denote significant differences by Tukey-Kramer test ($P<0.05$), ns = not significantly different ($P>0.05$)

^{x,y,z} Different values superscripts in the same set of columns (material) denote significant differences by Tukey-Kramer test ($P<0.05$), ns = not significantly different ($P>0.05$)

การเข้าใช้แผ่นรองพื้นในแต่ละช่วงเวลา

เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ไก่เข้าใช้แผ่นรองพื้นตามช่วงเวลาที่แตกต่างกันในแต่ละวันทดสอบ พบว่าวันที่ 1 ของการทดสอบ ไก่เข้าใช้แผ่นรองพื้นในทุกช่วงเวลาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) วันที่ 2-4 ของการทดสอบ ไก่เข้าใช้แผ่นรองพื้น

ในช่วงเช้ามากที่สุด ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการเข้าใช้แผ่นรองพื้นในช่วงเวลาเดียวกันในวันทดสอบที่ต่างกัน พบว่าไก่เข้าใช้แผ่นรองพื้นในช่วงเช้าและช่วงเย็นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ทดสอบ ($P<0.05$) ในขณะที่การเข้าใช้แผ่นรองพื้นของไก่ในช่วงบ่ายของทุก ๆ วันที่ทดสอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$; Figure 4)

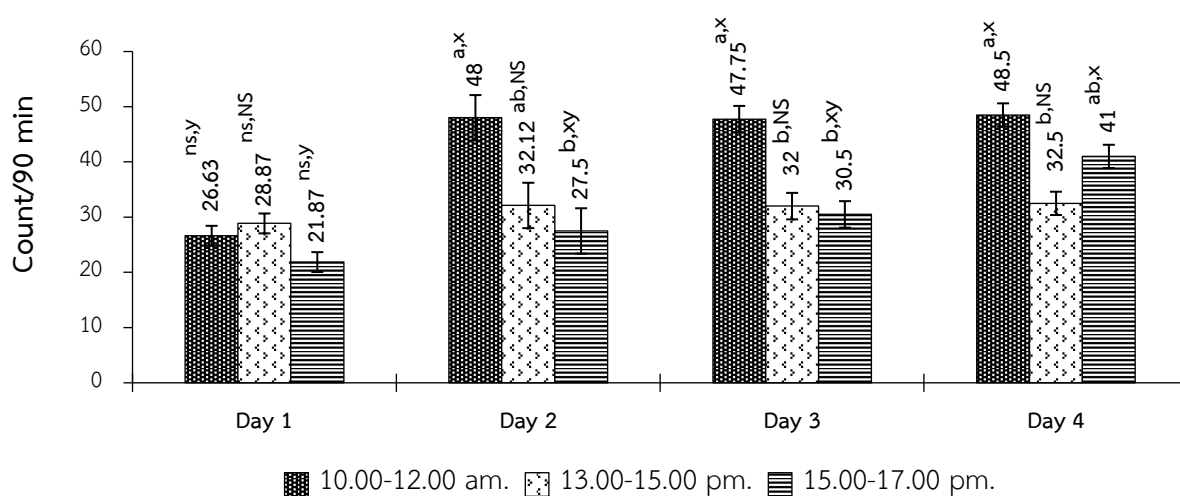


Figure 4 Lsmeans number of frequencies (count/90 min) during three periods of time in the 4-days of the test, with vertical bars representing standard error

^{a,b} Different values superscripts in the same day of the test denote significant differences by Tukey-Kramer test ($P<0.05$), ns = not significantly different ($P>0.05$).

^{x,y} Different values superscripts in the same set of columns (periods of time) denote significant differences by Tukey-Kramer test ($P<0.05$), ns = not significantly different ($P>0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบความชอบแผ่นรองพื้นทั้ง 4 ประเภทของไก่ พบว่าไก่เบตงเลือกเข้าใช้แผ่นหญ้าเทียมพลาสติกมากกว่าแผ่นรองพื้นอื่น ๆ (แผ่นตาข่าย ตาข่ายเสริมใยขัด และกระเบื้อง) อาจเป็นเพราะลักษณะของแผ่นหญ้าเทียมเป็นวัสดุที่มีความสูงและความหนาเส้นใยสังเคราะห์ คล้ายคลึงกับหญ้าธรรมชาติมากกว่าแผ่นรอง

พื้นอื่นที่ใช้ทดสอบ ที่ส่งผลต่อการกระตุ้นแรงงูใจในการแสดงพฤติกรรมธรรมชาติของไก่สูง (Moroki, 2020) โดยแผ่นหญ้าเทียมเป็นสิ่งกระตุ้นปลดปล่อยที่สามารถกระตุ้นพฤติกรรมจิกและคุ้ยเขี่ยเพิ่มขึ้น (Merrill *et al.*, 2006; Moroki, 2020) ซึ่งเป็นรูปแบบของการแสดงพฤติกรรมหาอาหาร (Tanco, 1998) คล้ายกับในสภาพธรรมชาติของไก่ป่า (*Gallus gallus*) จะออกหาอาหารโดยการจิกกินพืช แมลง และธัญพืชตามแหล่งที่อยู่อาศัย

ธรรมชาติ (Mwembe *et al.*, 2014) ขณะที่การศึกษาของ Scholz *et al.* (2010) ซึ่งพบว่า ไม้ไผ่ข่อย (Wood shavings) และเศษไม้ (Lignocellulose) มากกว่าการใช้แผ่นหญ้าเทียมในการแสดงพฤติกรรมการจิกและคุ้ยเขี่ย อาจเกิดจากไม้ไผ่ข่อยหรือเศษไม้เป็นวัสดุธรรมชาติที่สามารถคุ้ยเขี่ยได้ง่าย และมีผิวสัมผัสที่นุ่มสบาย (Shields *et al.*, 2005; Villagra *et al.*, 2014) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า แผ่นหญ้าเทียมสามารถกระตุ้นพฤติกรรมอาบฝุ่นและพฤติกรรมทำรังของไก่ไข่มากขึ้น (Guinebreteire *et al.*, 2014; Shimmura *et al.*, 2018; Kikuchi *et al.*, 2019; Sunanta *et al.*, 2022) แสดงว่าไก่มีพฤติกรรมความชอบแผ่นรองพื้นที่มีสีและลักษณะคล้ายกับหญ้าธรรมชาติ บ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ที่จะกระตุ้นให้ไก่มีการแสดงพฤติกรรมเชิงบวกที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มสวัสดิภาพสัตว์ในระดับฟาร์ม

จากผลการทดสอบพบว่า ไก่มีการเข้าใช้แผ่นรองพื้นในช่วงเช้า (10.00-12.00 น.) มากที่สุด แต่เนื่องจากช่วงเริ่มต้นของการทดสอบเป็นช่วงที่ไก่อยู่ในสภาวะปรับตัวต่อการพบเจอสิ่งแปลกใหม่ (Novel object) และไม่คุ้นชิน จึงอาจส่งผลให้ไก่เข้าใช้กับแผ่นรองพื้นน้อยทุกช่วงเวลาของการทดสอบในระยะแรก เมื่อไก่มีประสบการณ์เรียนรู้และการปรับตัวให้เกิดความคุ้นชินมากขึ้น การเข้าใช้แผ่นรองพื้นจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของวันที่ทดสอบ ซึ่งในช่วงเช้าอาจเป็นช่วงเวลาที่ไม่ต้องการแสดงพฤติกรรมหาอาหาร (Savory, 1980) จึงน่าจะส่งผลให้ไก่เข้าใช้แผ่นรองพื้นสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ (ช่วงบ่ายและช่วงเย็น) รวมถึงอิทธิพลทางสังคมที่ทำให้ไก่แสดงพฤติกรรมเดียวกัน ณ ช่วงเวลาเดียวกัน คล้ายกับในสภาพธรรมชาติของไก่ป่าจะมีพฤติกรรมหาอาหารเป็นกลุ่มและใช้เวลาส่วนใหญ่ในการหาอาหารในช่วงเวลาที่มืดแสง (Vajrabukka, 1995) โดยปัจจัยของแสงมีอิทธิพลสำคัญต่อรูปแบบการแสดงออกทางพฤติกรรมรายวัน (Time budget) ของไก่ เช่น การกิน การดื่ม การสำรวจ

หรือการเคลื่อนไหว และการหาอาหาร (Webster, 2002; Sans *et al.*, 2021) สอดคล้องกับ Wood *et al.* (2021) พบว่าไก่มีพฤติกรรมการหาอาหารสูงขึ้นในช่วงครึ่งแรกของวันมากกว่าช่วงเวลาบ่ายและช่วงเย็น เช่นเดียวกับ Chielo *et al.* (2016) พบว่าไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยอิสระจะใช้เวลาในการออกสู่แปลงหญ้า โดยจะแสดงพฤติกรรมการยืน การเดิน และการหาอาหารในช่วงเวลา 10.00 น. มากกว่าช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ซึ่งจากผลการทดสอบในช่วงเวลาบ่ายไก่มีการเข้าใช้กับแผ่นรองพื้นน้อย อาจเพราะเป็นช่วงที่สภาพอากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยการเคลื่อนไหวหรือการทำกิจกรรมของสัตว์มักจะมีความสัมพันธ์สวนทางกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ในสภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิสูงสัตว์จะทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น กินอาหารน้อยลง (Nimitsuntiwong, 2016) Savory (1980) รายงานว่า ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยอิสระมักจะมีพฤติกรรมการหาอาหารและการกินมากขึ้นในช่วงเช้าและช่วงเย็นของวัน ในขณะที่ช่วงกลางวันไก่จะแสดงพฤติกรรมเหล่านี้น้อยลง ซึ่งในสภาพธรรมชาติไก่ป่ามักจะพักผ่อนในช่วงสั้น ๆ ของช่วงบ่าย โดยการเกาะคอนอยู่ตามพุ่มไม้หรือต้นไม้ บางครั้งไก่ป่าจะแสดงพฤติกรรมอาบฝุ่นซึ่งมักเกิดขึ้นทุก ๆ 2-3 วันในช่วงบ่าย (Tanchu, 1998; Shields, 2004) แสดงให้เห็นว่าช่วงเช้าน่าจะเป็นช่วงเวลาเหมาะสมในการเก็บข้อมูลที่จะทดสอบการใช้ประโยชน์แผ่นรองพื้นในอนาคต ทั้งนี้การศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบแผ่นรองพื้นต่อพฤติกรรมการใช้ประโยชน์ในแต่ละช่วงเวลาของไก่ที่เลี้ยงในระบบการผลิตยังคงมีจำกัด

ประเด็นที่น่าสนใจจากการทดลอง คือ อิทธิพลความกลัวในช่วงแรกของการทดสอบ จากผลการทดลองที่พบว่าไก่มีการเข้าใช้แผ่นรองพื้นแต่ละประเภทในระหว่างวันที่ 1-2 และอาจจะเป็นวันที่ 3 ของการทดสอบด้วย ที่มีความผันแปรสูง ในกรณีนี้ไก่อาจจะมีการตอบสนองต่อแผ่นรองพื้นใกล้เคียงกับการทดสอบความกลัว (Fear test) โดยวัดการตอบสนองต่อสิ่งแปลกใหม่ (Novel

object test) สาเหตุอาจเกิดจากสภาพการเลี้ยงที่ไม่มี การเสริมอุปกรณ์ (Physical enrichment) ทำให้ไก่ ไม่คุ้นเคยต่อสิ่งเร้าที่แปลกใหม่ (Tanchu, 1998) Jones and Faure (1982) รายงานว่าเมื่อไก่ต้องเผชิญกับสิ่งที่ไม่เคยพบจะส่งผลให้เกิดการเคลื่อนไหวและทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น พฤติกรรมสำรวจ (Exploration) น้อยลง โดยธรรมชาติของไก่มักจะกลัวสิ่งที่มีดทึบและไม่คุ้นเคย (Grigor, 1993) ซึ่งการตอบสนองต่อความกลัวภายใต้ สิ่งเร้าที่หลากหลายอาจก่อให้เกิดความตื่นตระหนก (Jones *et al.*, 1994) ในช่วงเริ่มต้นของการทดสอบการ เข้าใช้แผ่นรองพื้นแต่ละประเภทของไก่อาจเป็นการสุม สำนวณสิ่งแปลกใหม่ โดยยังคงไม่คำนึงถึงความชอบและ การตอบสนองต่อความต้องการทางพฤติกรรม

การให้สัตว์มีโอกาสสัมผัสกับสิ่งเร้ากระตุ้น ในสภาพแวดล้อมคอก เป็นการเพิ่มความสามารถของสัตว์ ในการปรับตัวเข้ากับสิ่งแปลกใหม่ (Jones, 1986) ไก่ไข่ ที่เลี้ยงในระบบที่มีการเสริมอุปกรณ์จะมีการเข้าหาสิ่งเร้า ที่แปลกใหม่ได้ดีกว่ากลุ่มที่เลี้ยงแบบไม่เสริมอุปกรณ์ (Jones and Waddington, 1992) Adler *et al.* (2020) ทดสอบความกลัวในไก่เนื้อโดยการวางวัตถุที่สัตว์ไม่เคย พบไว้ในคอกทดสอบเป็นเวลา 2 นาที/สัปดาห์ ทดสอบ การเข้าใกล้วัตถุของไก่และเก็บข้อมูลตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-4 โดยวัดซ้ำในไก่อีกกลุ่มเดิม พบว่าไก่มีแนวโน้มเข้าสัมผัสวัตถุ แปลกใหม่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ทดสอบ ซึ่งอิทธิพลของ การทดสอบที่มากขึ้นมีผลต่อการตอบสนองต่อความกลัว ในสิ่งแปลกใหม่ลดลงเมื่อมีการพบเห็นบ่อยครั้ง อย่างไรก็ตามตีความหมายในประเด็นนี้จึงต้องทำด้วยความ ระมัดระวัง การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดสอบที่เปิดโอกาส ให้ไก่มีช่วงระยะเวลาเข้าใช้กับแผ่นรองพื้นที่มากขึ้น โดย ติดตั้งแผ่นรองพื้นไว้ในคอกตลอดเวลาที่ทำการทดสอบ (6 ชั่วโมง/วัน) จึงน่าจะทำให้ไก่เกิดความคุ้นชินกับสิ่งเร้า ที่ทดสอบเร็วขึ้น การให้สัตว์มีโอกาสได้สัมผัสกับสิ่งเร้ามาก

ขึ้นและนานขึ้นน่าจะเป็นการเปิดโอกาสให้ไก่เรียนรู้และ ปรับตัวซึ่งจะมีผลต่อการตอบสนองต่อสิ่งเร้าและการ แสดงออกทางพฤติกรรม เมื่อสภาวะความกลัวของไก่ ลดลงหรือเกิดความคุ้นชิน จึงอาจเป็นผลให้ไก่สามารถ ปรับตัวกับสิ่งแปลกใหม่และมีการแสดงพฤติกรรมสำรวจ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ทดสอบ

การทดสอบความชอบด้วยเทคนิคแบบให้เลือก อิสระในการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าไก่เกิดความกลัวและ จะหลีกเลี่ยงการเข้าหาวัสดุใหม่ที่พบในระยะแรก เมื่อไก่ ได้รับประสบการณ์การเรียนรู้และการปรับตัวจะมีการเข้าใช้ แผ่นรองพื้นมากขึ้นหลังจากการทดสอบวันที่ 4 เป็นต้นไป ซึ่งบ่งชี้ถึงพฤติกรรมความชอบและเป็นสิ่งที่ตอบสนอง ต่อความต้องการทางพฤติกรรม ดังนั้น การทดสอบ ความชอบควรมีระยะเวลาให้สัตว์ได้ปรับตัวจนเกิดความ คุ้นชินกับสิ่งเร้าที่แปลกใหม่ก่อนทำการทดสอบเพื่อลด อิทธิพลความกลัว จึงน่าจะมีการเก็บข้อมูลแบบต่อเนื่อง 3-5 วัน และต้องคำนึงถึงช่วงเวลาในการทดสอบพิจารณา ตามประเภทของพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง

สรุปผลการวิจัย

ไก่เบตงเลือกเข้าสัมผัสกับแผ่นหญ้าเทียมพลาสติก มากกว่าแผ่นตาข่าย ตาข่ายเสริมใยขัด และกระเบื้อง โดย ในช่วงเวลา 10.00-12.00 น. เป็นช่วงที่ไก่เข้าใช้แผ่นรอง พื้นมากกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ การทดสอบครั้งนี้ยังพบว่า อิทธิพลของวันที่ทดสอบมีผลต่อการเข้าใช้แผ่นรองพื้น ของไก่ โดยในระหว่างวันที่ 1-3 ของการทดสอบการเข้าใช้ แผ่นรองพื้นของไก่เป็นการตอบสนองต่อสิ่งแปลกใหม่ที่ ไก่ไม่คุ้นเคย โดยเป็นช่วงที่ไก่เรียนรู้และปรับตัวเพื่อให้ คุ้นชินกับสิ่งเร้ามากขึ้น วันที่ 4 ของการทดสอบไก่เข้าใช้ แผ่นหญ้าเทียมพลาสติกมากที่สุด ผลการทดสอบในการ ทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า แผ่นหญ้าเทียมพลาสติกเป็นวัสดุ

ที่ไก่ชอบมากที่สุด และสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมภายในกรงหรือในพื้นที่คอกที่ใกล้เคียงและเหมาะสมต่อความต้องการตามธรรมชาติของไก่ในระบบการเลี้ยง

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของอุปกรณ์เสริมหรือสิ่งแวดล้อมภายในคอก ที่จะเป็นสิ่งเร้าสำคัญที่ทำให้ไก่สามารถแสดงพฤติกรรมตามความต้องการตามธรรมชาติได้ จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลการใช้แผ่นหญ้าเทียมพลาสติกต่อการแสดงออกทางพฤติกรรมธรรมชาติ ประสิทธิภาพการผลิต รวมถึงผลกระทบต่อเกี่ยวกับรอยแผลที่ฝ่าเท้าและความยาวเล็บของไก่ เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงสภาพความเป็นอยู่ของสัตว์ในระบบการเลี้ยงให้เป็นไปตามหลักสวัสดิภาพสัตว์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. พนิดดา บึงศรีสวัสดิ์ ที่ให้คำแนะนำด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และอาจารย์ ดร. สุภารักษ์ คำพุ่ม ที่สนับสนุนทุนวิจัยจากเงินรางวัลตีพิมพ์ รวมถึงคำชี้แนะและแนวคิดอันเป็นประโยชน์เพื่อความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นของงานวิจัย และขอขอบคุณฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร ที่อำนวยความสะดวกต่อสถานที่ดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Adler, C., I. Tiemann, S. Hillemacher, A.J. Schmithausen, U. Müller, S. Heitmann, B. Spindler, N. Kemper and W. Büscher. 2020. Effects of a partially perforated flooring system on animal-based welfare indicators in broiler housing. **Poultry Science** 99(7): 3343-3354.
- Altan, Ö.Z.G.E., A. Pabuçcuoğlu, A. Altan, S. Konyalıoğlu and H. Bayraktar. 2003. Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. **British Poultry science** 44(4): 545-550.
- Appleby, M.C., A.W. Walker, C.J. Nicol, A.C. Lindberg, R. Freire, B.O.O. Hughes and H.A.A. Elson. 2002. Development of furnished cages for laying hens. **British Poultry Science** 43(4): 489-500.
- Arnold, N.A. and P.H. Hemsworth. 2013. Examining the usefulness of a Y-maze choice method to measure the preferences of laying hens. **Animal Production Science** 53(12): 1283-1290.
- Arnould, C., D. Bizeray, J.M. Faure and C. Leterrier. 2004. Effects of the addition of sand and string to pens on use of space, activity, tarsal angulations and bone composition of broiler chickens. **Animal Welfare** 13(1): 87-94.

- Broom, D.M. 1998. Welfare, stress, and the evolution of feelings. pp. 371-403. *In* Møller, A.P., M. Milinski and P.J.B. Slater (eds.). **Advances in the Study of Behavior**. New York: Academic.
- Chielo, L.I., T. Pike and J. Cooper. 2016. Ranging behaviour of commercial free-range laying hens. **Animals** 6(5): 28.
- Dawkins, M.S. 1980. **Animal Suffering: the Science of Animal Welfare**. London: Chapman and Hall Press. 150 p.
- _____. 1999. The role of behaviour in the assessment of poultry welfare. **World's Poultry Science Journal** 55(3): 295-303.
- Duncan, I.J.H. 1993. Welfare is to do with what animals feel. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics** 6(1): 8-14.
- European Union. 1999. Council directive 1999/74/EC of 19 July 1999 laying down minimum standards for the protection of laying hens. **Official Journal of the European Communities Union** 203(1): 53-57.
- Grigor, P.N. 1993. **Use of Space by Laying Hens: Social and Environmental Implications for Free-range Systems**. Doctoral Dissertation. University of Edinburgh. 156 p.
- Guinebretière, M., H. Beyer, C. Arnould and V. Michel. 2014. The choice of litter material to promote pecking, scratching and dustbathing behaviours in laying hens housed in furnished cages. **Applied Animal Behaviour Science** 155(1): 56-65.
- Hemsworth, P.H. 2021. Cage production and laying hen welfare. **Animal Production Science** 61(10): 821-836.
- Hemsworth, P.H. and L.E. Edwards. 2020. Natural behaviours, their drivers and their implications for laying hen welfare. **Animal Production Science** 61(10): 915-930.
- Jones, B. 1986. The tonic immobility reaction of the domestic fowl: a review. **World's Poultry Science Journal** 42(1): 82-96.
- Jones, R.B. and D. Waddington. 1992. Modification of fear in domestic chicks, *Gallus gallus domesticus*, via regular handling and early environmental enrichment. **Animal Behaviour** 43(6): 1021-1033.
- Jones, R.B. and J.M. Faure. 1982. Open field behaviour of male and female domestic chicks as a function of housing conditions, test situations and novelty. **Biology of Behaviour** 7(1): 17-25.

- Jones, R.B., A.D. Mills, J.M. Faure and J.B. Williams. 1994. Restraint, fear, and distress in Japanese quail genetically selected for long or short tonic immobility reactions. **Physiology and Behavior** 56(3): 529-534.
- Kikuchi, A., K. Uetake and T. Tanaka. 2019. Modification of furnished cages from conventional cages for laying hens: which do hens like a nest mat or a litter mat for the nest area? **Animal Behaviour and Management** 55(3): 117-124.
- Kirkden, R.D. and E.A. Pajor. 2006. Using preference, motivation and aversion tests to ask scientific questions about animals' feelings. **Applied Animal Behaviour Science** 100(1-2): 29-47.
- Krivankova, T., E. Voslarova, V. Vecerek, I. Bedanova, J. Blahova and J. Chloupek. 2020. Comparison of selected indices of internal environment and condition of laying hens kept in furnished cages and in aviaries. **Animal Science Journal** 91(1): e13400.
- Li, X., D. Chen, J. Li. and J. Bao. 2016. Effects of furnished cage type on behavior and welfare of laying hens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences** 29(6): 887-894.
- Mench, J.A., J.P. Garner and C. Falcone. 2001. Behavioral activity and its effects on leg problems in broiler chickens. pp. 152-156. *In Proceedings of the 6th European Symposium on Poultry Welfare*. Zollikofen: World's Poultry Science Association.
- Merrill, R.J.N., J.J. Cooper, M.J. Albentosa and C.J. Nicol. 2006. The preferences of laying hens for perforated Astroturf over conventional wire as a dustbathing substrate in furnished cages. **Animal Welfare** 15(2): 173-178.
- Moroki, Y. 2020. Impact of flooring type on the sham dustbathing behaviour of caged laying hens. **Applied Animal Behaviour Science** 230(1): 105066.
- Muangchum, S., S. Khumput., S. Yodprom and J. Thiengtham. 2015. Behavioural responses in free choice test with different kinds of substrates for dust bathing in hens using Y-maze. **Khon Kaen Agriculture Journal** 43(1): 61-66. [in Thai]
- Mwembe, R., D. Nkomboni, Z. Nengomasha, G. Sisito and M. Kufa. 2014. Free ranging indigenous chickens (*Gallus domesticus*) seasonal time budgets. **Livestock Research for Rural Development** 26(1): 1-8.

- Nimitsuntiwong, W. 2016. **Domestic Animal Behavior**. 2nd ed. Bangkok: Kasetsart University Press. 673 p. [in Thai]
- Sans, E.C.D.O., F.A.M. Tuytens, C.A. Taconeli, A.S. Pedrazzani, M.M. Vale and C.F.M. Molento. 2021. From the point of view of the chickens: what difference does a window make? **Animals** 11(12): 3397.
- SAS Institute Inc. 2014. **SAS/STAT® 13.2 User's Guide, The Logistic Procedure**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 4723 p.
- Savory, C.J. 1980. Diurnal feeding patterns in domestic fowls: a review. **Applied Animal Ethology** 6(1): 71-82.
- Scholz, B., S. Urselmans, J.B. Kjaer and L. Schrader. 2010. Food, wood, or plastic as substrates for dustbathing and foraging in laying hens: a preference test. **Poultry Science** 89(8): 1584-1589.
- Shields, S.J. 2004. **Dustbathing by Broiler Chickens: Characteristics, Substrate Preference, and Implications for Welfare**. Doctoral Dissertation. University of California Davis. 300 p.
- Shields, S.J., J.P. Garner and J.A. Mench. 2005. Effect of sand and wood-shavings bedding on the behavior of broiler chickens. **Poultry Science** 84(12): 1816-1824.
- Shimmura, T., N. Maekawa, S. Hirahara, T. Tanaka and M.C. Appleby. 2018. Development of furnished cages re-using conventional cages for laying hens: behaviour, physical condition and productivity. **Animal Science Journal** 89(2): 498-504.
- Shimmura, T., S. Hirahara, T. Azuma, T. Suzuki, Y. Eguchi, K. Uetake and T. Tanaka. 2010. Multifactorial investigation of various housing systems for laying hens. **British Poultry Science** 51(1): 31-42.
- Sunanta, Y., S. Aunwiseta, J. Sornpichai, A. Panyasak, J. Thiengtham and S. Khumput. 2022. Difference of Nesting Material on Preference Test and External Egg Quality in Thai Native Breeder Hens. pp. 323-389. *In* **Proceedings of the 60th Kasetsart University Annual Conference (Poster)**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Tactacan, G.B., W. Guenter, N.J. Lewis, J.C. Rodriguez-Lecompte and J.D. House. 2009. Performance and welfare of laying hens in conventional and enriched cages. **Poultry Science** 88(4): 698-707.
- Tancho, A. 1998. **Poultry Behavior**. Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Lat Krabang Press. 209 p. [in Thai]
- Vajrabukka, C. 1995. **Behaviour of Domestic Animals**. Bangkok: Kasetsart University Press. 458 p. [in Thai]

Villagra, A., I. Olivas, R.L. Althaus, E.A. Gómez, M. Lainez and A.G. Torres. 2014. Behavior of broiler chickens in four different substrates: a choice test. **Brazilian Journal of Poultry Science** 16(1): 67-75.

Wall, H. and R. Tauson. 2013. Nest lining in small-group furnished cages for laying hens. **Journal of Applied Poultry Research** 22(3): 474-484.

Webster, A.B. 2002. Behavior of Chickens. pp. 71-86. *In* Boston, M.A. (ed.). **Commercial Chicken Meat and Egg Production**. Berlin: Springer.

Wood, B., C. Rufener, M.M. Makagon and R.A. Blatchford. 2021. The utility of scatter feeding as enrichment: do broiler chickens engage with scatter-fed items? **Animals** 11(12): 3478.

ผลของสารสกัดจากเปลือกสีเสียดแห้งต่ออัตราการรอดและการเติบโต
ของลูกปลากัดสายพันธุ์หางมงกุฏ

Effect of Dried *Acacia catechu* Barks Extract on Survival Rate and Growth
of Crowntail Betta Fish (*Betta splendens*) Larvae

ปรีดา ไวยเจริญ¹ นงนุช เลหาวิสุทธิ^{1*} สมเกียรติ สีสนอง² และอัจฉรี เรืองเดช¹

Preeda Waicharoen¹, Nongnuch Laohavisuti^{1*}, Somkiat Seesanong² and Uscharee Ruangdej¹

¹สาขาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการจัดการทรัพยากรทางน้ำ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

²สำนักงานสหวิทยาการเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520

²Office of Administrative Interdisciplinary Program on Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520

*Corresponding author: nongnuch.la@kmitl.ac.th

Received: January 04, 2024

Revised: August 14, 2024

Accepted: September 17, 2024

Abstract

The extraction time of tannins from *Acacia catechu* bark (ACB) and the investigation of the ideal concentration of ACB extract on the survival rate of crowntail betta fish (*Betta splendens*) were investigated. Tannin concentrations obtained from ACB extraction times of 30, 60, 90, and 120 minutes were found to be 227.40, 227.65, 227.69, and 227.74 ppm, respectively. The results indicated no significant difference among treatments ($P>0.05$). Furthermore, the tannin contents in ACB-soaked water for 30 minutes at concentration of 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, and 1 g/L were determined to be 0, 27.73, 61.01, 155.30, 194.13, and 227.41 ppm, respectively. After 8 weeks of nursing betta fish larvae in water treated with ACB at different concentrations, there was no significant difference ($P>0.05$) in the growth parameters of the fish larvae. However, a significant difference ($P<0.05$) was observed in the survival rate of the larvae when reared at ACB concentrations of 0.1-0.7 g/L. In conclusion, the research suggests immersing ACB for 30 minutes and rearing betta fish in water treated with ACB at a concentration of 0.1-0.7 g/L.

Keyword: *Acacia catechu* barks, *Betta splendens*, tannin, survival rate

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากเปลือกสีเสียดแห้ง (*A. catechu barks*, ACB) ด้วยน้ำ และปริมาณแทนนินที่สกัดจาก ACB ที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลากัดสายพันธุ์หางมงกุฏ พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด ACB ด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง ได้แก่ 30, 60, 90 และ 120 นาที มีปริมาณแทนนินอยู่ 227.40, 227.65, 227.69 และ 227.74 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่างกันอย่างไรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และปริมาณแทนนินที่สกัดด้วยน้ำจาก ACB ที่ 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 1 กรัม/ลิตร ระยะเวลา 30 นาที มีค่าเท่ากับ 0, 27.73, 61.01, 155.30, 194.13 และ 227.41 ppm ตามลำดับ การศึกษาการอนุบาลลูกปลากัดด้วยน้ำเลี้ยงผสมสารสกัด ACB 0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยของลูกปลากัดอยู่ที่ 0.32 กรัม/ตัว อายุ 1 เดือน หลังจากอนุบาลลูกปลากัดเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ปริมาณแทนนินที่สกัดจาก ACB ที่ต่างกันไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปลากัด ($P>0.05$) แต่ส่งผลให้ลูกปลากัดที่อนุบาลด้วยน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดจาก ACB ที่มีปริมาณ 0.1-0.7 กรัม/ลิตร มีอัตราการรอดมากกว่าลูกปลาที่ไม่ได้อนุบาลด้วยน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดจาก ACB ($P<0.05$) ดังนั้นการอนุบาลลูกปลากัดสายพันธุ์หางมงกุฏสามารถใช้ปริมาณ ACB 0.1-0.7 กรัม/ลิตร ที่สกัดด้วยน้ำโดยใช้ระยะเวลาในการสกัด 30 นาที

คำสำคัญ: เปลือกสีเสียด ปลากัด แทนนิน อัตรารอดตาย

คำนำ

ต้นสีเสียด (*Acacia catechu*) เป็นไม้ต้น (Tree) อยู่ในวงศ์ Fabaceae มีถิ่นกำเนิดในแอฟริกากลางและเอเชียใต้ เป็นพืชสมุนไพรที่ใช้ส่วนต่าง ๆ ในด้านอายุรเวช และแพทย์แผนโบราณ มีการพบสารแทนนินจำนวนมาก

ในต้นสีเสียด โดยมีปริมาณมากถึง 50% (Yadav and Yadav, 2022) เป็นสารให้รสชาติฝาด จัดเป็น Polyphenol มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ (Soyocak *et al.*, 2019) ป้องกันระบบประสาท (Marogianni *et al.*, 2020) ด้านเนื้องอก (Youness *et al.*, 2021) ป้องกันหัวใจ (Sieniawska, 2015) และต้านเชื้อก่อโรค ได้แก่ แบคทีเรีย และไวรัส (Jing *et al.*, 2022) โดยสารแทนนินสามารถลดการสังเคราะห์กรดไขมันจากแบคทีเรียโดยการยับยั้ง β -ketoacyl-ACP reductase (Wu *et al.*, 2010) อีกทั้งสามารถจับ Peptidoglycan ในผนังเซลล์ของแบคทีเรียได้ ซึ่งไปขัดขวางการก่อตัวของ Biofilm ของแบคทีเรีย (Dong *et al.*, 2018) และยับยั้งการติดเชื้อและกระบวนการ Hemagglutination activity ของไวรัส Chikungunya ซึ่งเกิดจากสารแทนนินไปจับกับ Membrane proteins ที่จะทำให้เกิดการรวมตัวของอนุภาคไวรัส (Konishi and Hotta, 1980)

ปลากัด (*Betta splendens*) เป็นปลาประจำชาติไทย รูปร่างและสีสันของปลาเพศผู้สวยงามกว่าเพศเมีย (Thongprajukaew, 2013) มีการส่งออกมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ในกลุ่มสัตว์น้ำสวยงามน้ำจืด โดยส่งออกจำนวน 20,171,038 ตัว ส่งออกไปที่ทวีปอเมริกา แคนาดา ยุโรป เอเชีย ลาตินอเมริกา ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และแอฟริกา มีมูลค่าการส่งออกมากถึง 213,198,882 บาท ในปี พ.ศ. 2565 (Fishery Inspection Office at Suvarnabhumi Airport, 2022) เกษตรกรมักจะประสบปัญหาในช่วงการอนุบาลปลากัดมีอัตราการรอดต่ำ เนื่องจากอาหารที่ให้ เป็นอาหารสด คือ ไรแดงจากธรรมชาติที่อาจมีการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคและปรสิตต่าง ๆ ซึ่งทำให้เกิดโรคทั่วไปที่พบในปลากัด เช่น โรคจุดขาว โรคสนิม โรคที่เกิดจากปลิงใส โรคที่เกิดจากเชื้อรา โรคเห็บระฆัง โรคหนอนสมอ โรคครีป และหางเปื่อย และโรคติดเชื้อแบคทีเรีย (Rodloy, 2023) ซึ่งทำให้ปลากัดมีอัตราการรอดต่ำ จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด และยังส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยง เนื่องจากยาและสารเคมีในการป้องกันและรักษามี

ราคาแพง มีการศึกษาสารแทนนินที่คล้ายคลึงกันในเปลือกสีเสียดของ Rodpan *et al.* (2020) จากน้ำแช่ใบหูกวางที่ 10 กรัม/ลิตร ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ 5.42 ในการเลี้ยงปลากัดทำให้ปลากัดตายทั้งหมดซึ่งในใบหูกวางมีสารแทนนินอยู่ที่ 12.67% (Puttamat and Suwannasarn, 2007) จึงทำให้ต้องมีการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้งาน เนื่องจากเปลือกสีเสียดมีสารแทนนินอยู่ถึง 50% (Yadav and Yadav, 2022) ซึ่งสารแทนนินสามารถลดความเป็นกรด-ด่างของน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ (Katiki *et al.*, 2017) ซึ่งน้ำประปาที่ใช้ในการเลี้ยงปลากัดจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.5-8.5 ตามมาตรฐานของ Metropolitan Waterworks Authority (2022) ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ใกล้เคียงกับการอยู่อาศัยของปลากัดในธรรมชาติที่ 5.3-5.8 (Jaroensutasinee and Jaroensutasinee, 2001) การใช้สารแทนนินจากเปลือกสีเสียดแห้งซึ่งเป็นแนวทางที่จะนำมาใช้เพื่อช่วยในการอนุบาลลูกปลากัดประสบความสำเร็จ การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเปลือกสีเสียดและปริมาณสารแทนนิน ที่สกัดจากเปลือกสีเสียดแห้งที่เหมาะสมต่ออัตราการรอดและการเจริญเติบโตของลูกปลากัดเป็นทางเลือกให้เกษตรกรนำไปใช้ในการอนุบาลลูกปลากัดได้ อีกทั้งเป็นการส่งเสริมธุรกิจการเพาะเลี้ยงปลากัดอย่างยั่งยืนและยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเปลือกสีเสียดแห้งต่อปริมาณสารแทนนิน

1. วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยชั่งเปลือกสีเสียด 1 กรัมในบีกเกอร์ที่มีน้ำปริมาตร 1 ลิตร มีการให้อากาศด้วยหัวทรายตลอดเวลาและเมื่อครบเวลาในการแช่เปลือก

สีเสียด 30, 60, 90 และ 120 นาที นำสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้งมาหาปริมาณสารแทนนินในสารสกัด

2. การหาปริมาณสารแทนนินตามวิธีของ Mulani *et al.* (2016) โดยนำเปลือกสีเสียดแห้งที่ซื้อจากตำบลด่านแม่คำมัน อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งน้ำหนักเปลือกสีเสียดแห้งก่อนและหลังการอบที่อุณหภูมิ 60°C. นาน 24 ชั่วโมง เพื่อหาความชื้นของเปลือกสีเสียด นำตัวอย่างสารสกัดเปลือกสีเสียด 5 มล. ปิเปตในขวดรูปชมพู่และเติมน้ำกลั่น 10 มล. ลดปริมาณด้วย Water bath ที่อุณหภูมิ 75°C. จนกระทั่งปริมาตรของสารสกัดเปลือกสีเสียดลดลงเหลือ 5 มล. เติมน้ำกลั่น 10 มล. และ Indigo carmine 0.5% 2 มล ลงในขวดรูปชมพู่ และไทเทรตด้วยสารละลาย 0.004 M KMnO_4 การสังเกตสีของสารละลาย สีเหลืองทอง คือจุดสิ้นสุด ปริมาณ KMnO_4 ที่ใช้ไปถูกบันทึกเป็นการอ่านค่าการไทเทรต (A) ไทเทรตแบบค้ำด้วยการนำสารสกัดเปลือกสีเสียด 25 มล. ผสมกับ Activated charcoal 1 กรัม คนให้ทั่วและพักไว้จนตกตะกอน หลังจากนั้นนำตัวอย่างสารสกัดเปลือกสีเสียด 5 มล. ปิเปตลงขวดรูปชมพู่และเติมน้ำกลั่น 10 มล. นำไปลดปริมาณด้วย Water bath จนปริมาตรของสารสกัดเปลือกสีเสียด ลดลงเหลือ 5 มล. หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 10 มล. และ Indigo carmine 0.5% 2 มล. ลงในขวดรูปชมพู่และไทเทรตด้วยสารละลาย 0.004 M KMnO_4 และสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลาย สีเหลืองทอง คือ จุดสิ้นสุด ปริมาณ KMnO_4 ที่ใช้ไปถูกบันทึกเป็นการอ่านค่าการไทเทรต (B) คำนวณปริมาณ KMnO_4 ที่ใช้ในการออกซิเดชันของแทนนินสามารถคำนวณได้เป็น $A-B = C$ มล. สารละลายแทนนินมาตรฐาน 1 มล. ของ 0.004 M $\text{KMnO}_4 = 0.0832$ มก. ของแทนนิน ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ของแทนนินในเปลือกสีเสียด = $0.01664 \times C$ นำเปอร์เซ็นต์ของแทนนินเปลี่ยนหน่วยเป็น ppm โดยคำนวณจาก เปอร์เซ็นต์ของแทนนิน $\times 10,000 = \text{ppm}$

การทดลองที่ 2 การใช้ปริมาณสารแทนนินที่สกัดจากเปลือกสียัดแห้งที่ต่างกันต่ออัตราการและการเติบโตของลูกปลากัดสายพันธุ์หางมงกฏที่อนุบาลในน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดจากเปลือกสียัด

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณสารสกัดเปลือกสียัดแห้ง แบ่งเป็น 5 ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ลูกปลากัดจำนวน 20 ตัว ชุดการทดลองประกอบด้วย 0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร

2. ขั้นตอนในการเตรียมสารสกัดเปลือกสียัดแห้ง สำหรับอนุบาล โดยนำเปลือกสียัดแช่น้ำและให้อากาศตลอดเวลาที่ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 1 กรัม/ลิตร โดยใช้เวลา 30 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ใช้สกัดเปลือกสียัดเหมาะสมจากการทดลองที่ 1 และทดสอบปริมาณสารแทนนินในสารสกัดเปลือกสียัดตามวิธีของ Mulani *et al.* (2016)

3. นำลูกปลากัดสายพันธุ์หางมงกฏ จากแคมป์ฟาร์ม จังหวัดนครปฐม อายุ 1 เดือน จำนวน 300 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 0.32 กรัม/ตัว สุ่มลงตู้ปลาสี่เหลี่ยมขนาด 35x35x45 ซม. ตู้ละ 20 ตัว บรรจุน้ำ 20 ลิตร เพื่อปรับสภาพลูกปลาเป็นเวลา 3 วัน

4. การเตรียมน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดจากเปลือกสียัดที่สกัดด้วยน้ำ 5 ระดับ ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร โดยใช้เปลือกสียัด 0 (ไม่เติมเปลือกสียัด), 2, 6, 10 และ 14 กรัม ตามลำดับแช่ลงในน้ำ 10 ลิตร และให้อากาศระยะเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปผสมกับน้ำ 10 ลิตร (อุณหภูมิที่สกัด คือ 28-30°C. เป็นวิธีสะดวกต่อเกษตรกรที่สามารถนำไปปรับใช้ภายในฟาร์มเลี้ยงได้) แล้วจากนั้นจึงนำไปใส่ในตู้เลี้ยงลูกปลา ให้อาหารปลาวันละ 1 ครั้ง ในเวลา 11:00-12:00 น. ด้วยไรแดงมีชีวิต 20% ของน้ำหนักตัวปลา และเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกสัปดาห์ด้วยน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสียัดทำการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์

5. บันทึกผลการทดลอง อัตราการรอด และการเติบโตของลูกปลาโดยชั่งน้ำหนักและนับจำนวนลูกปลาทุก 2 สัปดาห์ ตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ หลังจากนั้นคำนวณอัตราการ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

บันทึกความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำโดยวัดค่าดังกล่าวทุก 2 สัปดาห์ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง pH วัดด้วยเครื่อง pH meter Hanna รุ่น HI98128 และ EC วัดด้วยเครื่อง EC meter Hanna รุ่น HI98311

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลปริมาณสารแทนนิน การเติบโตของลูกปลากัด คุณภาพน้ำ ได้แก่ pH และ EC มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลอง ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลงานวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเปลือกสียัดแห้งต่อปริมาณสารแทนนิน

จากการหาความชื้นของเปลือกสียัดแห้งพบว่าความชื้นของเปลือกสียัดแห้งเท่ากับ 11% การทดลองเวลาแช่เปลือกสียัดแห้งที่เหมาะสมต่างกัน 4 ช่วงเวลา ได้แก่ 30, 60, 90 และ 120 นาที พบว่าปริมาณสารแทนนินในเปลือกสียัดแห้งน้ำหนัก 1 กรัม แช่น้ำปริมาตร 1 ลิตร ที่ให้อากาศแตกต่างกันมีค่าอยู่ที่ 227.40, 227.65, 227.69 และ 227.74 ppm ตามลำดับ (Table 1) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 1 Effect of extraction time *A. catechu* barks to tannin contents

Extraction time (minutes)	Tannin contents (ppm)
30	227.40±18.19
60	227.65±4.14
90	227.69±14.69
120	227.74±16.68
p-value	1.000

Mean±SE values within column followed by the different superscripts are significantly at $P<0.05$.

การทดลองที่ 2 การใช้ปริมาณสารแทนนินที่สกัดจากเปลือกสีเสียดแห้งที่ต่างกันต่ออัตราการดูดและการเจริญเติบโตของลูกปลากัดสายพันธุ์หางมงกุฎที่อนุบาลในน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดจากเปลือกสีเสียด

จากการหาปริมาณสารแทนนินในสารสกัดเปลือกสีเสียดที่ความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ ได้แก่ 0,

0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 1 กรัม/ลิตร พบว่าปริมาณสารแทนนินในสารสกัดเปลือกสีเสียดมีค่าเท่ากับ 0, 27.73, 61.01, 155.30, 194.13 และ 227.41 ppm ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณของสารแทนนินผันแปรตามการเพิ่มปริมาณของความเข้มข้นสารสกัดเปลือกสีเสียด

Table 2 Tannin contents of dried *A. catechu* barks at various concentrations

<i>A. catechu</i> concentrations (g/L)	Tannin contents (ppm)
0	0.00±0.00 ^f
0.1	27.73±9.60 ^e
0.3	61.01±9.60 ^d
0.5	155.30±25.41 ^c
0.7	194.13±9.60 ^b
1	227.41±9.60 ^a
p-value	0.0000

Mean±SE values within column followed by the different superscripts are significantly at $P<0.05$.

การทดลองอนุบาลลูกปลากัดในน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้งที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการอนุบาลลูกปลากัดในน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้งไม่ส่งผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลากัดตั้งแต่ 2 สัปดาห์ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) Figure 1 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลากัดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 ในน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้งที่ต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร (Figure 1) พารามิเตอร์การเจริญเติบโตของลูกปลากัดในน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้ง 0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลากัดเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 0.32 กรัม/ตัว

น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของลูกปลากัดเท่ากับ 0.39, 0.41, 0.40, 0.41 และ 0.43 กรัม/ตัว ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.07, 0.09, 0.08, 0.09 และ 0.11 กรัม/ตัว ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันเท่ากับ 0.001, 0.002, 0.001, 0.002 และ 0.002 กรัม/วัน ตามลำดับ และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.38, 0.44, 0.39, 0.46 และ 0.53%/วัน ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อัตรารอดลูกปลากัดที่อนุบาลในน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้ง 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร มีค่าเท่ากับ 96.66, 100.00, 96.66 และ 100.00% ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่ามากกว่าลูกปลากัดที่ไม่ได้อนุบาลด้วยน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียด (0 กรัม/ลิตร) ที่ 83.33% (Table 3)

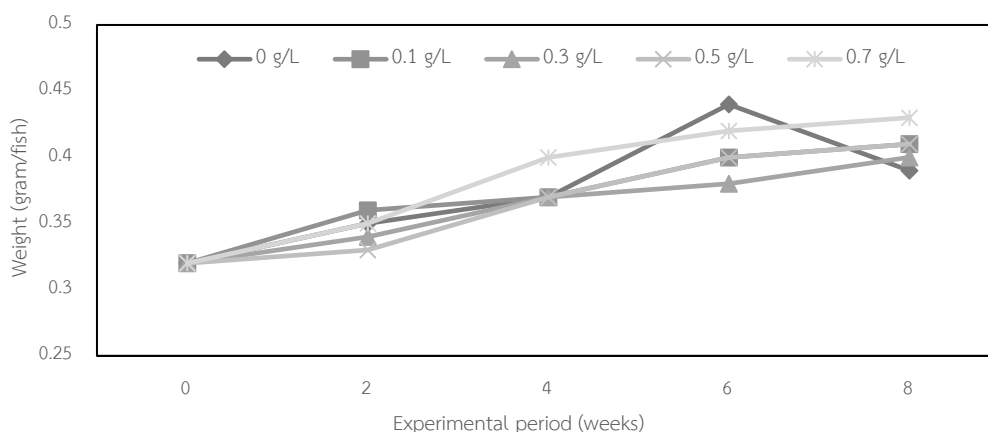


Figure 1 Average weight of *B. splendens* (gram) at various concentrations

Table 3 Growth rate and survival rate of Siamese fighting fish reared in various concentrations of *A. catechu* barks extract

Growth	<i>A. catechu</i> barks (dry weight/liter)					F-test
	0	0.1	0.3	0.5	0.7	
Initial body weight (gram/fish)	0.32±0.00	0.32±0.00	0.32±0.00	0.32±0.00	0.32±0.00	ns
Final body weight (gram/fish)	0.39±0.02	0.41±0.05	0.40±0.05	0.41±0.05	0.43±0.00	ns
Weight gain (gram/fish)	0.07±0.02	0.09±0.05	0.08±0.05	0.09±0.05	0.11±0.01	ns
Average daily weight gain (gram/day)	0.001±0.000	0.002±0.001	0.001±0.001	0.002±0.001	0.002±0.000	ns
Specific growth rate (%/day)	0.38±0.13	0.44±0.23	0.39±0.23	0.46±0.21	0.53±0.02	ns
Survival rate (%)	83.33±12.58 ^b	96.66±2.88 ^a	100.00±0.00 ^a	96.66±5.577 ^a	100.00±0.00 ^a	*

Mean±SE values within a row followed by the different superscripts are significantly at $P<0.05$.

* = significant, ns = non-significant

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ใช้อุนบาลลูกปลากัดที่ผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้ง 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้ง 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.33 ในช่วง 6.61-6.12 และค่าเฉลี่ย 6.38 ในช่วง 6.69-5.97 ตามลำดับ มีค่าน้อยกว่าน้ำที่ใช้อุนบาลลูกปลากัดที่ผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้ง 0 และ 0.3 กรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ย 7.26 ในช่วง 7.38-7.13 และค่าเฉลี่ย 7.45 ในช่วง 7.59-7.33 ตามลำดับ และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ใช้อุนบาลลูกปลากัดที่ผสม

สารสกัดเปลือกสีเสียดแห้ง 0.1 กรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.62 ในช่วง 7.72-7.58 มีค่ามากกว่าน้ำที่ใช้อุนบาลลูกปลากัดที่ผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้ง 0, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร ($P<0.05$) และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ใช้อุนบาลลูกปลากัดที่ผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้ง 0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 455.46 ในช่วง 477-427, 435.86 ในช่วง 451-421, 400.13 ในช่วง 443-270, 390.86 ในช่วง 414-367 และ 417.06 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ในช่วง 430-405 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 4)

Table 4 Water quality parameters *B. splendens* at various concentrations

<i>A. catechu</i> barks (g/L)	pH		Electrical conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
	Range	Mean $\pm$ SE	Range	Mean $\pm$ SE
0	7.38-7.13	7.26 $\pm$ 0.09 ^b	477-427	455.46 $\pm$ 20.30 ^a
0.1	7.72-7.58	7.62 $\pm$ 0.05 ^a	451-421	435.86 $\pm$ 10.51 ^a
0.3	7.59-7.33	7.45 $\pm$ 0.09 ^{ab}	443-270	400.13 $\pm$ 72.87 ^a
0.5	6.61-6.12	6.33 $\pm$ 0.21 ^c	414-367	390.86 $\pm$ 20.34 ^a
0.7	6.69-5.97	6.38 $\pm$ 0.27 ^c	430-405	417.06 $\pm$ 12.19 ^a
F-test		*		*

Mean $\pm$ SE values within a column followed by the different superscripts are significantly at $P<0.05$.

* = significant, ns = non-significant

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลองอนุบาลลูกปลากัดด้วยน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้งที่มีปริมาณ 0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอัตราการรอดตายของลูกปลากัดที่อนุบาลในน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้ง 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร มีค่าสูงกว่าลูกปลากัดที่ไม่ได้อนุบาลด้วยน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียด (0 กรัม/ลิตร) ($P<0.05$) เนื่องจากน้ำเลี้ยงผสมเปลือกสีเสียดมี Polyphenol ซึ่งมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Soyocak *et al.*, 2019) และยังมีสารแทนนินเป็นองค์ประกอบ มีฤทธิ์ต้านเชื้อก่อโรค ได้แก่ ปรสิต แบคทีเรีย และไวรัส (Jing *et al.*, 2022) สารแทนนินช่วยลดกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมันจากแบคทีเรียโดยการยับยั้ง β -ketoacyl-ACP reductase (Wu *et al.*, 2010) และสามารถจับ Peptidoglycan ในผนังเซลล์ของแบคทีเรียได้ ซึ่งไปขัดขวางการก่อตัวของ Biofilm ของแบคทีเรีย (Dong *et al.*, 2018) และการยับยั้งเชื้อไวรัส Chikungunya ด้วยกระบวนการ Hemagglutination activity ซึ่งเกิดจากสารแทนนินไปจับกับ Membrane proteins ของไวรัส (Konishi and Hotta, 1980) และสามารถดูดซับสารเคมีที่เป็นอันตราย อีกทั้งช่วยลดเครียด

ของปลา (Ashraf and Bengtson, 2007) ยังสอดคล้องกับ Ramos *et al.* (2020) ได้ศึกษาการเลี้ยงปลาใบไม้ อเมซอน (*Monocirrhus polyacanthus*) ด้วยน้ำผสมสารสกัดใบหูกวางที่มีสารแทนนินเป็นองค์ประกอบ สามารถเพิ่มอัตราการรอดได้เมื่อเทียบกับน้ำที่ไม่ได้ผสมสารสกัดใบหูกวาง น้ำหนักเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Malawa *et al.* (2022) ศึกษาการเติบโตของปลากัดที่เลี้ยงด้วยน้ำผสมสารสกัดใบหูกวาง 0.125, 0.25, 0.5 และ 1 กรัม/ลิตร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของน้ำหนักเฉลี่ย ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำอนุบาลลูกปลาที่ความเข้มข้น 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร มีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นที่ 0, 0.1 และ 0.3 กรัม/ลิตร ($P<0.05$) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลากัด คือ 6.5–7.5 (Meenakarn *et al.*, 1988) สอดคล้องกับการศึกษาของ Rodpan *et al.* (2020) พบว่าการใช้น้ำแช่ใบหูกวางซึ่งเป็นที่นิยมในการใช้ของเกษตรกรในรูปแบบเดิมที่มีปริมาณ 10 กรัม/ลิตร ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ 5.42 ทำให้ปลากัดตายทั้งหมด เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ต่ำส่งผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในเลือดของสัตว์น้ำลดลง (Gomez Isaza *et al.*, 2020) ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารสกัดเปลือกสีเสียดที่ 0.1 และ 0.3 กรัม/ลิตร

อยู่ที่ 7.62 และ 7.45 ตามลำดับ ไม่ส่งผลต่อความเป็นกรดของน้ำ ทำให้เหมาะสมในการใช้มากกว่าใบหูกวางที่ 2.5 กรัม/ลิตร ที่ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำลดลงอยู่ที่ 6.67 (Rodpan *et al.*, 2020) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ใช้อนุบาลลูกปลากัดที่ผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดแห้ง 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ไม่สอดคล้องกับความเป็นพิษของกรดแทนนิกที่ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลง (Nugroho *et al.*, 2016)

สรุปผลการวิจัย

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเปลือกสีเสียดแห้งโดยให้อากาศตลอดเวลา ควรแช่เปลือกสีเสียดเป็นเวลา 30 นาที และการอนุบาลลูกปลากัดในน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียด 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัม/ลิตร มีอัตราการรอดมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้อนุบาลในน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียด แต่การเจริญเติบโตของปลากัดไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นควรอนุบาลลูกปลากัดในน้ำเลี้ยงผสมสารสกัดเปลือกสีเสียดที่ความเข้มข้น 0.1-0.7 กรัม/ลิตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณบุปผา จงพัฒน์ ที่แนะนำข้อมูลในการทำวิจัย แชมป์ฟาร์ม จังหวัดนครปฐม ที่สนับสนุนปลากัด และคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Ashraf, M. and D.A, Bengtson. 2007. Effect of tannic acid on feed intake, survival and growth of striped bass (*Morone saxatilis*) larvae. **International Journal of Agriculture and Biology** 9: 751-754.
- Dong, G., H. Liu, X. Yu, X. Zhang, H. Lu, T. Zhou and J. Cao. 2018. Antimicrobial and antibiofilm activity of tannic acid against *Staphylococcus aureus*. **Natural Product Research** 32(18): 2225-2228.
- Fishery Inspection Office at Suvarnabhumi Airport. 2022. **Annual Report 2022 Fishery Inspection Office at Suvarnabhumi Airport**. [Online]. Available https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20230222152915_1_file.pdf (February 20, 2023). [in Thai]
- Gomez Isaza, D.F., R.L. Cramp and C.E. Franklin. 2020. Simultaneous exposure to nitrate and low pH reduces the blood oxygen-carrying capacity and functional performance of a freshwater fish. **Conservation Physiology** 8(1): coz092.
- Jaroensutasinee, M. and K. Jaroensutasinee. 2001. Bubble nest habitat characteristics of wild Siamese fighting fish. **Journal of Fish Biology** 58(5): 1311-1319.
- Jing, W., C. Xiaolan, C. Yu, Q. Feng and Y. Haifeng. 2022. Pharmacological effects and mechanisms of tannic acid. **Biomedicine and Pharmacotherapy** 154: 113561.

- Katiki, L.M., A. Gomes, A. Barbieri, P. Pacheco, L. Rodrigues, C.J. Verissimo, G. Gutmanis, A. Piza, H. Louvandini and J. Ferreira. 2017. *Terminalia catappa*: chemical composition, *In Vitro* and *In Vivo* effects on *Haemonchus contortus*. **Veterinary Parasitology** 246: 118-123.
- Konishi, E. and S. Hotta. 1980. On the mechanism of inactivation of Chikungunya virus by tannic acid. **Microbiology and Immunology** 24(9): 847-859.
- Malawa, S., N. Nuntapong, N. Suanyuk and K. Thongprajukaew. 2022. Addition of different concentrations of Indian almond (*Terminalia catappa*) leaf extract to aquarium water resulted in improved water quality and increased bubble nest formation by male Siamese fighting fish (*Betta splendens*) without having any consistent negative effects on growth metrics and blood chemistry. **Aquaculture International** 30: 1-20.
- Marogianni, C., M. Sokratous, E. Dardiotis, G.M. Hadjigeorgiou, D. Bogdanos and G. Xiromerisiou. 2020. Neurodegeneration and inflammation-an interesting interplay in Parkinson's disease. **International Journal of Molecular Sciences** 21(22): 1-15.
<https://doi.org/10.3390/ijms21228421>
- Meenakarn, W., N. Laohavisuti and S. Promyot. 1988. **Propagation of Siamese Fighting Fish *Betta splendens* Regan**. Bangkok: National Inland Fisheries Institute. 16 p. [in Thai]
- Metropolitan Waterworks Authority. 2022. **Drinking water quality standards**. [Online]. Available <https://www.mwa.co.th> (May 6, 2024).
- Mulani, K., N. Pawar, N. Nirhali and V. Rathod. 2016. Determination of tannins and sulfur dioxide content of different wine samples by titrimetric method. **Chemical Science** 5(2): 458-462.
- Nugroho, R.A., H. Manurung, D. Saraswati, D. Ladyescha and F.M. Nur. 2016. The effects of *Terminalia catappa* L. leaves extract on the water quality properties, survival and blood profile of ornamental fish (*Betta sp.*) cultured. **Biosaintifika: Journal of Biology and Biology Education** 8(2): 240-247.
- Puttamat, S, and W. Suwannasarn. 2007. The Study of Chemical Composition of Dried Leaves of Indian Almond (*Terminalia catappa* L.) and Its Effect on Water Quality and Anti Aquatic Bacteria Activity. pp. 579-585. **In Academic Conference of Kasetsart University, 45th Edition: January 30th – 2 February 2007**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]

- Ramos, F.M., H.A. Abe, M.V.S.D. Couto, P.E.G. Paixão, M.L. Martins, P.C.F. Carneiro, A.N. Maria and R.Y. Fujimoto. 2020. *Terminalia catappa* improves growth performance and survival of the Amazon leaf fish (*Monocirrhus polyacanthus*) larvae submitted to handling stress. **Aquaculture Research** 51(11): 4805-4808.
- Rodloy, A. 2023. **Plakad Thai (Siamese Fighting Fish): An Elegant Warrior from the Royal Kingdom of Siam (Thailand)** Bangkok: Department of Fisheries. 120 p. [in Thai]
- Rodpan, S., N. Laohavisuti and U. Ruangdej. 2020. Effect of water pH from dried *Terminalia catappa* leaves on increasing male ratio and growth performance of halfmoon fancy Betta Fish (*Betta splendens*) **King Mongkut's Agricultural Journal** 38(4): 511-518. [in Thai]
- Sieniawska, E. 2015. Activities of tannins—from *In Vitro* studies to clinical trials. **Natural Product Communications** 10(11): 1877-1884.
- Soyocak, A., H. Kurt, D.T. Cosan, F. Saydam, I.U. Calis, U.K. Kolac, Z.O. Koroglu, I. Degirmenci, F.S. Mutlu and H.V. Gunes. 2019. Tannic acid exhibits anti-inflammatory effects on formalin-induced paw edema model of inflammation in rats. **Human & Experimental Toxicology** 38(11): 1296-1301.
- Thongprajukaew, K. 2013. Biology of Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910). **Khon Kaen University Science Journal** 41: 1-15. [in Thai]
- Wu, D., X.D. Wu, X.F. Ma X.F. You and W.X. Tian. 2010. Inhibitory effects on bacterial growth and beta-ketoacyl-ACP reductase by different species of maple leaf extracts and tannic acid. **Phytotherapy Research** 24(1): 35-41.
- Yadav, V. and Y.C. Yadav. 2022. Bioactive potential and phytopharmacological activity of *Acacia Catechu*. **International Journal of Drug Discovery and Medical Research** 11(1): 11-14.
- Youness, R.A., R. Kamel, A.N. Elkasabgy, P. Shao and M.A. Farag. 2021. Recent advances in tannic acid (gallotannin) anticancer activities and drug delivery systems for efficacy improvement: a comprehensive review. **Molecules** 26(5): 1486.

การใช้หนอนแมลงวันลายอบแห้งเป็นอาหารปลาบึกอินทรีย์

The Application of Dried Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Larvae in Feed for Organic Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas* Chevey, 1930)

สุดาพร ตงศิริ* จงกล พรมยะ และนิสรา กิจเจริญ

Sudaporn Tongsiri*, Jongkon Promya and Nissara Kitcharoen

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

*Corresponding author: sudap2515@gmail.com

Abstract

Received: September 14, 2023

Revised: March 09, 2024

Accepted: June 10, 2024

Developing organic animal feed formulas is an important approach to promoting organic aquaculture. Nutrition plays a vital role in the growth of aquatic animals. Dried Black Soldier Fly (BSF) larvae, with high protein content, are being considered as an alternative protein source to fishmeal. The purpose of this study was to investigate the growth performance of Mekong giant catfishes fed with 0 (control), 30 (BSF1), 40 (BSF2) and 50 (BSF3) percent dried BSF larvae. The diets contained 40 percent protein. The initial fish size was 50 ± 0.12 grams. Catfish were cultured in 1x1x1 meter plastic cages, at a density of 20 fish per square meter. Fish were fed at 3 percent of fish weight and cultured for 60 days. The results showed that the proximate analysis of organic dried BSF larvae revealed a protein content of 47.82 ± 2.01 percent. The moisture, ash, lipid, fiber, and carbohydrate contents were 5.51 ± 0.23 , 12.14 ± 0.22 , 7.31 ± 0.62 , 7.97 ± 0.70 , and 19.22 ± 0.23 percent, respectively. The Mekong giant catfish fed a diet containing 40 percent dried black soldier fly larvae (BSF2) had the highest average weight gain, 108.13 ± 6.052 grams, and the lowest feed conversion rate, 2.38 ± 0.04 . All treatments showed significant differences in weight gain ($p < 0.05$). On the other hand, there were no significant differences among treatments in terms of average daily gain and survival rate ($p > 0.05$). In conclusion, dried black soldier fly larvae could be used as an alternate protein ingredient in fish feed for Mekong giant catfish culture, and the optimum inclusion level was 40 percent dried black soldier fly larvae in fish feed.

Keywords: Mekong giant catfish, black soldier fly larvae, organic feed, growth

บทคัดย่อ

การพัฒนาสูตรอาหารสัตว์น้ำอินทรีย์ เป็นแนวทางหนึ่งที่สำคัญในการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ อาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อการเจริญเติบโต หนอนแมลงวันลายอับแห้งอินทรีย์ (Black Soldier Fly: BSF) เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจทดแทนโปรตีนจากปลาป่น เนื่องจากมีโปรตีน การเจริญเติบโตของปลาบึกอินทรีย์ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมหนอนแมลงวันลายอับแห้งอินทรีย์ ระดับ 0 (control), 30 (BSF1), 40 (BSF2) และ 50 (BSF3) เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ใช้ปลาบึกขนาดเฉลี่ย 50 ± 0.12 กรัม เลี้ยงในกระชังพลาสติกขนาด $1 \times 1 \times 1$ เมตร ความหนาแน่น 20 ตัวต่อตารางเมตรให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เลี้ยงเป็นระยะเวลา 60 วัน ผลการทดลองพบว่า คุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันลายอับแห้ง มีปริมาณโปรตีน 47.82 ± 2.01 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน ไฟเบอร์ และคาร์โบไฮเดรต 5.51 ± 0.23 , 12.14 ± 0.22 , 7.31 ± 0.62 , 7.97 ± 0.70 และ 19.22 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการเจริญเติบโตของปลาบึก พบว่าปลาบึกที่ได้รับอาหารผสมหนอนแมลงวันลายอับแห้ง 40 เปอร์เซ็นต์ (BSF2) มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด คือ 108.13 ± 6.052 กรัม และมีอัตราแลกเนื้อต่ำที่สุด คือ 2.38 ± 0.04 โดยการทดลองทุกชุดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการรอดของทุกชุดทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สรุปได้ว่าหนอนแมลงวันลายอับแห้งสามารถใช้ในสูตรอาหารเลี้ยงปลาบึกได้ และสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ในสูตรอาหาร คือ ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์.

คำสำคัญ: ปลาบึก หนอนแมลงวันลาย อาหารอินทรีย์ การเจริญเติบโต

คำนำ

ปลาบึก (Mekong Giant Catfish) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pangasianodon gigas* Chevey, 1930 เป็นปลาไม่มีเกล็ดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีความนิยมในการบริโภคที่จัดอยู่ในกลุ่มสัตว์หายาก และใกล้จะสูญพันธุ์ในธรรมชาติ เนื่องจากได้รับความนิยมในการนำมาบริโภค และสร้างรายได้ให้แก่ชาวประมงพื้นบ้าน จึงทำให้ปลาไม่สามารถสืบพันธุ์และเจริญเติบโตทันความต้องการ รวมทั้งปัจจัยการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของแม่น้ำโขง ทางกรมประมงสามารถเพาะขยายพันธุ์ปลาบึกจากพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงไว้ในบ่อดินได้สำเร็จ ณ สถานีประมงน้ำจืด จังหวัดพะเยา และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ (Suthus *et al.*, 2022)

ปัจจุบันนี้มีพัฒนาการเลี้ยงปลาบึกไปในเชิงพาณิชย์ มีการค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากปลาบึกเป็นที่นิยมของผู้บริโภค เนื้อมีรสชาดีดี เนื้อแน่น มีลายกล้ามเนื้อเป็นแฉก คล้ายวงปีของเนื้อไม้ ช่วยให้สุขภาพดีและฉลาด เพราะมีกรดไขมันจำเป็นในเนื้อปลาบึก (Mengamphan, 2016) ปลาบึกเลี้ยงง่ายมีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าปลาน้ำจืดชนิดอื่น ๆ หากทำการเลี้ยงโดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปจะมีการเจริญเติบโตได้ไม่น้อยกว่าปีละ 5 กิโลกรัม เมื่อนำไปจำหน่ายก็ได้ราคาดี อีกทั้งยังมีความทนทานต่อโรค และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้เป็นอย่างดีในการเลี้ยงสัตว์น้ำต้นทุนส่วนใหญ่ 60-70 เปอร์เซ็นต์ (Tongsiri *et al.*, 2020) จะเป็นค่าอาหารปลา ปัญหาต้นทุนอาหารสัตว์เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบอาหารมีราคาสูงขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรเพิ่มสูงขึ้น

หนอนแมลงวันลาย เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการเพาะเลี้ยงเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทดแทนประเภทโปรตีน เช่น ปลาป่นได้ ซึ่งแมลงทหารเสือหรือ

แมลงวันลาย (*Hermetia illucens*) เป็นแมลงท้องถิ่นที่เติบโตเร็ว ตัวเต็มวัยไม่กัดต่อย ไม่ก่อโรคสู่คนและสัตว์ไม่เป็นศัตรูพืช สามารถย่อยสลายซากอินทรีย์วัตถุ และควบคุมแมลงวันบ้านได้ มีความสามารถในการย่อยสลายขยะอินทรีย์และมูลสัตว์ได้ดี โดยหนอนแมลงวันลายเป็นพวกกินซาก และย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ สามารถย่อยสลายมูลสัตว์และเศษซากพืชได้ จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์ในการลดปริมาณขยะอินทรีย์ สามารถย่อยขยะอินทรีย์ได้มากถึง 80-90 เปอร์เซ็นต์ (Limbu *et al.*, 2022) และใช้เวลาในการย่อยสลายขยะเร็วกว่าไส้เดือนดิน ขยะอินทรีย์ที่ได้หลังจากการย่อยสลายสามารถใช้เป็นปุ๋ยสำหรับปรับปรุงบำรุงดินที่มีธาตุอาหารสูงอีกด้วย และหนอนแมลงวันลายยังใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนและเสริมในอาหารสัตว์ โดยมีโปรตีนสูงถึง 42-56 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 30 เปอร์เซ็นต์ อุดมไปด้วยโอเมก้า 3, 6, 9 กรดอะมิโน วิตามิน และแร่ธาตุหลายชนิด สามารถนำไปเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจได้หลายประเภท เช่น ไก่ นก ปลา หมู หู สุนัข กิ้งก่า สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (Mohan *et al.*, 2022) เป็นต้น มีงานวิจัยที่นำหนอนแมลงวันลายอบแห้งมาใช้ทดแทนปลาป่นเพื่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ปลาเรนโบว์เทรา (Elia *et al.*, 2018; Renna *et al.*, 2017) ปลาแซลมอน (Belghit *et al.*, 2019) ปลากระพงขาว (Magalhães *et al.*, 2017) ปลานิลวัยอ่อน (Devic *et al.*, 2018) ซึ่งพบว่าสามารถใช้หนอนแมลงวันลายอบแห้งทดแทนปลาป่นในปลานิลได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ (Limbu *et al.*, 2022)

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความใส่ใจในความปลอดภัยของอาหารมากขึ้น ประกอบกับความต้องการทางตลาดที่ต้องการสินค้าสัตว์น้ำที่มีคุณภาพดีและปลอดภัย ทำให้มีความต้องการผลิตสัตว์น้ำที่มีคุณภาพสูง ปลอดภัย และพัฒนามาตรฐานการเลี้ยงที่ดีมุ่งสู่อินทรีย์ ซึ่งในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์นั้น อาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ต้องมีมาตรฐานด้านการผลิตอาหารตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ จึงจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบอาหารที่อยู่ในพื้นที่อินทรีย์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นอาหารสัตว์น้ำ

อินทรีย์ การให้อาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ คือ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่กินอาหารจากแพลงก์ตอนในธรรมชาติเป็นหลัก ต้องเลี้ยงในบริเวณที่มีอาหารธรรมชาติที่เพียงพอแก่ความต้องการของสัตว์น้ำนั้น ๆ และปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการสร้างอาหารธรรมชาติในบ่อต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานส่วนการผลิตพืช (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2021) หากต้องใช้อาหารแก่สัตว์น้ำ อาหารที่ใช้ต้องมาจากส่วนผสมที่ได้รับการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เท่านั้น แต่เนื่องจากระบบเกษตรอินทรีย์ในท้องถิ่นยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นและยังไม่สามารถผลิตวัตถุดิบอินทรีย์ได้เพียงพออนุโลมให้ใช้วัตถุดิบพืชที่มาจากการเกษตรทั่วไปหรือเก็บจากธรรมชาติได้ แต่ต้องไม่เกิน 15% ของน้ำหนักแห้ง (โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งของอาหารทั้งปี) (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2021) จากข้อกำหนดดังกล่าว จึงเป็นแนวทางในการทำการวิจัยวัตถุดิบอาหารที่อยู่ในพื้นที่อินทรีย์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นอาหารสัตว์น้ำอินทรีย์ และสามารถนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ในท้องถิ่นต่อไปได้

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาการเจริญเติบโตของปลาปักอินทรีย์ โดยให้อาหารที่มีการนำหนอนแมลงวันลายอินทรีย์มาทดแทนในสูตรอาหาร ในอัตราส่วนที่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารควบคุม

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมหนอนแมลงวันลายเพื่อเป็นอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย

การเพาะเลี้ยงแมลงวันลายเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตหนอนแมลงวันลาย โดยการจัดเตรียมกรงขังมุ้งตาข่ายสีฟ้าที่เป็นระบบปิด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากแมลงอื่น ๆ ทำให้สามารถจัดการแมลงวันลายได้ ล่อฟอ-แม่พันธุ์ของ

แมลงวันลายจากธรรมชาติมาใส่ในกรงขังมุ้งตาข่ายสีฟ้า ให้อาหารที่เป็นอาหารหมักจากขยะอินทรีย์ที่ได้จากร้านจำหน่ายอาหารที่ใช้ผลผลิตจากพืชผักอินทรีย์ในการประกอบอาหาร และส่วนหนึ่งจากเศษผักอินทรีย์ที่ปลูกในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ การเจริญเติบโตของแมลงวันลาย เริ่มจากระยะไข่ใช้เวลาประมาณ 3-4 วัน ระยะตัวหนอนใช้เวลาประมาณ 14-18 วัน โดยช่วงระยะที่เป็นหนอนแมลงวันลาย กินอาหารหมักจากเศษพืชอินทรีย์หรือขยะอินทรีย์เป็นอาหาร ก่อนที่จะเข้าสู่ระยะดักแด้ (ระยะเวลา 19-23 วัน) ซึ่งจะดำเนินการเก็บหนอนแมลงวันลายก่อนที่จะเข้าดักแด้ และอบหนอนแมลงวันลายให้แห้ง นำมาบดละเอียด นำไปศึกษาคุณค่าทางโภชนาการตามวิธีการของ AOAC (1990) เพื่อสร้างสูตรอาหารในการเลี้ยงปลาบึกอินทรีย์

การศึกษาคคุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันลายอบแห้ง มีปริมาณโปรตีน 47.82 ± 2.01

เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน และไฟเบอร์ ดังนี้ 5.51 ± 0.23 , 12.14 ± 0.22 , 7.31 ± 0.62 และ 7.97 ± 0.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต หรือ Nitrogen Free Extract (NFE) มีค่าเท่ากับ 19.22 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการคำนวณเพื่อสร้างสูตรอาหารทดลองต่อไป

การสร้างสูตรอาหารและชุดทดลอง

การสร้างสูตรอาหารทดลอง กำหนดให้มีการใช้วัตถุดิบดังนี้ หนอนแมลงวันลายอบแห้ง (ตามวิธีการที่กล่าวข้างต้น) ถั่วเหลือง รำ ปลายข้าว ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ได้รับการรับรองมาตรฐานอินทรีย์จากแหล่งผลิต อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และวิตามิน ซึ่งแต่ละสูตรอาหารมีสัดส่วนของวัตถุดิบ และสูตรอาหารที่ใช้มีโปรตีนในแต่ละสูตร เท่ากับ 40.41 ± 0.96 , 39.85 ± 1.10 , 39.94 ± 0.73 และ 39.89 ± 0.66 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) และพลังงาน 490 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม เท่ากันทุกสูตร (Table 1)

Table 1 The composition of feed mixed with black soldier fly larvae (BSF) 4 formula

Ingredient (%)	Control	BSF1	BSF2	BSF3
Black soldier fly larvae	0	30	40	50
Soybean	90	51	41	31
Rice bran	0	9	9	9
Broken rice	9	9	9	9
Vitamin ^a	1	1	1	1
Total	100	100	100	100
Proximate analysis (%)				
Protein	40.41 ± 0.96	39.85 ± 1.10	39.94 ± 0.73	39.89 ± 0.66
Moisture	9.14 ± 0.80^{ab}	8.58 ± 0.11^a	10.94 ± 0.14^b	9.75 ± 0.39^{ab}
Ash	11.18 ± 0.48	10.97 ± 0.23	11.76 ± 0.06	12.95 ± 0.89
Lipid	8.65 ± 0.67^a	9.72 ± 0.18^{ab}	11.01 ± 0.10^c	12.05 ± 0.18^c
Fiber	4.75 ± 0.66	5.32 ± 0.44	5.90 ± 0.86	7.41 ± 0.88

^aVitamin (IU or mg kg⁻¹ of premix): retinol 40,000 IU; cholecalciferol 4,000 IU; α -tocopherol acetate 400 mg; menadione 12 mg; thiamine 30 mg; riboflavin 40 mg; pyridoxine 30 mg; cyanocobalamin 80 μ g; nicotinic acid 300 mg; folic acid 10 mg; biotin 3 mg; pantothenic acid 100 mg; inositol 500 mg

ดำเนินการทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน พ.ศ. 2566 โดยการทดลองใช้ปลาบึกน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 50 ± 0.12 กรัม และความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 30.5 ± 0.11 เซนติเมตรต่อตัว นำมาจากศูนย์ประมงจังหวัดลำพูน เลี้ยงในกระชังพลาสติกในบ่อดิน ที่ความหนาแน่น 20 ตัวต่อตารางเมตร และวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และกำหนดชุดทดลอง 4 ชุดทดลอง ๆ ละ 4 ซ้ำ มีรายละเอียดดังนี้

- ชุด 1 อาหารควบคุม 40% (Control)
- ชุด 2 อาหารที่มีหนอนแมลงวันลายอบแห้ง 30% (BSF1)
- ชุด 3 อาหารที่มีหนอนแมลงวันลายอบแห้ง 40% (BSF2)
- ชุด 4 อาหารที่มีหนอนแมลงวันลายอบแห้ง 50% (BSF3)

ให้อาหารปลาวันละ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว 2 ครั้ง เข้า-เย็น ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 60 วัน ตรวจวัดความยาวทั้งหมด (Total length) และน้ำหนักของปลาทุก ๆ 14 วัน โดยสุ่มชั่งปลา 50 เปอร์เซ็นต์ จนครบระยะเวลาของการทดลอง และเก็บข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ดังนี้

1. น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Mean weight gain); g/fish
2. ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Length gain); cm/fish
3. อัตรารอด (Survival rate); %
4. อัตราการแลกเนื้อ (FCR)
5. น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Average diary growth); g/fish/day
6. ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (Protein Efficiency Ratio: PER)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 16.0 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ One-way Analysis of Variance

(ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า คุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันลายอบแห้งที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีปริมาณโปรตีน 47.82 ± 2.01 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน และไฟเบอร์ เท่ากับ 5.51 ± 0.23 , 12.14 ± 0.22 , 7.31 ± 0.62 และ 7.97 ± 0.70 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต หรือ Nitrogen Free Extract (NFE) มีค่าเท่ากับ 19.22 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนสูงทดแทนปลาป่นได้ ซึ่งในสูตรอาหารนำหนอนแมลงวันลายอบแห้งมาใช้เป็นโปรตีนสูงตามสูตรอาหารที่มีหนอนแมลงวันลายอบแห้ง 0, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงปลาบึกเป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาบึกที่ได้รับอาหาร 4 สูตร คือ อาหารควบคุม มีค่าเท่ากับ 67.42 ± 3.72 กรัม อาหาร BSF1, BSF2 และ BSF3 มีค่าเท่ากับ 98.93 ± 5.28 , 108.13 ± 6.05 และ 94.90 ± 5.41 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสูตรอาหาร BSF2 มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดทดลอง ($p < 0.05$) ผลการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณหนอนแมลงวันลายสูงขึ้นทำให้การเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากหนอนแมลงวันลายมีปริมาณไคตินเป็นองค์ประกอบถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมื่อเพิ่มปริมาณหนอนแมลงวันลายสูงขึ้น ปริมาณไคตินก็เพิ่มสูงตามไปด้วย ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทำให้การเจริญเติบโตลดลง (Mohan *et al.* 2022) อัตราแลกเนื้อในการทดลองนี้ มีค่าเท่ากับ 3.38 ± 0.03 , 2.91 ± 0.03 , 2.38 ± 0.04 และ 3.16 ± 0.04 ตามลำดับ และปลาบึกที่ได้รับอาหาร BSF2 มีอัตราแลกเนื้อต่ำที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลาบึกพบว่ามีค่าเท่ากับ 1.03 ± 0.57 , 1.52 ± 0.81 , วัน 1.66 ± 0.93 และ 1.46 ± 0.83 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ และไม่มี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในส่วนของอัตรารอดของปลาบึกในทุกชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร

พบว่าอาหาร BSF2 มีประสิทธิภาพของโปรตีนดีที่สุด ($p<0.05$) ดัง Table 2

Table 2 Growth performance of Mekong giant catfish fed with feed mixed with Black Soldier Fly larvae (BSF) for 60 days

Treatment	Weight gain (g)	FCR	PER	ADG (g/fish/day)	Survival rate (%)
Control	67.42±3.721 ^d	3.388±0.03 ^d	0.72±0.01 ^a	1.037±0.57	80±0.00
BSF1	98.93±5.280 ^b	2.914±0.03 ^b	1.05±0.01 ^b	1.522±0.81	80±0.00
BSF2	108.13±6.052 ^a	2.387±0.04 ^a	1.15±0.01 ^c	1.664±0.93	80±0.00
BSF3	94.90±5.411 ^c	3.162±0.04 ^c	1.01±0.01 ^b	1.460±0.83	80±0.00

Values are Means±SE and values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันลายอบแห้งที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีปริมาณโปรตีน 47.82±2.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mohan *et al.* (2022) วิจัยโดยใช้หนอนแมลงวันลายที่มีการเลี้ยงด้วยของเสียจากผลไม้และ ผัก และพบว่าปริมาณโปรตีนในหนอนแมลงวันลายมีปริมาณอยู่ระหว่าง 30-60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่หนอนแมลงวันลายอบแห้งที่มีการดองไขมันออกแล้ว พบว่ามีโปรตีนอยู่ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ (Li *et al.*, 2017) และพบว่ามีการรายงานปริมาณโปรตีนของหนอนแมลงวันลายอบแห้งอยู่หลายช่วงระดับโปรตีน คือ โปรตีน 42 เปอร์เซ็นต์ (Huang *et al.*, 2019) โปรตีน 62 เปอร์เซ็นต์ (Marono *et al.*, 2017) เป็นต้น และพบว่าปริมาณโปรตีนที่พบในหนอนแมลงวันลายอบแห้งมีค่าสูงถึง 61 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าหนอนแมลงวันลายที่มีอายุ 5 วัน มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (Rachmawati *et al.*, 2010) ความแตกต่างของคุณค่าทางโภชนาการในหนอนแมลงวันลายเกิดจากอาหารที่ใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันลายเป็นหลัก (Nguyen *et al.*, 2015) หนอนแมลงวันลายอบแห้งมีการนำมาใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบ

อาหารในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหลายประเภท เช่น ปลาแซลมอน (Belghit *et al.*, 2019) ปลาม้าลาย (Mohan *et al.*, 2022) ปลาเรนโบว์เทรา (Bruni *et al.*, 2018) และปลานิล (Yildirim-Aksoy *et al.*, 2020; Yildirim-Aksoy *et al.*, 2020) เป็นต้น และมีการพัฒนาเพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำในอนาคตต่อไป

การเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผสมหนอนแมลงวันลายอบแห้ง 4 สูตร คือ 0, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปลาบึกที่ได้รับอาหารผสมหนอนแมลงวันลาย 40 เปอร์เซ็นต์ (BSF2) มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 108.13±6.052 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดทดลอง ($p<0.05$) ผลการทดลองเมื่อมีการเพิ่มปริมาณหนอนแมลงวันลายสูงขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากหนอนแมลงวันลายมีไคตินเป็นองค์ประกอบ และมีการศึกษาพบว่าทุกระยะการเจริญเติบโต คือ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย พบปริมาณไคตินในระยะหนอนมีปริมาณไคตินถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมื่อเพิ่มปริมาณหนอนแมลงวันลายสูงขึ้น ปริมาณไคตินก็เพิ่มสูงตามไปด้วย แต่ในตัวของปลาไม่มีเอนไซม์ย่อยไคตินจึงทำให้การเจริญเติบโตลดลง (Mohan *et al.*, 2022)

ในการศึกษาค้นคว้าพบว่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร มีประสิทธิภาพดีที่สุดในสูตรอาหารผสมหนอนแมลงวันลาย 40 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเช่นกัน ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Weththasinghe *et al.* (2021) ได้ศึกษาการเลี้ยงปลาแซลมอนด้วยอาหารที่มีการทดแทนด้วยหนอนแมลงวันลาย 6.25, 12.5 และ 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนปลาป่นได้ถึง 12.5 เปอร์เซ็นต์ (คิดเป็น 16.13 กรัมใน 100 กรัม) โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาแซลมอน เช่นเดียวกับการศึกษาในปลาม้าลาย พบว่าการใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนปลาป่นในอาหารเพื่อเลี้ยงปลาม้าลายปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตของปลาม้าลายดีขึ้น เทียบเท่ากับการเลี้ยงด้วยปลาป่น และยังพบว่าช่วยเพิ่มปริมาณกรดไขมันในเนื้อปลาได้ด้วย (Zarantonello *et al.*, 2018) การศึกษาในปลาไน พบว่าการใช้หนอนแมลงวันลายเลี้ยงปลาไน 50 เปอร์เซ็นต์ ช่วยทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดีขึ้น และสร้างภูมิคุ้มกันได้เพิ่มมากขึ้น (Mohan *et al.*, 2022) เช่นเดียวกับการศึกษาในปลาเรนโบว์เทรา มีการใช้หนอนแมลงวันลายอบแห้งสามารถใช้ทดแทนในส่วนของน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปลาได้ โดยไม่มีความแตกต่างของตับและลำไส้ที่มีการให้อาหารที่มีปลาป่น และยังพบอีกว่ามีการสร้างภูมิคุ้มกันในปลาเพิ่มมากขึ้นด้วย (Kumar *et al.*, 2021)

Tippayadara *et al.* (2021) ได้ศึกษาการทดแทนปลาป่นด้วยหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าการเจริญเติบโตของปลานิลไม่มีความแตกต่างกัน และสามารถใช้น้ำมันแมลงวันลายทดแทนปลาป่นได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Agbohessou *et al.* (2021) ได้รายงาน ว่าสามารถทดแทนปลาป่นด้วยหนอนแมลงวันลายได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีความแตกต่างกัน ในส่วนของการศึกษาในปลาดุกรัสเซีย ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนปลาป่น 0, 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Adeoye *et al.* (2020) ปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารที่ทดแทนปลาป่นด้วยหนอนแมลงวันลาย

100 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าชุดควบคุมและการศึกษาในปลากดเหลือง การทดแทนปลาป่นด้วยหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 0, 13, 25, 37, 48, 68, 85 and 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการทดแทนที่ 25 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้การเจริญเติบโตของปลากดเหลืองดีที่สุด และกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันได้ดีที่สุดด้วยเช่นกัน (Xiao *et al.*, 2018) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าหนอนแมลงวันลายที่ใช้ในสูตรอาหารสูงทำให้การเจริญเติบโตของปลาในกลุ่มปลาหนังไม่ดี สรุปผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าใช้หนอนแมลงวันลายในสูตรอาหาร 40 เปอร์เซ็นต์ทำให้ปลาบิกเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ซึ่งพบว่าหนอนแมลงวันลายสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในการเลี้ยงปลาหนังได้เพียงบางส่วนเท่านั้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาสสูตรอาหารหนอนแมลงวันลายอบแห้งอินทรีย์ ระดับ 0 (control), 30 (BSF1), 40 (BSF2) และ 50 (BSF3) เปอร์เซ็นต์ ที่เลี้ยงปลาบิกน้ำหนักรเริ่มต้นเฉลี่ย 50 ± 0.12 กรัม เป็นเวลา 60 วัน พบว่าอาหารที่มีหนอนแมลงวันลาย 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรอาหารที่ปลาบิกมีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด มีประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารดีที่สุด และมีอัตราแลกเนื้อต่ำที่สุด ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้เลี้ยงปลาบิกอินทรีย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของทุนวิจัยเรื่อง “การพัฒนาสูตรอาหารเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์” ซึ่งเป็นโครงการภายใต้งานวิจัย มจ.1-66-06-006 : การผลิตสัตว์น้ำอินทรีย์เพื่อผลิตอาหารปลอดภัยในเขตจังหวัดเชียงใหม่ และภาคเหนือตอนบน ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ปี 2566 มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

- Adeoye, A.A., Y. Akegbejo-Samsons, F.J. Fawole and S.J. Davie. 2020. Preliminary assessment of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*): impact on growth body index and hematological parameters. **The Journal of the World Aquaculture Society** 51: 1024-1033.
- Agbohessou, P.S., S.N.M. Mandiki, A. Gougb'edji, R.C. Megido, M.S. Hossain, P. De Jaeger and P. Kestemont. 2021. Total replacement of fish meal by enriched-fatty acid *Hermetia illucens* meal did not substantially affect growth parameters or innate immune status and improved whole body biochemical quality of Nile tilapia juveniles. **Aquaculture Nutrition** 27: 880-896.
- AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis**. 15th Edition Analytical Chemist. Washington DC.: Association of Official. 1298 p.
- Belghit, I., N.S. Liland, P. Gjesdal, I. Biancarosa, E. Menchetti, Y. Li and E.-J. Lock. 2019. Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture** 503: 609-619.
- Bruni, L., R. Pastorelli, C. Viti, L. Gasco and G. Parisi. 2018. Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larvae meal as partial dietary protein source. **Aquaculture** 487: 56-63.
- Devic, E., W. Leschen, F. Murray and D.C. Little. 2018. Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. **Aquaculture Nutrition** 24: 416-423.
- Elia, A.C., M.T. Capucchio, B. Caldaroni, G. Magara, A.J.M. Dorr, I. Biasato and M. Prearo. 2018. Influence of *Hermetia illucens* meal dietary inclusion on the histological traits, gut mucin composition and the oxidative stress biomarkers in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** 496: 50-57.
- Huang, C., W. Feng, J. Xiong, T. Wang, W. Wang, C. Wang and F. Yang. 2019. Impact of drying method on the nutritional value of the edible insect protein from black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae: Amino acid composition, nutritional value evaluation, *In Vitro* digestibility, and thermal properties. **European Food Research and Technology** 245: 11-21.

- Kumar, V., F.J. Fawole, N. Romano, M.S. Hossain, S.N. Labh, K. Overturf and B.C. Small. 2021. Insect (black soldier fly, *Hermetia illucens*) meal supplementation prevents the soybean meal-induced intestinal enteritis in rainbow trout and health benefits of using insect oil. **Fish and Shellfish Immunology** 109: 116-124.
- Limbu, S.M., A.P. Shoko, E.E. Ulotu, S.A. Luvanga, F.M. Munyi, J.O. John and M.A. Opiyo. 2022. Black soldier fly (*Hermetia illucens*, L.) larvae meal improves growth performance, feed efficiency and economic returns of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) fry. **Aquaculture, Fish and Fisheries** 2(3): 167-178.
- Li, S., H. Ji, B. Zhang, J. Zhou and H. Yu. 2017. Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. **Aquaculture** 477: 62-70.
- Magalhães, R., L. Sanchez, A. Lopez, R.S. Leal, S. Martínez-Llorens, A. Oliva-Teles and H. Peres. 2017. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture** 476: 79-85.
- Marono, S., R. Loponte, P. Lombardi, G. Vassalotti, M.E. Pero, F. Russo and S. Nizza. 2017. Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. **Poultry Science** 96: 1783-1790.
- Mengamphan, K. 2016. **Mekong Gaint Catfish for Economy and Community**. 1st Edition. Chiang Mai: Office of Academic and Development, Maejo University. 134 p.
- Mohan, K., D.K. Rajan, T. Muralisankar, A.R. Ganesan, P. Sathishkumar and N. Revathi. 2022. Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: a review of past and future needs. **Aquaculture** 553: 738095.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2021. **THAI AGRICULTURAL STANDARD: TAS 9000-2021**. Bangkok: National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 60 p. [in Thai]
- Nguyen, T., J.K. Tomberlin and S. Vanlaerhoven. 2015. Ability of black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*) larvae to recycle food waste. **Environmental Entomology** 44(2): 406-410.

- Rachmawati B., D.P. Hidayat, S. Hem and D.M.R. Fahmi. 2010. Development and nutritional content of *Hermetia illucens* (Linnaeus) (*Diptera: Stratiomyidae*) larvae on oilpalm kernel. **Journal Entomology Indonesia** 7: 28.
- Renna, M., A. Schiavone, F. Gai, S. Dabbou, C. Lussiana, V. Malfatto and E. Biasibetti. 2017. Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*Walbaum) diets. **Journal of Animal Science and Biotechnology** 8: 1-13
- Suthus, P., N. Jaruk and P. Yuttana. 2022. **Commercial Culture of Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas* Chevey, 1930) with Sex-reversed Nile Tilapia in Earthen Pond Nong Khai**. Extension Paper No. 1/2022. Nong Khai: Fisheries Provincial Office. [in Thai]
- Tippayadara, N., M.A.O. Dawood, P. Krutmuang, S.H. Hoseinifar, H. Van Doan and M. Paolucci. 2021. Replacement of fish meal by black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal: effects on growth, haematology, and skin mucus immunity of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Animals** 11: 193.
- Tongsiri, S, N. Somkane, U. Sompong and D. Thiammueang. 2020. A cost and benefit analysis of Nile tilapia culture in biofloc technology, the environmental friendly system: the case of selected farm in Chiang Mai, Thailand. **Maejo International Journal of Energy and Environmental Communication** 2(1): 45-49. [Online]. Available <https://doi.org/10.54279/mijeec.v2i1.244952> (February 20, 2024)
- Weththasinghe, P., J.Ø. Hansen, D. Nøklund L. Lagos, M. Rawski and M. Øverland. 2021. Full-fat black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal and paste in extruded diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*): effect on physical pellet quality, nutrient digestibility, nutrient utilization and growth performances. **Aquaculture** Volume 530: 735785. ISSN 0044-8486. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735785>. (February 20, 2024)
- Xiao, X., P. Jin, L. Zheng, M. Cai, Z. Yu, J. Yu and J. Zhang. 2018. Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein as a fishmeal replacement on the growth and immune index of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). **Aquaculture Research** 49: 1569-1577.

Yildirim-Aksoy, M., R. Eljack and B.H. Beck. 2020. Nutritional value of frass from black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, in a channel catfish, *Ictalurus punctatus*, diet. **Aquaculture Nutrition** 26: 812-819.

Yildirim-Aksoy, M., R. Eljack, C. Schrimsher and B.H. Beck. 2020. Use of dietary frass from black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, in hybrid tilapia (Nile x Mozambique, *Oreochromis niloticus* x *O. mozambique*) diets improves growth and resistance to bacterial diseases. **Aquaculture Reports** 17: 100373

Zarantoniello, M., L. Bruni, B. Randazzo, A. Vargas, G. Gioacchini, C. Truzzi and G. Cardinaletti. 2018. Partial dietary inclusion of *Hermetia illucens* (Black Soldier Fly) full-fat prepupae in zebrafish feed: biometric, histological, biochemical, and molecular implications. **Zebrafish** 15: 519-553.

สัดส่วนอาหารที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงตัวอ่อนแมลงทหารเสือ (*Hermetia illucens*)
เพื่อใช้น้ำมันเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

Optimal of Feed Ratio for Rearing Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*)
for Using in High Value-Added Products

พินพนิต บุญช่วย¹ จิราพร กุลสาริน¹ ชลธิชา อุทัยศรีมดุงกุล¹ ปิยะฉัตร สาหัสชาติ¹
กมลพร สิทธิไตรย์¹ สุวิทย์ โชติฉินนุ² จุติณิชา ไชยชนะ³ กนกวรรณ ไกลถิ่น⁴ และยุทธนา พิมลศิริผล^{1,5*}
Pinpanit Boonchuay¹, Jiraporn Kulsarin¹, Chonthicha Uthaisripadungkul¹, Piyachat Sahaschat¹
Kamonporn Sitthitrai¹, Suwit Chotinun², Thitinicha Chaichana³, Kanokwan Klaithin⁴
and Yuthana Phimolsiripol^{1,5*}

¹ศูนย์นวัตกรรมอาหารและบรรจุภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

²คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

³สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

⁴คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

⁵คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

¹Food Innovation and Packaging Center, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50100

²Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50100

³Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand 10900

⁴Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

⁵Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50100

*Corresponding author: yuthana.p@cmu.ac.th

Abstract

Received: March 06, 2024

Revised: September 26, 2024

Accepted: October 04, 2024

The black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*, BSFL) are noteworthy in various industries. They produce lipids that possess desirable physicochemical properties and show promising bioactive potential. Furthermore, the residual biomass left after oil extraction is a high-quality alternative protein source. This makes them an excellent choice for applications in livestock feeding and aquaculture. Therefore, the objective of this study was to optimize the ratio and formulation of feed for BSF to assess how it affects the growth rate, oil yield, and oil characteristics for use in high value-added products. The results demonstrated that the optimal feed components were corn, rice bran, and soybean meal. Soybean meals displayed the highest protein and fat levels, at 26.50 and 10.63 g/100 g, respectively. Additionally, soybean meal had the greatest diversity of amino acids. Based on the evaluation of the optimal ratio, the optimal formulation consisted of corn meal, rice bran, and fresh soybean meal at a ratio of 1:1:3 by weight, producing 82.61 g/100 g of BSFL oil and containing 34.88 g/100 g of lauric acid.

Furthermore, BSFL oil contained 1,100, 17,197, and 17,480 mg of omega 3, 6, and 9 fatty acids per 100 g of BSFL oil. The peroxide value and saponification number of BSFL were measured at 3.65 m Eq/kg and 233.44 mg KOH/g, respectively. Consequently, the BSFL feed formulation from this study could be applied as a method for BSFL rearing for high value-added products.

Keywords: black soldier fly, *Hermetia illucens*, feed formulation, oil, cosmetics, high value-added product

บทคัดย่อ

ตัวอ่อนของแมลงทหารเสื้อ (*Hermetia illucens*, Black Soldier Fly Larvae, BSFL) เป็นวัตถุดิบที่มีความน่าสนใจเป็นพิเศษในอุตสาหกรรมหลายประเภท เนื่องจากสามารถผลิตลิลิพิดซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่พึงประสงค์ และแสดงศักยภาพในการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจ นอกจากนี้ไขมันที่เหลือนอกจากกระบวนการสกัดน้ำมันยังสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกคุณภาพสูง ทำให้เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงปศุสัตว์และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสัดส่วนและสูตรของอาหารที่เหมาะสม ที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำมัน และลักษณะของน้ำมัน เพื่อการประยุกต์ใช้น้ำมันเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม จากผลการศึกษาพบว่า ข้าวโพดบดละเอียด รำละเอียด และกากถั่วเหลือง เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับใช้ในอาหาร โดยกากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงที่สุดเท่ากับ 26.50 และ 10.63 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่ากากถั่วเหลืองมีชนิดของกรดอะมิโนที่หลากหลาย และจากการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของอาหารที่ใช้เลี้ยงพบว่า สัดส่วนของข้าวโพดบดละเอียด รำละเอียด และกากถั่วเหลือง เท่ากับ 1:1:3 โดยน้ำหนัก ให้ปริมาณน้ำมัน 82.61 กรัมต่อ 100 กรัม โดยมีองค์ประกอบหลักเป็นกรดลอริก 34.88 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำมันที่สกัดจาก BSFL มีปริมาณโอเมก้า 3, 6 และ 9 เท่ากับ 1,100, 17,197 และ 17,480 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม มีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ

3.65 m Eq/kg และค่าซาฟอนนิฟิเคชันเท่ากับ 233.44 mg KOH/g ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้สูตรอาหารจากการศึกษานี้เป็นข้อมูลในการเพาะเลี้ยง BSFL เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มได้

คำสำคัญ: แมลงทหารเสื้อ *Hermetia illucens*
สูตรอาหาร น้ำมัน เครื่องสำอาง
ผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

คำนำ

แมลงเป็นแหล่งอาหารและทรัพยากรทางเลือกที่น่าจับตามองทั้งในปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากข้อดีในด้านสิ่งแวดล้อม คุณค่าทางโภชนาการ และความยั่งยืนที่มากกว่าการเลี้ยงปศุสัตว์ (Smetana *et al.*, 2019) ปัจจุบันสหภาพยุโรปได้มีการอนุญาตให้ใช้แมลงหลาย ชนิดเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ แมลงทหารเสื้อ (*Hermetia illucens* L., Black Soldier Fly, BSF; Diptera: Stratiomyidae) (Amrul *et al.*, 2022) เป็นแมลงอีกชนิดหนึ่งที่มีการศึกษาวิจัยและค้นคว้าในด้านการพัฒนาเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์อย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นแมลงที่พบมากในเขตร้อนและเขตอบอุ่นที่ไม่เป็นพาหะนำโรคและไม่เป็นศัตรูพืช (Thrastardottir *et al.*, 2021; Nayak *et al.*, 2023) ตัวอ่อนของ BSF (BSF larvae, BSFL) เป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณโปรตีนและไขมัน BSFL มีปริมาณโปรตีนและไขมันในช่วงร้อยละ 30-53 และ 20-41 ตามลำดับ อีกทั้งยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุ คือ สังกะสี

และเหล็ก ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีใน BSFL ขึ้นอยู่กับอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเป็นปัจจัยหลัก (Huseynli *et al.*, 2023)

นอกจากการใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์แล้ว BSFL ยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มได้อย่างหลากหลาย เนื่องจากประกอบไปด้วยกรดลอริก (Lauric acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่พบในน้ำมันมะพร้าว (Suryati *et al.*, 2023) ซึ่งกรดลอริกเป็นกรดไขมันที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งไวรัสและแบคทีเรีย อีกทั้งน้ำมันจาก BSFL ยังอุดมไปด้วยกรดโอเลอิก ปาล์มมิติก และลิโนเลอิก ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยปกป้องผิวและสามารถใช้เป็นสารปรับปรุงสภาพผิวให้เรียบเนียนและนุ่มได้ (Almeida *et al.*, 2022) ในด้านพลังงานมีการประยุกต์ใช้น้ำมันจาก BSFL เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซล (Biodiesel) โดยพบว่าไบโอดีเซลที่ผลิตได้จาก BSFL มีการเผาไหม้ที่ดีกว่าไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปรุงอาหารใช้แล้ว (Waste cooking oil) อีกทั้งน้ำมันจาก BSFL ยังถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารลดแรงตึงผิว (Surfactants) สารหล่อลื่น (Lubricants) และอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) (Suryati *et al.*, 2023) อย่างไรก็ตามการที่จะได้น้ำมันที่มีคุณภาพดีต้องมาจากสัดส่วนอาหารที่เหมาะสม ซึ่งยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนมากนักในปัจจุบัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาสูตรอาหารและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำมัน เพื่อให้ได้น้ำมันสกัดจาก BSFL มีศักยภาพในการนำไปต่อยอดเป็นสารประกอบที่เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์

อุปกรณ์และวิธีการ

ชนิดของอาหารที่เหมาะสมสำหรับการนำน้ำมันไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

นำ BSFL อายุ 6 วัน โดยใช้ตัวอ่อนน้ำหนัก 50 กรัมต่อ 1 ชุดการทดลอง ใช้ส่วนเหลือทางการเกษตรที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ได้แก่ กากปาล์ม กากถั่วเหลืองสด

รำละเอียด ข้าวโพดบดละเอียด กากถั่วเหลือง และกากผลไม้ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งเป็นอาหารสูตรทางการค้า โดยให้อาหาร 1 ครั้ง ปริมาณ 1,500 กรัม แล้วเลี้ยงตัวอ่อนเป็นระยะเวลา 7 วัน แล้วทำการชั่งน้ำหนักของ BSFL และน้ำหนักของอาหารที่ถูกกิน บันทึกภาพของตัวอ่อน และประเมินกลิ่นของตัวอ่อนที่ได้ ด้วยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 50 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้แบบสอบถามเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวม (ใช้เกณฑ์คะแนนการยอมรับที่มีคะแนนตั้งแต่ 6 ขึ้นไป จะถือว่าตัวอย่างดังกล่าวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค) เมื่อทำการคัดเลือกชนิดของอาหารเพาะเลี้ยงที่เหมาะสม จากนั้นนำวัตถุดิบที่เหมาะสม ไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (วิธี Combustion) ไขมัน และกรดอะมิโน (AOAC, 2019)

อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างอาหารแต่ละชนิด

ทำการศึกษาสัดส่วนของข้าวโพดบดละเอียด รำละเอียด และกากถั่วเหลือง ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง BSFL ซึ่งตัวอ่อนที่ได้จากอาหารทั้ง 3 ชนิดได้รับคะแนนการยอมรับจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากกว่า 6 ขึ้นไป ด้วยการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการผันแปรสัดส่วนของส่วนผสมทั้ง 3 ชนิด ในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงตัวอ่อนจำนวน 23 ทรีทเมนต์ เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวโพดบดละเอียด รำละเอียด และกากถั่วเหลืองเพียงชนิดเดียว และอาหารสูตรทางการค้า (จำนวนรวมทั้งสิ้น 27 ทรีทเมนต์) โดยดัดแปลงจากการศึกษาของ Lestari *et al.* (2020) ทำการทดลองสูตรละ 4 ซ้ำ ใช้ตัวอ่อนอายุ 6 วัน น้ำหนักตัวอ่อนรวมเริ่มต้น 60 กรัม โดยให้อาหาร 1 ครั้ง ปริมาณ 1,800 กรัม แล้วศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และลักษณะของ BSFL ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ เมื่อครบระยะเวลาเพาะเลี้ยง 7 วัน จึงนำ BSFL มาล้างทำความสะอาดด้วย

น้ำประปา แล้วอบที่อุณหภูมิ 80°C. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (da Silva *et al.*, 2019) หรือจนกว่าจะมีความชื้นร้อยละ 7.0±1.0 ซึ่งเป็นความชื้นของวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันจากตัวอ่อนเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงสุด แล้วนำตัวอ่อนที่ผ่านการอบแล้วปริมาณ 100 กรัม ต่อ 1 การทดลอง มาทำการสกัดน้ำมันด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูเพรส บันทึกปริมาณน้ำมันที่ได้ บันทึกภาพลักษณะของน้ำมันที่หีบได้ และวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE (L*, a*, b*) ด้วย Colorimeter (MSEZ-4500L, HunterLab, USA) เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาคัดเลือกสัດส่วนหรือสูตรอาหารที่เหมาะสม จากนั้นนำน้ำมันจาก BSFL จากการทดลองที่เหมาะสมมาทำการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ค่าซาพอนิฟิ-เคชัน (Saponification number) (AOCS, 1993) ปริมาณไขมัน (CODEX, 1995) และชนิดและปริมาณของกรดไขมัน (Fatty acid composition) (AOAC, 2019)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลการทดลอง ได้แก่ น้ำหนักของตัวอ่อน และปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโตของตัวอ่อน และปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ ที่ได้จากแต่ละทรีทเมนต์

มาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ที่ โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 27 ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบและคัดเลือกสิ่งทดลองที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจากอัตราการเจริญเติบโตของตัวอ่อนและปริมาณน้ำมันที่สกัดได้สูงที่สุด และมีลักษณะปรากฏและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำมันที่พึงประสงค์

ผลการวิจัย

ชนิดของอาหารที่เหมาะสมสำหรับการนำน้ำมันไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

การเพาะเลี้ยงตัวอ่อนด้วยข้าวโพดบดละเอียดให้น้ำหนักตัวอ่อนเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ กากผลไม้ แต่อย่างไรก็ตามน้ำหนักของตัวอ่อนและปริมาณอาหารที่กินไปทั้ง 2 ทรีทเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่การเพาะเลี้ยงด้วยกากถั่วเหลืองสดทำให้น้ำหนักตัวอ่อนเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด แม้ว่าปริมาณกากถั่วเหลืองสดที่ถูกกินไปจะมีปริมาณสูงที่สุดเป็นอันดับที่ 2 (Table 1)

Table 1 The weight of BSFL and their feed consumption

Feed types	Increased weight (g)	Consumed feed (g)
Palm oil meal	83.69±2.55 ^{bc}	200.29±2.61 ^b
Fresh soybean meal	95.59±1.02 ^{ab}	306.30±29.19 ^a
Rice bran	72.31±3.52 ^d	86.39±17.17 ^c
Corn meal	100.86±6.00 ^a	191.81±6.60 ^b
Soybean meal	67.05±1.69 ^d	189.97±6.12 ^b
Pineapple peel	97.14±1.61 ^a	294.88±8.39 ^a
Commercial feed	89.12±4.06 ^{bc}	178.20±4.14 ^b

Data are presented as mean±standard deviation.

Means with different lowercase letters in the same column indicate significant differences when compared using Least Significant Difference (LSD) at 95% confidence level ($p < 0.05$).

จากการสังเกตลักษณะของ BSFL ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิดกันเมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงวันที่ 13 พบว่า BSFL ที่เพาะเลี้ยงด้วยกากปาล์ม มีลำตัวสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ผิวลำตัวหนา มี 11 ปล้อง หัวสีน้ำตาลเข้มถึงดำ มีขนสีน้ำตาลปกคลุมทั่วทั้งตัว ลำตัวแบนและผอม และเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยกากถั่วเหลืองสดพบว่าลำตัว BSFL มีสีครีม ผิวลำตัวหนา มี 11 ปล้อง หัวสีน้ำตาลเข้ม มีขนสีน้ำตาลปกคลุมทั่วทั้งตัว ส่วนการเลี้ยง BSFL ด้วยรำข้าว ทำให้ตัวอ่อนมีลำตัวสีครีมถึงน้ำตาลอ่อน ผิวลำตัวหนา มี 11 ปล้อง หัวสีน้ำตาลเข้ม มีขนสีน้ำตาลปกคลุมทั่วทั้งตัว ในขณะที่ BSFL ที่เพาะเลี้ยงด้วยข้าวโพดป่น มีลำตัวสีครีมถึงน้ำตาลอ่อน ผิวลำตัวหนา มี 11 ปล้อง หัวสีน้ำตาลเข้ม มีขนสีน้ำตาลปกคลุมทั่วทั้งตัว เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยกากถั่วเหลืองได้ตัวอ่อนที่มีลำตัวสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ผิวลำตัวหนาและแข็ง มี 11 ปล้อง หัวสีน้ำตาลเข้ม มีขนสีน้ำตาลปกคลุมทั่วทั้งตัว และการเพาะเลี้ยงด้วยเปลือกสับปรดได้ BSFL ที่ลำตัวมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ผิวลำตัวหนาและแข็ง มี 11 ปล้อง หัวสีน้ำตาลเข้มถึงดำ มีขนสีน้ำตาลปกคลุมทั่วทั้งตัว (Figure 1)

เมื่อพิจารณาสีและกลิ่นของ BSFL ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกัน พบว่าตัวอ่อนที่เพาะเลี้ยงด้วยข้าวโพดบดละเอียด กากถั่วเหลืองสด และรำละเอียด มีลักษณะตัวสีครีมน้ำตาลอ่อนและมีกลิ่นระหว่างการเพาะเลี้ยงน้อยที่สุด ส่วนตัวอ่อนที่เพาะเลี้ยงด้วยกากผลไม้ไม่มีลักษณะตัวสีน้ำตาลเข้มถึงดำและมีกลิ่นเหม็น

เปรี้ยว ตัวอ่อนที่เพาะเลี้ยงด้วยกากถั่วเหลืองแห้งและกากปาล์มมีลักษณะตัวสีน้ำตาลเข้มถึงดำ มีกลิ่นแอมโมเนียและความเหม็นปานกลาง และตัวอ่อนที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรทางการค้ามีลักษณะตัวสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นแอมโมเนียและกลิ่นค่อนข้างแรง และจากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 50 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าตัวอ่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยข้าวโพดบดละเอียด กากถั่วเหลืองสด และรำละเอียด มีคะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 6.2-6.5 คะแนน โดยทั่วไปที่คะแนนตั้งแต่ 6 ขึ้นไป จะถือว่าตัวอย่างดังกล่าวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงได้ทำการคัดเลือกอาหารที่ใช้เลี้ยง BSFL จากการทดลอง 3 ชนิด คือ ข้าวโพดบดละเอียด กากถั่วเหลืองสด และรำละเอียด เนื่องจากตัวอ่อนที่อยู่ในระยะเก็บเกี่ยวมีสีครีมถึงน้ำตาลอ่อน มีความสม่ำเสมอ รวมทั้งปัจจัยด้านกลิ่นของตัวอ่อน ซึ่งสีและกลิ่นของตัวอ่อนมีผลต่อสีและกลิ่นของน้ำมันที่หีบได้ (Figure 1) อย่างไรก็ตาม สีของตัวอ่อนอายุ 12 วัน ของทุกชุดการทดลองมีสีครีมสม่ำเสมอ แตกต่างจากตัวอ่อนที่มีอายุ 13 วัน ในบางชุดการทดลองที่เริ่มมีสีคล้ำ ดังนั้นจึงปรับเปลี่ยนการเก็บเกี่ยวตัวอ่อนจากวันที่ 13 เป็นวันที่ 12 ซึ่งช่วยลดระยะเวลาการเก็บเกี่ยวให้สั้นลงและยังลดปริมาณอาหารที่ใช้เลี้ยงได้อีกด้วย ซึ่งในการทดลองขั้นต่อไปจึงนำกากถั่วเหลืองสด รำละเอียด และข้าวโพดบดละเอียด ไปทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างอาหารที่ดีที่สุด เพื่อใช้เพาะเลี้ยง BSFL ในขั้นตอนต่อไป

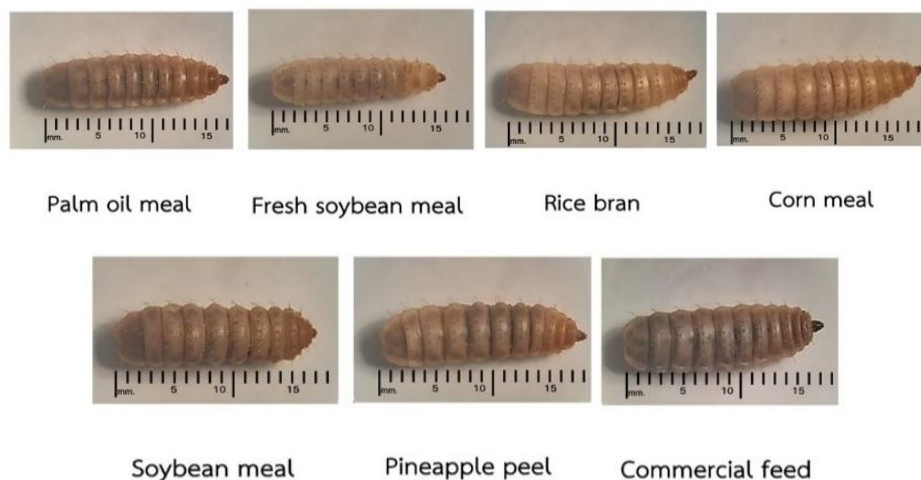


Figure 1 The morphology of 13-day-old BSFL grown on different types of feed examined using a stereo microscope at 10X magnification

องค์ประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยงตัวอ่อนแมลงทหารเสือ

จากการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและไขมันของข้าวโพดบดละเอียด รำละเอียด และกากถั่วเหลืองสดอบแห้ง ซึ่งเป็นอาหารหลักที่ใช้เพาะเลี้ยงตัวอ่อนของแมลงทหารเสือที่ให้น้ำหนักตัวอ่อนเพิ่มขึ้นมากที่สุด ให้สัคริมน้ำตาลอ่อน และมีกลิ่นระหว่างการเพาะเลี้ยงน้อยที่สุด พบว่ากากถั่วเหลืองสดอบแห้งมีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงที่สุด ส่วนรำละเอียดมีปริมาณ

โปรตีนและไขมันรองลงมา และข้าวโพดบดละเอียดมีปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยที่สุด (Table 2) และผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนที่พบในอาหารที่ใช้เลี้ยง BSFL พบว่ากากถั่วเหลืองสดอบแห้งมีจำนวนกรดอะมิโนมากที่สุดถึง 20 ชนิด ในขณะที่ข้าวโพดบดละเอียดและรำละเอียดพบกรดอะมิโนทั้งหมด 18 ชนิด ในวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดได้แก่ ข้าวโพดบดละเอียด รำละเอียด และกากถั่วเหลืองพบปริมาณกรดอะมิโนกลูตามิกมากที่สุด (Table 3)

Table 2 Protein and fat contents of selected feed

No.	Feed types	Content (%)	
		Protein	Fat
1	Corn meal	8.67	3.89
2	Rice bran	12.80	10.30
3	Dried fresh soybean meal	26.50	10.63

Table 3 The amino acid composition of selected feed

No.	Amino acids	Content (mg/100 g)		
		Corn meal	Rice bran	Dried fresh soybean meal
1	Alanine	743.46	842.57	1,266.19
2	Arginine	367.26	916.73	1,303.02
3	Aspartic acid	582.71	1,137.67	2,528.90
4	L-Cystine	63.97	89.81	171.56
5	Glutamic acid	1,552.59	1,875.91	3,989.06
6	Glycine	396.56	748.26	1,367.78
7	Histidine	215.71	326.07	636.97
8	Hydroxylysine	ND	13.58	115.31
9	Hydroxyproline	16.38	ND	21.87
10	Isoleucine	129.40	207.02	370.88
11	Leucine	904.09	770.30	1,576.34
12	Lysine	254.37	495.74	1,195.83
13	Methionine	23.65	89.90	143.91
14	Phenylalanine	353.47	486.53	1,049.78
15	Proline	740.00	533.49	1,332.34
16	Serine	462.66	654.45	1,344.89
17	Threonine	293.30	439.88	771.00
18	Tryptophan	ND	ND	170.63
19	Tyrosine	299.59	373.96	529.53
20	Valine	190.84	323.10	498.97

ND = not detected; Limit of detection (LOD) is 5.0 mg/100 g.

อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างอาหารแต่ละชนิด

จากการศึกษาพบว่าแต่ละชุดการทดลองให้อัตราการเจริญเติบโตของ BSFL ต่างกัน โดยทรีทเมนต์ที่ 3 ที่มีสัดส่วนของ ข้าวโพดบดละเอียด : รำละเอียด : กากถั่วเหลืองสด ในอัตราส่วน 1:1:3 โดยน้ำหนักให้อัตราการเจริญเติบโตของตัวอ่อนมากที่สุด รองลงมาคือ ทรีทเมนต์ที่ 17, 19, 12, 6 และ 16 อัตราส่วน 2:3:3, 3:1:2, 2:1:3, 1:2:3 และ 2:3:2 โดยน้ำหนัก ซึ่งอัตราการ

เจริญเติบโตของทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการทดลองอื่น ๆ และชุดควบคุม ส่วนทรีทเมนต์ที่ 20 ซึ่งมีสัดส่วนของ ข้าวโพดบดละเอียด : รำละเอียด : กากถั่วเหลืองสด ในอัตราส่วน 3:1:3 โดยน้ำหนักให้อัตราการเจริญเติบโตของตัวอ่อนน้อยที่สุด (Table 4) โดยลักษณะและสีของตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ต่างกันแสดงดัง Figure 2

Table 4 Growth rate and oil content of BSFL grown on different feed formulations containing corn meal, rice bran and fresh soybean meal

No.	Ratio*	Growth rate (g/day)	Oil content (g)
1	1:1:1	52.92±3.73 ^{fg}	15.49±0.24 ^l
2	1:1:2	66.99±3.65 ^b	2.43±0.56 ^q
3	1:1:3	77.15±1.19 ^a	82.61±0.28 ^a
4	1:2:1	57.14±6.57 ^{def}	17.30±0.80 ^k
5	1:2:2	60.83±10.67 ^{cd}	13.44±0.37 ^m
6	1:2:3	66.66±7.63 ^b	9.23±0.56 ⁿ
7	1:3:1	48.27±3.78 ^{gh}	21.37±0.38 ⁱ
8	1:3:2	55.06±3.86 ^{ef}	4.44±0.46 ^p
9	1:3:3	58.88±4.01 ^{de}	30.06±0.84 ^d
10	2:1:1	44.64±1.02 ^h	29.21±0.58 ^e
11	2:1:2	48.95±5.79 ^{gh}	30.28±0.72 ^d
12	2:1:3	48.99±1.14 ^{gh}	15.43±0.47 ^l
13	2:2:1	35.60±2.59 ⁱ	26.35±0.39 ^f
14	2:2:3	49.23±0.75 ^{gh}	32.38±0.51 ^c
15	2:3:1	60.58±1.61 ^{cd}	41.09±0.33 ^b
16	2:3:2	64.54±2.56 ^{bc}	32.45±0.39 ^c
17	2:3:3	67.38±2.30 ^b	22.21±0.42 ^h
18	3:1:1	59.93±1.72 ^{cde}	20.83±0.70 ⁱ
19	3:1:2	67.17±0.99 ^b	15.76±0.33 ^l

Table 4 (Continued)

No.	Ratio*	Growth rate (g/day)	Oil content (g)
20	3:1:3	0.81±0.74 ^j	18.02±0.17 ^j
21	3:2:1	0.86±0.62 ^j	7.59±0.41 ^o
22	3:2:2	1.57±0.82 ^j	13.02±0.22 ^m
23	3:2:3	1.52±0.68 ^j	23.46±0.50 ^s
24	Corn meal	1.06±0.29 ^j	9.63± 0.10 ⁿ
25	Rice bran	58.79±4.77 ^{de}	32.29±0.72 ^c
26	Fresh soybean meal	2.06±1.36 ^j	18.51±0.31 ^j
27	Commercial feed	3.19±0.60 ^j	23.21±0.22 ^s

*Ratio of corn meal : rice bran : fresh soybean meal by weight; Data are expressed in terms of mean±standard deviation. Data with different lowercase letters in the same column indicate statistically significant differences when comparing the average values using the Least Significant Difference (LSD) test at a 95% confidence level ($p<0.05$).

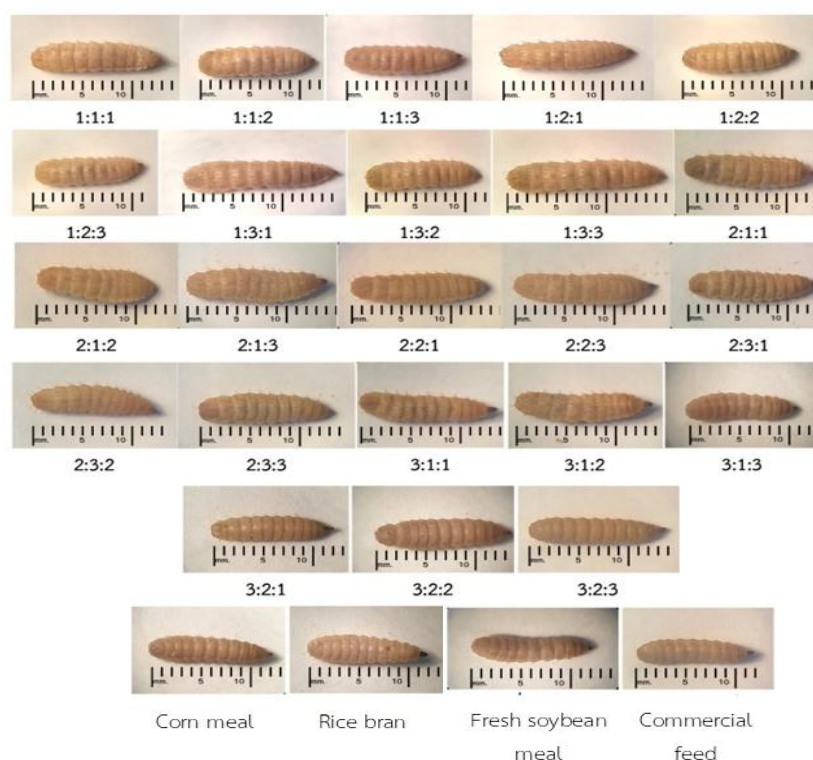


Figure 2 The morphology of BSFL grown on different feed formulation formulations (corn meal: rice bran : fresh soybean meal) examined using a stereo microscope at 10X magnification

จากการสกัดน้ำมันจาก BSFL ปริมาณ 100 กรัม ด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูเพรส พบว่าทริทเมนต์ที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วน ของข้าวโพดบดละเอียด : รำละเอียด : กากถั่วเหลืองสด เท่ากับ 1:1:3 ให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มากที่สุด รองลงมาคือ ทริทเมนต์ที่ 15 อัตราส่วน 2:3:1 ส่วนทริทเมนต์ที่ 2 อัตราส่วน 1:1:2 ให้ปริมาณน้ำมันน้อยที่สุด (Table 4) เมื่อพิจารณาลักษณะของน้ำมันที่สกัดได้ พบว่าน้ำมันที่ได้มีสีและลักษณะปรากฏที่แตกต่างกัน โดยการทดลองที่ให้น้ำมันที่มีค่า L^* ซึ่งบ่งบอกถึงความสว่างสูงที่สุด ได้แก่ ทริทเมนต์ที่ 12, 13, 16, 17 และ 25 โดยความสว่างของทั้ง 5 ทริทเมนต์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าความสว่างของน้ำมันลำดับที่ 2, 3 และ 4 มาจากทริทเมนต์ที่ 27, 11 และ 3 ตามลำดับ ส่วนทริทเมนต์ที่ 15 ซึ่งให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเป็นลำดับที่ 2 ให้ค่าความสว่างในลำดับที่ 13 และทริทเมนต์ที่ให้น้ำมันสีเข้มที่สุด คือ ทริทเมนต์ที่ 8, 14, 18

และ 21 เมื่ออยู่ในอุณหภูมิห้องน้ำมันที่หีบได้ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นของเหลวใส บางทริทเมนต์มีเศษตะกอนรวมกับของเหลว และน้ำมันที่หีบได้จากทริทเมนต์ที่ 2, 5, 7 และ 9 มีลักษณะเป็นตะกอนข้นหนืด และไม่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง (Table 5)

ดังนั้น เมื่อพิจารณาในด้านของอัตราการเจริญเติบโตของตัวอ่อน ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ ค่าความสว่าง (L^*) และลักษณะปรากฏของน้ำมัน พบว่าสูตรอาหารจากทริทเมนต์ที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ของข้าวโพดบดละเอียด : รำละเอียด : กากถั่วเหลืองสด เท่ากับ 1:1:3 ให้อัตราการเจริญเติบโตของตัวอ่อนและปริมาณน้ำมันที่สกัดได้สูงที่สุด และมีลักษณะปรากฏของน้ำมันที่พึงประสงค์ คือ ให้น้ำมันสีสว่างและเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง จึงคัดเลือกสูตรอาหารจากทริทเมนต์ที่ 3 เป็นสูตรอาหารที่ดีที่สุดและมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

Table 5 The appearances and CIE (L^* , a^* , and b^*) color values of oil extracted from BSFL grown on different feed formulation

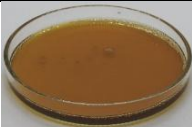
No.	Ratio*	Appearances	L^*	a^*	b^*
1	1:1:1		45.34±0.53 ^{gh}	9.93±0.28 ^{abc}	8.47±0.34 ^h
2	1:1:2		44.06±0.53 ^{hi}	8.20±0.28 ^{de}	5.12±0.34 ^{ijk}
3	1:1:3		52.30±0.48 ^{cd}	10.99±0.15 ^a	15.11±0.49 ^{ef}
4	1:2:1		51.96±0.40 ^{de}	5.50±0.87 ^{gh}	16.40±0.44 ^{de}

Table 5 (Continued)

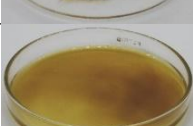
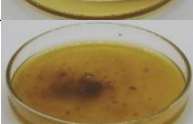
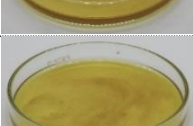
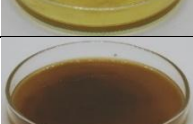
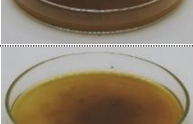
No.	Ratio*	Appearances	L*	a*	b*
5	1:2:2		42.04±0.11 ^{ijk}	6.26±0.49 ^s	2.73±0.25 ^{lmn}
6	1:2:3		40.61±1.63 ^{kl}	8.14±1.55 ^{def}	3.00±0.96 ^{klmn}
7	1:3:1		42.70±0.24 ^{ij}	5.51±0.29 ^{gh}	4.64±0.18 ^{ijkl}
8	1:3:2		38.37±0.03 ^l	1.59±0.06 ^{lm}	2.07±0.09 ^{mn}
9	1:3:3		47.35±0.65 ^{fg}	6.40±0.23 ^{fg}	8.73±0.29 ^h
10	2:1:1		48.38±0.30 ^f	6.60±0.14 ^{efg}	11.48±0.43 ^s
11	2:1:2		54.41±0.70 ^{bc}	5.45±0.86 ^{ghi}	17.82±0.90 ^d
12	2:1:3		59.60±0.64 ^a	0.70±0.49 ^{mno}	23.44±0.65 ^{bc}
13	2:2:1		59.51±1.77 ^a	-0.28±0.75 ^{no}	22.73±1.47 ^c
14	2:2:3		38.33±0.17 ^l	3.30±0.41 ^{ijkl}	2.67±0.28 ^{lmn}
15	2:3:1		41.88±0.95 ^{ijk}	6.04±0.68 ^{gh}	4.05±0.71 ^{ijklm}

Table 5 (Continued)

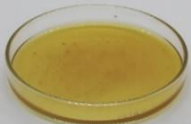
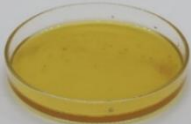
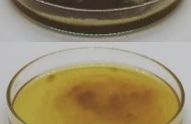
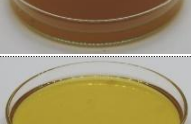
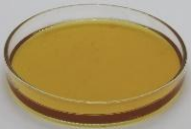
No.	Ratio*	Appearances	L*	a*	b*
16	2:3:2		59.26±1.25 ^a	2.40±0.98 ^{klm}	23.24±1.22 ^{bc}
17	2:3:3		61.47±0.27 ^a	2.08±0.25 ^{klm}	27.42±0.21 ^a
18	3:1:1		38.67±0.21 ^l	4.30±0.30 ^{hij}	1.60±0.18 ⁿ
19	3:1:2		45.19±0.41 ^{gh}	10.33±0.17 ^{ab}	6.69±0.71 ^{hi}
20	3:1:3		51.44±0.52 ^{de}	9.59±0.52 ^{abcd}	14.98±0.96 ^{ef}
21	3:2:1		38.62±0.20 ^l	1.12±0.06 ^{mn}	1.25±0.14 ⁿ
22	3:2:2		40.15±0.35 ^{kl}	2.21±0.35 ^{klm}	2.60±0.23 ^{lmn}
23	3:2:3		50.97±0.69 ^{de}	7.04±0.71 ^{efg}	13.15±0.91 ^{fg}
24	Corn meal		44.13±0.16 ^{hi}	9.05±0.11 ^{bcd}	5.98±0.14 ^{ij}
25	Rice bran		60.15±0.04 ^a	-0.81±0.03 ^o	25.21±0.15 ^{ab}

Table 5 (Continued)

No.	Ratio*	Appearances	L*	a*	b*
26	Fresh soybean meal		49.75±1.81 ^{ef}	11.13±0.30 ^a	13.51±2.13 ^{fg}
27	Commercial feed		56.68±0.14 ^b	3.74±0.13 ^{ijk}	21.73±0.07 ^c

* Ratio of corn meal : rice bran : fresh soybean meal by weight; Data are expressed in terms of mean±standard deviation.

Data with different lowercase letters in the same column indicate statistically significant differences. when comparing the average values using the Least Significant Difference (LSD) test at a 95% confidence level ($p < 0.05$).

คุณภาพน้ำมันที่ได้จาก BSFL

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันที่ได้จาก BSFL ของทรีทเมนต์ที่ 3 ที่ให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด พบว่ามีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 3.65 mEq/kg (มิลลิกรัมสมมูล เพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม) เมื่อพิจารณาค่าซาฟอนนิฟิเคชันของน้ำมันที่ได้จาก BSFL พบว่ามีปริมาณเท่ากับ 233.44 mg KOH/g จากการตรวจวิเคราะห์ค่าโลหะหนัก ได้แก่ สารหนู ตะกั่ว และปรอท พบว่าไม่พบโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด ในน้ำมันที่สกัดได้

(Table 6) จากผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมันน้ำมันที่ได้จาก BSFL พบว่ามีปริมาณไขมันอิ่มตัว (Saturated fat) มากที่สุด โดยกรดไขมันที่พบมากที่สุด คือ กรดลอริก (Lauric acid) ส่วนกรดไขมันที่พบในปริมาณรองลงมา คือ กรดโอเลอิก (cis-9-oleic acid) กรดลิโนเลนิก (cis-9,12-linolenic acid) และกรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) นอกจากนี้ยังพบกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3, 6 และ 9 ในน้ำมันจาก BSFL ที่สกัดได้อีกด้วย (Table 7)

Table 6 Properties of BSFL oil

Analysis	Results
Peroxide value (mEq/kg [*])	3.65
Saponification number (mg KOH/g ^{**})	233.44
Heavy metal content (mg/kg)	
Arsenic (As)	ND ^{***}
Lead (Pb)	ND ^{***}
Mercury (Hg)	ND ^{***}

*mEq/kg is milliequivalents of free iodine per kg of fat; **mg KOH/g is mg of KOH per g of sample.

***ND = not detected; Limit of detection (LOD) of arsenic, lead, and mercury are 0.05, 0.01 and 0.008 mg/kg, respectively.

Table 7 Fatty acids composition of BSFL oil

No.	Fatty Acids	Content (g/100 g)	LOD*
1	Butyric acid	ND**	0.01
2	Caproic acid	0.01	-
3	Caprylic acid	ND**	0.01
4	Capric acid	1.09	-
5	Undecanoic acid	ND**	0.01
6	Lauric acid	34.88	-
7	Tridecanoic acid	0.05	-
8	Myristic acid	6.91	-
9	Pentadecanoic acid	0.15	-
10	Palmitic acid	14.91	-
11	Heptadecanoic acid	0.23	-
12	Stearic acid	2.34	-
13	Arachidic acid	0.13	-
14	Heneicosanoic acid	0.72	-
15	Behenic acid	0.08	-
16	Tricosanoic acid	ND**	0.01
17	Lignoceric acid	0.02	-
	Saturated fat	61.23	-
18	Myristoleic acid	0.18	-
19	<i>cis</i> -10-Pentadecenoic acid	ND**	0.01
20	Palmitoleic acid	2.40	-
21	<i>cis</i> -10-Heptadecenoic acid	0.07	-
22	<i>trans</i> -9-Elaidic acid	0.24	-
23	<i>cis</i> -9-Oleic acid	17.48	-
24	<i>cis</i> -11-Eicosenoic acid	0.08	-
25	Erucic acid	ND**	0.01
26	Nervonic acid	ND**	0.01
	Monounsaturated fatty acid	20.45	-

Table 7 (Continued)

No.	Fatty Acids	Content (g/100 g)	LOD*
27	<i>trans</i> -Linolelaidic acid	ND**	0.01
28	<i>cis</i> -9,12-Linolenic acid	17.17	-
29	γ -Linolenic acid	0.01	-
30	α -Linolenic acid	1.24	-
31	<i>cis</i> -11,14-Eicosadienoic acid	0.02	-
32	<i>cis</i> -8,11,14-Eicosatrienoic acid	0.01	-
33	<i>cis</i> -11,14,17-Eicosatrienoic acid	ND**	0.01
34	Arachidonic acid	ND**	0.01
35	<i>cis</i> -13,16-Docosadienoic acid	ND**	0.01
36	<i>cis</i> -5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid	ND**	0.01
37	4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid	ND**	0.01
	Polyunsaturated fatty acid	18.32	-
	Unsaturated fat	38.76	-
38	Trans fat	0.24	-
39	Omega 3 (mg/100g)	1,100.50	-
40	Omega 6 (mg/100g)	17,197.60	-
41	Omega 9 (mg/100g)	17,480.90	-
42	Gondoic acid	0.07	0.01

* LOD = limit of detection

** ND = not detected

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการคัดเลือกอาหารที่ใช้เลี้ยง BSFL ทั้ง 3 ชนิด คือ ข้าวโพดบดละเอียด กากถั่วเหลืองสด และรำละเอียด โดยใช้ลักษณะปรากฏ กลิ่น และการเจริญเติบโตของ BSFL หาสัดส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมพบว่า สูตรและสัดส่วนที่เหมาะสม คือ ข้าวโพดบดละเอียด : รำละเอียด : กากถั่วเหลืองสด ในอัตราส่วน 1:1:3 โดยน้ำหนัก ให้อัตราการเจริญเติบโตของตัวอ่อนมากที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากอาหารสูตรดังกล่าวมีปริมาณกาก

ถั่วเหลืองมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากผลวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและไขมัน รวมทั้งชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน (Table 3 และ 4) พบว่ากากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงที่สุด อีกทั้งยังพบว่ากากถั่วเหลืองมีชนิดของกรดอะมิโนหลากหลายที่สุด จึงเป็นสาเหตุให้ BSFL เจริญเติบโตได้ดีที่สุดและได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันสูงสุด จากงานวิจัยของ Seyedalmoosavi *et al.* (2022) รายงานว่าสารอาหารที่มีโปรตีนหรือแหล่งไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของ BSFL โดยกรดอะมิโนที่ได้จากโปรตีน

มีส่วนสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนที่เป็นโครงสร้างและองค์ประกอบของแมลง แต่ในปัจจุบันยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับปริมาณของโปรตีนและกรดอะมิโนแต่ละชนิดที่ BSFL ต้องการในการเจริญเติบโต

การแปรรูปวัตถุดิบด้วยการทำแห้งเป็นขั้นตอนการแปรรูปขั้นต้นที่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพ ความปลอดภัย และคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบ การทำแห้งจะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ ลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity, a_w) ของวัตถุดิบ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ลดการเกิดกลิ่นหืน (Rancidity) ซึ่งการทำแห้งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตากแดด การใช้ตู้อบ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง การใช้คลื่นไมโครเวฟ และอื่น ๆ โดยในระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้การอบด้วยตู้อบมากที่สุด เนื่องจากใช้ต้นทุนต่ำและกระบวนการไม่ซับซ้อน (Hernández-Álvarez *et al.*, 2021; Hurtado-Ribeira *et al.*, 2023) อีกทั้งยังพบว่า การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนสามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) ในแมลงจำพวกมวน (*Encosternum delgorguei*) ได้ดีที่สุด และเทียบเท่ากับการทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟและที่อุณหภูมิ 65°C ขึ้นไปสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้ (Dandadzi *et al.*, 2023)

การสกัดน้ำมันด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูเพรส เป็นการสกัดน้ำมันด้วยวิธีเชิงกล (Mechanical extraction) หลักการ คือ การนำวัตถุดิบที่ต้องการสกัดบดลงในเครื่องแล้วลดปริมาตรด้วยการกดอัด ทำให้น้ำมันถูกบีบอัดออกมาจากวัตถุดิบ การสกัดน้ำมันด้วยวิธีนี้เป็นระบบการสกัดน้ำมันแบบดั้งเดิมที่ยังคงนิยมใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากใช้ต้นทุนต่ำ ไม่จำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญสูงในการควบคุมเครื่องจักร ได้ผลผลิตน้ำมันที่มีคุณภาพดีที่ปราศจากตัวทำละลายหรือสารเคมีที่ใช้ในการสกัด ไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีในกระบวนการ จึงสามารถนำกากที่เหลือไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง แต่อย่างไรก็ตาม หลังการสกัดควรมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้ (Nde and Foncha, 2020)

ค่าเพอร์ออกไซด์สามารถบ่งบอกความเสี่ยงของวัตถุดิบจำพวกไขมันและน้ำมัน ด้วยการวัดปริมาณไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide) ซึ่งเป็นสารตัวกลางในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน (Maya *et al.*, 2023) ค่าเพอร์ออกไซด์ของส่วนผสมในเครื่องสำอางควรมีค่าในระดับไม่เกิน 20 ถือเป็นระดับที่ยอมรับได้ และค่าเพอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมที่สุดควรมีค่าต่ำกว่า 5 (Wabner, 2002) เมื่อพิจารณาจากค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันจาก BSFL ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.65 นับว่าน้ำมันที่ได้มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง

จากงานวิจัยของ Phongpradist *et al.* (2023) พบว่าน้ำมันจาก BSFL ที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการค้า มีค่าซาฟอนนิฟิเคชันเท่ากับ 197.1 mg KOH/g (มิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันอิสระ) ค่าซาฟอนนิฟิเคชันที่สูงจะมีความสอดคล้องกับปริมาณกรดไขมัน ทั้งในรูปแบบไขมันที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (Neutral fat) และกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ที่พบในไขมันและน้ำมัน ซึ่งค่าซาฟอนนิฟิเคชันของน้ำมันจาก BSFL ในการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันมะพร้าว ซึ่งค่าซาฟอนนิฟิเคชันจะมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับน้ำหนักโมเลกุล น้ำมันมะพร้าวมีน้ำหนักโมเลกุลน้อย และค่าซาฟอนนิฟิเคชันเท่ากับ 250 ในขณะที่น้ำมันเรพซีดมีน้ำหนักโมเลกุลมากและค่าซาฟอนนิฟิเคชันเท่ากับ 175 (Patterson, 2011; Phongpradist *et al.*, 2023)

Leong *et al.* (2015) ศึกษาผลของการใช้ขยะอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เศษผลไม้ กากน้ำมันปาล์ม และกากตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ที่มีต่อการผลิตกรดลอริกของ BSFL ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันและองค์ประกอบของกรดไขมันของ BSFL พบว่า BSF สามารถผลิตกรดไขมันอิ่มตัวโดยเฉพาะกรดลอริกได้มากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว อีกทั้งยังพบว่าการผลิตกรดไขมันและชนิดของกรดไขมันที่ BSF ผลิตไม่ขึ้นกับชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยง Xu *et al.* (2021) ศึกษาการผลิต

โมโนเอซิลกลีเซอรอล (Monoacylglycerol, MAG) ที่มีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ช่วยเพิ่มความหนืด เป็นสารหล่อลื่น และสารปรับสภาพผิว (Skin conditioning agent) ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยใช้ไขมันจาก BSFL เป็นสารตั้งต้นด้วยการใช้กระบวนการทางเอนไซม์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วยโมโนเอซิลกลีเซอรอลร้อยละ 97.7 และมีค่าความเป็นกรด (Acid value) ต่ำลง หรือมีคุณภาพที่ดีขึ้น และมีความเสถียรขึ้น

องค์ประกอบหลักของน้ำมันจาก BSFL คือ กรดลอริก ซึ่งกรดลอริก (C12:0) เป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่พบมากในน้ำมันมะพร้าว (Saturated fatty acid) และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel oil) จัดอยู่ในกลุ่มกรดไขมันขนาดกลาง (Medium-chain fatty acids: MCFAs) ที่มีจำนวนคาร์บอนระหว่าง 6-12 อะตอม มีลักษณะปรากฏหลายรูปแบบทั้ง แบบผงสีขาวหรือสีเหลือง ผลึกมันวาว และของแข็งไม่มีสี เป็นต้น (Suryati *et al.*, 2023) ในด้านเครื่องสำอางกรดลอริกและอนุพันธ์ของกรดลอริกถูกใช้เป็นสารลดแรงตึงผิว (Surfactant หรือ Surface-active agents) ซึ่งเป็นส่วนผสมที่จะช่วยให้ส่วนผสมในตำรับที่ไม่สามารถรวมตัวหรือผสมกันได้ให้ละลายหรือผสมเข้ากัน กรดลอริกมีคุณสมบัติช่วยทำความสะอาดผิวและผมด้วยการทำให้น้ำ ไขมัน และสิ่งสกปรกต่าง ๆ ผสมรวมกัน แล้วชะล้างออกมาได้ ปัจจุบันมีการนำกรดลอริกไปใช้ในตำรับผลิตภัณฑ์ดูแลส่วนบุคคล (Personal care) มากกว่า 90 ประเภท จากรายงานพบว่ากรดลอริกเป็นกรดที่พบมากในน้ำมันจาก BSFL และมีคุณสมบัติต้านแบคทีเรีย (Anti-bacterial property) เนื่องจากกรดลอริกสามารถเปลี่ยนเป็นมอนอลอรีน (Monolaurin) ที่เป็นอนุพันธ์ของกรดลอริกซึ่งมีศักยภาพสูงมากในการต้านแบคทีเรีย ไวรัส และโปรโตซัว (Barker *et al.*, 2019; Franco *et al.*, 2021) อีกทั้งยังมีรายงานว่ากรดไขมันขนาดกลางยังมีคุณสมบัติช่วยเร่งการสมานแผล และช่วยรักษาสมดุลและเป็นเสมือนเกราะป้องกันของผิว (Yang *et al.*, 2020) กรด

ไขมันมีบทบาทสำคัญในการดูแลผิวหนัง โดยมีคุณสมบัติในการแทรกซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ทำหน้าที่ฟื้นฟูโครงสร้างของชั้นไขมันที่ช่วยป้องกันผิว (Lipid barrier) ที่เสื่อมสภาพบนผิวหนัง ช่วยลดการสูญเสียน้ำผ่านผิวหนัง และบรรเทาอาการอักเสบของผิว ดังนั้นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหลากหลายประเภทจึงมีองค์ประกอบของกรดไขมันในสัดส่วนที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ประเภทสบู์ โลชั่น และครีม ซึ่งมักมีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบหลักในสูตรตำรับ (Ahmad and Ahsan, 2020) นอกจากนี้ น้ำมันที่อุดมไปด้วยกรดลอริกยังสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิตสารหล่อลื่น (Lubricants) ไบโอดีเซล (Biodiesel) และอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifiers) ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท (Suryati *et al.*, 2023)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของชนิดของส่วนผสมในอาหารเพาะเลี้ยง BSFL พบว่าข้าวโพดบดละเอียด รำละเอียด และกากถั่วเหลือง เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับใช้เพาะเลี้ยง BSFL โดยมีสัดส่วนที่เหมาะสมเท่ากับ 1:1:3 โดยน้ำหนัก ซึ่ง BSFL ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรนี้ให้ปริมาณไขมัน 82.61 กรัมต่อ 100 กรัม โดยมีองค์ประกอบหลักเป็นกรดลอริก 34.88 กรัมต่อ 100 กรัม อีกทั้งน้ำมันจาก BSFL ที่ได้ยังมีโอเมก้า 3, 6 และ 9 ในปริมาณ 1,100, 17,197 และ 17,480 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ดังนั้นน้ำมันจาก BSFL ที่ผลิตได้ซึ่งมีสมบัติทางเคมีเบื้องต้น คือ ปริมาณกรดลอริก โอเมก้า 3, 6 และ 9 ค่าเพอร์ออกไซด์ และการปราศจากโลหะหนักปนเปื้อน จึงเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้เป็นสารตั้งต้นในผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มได้อย่างหลากหลาย ทั้งในอุตสาหกรรมยา เครื่องสำอาง อาหาร และพลังงาน โดยควรทำการศึกษากระบวนการสกัดที่เหมาะสมให้น้ำมันที่สกัดได้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ สมบัติทางเคมีและกายภาพอื่น ๆ ขั้นตอนการทำบริสุทธิ์หรือ

กำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำมันที่เหมาะสม และทดสอบความเป็นพิษและการระคายเคืองของน้ำมันที่สกัดได้ ตามวัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.) และขอขอบคุณหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) และหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.)

เอกสารอ้างอิง

- Ahmad, A. and H. Ahsan. 2020. Lipid-based formulations in cosmeceuticals and biopharmaceuticals. **Biomedical Dermatology** 4: 1-10.
- Almeida, C., D. Murta. R. Nunes, A.R. Baby, Â. Fernandes, L. Barros, P. Rijo and C. Rosado. 2022. Characterization of lipid extracts from the *Hermetia illucens* larvae and their bioactivities for potential use as pharmaceutical and cosmetic ingredients. **Heliyon** 8(5): e09455.
- Amrul, N.F., I. Kabir Ahmad, N.E. Ahmad Basri, F. Suja, N.A. Abdul Jalil and N.A. Azman. 2022. A review of organic waste treatment using black soldier fly (*Hermetia illucens*). **Sustainability** 14(8): 4565.
- AOAC. 2019. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International. 21st Edition. **Washington DC: AOAC.** 3750 p.
- AOCS. 1993. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. 4th Edition. **Illinois: The American Oil Chemists Society** 1749 p.
- Barker, L.A., B.W. Bakkum and C. Chapman. 2019. The clinical use of monolaurin as a dietary supplement: a review of the literature. **Journal of Chiropractic Medicine** 18(4): 305-310.
- CODEX. 1995. **Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed: CODEX STAN 193-1995.** 1-77. [Online]. Available https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/1_CXS_193e.pdf (July 30, 2024).
- da Silva, P., N. Ribeiro, M.N.C. Pinheiro and R. Costa. 2019. Modelling Drying Kinetics of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*, L.) Larvae. pp. 1-6 *In Proceedings of XII International Conference on Computational Heat, Mass and Momentum Transfer (ICCHMT 2019) 3-6 September 2019.* Rome: EDP Sciences.

- Dandadzi, M., R. Musundire, A. Muriithi and R.T. Ngadze. 2023. Effects of drying on the nutritional, sensory and microbiological quality of edible stinkbug (*Encosternum delgorguei*). **Heliyon** 9(8): e18642.
- Franco, A., R. Salvia, C. Scieuzo, E. Schmitt, A. Russo and P. Falabella. 2021. Lipids from insects in cosmetics and for personal care products. **Insects** 13(1): 41.
- Hernández-Álvarez, A.J., M. Mondor, I.A. Piña-Domínguez, O.A. Sánchez-Velázquez and G. Melgar Lalanne. 2021. Drying technologies for edible insects and their derived ingredients. **Drying Technology** 39(13): 1991-2009.
- Hurtado-Ribeira, R., D.M. Hernández, D. Villanueva-Bermejo, M.R. García-Risco, M.D. Hernández, L. Vázquez, T. Fornari, and D. Martin. 2023. The interaction of slaughtering, drying, and defatting methods differently affects oxidative quality of the fat from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **Insects** 14(4): 368.
- Huseynli, L., T. Parviainen, T. Kyllönen, H. Aisala, and K. Vene. 2023. Exploring the protein content and odor-active compounds of black soldier fly larvae for future food applications. **Future Foods** 7: 100224.
- Leong, S.Y., S.R.M. Kuty, C.K. Tan and L.H. Tey. 2015. Comparative study on the effect of organic waste on lauric acid produced by *Hermetia illucens* larvae via bioconversion. **Journal of Engineering Science and Technology** 8(2015): 52-63.
- Lestari, A., T.H. Wahyuni, E. Mirwandhono and N. Ginting. 2020. Maggot black soldier fly (*Hermetia illucens*) nutritional content using various culture media. **Jurnal Peternakan Integratif** 8(3): 161-169.
- Maya, I., D.O. Winardi, E. Amalia, S.R. Mita, C.K. Kusumawulan, N.A. Putriana, and S. Sriwidodo. 2023. Physicochemical characteristics, fatty acid profile, and *In Vitro* antioxidant activity evaluation of Sacha Inchi seed oil from Indonesia. **Cosmetics** 10(6): 171.
- Nayak, A., M. Rühl and P. Klüber. 2023. *Hermetia illucens* (diptera: stratiomyidae): need, potentiality, and performance measures. **Agriculture** 14(1): 8.
- Nde, D.B. and A.C. Foncha. 2020. Optimization methods for the extraction of vegetable oils: a review. **Processes** 8(2): 209.
- Patterson, H.B.W. 2011. Chapter 12-Quality and control. pp. 329-350. *In* Gary, R.L. and W.K. Jerry (eds.). **Hydrogenation of Fats and Oils**. Champaign, IL: AOCS Press.

- Phongpradist, R., W. Semmarath, K. Kiattisin, J. Jiaranaikulwanitch, W. Chaiyana, S. Chaichit, Y. Phimolsiripol, P. Dejkriengkraikul and C. Ampasavate. 2023. The *In Vitro* effects of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) oil as a high-functional active ingredient for inhibiting hyaluronidase, anti-oxidation benefits, whitening, and UVB protection. **Frontiers in Pharmacology** 14: 1243961.
- Seyedalmoosavi, M.M., M. Mielenz, T. Veldkamp, G. Daş, and C.C. Metges. 2022. Growth efficiency, intestinal biology, and nutrient utilization and requirements of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae compared to monogastric livestock species: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology** 13(1): 31.
- Smetana, S., E. Schmitt, and A. Mathys. 2019. Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: attributional and consequential life cycle assessment. **Resources, Conservation and Recycling** 144: 285-296.
- Suryati, T., E. Juliaha, K. Farabi, H. Ambarsari, and A.T. Hidayat. 2023. Lauric acid from the black soldier fly (*Hermetia illucens*) and its potential applications. **Sustainability** 15(13): 10383.
- Thrastardottir, R., H.T. Olafsdottir and R.I. Thorarinsdottir. 2021. Yellow mealworm and black soldier fly larvae for feed and food production in Europe, with emphasis on Iceland. **Foods** 10(11): 2744.
- Wabner, D. 2002. The peroxide value-a new tool for the quality control of essential oils. **The International Journal of Aromatherapy** 3(12): 142-144.
- Xu, W., L. Xu, X. Liu, S. He, Y. Ji, W. Wang and F. Wang. 2021. An effective strategy for the production of lauric acid-enriched monoacylglycerol via enzymatic glycerolysis from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae (BSFL) oil. **Applied Biochemistry and Biotechnology** 193: 2781-2792.
- Yang, M., M. Zhou and L. Song. 2020. A review of fatty acids influencing skin condition. **Journal of Cosmetic Dermatology** 19(12): 3199-3204.

การควบคุมไรศัตรูผึ้ง (*Tropilaelaps* sp. และ *Varroa* sp.) ด้วยลิเทียมคลอไรด์ ในผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera* L.)

Control of Parasitic Mites (*Tropilaelaps* sp. and *Varroa* sp.) by Lithium Chloride in European Honeybee (*Apis mellifera* L.)

พนารัตน์ สงวนศรี และชามา อินซอน*

Panarat Sanguansri and Chama Inson*

ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author: chama.p@ku.th

Received: January 27, 2024

Revised: May 24, 2024

Accepted: August 29, 2024

Abstract

The study investigated the impact of lithium chloride on parasitic mites (*Tropilaelaps* spp. and *Varroa* spp.) infesting European honeybee (*Apis mellifera* L.). The experiment involved three different concentrations of lithium chloride: 10, 25 and 50 mM with sucrose feeding application. These concentrations were compared with amitraz 20% W/V EC and a control group with no chemical treatment. The lithium chloride at 50 and 25 mM showed the highest *Tropilaelaps* number of dead (59.73 ± 19.18 and 50.95 ± 19.61 mites, respectively). In addition, the 50 mM lithium chloride solution showed a significant reduction in *Varroa* population, with 23 mites dead. The lithium chloride was effective in *Tropilaelaps* and *Varroa* and showed a significant difference from the control group ($P < 0.05$).

Keywords: bee mites, *Tropilaelaps*, *Varroa*, lithium chloride, *Apis mellifera* L.

บทคัดย่อ

การศึกษาการควบคุมไรศัตรูผึ้ง (*Tropilaelaps* sp. และ *Varroa* sp.) ด้วยลิเทียมคลอไรด์ในผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera* L.) ที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 มิลลิโมลาร์ ด้วยวิธีการให้ผึ้งพันธุ์กินลิเทียมคลอไรด์ผสมในน้ำเชื่อม โดยมีการทดลองเปรียบเทียบ คือ Amitraz 20% W/V EC และไม่มีการควบคุม พบว่าสารละลายลิเทียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 25 มิลลิโมลาร์ ส่งผลทำให้ไรศัตรูผึ้งตายดีที่สุด โดยไรทรอปิเลลปส์

ตายเฉลี่ยเท่ากับ 59.73 ± 19.18 และ 50.95 ± 19.61 ตัวตามลำดับ นอกจากนี้แล้วสารละลายลิเทียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ส่งผลทำให้ไรวาร์วตายเป็นจำนวนมากถึง 23 ตัว สารละลายลิเทียมคลอไรด์มีผลต่อการตายของไรศัตรูผึ้งแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($P < 0.05$)

คำสำคัญ: ไรศัตรูผึ้ง ไรทรอปิเลลปส์ ไรวาร์ว
ลิเทียมคลอไรด์ ผึ้งพันธุ์

คำนำ

ผึ้งยุโรปหรือผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera* L.) จัดเป็นแมลงผสมเกสรที่พบได้ทั่วโลก ซึ่งผึ้งพันธุ์มีความสำคัญทางด้านการเกษตร โดยมีบทบาทในการช่วยพืชผสมเกสรให้ได้ผลผลิตทางการเกษตรสูงขึ้น อีกทั้งผึ้งพันธุ์สามารถให้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่สำคัญสร้างเป็นรายได้ให้กับผู้เลี้ยงผึ้งพันธุ์อีกด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผึ้งพันธุ์ ได้แก่ น้ำผึ้ง ไขผึ้ง เกสรผึ้ง นมผึ้ง พืชของผึ้ง และพรอพอริส อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมการเลี้ยงผึ้งพันธุ์มักประสบปัญหาที่สำคัญประการหนึ่ง ได้แก่ การเข้าทำลายของไรวาร์ว *Varroa* spp. และไรทรอปิลีแลปส์ *Tropilaelaps* spp. เป็นไรศัตรูผึ้งพันธุ์ที่ก่อความเสียหายได้อย่างรุนแรง อีกทั้งยังสามารถเป็นพาหะแพร่กระจายเชื้อโรคเข้าสู่ตัวผึ้งพันธุ์ และรังผึ้งพันธุ์ที่มีการระบาดของไร แต่ไม่ได้รับการควบคุมนั้นจะส่งผลทำให้รังล่มสลายได้ (Amornsak *et al.*, 1995; Suppasat *et al.*, 2007; Madras-Majewska and Majewski, 2016; Hung *et al.*, 2018; Nuanjohn and Chaimanee, 2019)

ไรวาร์วและไรทรอปิลีแลปส์จัดเป็นตัวเบียนภายนอกเข้าทำลายด้วยการเจาะดูดกินของเหลว ทั้งในระยะตัวอ่อนและดักแด้ของผึ้งพันธุ์ ซึ่งอาจทำให้ตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ตาย ถ้าผึ้งสามารถรอดชีวิตและเจริญเป็นตัวเต็มวัยก็ส่งผลให้ฟิการ ปีกไม่สมบูรณ์ ตัวนกุด ปีกยับไม่แผ่ออก จำนวนประชากรผึ้งภายในรังลดลง ทำให้สภาพรังอ่อนแอ และเกิดการอพยพของผึ้งและทำให้เกิดการระบาดของไรศัตรูผึ้งในพื้นที่ใหม่ ในแต่ละปีเกษตรกรจึงสูญเสียผึ้งเป็นจำนวนมาก (Amornsak *et al.*, 1995; Kongpitak *et al.*, 2008; Pettis *et al.*, 2017; Chaimanee *et al.*, 2021; Mortensen *et al.*, 2021; Chantawannakul *et al.*, 2018; Nuanjohn and Chaimanee, 2019)

จากปัญหาที่เกิดจากไรศัตรูผึ้งทั้ง 2 ชนิด เกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งพันธุ์มักใช้สารเคมี (Acaricide) ในการป้องกันกำจัด ซึ่งการใช้สารเคมีส่งผลทำให้มีสารตกค้างในรังหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผึ้ง หากใช้ไม่ถูกต้องอาจทำให้

ผึ้งพันธุ์ตายได้ อีกทั้งยังส่งผลทำให้ไรศัตรูผึ้งมีความต้านทานต่อสารเคมี ดังนั้นจึงมีการนำวิธีการควบคุมวิธีอื่น ๆ มาใช้ในการป้องกันกำจัด เช่น การใช้กรดออกซาลิก (Oxalic acid) โดยในประเทศไทยและต่างประเทศ (ยุโรป แคนาดา สหรัฐอเมริกา) กรดออกซาลิกเป็นสารที่อนุญาตให้ใช้ในการเลี้ยงผึ้งอินทรีย์ สามารถสลายตัวได้เองตามธรรมชาติ ไม่เกิดปัญหาการตกค้างภายในรังและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผึ้ง ไม่ทำให้ผึ้งพันธุ์ตาย อีกทั้งไรศัตรูผึ้งไม่เกิดการต้านทาน การศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้ลิเทียมคลอไรด์ เป็นกรดเกลือที่ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพในการกำจัดไรศัตรูผึ้ง ดังรายงานของ Ziegelmann *et al.* (2018) พบว่าลิเทียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดไรวาร์วได้ 100% หลังทำการทดลอง 3 วันในห้องปฏิบัติการ การศึกษาครั้งนี้ศึกษาประสิทธิภาพของลิเทียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการกำจัดไรศัตรูผึ้ง ณ ฟาร์มผึ้งขุนทด จังหวัดสระบุรี เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมลิเทียมคลอไรด์ และความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลอง

นำน้ำปริมาณ 500 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำตาล 500 กรัม (อัตราส่วน 1 ต่อ 1) จากนั้นนำลิเทียมคลอไรด์ผสมกับน้ำเชื่อม โดยปรับความเข้มข้นตามสัดส่วนเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง ดังนี้

- 1) ลิเทียมคลอไรด์ 0.22 กรัม + น้ำเชื่อม 500 มิลลิลิตร = สารละลายลิเทียมคลอไรด์ 10 มิลลิโมลาร์
- 2) ลิเทียมคลอไรด์ 0.53 กรัม + น้ำเชื่อม 500 มิลลิลิตร = สารละลายลิเทียมคลอไรด์ 25 มิลลิโมลาร์
- 3) ลิเทียมคลอไรด์ 1.06 กรัม + น้ำเชื่อม 500 มิลลิลิตร = สารละลายลิเทียมคลอไรด์ 50 มิลลิโมลาร์

การเตรียมสารละลายที่มีปริมาตรตัวทำละลายใด ๆ สามารถคำนวณความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์หรือน้ำหนักสารที่ต้องชั่งโดยใช้สูตร ดังนี้

$$M = \left(\frac{wt.}{MW.} \right) \left(\frac{1000}{V} \right)$$

เมื่อ M = จำนวนโมล
Wt. = น้ำหนักตัวละลาย (กรัม)
MW. = มวลโมลาร์ (กรัม/โมลาร์)
V = ปริมาตร (มิลลิลิตร)

1 มิลลิโมลาร์ เท่ากับ 1×10^{-3} โมลาร์ หรือ 1×10^{-3} ลิตร

การควบคุมไรศัตรูผึ้งพันธุ์โดยใช้ลิเทียมคลอไรด์

เตรียมรังผึ้งพันธุ์ที่มีการระบาดของไรศัตรูผึ้งจำนวน 25 รัง จากนั้นทำการทดลองโดยดัดแปลงวิธีการจาก Ziegelmann *et al.* (2018) วางแผนการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) ทำการทดลอง 1 รังต่อ 1 ซ้ำ ทั้งหมด 5 ซ้ำ นำแผ่นดักไรวางไว้ที่ฐานรังผึ้งพันธุ์ โดยแผ่นดักไรต้องมีตะแกรงปิดเพื่อป้องกันไม่ให้ผึ้งสัมผัสกับไรที่ตกลงมาในแผ่น จากนั้นนำน้ำเชื่อมที่ผสมลิเทียมคลอไรด์แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 500 มิลลิลิตร ใส่ลงในกล่องไม้สำหรับให้อาหารผึ้ง จากนั้นนำกล่องไม้หรือถาดไปวางไว้ในรังผึ้งพันธุ์ ให้อาหารผึ้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำเชื่อมผสมลิเทียมคลอไรด์ออกจากรัง สำหรับการทดลองเปรียบเทียบจะทำการทดสอบโดยใช้น้ำเชื่อมไม้ผสมสารใด ๆ ปริมาตร 500 มิลลิลิตร และสารเคมีอะมิทราซ (Amitraz) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ขุดสำลีวางไว้ที่ฐานรัง ทำการนับจำนวนไร และเปลี่ยนแผ่นดักไรทุก 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 14 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows (Version 23.0) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการวิเคราะห์ ANOVA โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทีละอันดับด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระยะเวลาและสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

ทำการศึกษาที่ฟาร์มผึ้งขุนทด ตำบลซับสนุน อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

ผลการวิจัย

การควบคุมไรศัตรูผึ้งพันธุ์โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์

ผลของการใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 มิลลิโมลาร์ ต่อการตายของไรทอพิลแลปส์ (*Tropilaelaps* spp.) และไรวาร์ว (Varroa spp.) หลังการทดลอง 14 วัน พบว่าสารละลายลิเทียมคลอไรด์ความเข้มข้น 50 และ 25 มิลลิโมลาร์ มีผลทำให้ไรทอพิลแลปส์ตายเฉลี่ยสูงสุด (Table 1) เท่ากับ 59.73 ± 19.18 และ 50.95 ± 19.61 ตัว ตามลำดับ รองลงมา คือ สารละลายความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ โดยมีผลต่อการตายของไรทอพิลแลปส์เฉลี่ย 39.64 ± 11.71 ตัว ในขณะที่ผลการทดลองเปรียบเทียบการใช้สารเคมีอะมิทราซ (Amitraz) มีผลต่อการตายของไรทอพิลแลปส์

เฉลี่ย 35.52 ± 15.23 ตัว และผลการทดลองเปรียบเทียบแบบ Non chemical มีผลต่อการตายของไรทรอฟิลี แลปส์เฉลี่ย 9.85 ± 6.01 ตัว ในขณะที่ผลการตายของไรวาร์รัว (Table 2) สารละลายลิเทียมคลอไรด์ที่ส่งผลทำให้ไรวาร์รัวตายสูงที่สุด คือ ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ มีผลทำให้ไรวาร์รัวตาย 23 ตัว รองลงมาคือ สารละลายความเข้มข้น 25 และ 10 มิลลิโมลาร์ โดยมีผลต่อการตายของไรวาร์รัว 17 และ 13 ตัว ตามลำดับ ในขณะที่ผลการ

ทดลองเปรียบเทียบการใช้สารเคมีอะมีตราซ (Amitraz) มีผลต่อการตายของไรวาร์รัว 10 ตัว และสำหรับผลการทดลองเปรียบเทียบแบบ Non-chemical มีผลต่อการตายของไรวาร์รัว 4 ตัว เนื่องจากแต่ละการทดลองพบไรวาร์รัวในจำนวนน้อยมาก ผลการตายของไรวาร์รัวจึงไม่นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ แต่ทำการเก็บข้อมูลเป็นผลรวมทั้งหมดของไรวาร์รัวที่ตาย

Table 1 The efficacy of lithium chloride against *Tropilaelaps* mite

Day	number of dead <i>Tropilaelaps</i> mite (mean $\pm$ SD)				
	10 mM	25 mM	50 mM	Amitraz	Non-chemical
0*	20.00 $\pm$ 9.03 ^{b1/}	25.00 $\pm$ 8.97 ^{ab}	20.80 $\pm$ 7.92 ^{ab}	33.60 $\pm$ 15.04 ^a	10.20 $\pm$ 4.09 ^c
1	32.80 $\pm$ 12.30 ^{ab}	34.60 $\pm$ 6.19 ^a	40.80 $\pm$ 12.56 ^a	33.40 $\pm$ 20.16 ^a	11.20 $\pm$ 5.72 ^b
2	37.80 $\pm$ 9.63 ^a	39.00 $\pm$ 13.29 ^a	49.80 $\pm$ 20.22 ^a	30.80 $\pm$ 10.06 ^b	16.20 $\pm$ 11.19 ^c
3	35.20 $\pm$ 5.07 ^b	51.20 $\pm$ 14.70 ^a	59.60 $\pm$ 14.15 ^a	32.40 $\pm$ 11.55 ^b	6.80 $\pm$ 3.70 ^c
4	40.40 $\pm$ 13.15 ^{ab}	54.80 $\pm$ 18.42 ^a	63.00 $\pm$ 14.37 ^a	36.60 $\pm$ 11.70 ^b	10.40 $\pm$ 7.60 ^c
5	43.80 $\pm$ 12.95 ^b	65.00 $\pm$ 24.79 ^a	74.80 $\pm$ 14.55 ^a	42.40 $\pm$ 28.09 ^b	12.20 $\pm$ 9.23 ^c
6	42.60 $\pm$ 7.64 ^b	70.80 $\pm$ 13.61 ^a	59.40 $\pm$ 9.76 ^{ab}	39.80 $\pm$ 18.31 ^b	9.60 $\pm$ 3.21 ^c
7	46.20 $\pm$ 15.93 ^b	64.80 $\pm$ 12.48 ^{ab}	74.40 $\pm$ 8.05 ^a	33.20 $\pm$ 6.53 ^b	9.20 $\pm$ 4.02 ^c
8	41.40 $\pm$ 8.29 ^b	55.00 $\pm$ 22.76 ^a	69.00 $\pm$ 18.15 ^a	44.80 $\pm$ 19.46 ^b	10.80 $\pm$ 5.22 ^c
9	39.60 $\pm$ 9.61 ^b	46.40 $\pm$ 20.83 ^{ab}	64.40 $\pm$ 11.97 ^a	42.20 $\pm$ 8.26 ^b	9.20 $\pm$ 5.97 ^c
10	42.40 $\pm$ 3.21 ^{ab}	55.40 $\pm$ 25.64 ^a	70.40 $\pm$ 10.11 ^a	36.60 $\pm$ 18.47 ^b	7.20 $\pm$ 4.66 ^c
11	41.20 $\pm$ 9.65 ^b	48.40 $\pm$ 12.76 ^{ab}	70.40 $\pm$ 10.11 ^a	36.60 $\pm$ 18.47 ^b	7.20 $\pm$ 4.66 ^c
12	41.60 $\pm$ 5.77 ^b	45.20 $\pm$ 13.66 ^b	64.00 $\pm$ 19.74 ^a	24.60 $\pm$ 5.55 ^b	8.40 $\pm$ 5.68 ^c
13	46.40 $\pm$ 12.93 ^{ab}	46.00 $\pm$ 14.44 ^{ab}	65.20 $\pm$ 18.85 ^a	41.00 $\pm$ 18.40 ^b	11.60 $\pm$ 5.98 ^c
14	43.20 $\pm$ 17.82 ^{ab}	62.60 $\pm$ 21.66 ^a	57.40 $\pm$ 19.19 ^a	27.40 $\pm$ 11.24 ^b	6.00 $\pm$ 3.32 ^c
Total	39.64 $\pm$ 11.71 ^b	50.95 $\pm$ 19.61 ^a	59.73 $\pm$ 19.18 ^a	35.52 $\pm$ 15.23 ^b	9.85 $\pm$ 6.01 ^c

*Day 0 refers to the number of trypomastigotes before administering the lithium chloride solution and the comparative experiment

^{1/} Within a column, means with a common superscript are not different at $p=0.05$

Table 2 The efficacy of lithium chloride against *Varroa* mite

Day	number of dead Varroa mite (sum)				
	10 mM	25 mM	50 mM	Amitraz	Non-chemical
0*	0 ^{1/}	0	0	0	0
1	0	2	1	1	0
2	2	2	9	1	0
3	2	2	6	2	1
4	2	1	2	1	1
5	0	2	1	0	1
6	1	1	0	0	0
7	0	0	2	0	0
8	1	2	1	0	0
9	1	0	1	1	0
10	1	0	0	1	0
11	0	2	0	1	0
12	1	1	0	1	1
13	2	1	0	0	0
14	0	1	0	1	0
Total	13	17	23	10	4

*Day 0 refers to the number of steps before administering the lithium chloride solution and the comparative experiment.

^{1/} Only a very small number of Rivarroa were found, so the mortality results of Rivarroa were not analyzed statistically. However, data were collected as the total sum of all Rivarroa that died.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาในครั้งนี้สารละลายลิเทียมคลอไรด์สามารถกำจัดไรศัตรูในรังผึ้งพันธุ์ได้ และระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดไรศัตรูผึ้งพันธุ์ได้ดี คือ สารละลายลิเทียมคลอไรด์ระดับความเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิโมลาร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ziegelmann *et al.* (2018) ที่ศึกษาการใช้ลิเทียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 4, 10 และ 25 มิลลิโมลาร์ พบว่าลิเทียมคลอไรด์

ที่ระดับความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดไรวาร์วได้ 100% หลังทำการทดลอง 48 ชั่วโมงในห้องปฏิบัติการ และในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสารละลายลิเทียมคลอไรด์สามารถกำจัดไรศัตรูผึ้งพันธุ์ได้ดีกว่าสารเคมีอะมีทรราช ซึ่งเป็นสารเคมีที่เกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งนิยมใช้ในการกำจัดไรศัตรูผึ้ง โดยสารละลายลิเทียมคลอไรด์ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ มีผลทำให้ไรทรอปิลีแลปส์ตายเฉลี่ย 59.73 ± 19.18 ตัว และไรวาร์วตาย 23 ตัว ในขณะที่สารเคมีอะมีทรราชส่งผลทำให้ไรทรอปิลีแลปส์

ตายเฉลี่ย 35.52 ± 15.23 ตัว และไรวาร์วตาย 10 ตัว สอดคล้องกับการศึกษาของ Kolics *et al.* (2020) ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างลิเทียมคลอไรด์และกรดออกซาลิก (Oxalic acid) ในการกำจัดไรวาร์วในรังผึ้งพันธุ์ ซึ่งกรดออกซาลิกเป็นกรดที่เกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งใช้กันอย่างแพร่หลายในการกำจัดไรศัตรูผึ้ง พบว่าลิเทียมคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการกำจัดไรวาร์วมากกว่ากรดออกซาลิก โดยลิเทียมคลอไรด์มีผลต่อการตายของไรวาร์ว 95.6% ในขณะที่กรดออกซาลิกส่งผลทำให้ไรวาร์วตาย 58.7%

สรุปผลการวิจัย

การควบคุมไรศัตรูผึ้งพันธุ์โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์ มีคุณสมบัติในการกำจัดไรทรอปิลีแลปส์ และไรวาร์วได้ดี โดยระดับความเข้มข้นที่แนะนำในการนำไปใช้ในการกำจัด คือ สารละลายลิเทียมคลอไรด์ระดับความเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิโมลาร์ ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ส่งผลทำให้ไรศัตรูผึ้งพันธุ์ทั้ง 2 ชนิดตายได้ดี

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชามา อินซอน ที่ให้ความช่วยเหลือ ดูแล ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความคิดเห็นที่มีประโยชน์เกี่ยวกับแนวทางการดำเนินการวิจัย และห้องปฏิบัติการวิจัยผึ้ง ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ในการปฏิบัติงานวิจัย รวมไปถึงขอขอบพระคุณ คุณกุนทนใจเจริญ และครอบครัว เจ้าของกุนทนฟาร์มผึ้ง ตำบลซับสนุน อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ปฏิบัติงานวิจัยจนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณนักวิจัยทุกท่าน ที่ข้าพเจ้านำเอกสารผลงานวิจัยมาใช้ในการอ้างอิงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ คำปรึกษา และสนับสนุน การศึกษาเป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ รวมไปถึงศิลปินอันเป็นที่รักคุณเตนล์ ชิตพล ลีชัยพรกุล และคุณมารค ลี ที่เป็นส่วนหนึ่งในกำลังใจทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- Amornsak, W., P. Akranakul and P. Kongpitak. 1995. Study on the toxicity of acaricides used against parasitic bee mites to the European honeybee. **Kasetsart Journal: Natural Science** 29: 176-181.
- Chaimanee, V., N. Warrit, T. Boonmee and J.S. Pettis. 2021. Acaricidal activity of essential oils for the control of honeybee (*Apis mellifera*) mites *Tropilaelaps mercedesae* under laboratory and colony conditions. **Apidologie** 52(3): 561-575.
- Chantawannakul, P., S. Wongsiri. and N. Chakpitak. 2018. **Beekeeping Guide**. Chiang Mai: Chotanaprint Company Limited. 64 p.
- Hung, K.J., J.M. Kingston, M. Albrecht, D.A. Holway and J.R. Kohn. 2018. The Worldwide Importance of Honeybee as Pollinators in Natural Habitats. pp. 1-8. *In Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. London: The Royal Society <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2140>

- Kolics, E., A. Specziar, J. Taller, K.K. Matyas and B. Kolics. 2020. Lithium chloride outperformed oxalic acid sublimation in a preliminary experiment for Varroa mite control in pre-wintering honeybee colonies. **Acta Veterinaria Hungarica** 68(4): 370-373.
- Kongpitak, P., G. Polgár and J. Heine. 2008. The efficacy of bayvarol[®] and checkmite⁺[®] in the control of *Tropilaelaps mercedesae* in the European honeybee (*Apis mellifera*) in Thailand. **APIACTA** 43: 12-16.
- Madras-Majewska, B. and J. Majewski. 2016. Importance of Bees in Pollination of Crops in the European Union Countries. pp. 114-119. *In Proceedings of The International Scientific Conference.* Jelgava: Latvia University of Life Sciences and Technologies.
- Mortensen, A.N., D.R. Schmehl and J. Ellis. 2021. **European Honeybee *Apis mellifera* Linnaeus and Subspecies (Insecta: Hymenoptera: Apidae).** Gainesville, FL.: Entomology and Nematology Department. UF/IFAS Extension. 6 p.
- Nuanjohn, T. and V. Chaimanee. 2019. Effectiveness of some essential oils for control of *Tropilaelaps mercedesae* mites in honey bees (*Apis mellifera* L.). **King Mongkut's Agricultural Journal** 37(1): 43-50.
- Pettis, J.S., R. Rose and V. Chaimanee. 2017. Chemical and cultural control of *Tropilaelaps mercedesae* mites in honeybee (*Apis mellifera*) colonies in Northern Thailand. **PLoS One** 12(11): 1-9.
- Suppasat, T., D.R. Smith, S. Deowanish and S. Wongsiri. 2007. Matrilineal origins of *Apis mellifera* in Thailand. **Apidologie** 38(4): 323-334.
- Ziegelmann, B., E. Abele, S. Hannus, M. Beitzinger, S. Berg and P. Rosenkranz. 2018. Lithium chloride effectively kills the honeybee parasite *Varroa destructor* by a systemic mode of action. **Scientific Reports** 8: 683.

การคัดเลือกและเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิววัสดุตัวกลางด้วยพลาสมาระดับความดันบรรยากาศ
เพื่อปรับปรุงการจุ่มน้ำมันหอมระเหยสำหรับควบคุมไรศัตรูผึ้ง

Selection and Surface Modification of Materials by Non-thermal Plasma
to Improve Impregnation with Essential Oils for the Control of Honeybee Mites

เลิศลักษณ์ วงศ์ทวีทอง¹ ธรรมบุญ บุญมี¹ กมลพร ปานง่อม² และวีรนนท์ ไชยมนี^{1*}

Laedlugkana Wongthaveethong¹, Thummanoon Boonmee¹, Kamonporn Panngom²
and Veeranan Chaimanee^{1*}

¹สาขาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

²วิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹Department of Agro-Industrial Biotechnology, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

²Basic Science, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: chveeranan@gmail.com

Received: September 15, 2023

Revised: June 24, 2024

Accepted: July 26, 2024

Abstract

Tropilaelaps mites are a serious ectoparasite of honeybees, *Apis mellifera*, in Thailand and Asia. In this research, the absorption and release properties of essential oils (EOs) of porous media were analyzed. The brown ceramic bar showed the highest clove oil absorption capacity, 0.0050 ± 0.0002 $\mu\text{L}/\text{mg}$, followed by carbon at 0.0036 ± 0.0002 $\mu\text{L}/\text{mg}$ of oil absorption capacity. The highest cinnamon oil absorption was observed in carbon and brown ceramic bar materials (0.0067 ± 0.0002 and 0.0065 ± 0.0002 $\mu\text{L}/\text{mg}$, respectively). A slight decrease in clove oil absorption was observed in carbon after plasma treatment generated by argon and helium gases, but there were no significant differences (0.0036 ± 0.0002 and 0.0035 ± 0.0001 $\mu\text{L}/\text{mg}$, respectively). Although, argon- and helium-water vapour mixtures were applied for carbon surface modification, the absorption of clove oil did not significantly change. The clove oil slowly evaporated from the carbon material during the first 8 hours of incubation. Then, the quantification of evaporation increased on day 3 (40-50%) and reached 50-60% by day 14 of incubation. Lastly, the evaporation of clove oil from carbon was not significantly affected by plasma treatments. Therefore, the conditions of non-thermal plasma should be further investigated to improve the surface of materials for the application of essential oils or other materials to control honeybee mites.

Keywords: *Tropilaelaps*, non-thermal plasma technology, clove essential oil, absorption, evaporation

บทคัดย่อ

ไร *Tropilaelaps* เป็นศัตรูผึ้งที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่อุตสาหกรรมการเลี้ยงผึ้งของไทยและเอเชีย โดยงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกวัสดุพูนเพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุตัวกลางสำหรับการดูดซับและปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหย พบว่าแท่งเซรามิกสีน้ำตาลมีการดูดซับน้ำมันหอมระเหยกานพลูได้สูงสุด เท่ากับ 0.0050 ± 0.0002 $\mu\text{L}/\text{mg}$ รองลงมาคือ คาร์บอน (0.0036 ± 0.0002 $\mu\text{L}/\text{mg}$) ส่วนการดูดซับน้ำมันหอมระเหยอบเชย พบว่าแท่งคาร์บอนและแท่งเซรามิกสีน้ำตาลมีการดูดซับได้สูงสุด (0.0067 ± 0.0002 และ 0.0065 ± 0.0002 $\mu\text{L}/\text{mg}$ ตามลำดับ) การดูดซับน้ำมันหอมระเหยกานพลูของคาร์บอนที่ผ่านการปฏิบัติพลาสมาโดยใช้แก๊สอาร์กอนและฮีเลียมพลาสมาเพียงอย่างเดียว มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการดูดซับเท่ากับ 0.0036 ± 0.0002 และ 0.0035 ± 0.0001 $\mu\text{L}/\text{mg}$ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอาร์กอนและฮีเลียมพลาสมาที่มีระบบไอน้ำร่วมด้วยไม่ได้ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการดูดซับน้ำมันหอมระเหยกานพลูของแท่งคาร์บอน น้ำมันกานพลูมีปริมาณการระเหยต่ำจากแท่งคาร์บอนในช่วง 8 ชั่วโมงแรก จากนั้นมีปริมาณการระเหยเพิ่มขึ้นเป็น 40-50% ในวันที่ 3 ของการทดสอบ และ 50-60% ในวันที่ 14 ของการทดสอบ อีกทั้งการระเหยของน้ำมันกานพลูจากแท่งคาร์บอนไม่ได้เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญหลังการผ่านพลาสมา ดังนั้นควรที่จะทำการศึกษาหาสภาวะต่าง ๆ ของเทคโนโลยีพลาสมาเพื่อให้มีประสิทธิภาพต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิววัสดุตัวกลางสำหรับการนำน้ำมันหอมระเหยและวัสดุตัวกลางไปประยุกต์ใช้ควบคุมไรผึ้งต่อไป

คำสำคัญ: *Tropilaelaps* เทคโนโลยีพลาสมาเย็น
น้ำมันหอมระเหยกานพลู การดูดซับ การระเหย

คำนำ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงผึ้งถือได้ว่าเป็นมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทยเป็นอย่างมาก โดยแต่ละปีประเทศไทยมีการส่งออกน้ำผึ้งและผลิตภัณฑ์จากผึ้ง รวมมูลค่าประมาณ 48,000 ล้านบาท และการส่งออกมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นทุกปี อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งได้ประสบปัญหาในการเลี้ยงผึ้งหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาเรื่องโรคและไรศัตรูผึ้ง ไรที่ก่อให้เกิดความเสียหายในรังผึ้งมากที่สุดมี 2 ชนิด คือ *Tropilaelaps* และ *Varroa* ซึ่งวิธีการที่ใช้ในควบคุมไรส่วนใหญ่จะเป็นการใช้สารเคมี เช่น กรดฟอร์มิก ฟลูวาลิเนต ฟลูเมทริน และอะมิทราซ เป็นต้น (Camphor *et al.*, 2005; Kongpitak *et al.*, 2008) แต่การใช้สารเคมีส่งผลให้มีการตกค้างของสารเคมีในน้ำผึ้ง ผลิตภัณฑ์จากผึ้ง และในรังผึ้ง (Mullin *et al.*, 2010; Chaimanee *et al.*, 2019) อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาวิจัยพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชหลายชนิดมีประสิทธิภาพในการฆ่าและควบคุมไรศัตรูผึ้งได้ (Colin *et al.*, 2019; Chaimanee *et al.*, 2021; Hybl *et al.*, 2021) แต่เมื่อนำไปทดสอบในสภาวะจริงในรังผึ้งนั้นพบว่าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยดังกล่าวออกฤทธิ์ควบคุมไรได้ไม่ดีเท่าที่ควร (Emsen *et al.*, 2007; Boonmee *et al.*, 2022) โดยปัจจัยที่อาจจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการควบคุมไรในรังผึ้ง เช่น ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย และวัสดุตัวกลางที่ใช้ในการดูดซับและการระเหยรวมถึงปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการคัดเลือกวัสดุตัวกลาง และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่เพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ควบคุมไรผึ้งจากน้ำมันหอมระเหยทดแทนการใช้สารเคมี จึงเป็นสิ่งต้องการในอุตสาหกรรมการเลี้ยงผึ้ง เทคโนโลยีพลาสมาเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีความน่าสนใจเนื่องจากพลาสมาประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุ (Ionized particles) เช่น อิเล็กตรอน ไอออน Reactive Oxygen

Species (ROS) และ Reactive Nitrogen Species (RNS) (O , O_2^+ , O_3 , OH , NO และ NO_2) (Yanling *et al.*, 2014; Kaushik *et al.*, 2019) ซึ่งอนุภาคเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติพื้นผิวของวัสดุได้ (Zhang *et al.*, 2017; Czykowski *et al.*, 2019) พลาสมาสามารถใช้ก๊าซตั้งต้นที่หลากหลายในการผลิตได้ ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้ก๊าซอาร์กอน (Ar) ฮีเลียม (He) ออกซิเจน (O_2) ไนโตรเจน (N_2) ไฮโดรเจน (H_2) หรือก๊าซผสม ทั้งนี้จะแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ (Liu *et al.*, 2018) นอกจากชนิดของก๊าซตั้งต้นแล้วอัตราการไหลของก๊าซ ระยะเวลาในการบำบัดพลาสมา กำลังไฟฟ้า และอื่น ๆ ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติพื้นผิวของวัสดุด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการคัดเลือกวัสดุตัวกลางรูพรุนมาทดสอบการดูดซับและระเหยน้ำมันหอมระเหย และศึกษาปัจจัยในการผลิตพลาสมาในระดับความดัน

บรรยากาศต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติพื้นผิวของวัสดุตัวกลาง เพื่อเพิ่มศักยภาพในการดูดซับและระเหยน้ำมันหอมระเหยสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมโรคศัตรูพืช

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุตัวกลางและน้ำมันหอมระเหย

นำวัสดุรูพรุนจำนวน 3 ชนิด คือ แท่งเซรามิกสีน้ำตาล (Brown ceramic bar) แท่งเซรามิกผิวเรียบสีขาว (white ceramic smooth bar) และแท่งคาร์บอน (Carbon) (Figure 1) มาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันหอมระเหยจำนวน 2 ชนิด คือ น้ำมันหอมระเหยกานพลู (*Syzygium aromaticum*) (CAS No. 8000-34-8/84961-50-2) และน้ำมันหอมระเหยอบเชย (*Cinnamomum* sp.) (Product code P0128351) ที่ซื้อมาจากบริษัทยูเนี่ยนชาयน์ จำกัด



Figure 1 The porous media used in this study

การทดสอบคุณสมบัติการดูดซับน้ำมันหอมระเหยของวัสดุตัวกลาง

ชั่งน้ำหนักวัสดุรูปทรงแต่ละชนิดก่อนแช่ในน้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชยนาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลาตามที่กำหนด ชั่งน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยส่วนเกินออกด้วยกระดาษกรอง จดบันทึกค่าน้ำหนักก่อนและหลังแช่ โดยปริมาณการดูดซับน้ำมันหอมระเหยคำนวณเทียบจากกราฟมาตรฐาน ซึ่งจะแสดงในหน่วยของไมโครลิตรของน้ำมันหอมระเหยต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้งของวัสดุ (μl of EO/mg of dry material) (Junka *et al.*, 2019)

การทดสอบอัตราการระเหยน้ำมันหอมระเหยของวัสดุตัวกลาง

วิเคราะห์ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยกานพลู เป็นระยะเวลา 14 วัน โดยทำการชั่งน้ำหนักวัสดุแต่ละชิ้นก่อนแช่น้ำมันหอมระเหย (W0) นำวัสดุไปแช่ในน้ำมันหอมระเหยนาน 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยส่วนเกินออกด้วยกระดาษกรอง และชั่งน้ำหนักวัสดุหลังแช่น้ำมันหอมระเหย (W1) นำวัสดุไปวางในตู้อบที่อุณหภูมิ 30°C. ชั่งน้ำหนักวัสดุหลังอบทุก ๆ 2 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นชั่งทุก ๆ 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาทั้งหมด 14 วัน (W2) วิเคราะห์ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยดังนี้ (Gaire *et al.*, 2019)

% การระเหย (Evaporation) =

$$\frac{\text{ปริมาณที่ระเหย (W1 - W2)}}{\text{ปริมาณที่ดูดซับ (W1 - W0)}} \times 100$$

การปรับปรุงพื้นผิววัสดุตัวกลางชนิดแท่งคาร์บอนด้วยเทคโนโลยีพลาสมาความดันบรรยากาศแบบเจ็ท

โครงสร้างของระบบพลาสมาความดันบรรยากาศแบบเจ็ทร่วมกับระบบไอน้ำที่ใช้สำหรับงานวิจัย แสดงดัง Figure 2 หัวจ่ายพลาสมาเจ็ทใช้เหล็กกล้าไร้สนิมเป็นตัวนำไฟฟ้า (Electrode) และใช้ควอตซ์ (Quartz) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 6 มิลลิเมตร ทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้าแรงดันสูง พลาสมาสร้างขึ้นด้วยแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย 4.758 กิโลโวลต์ และความถี่ 829.901 กิโลเฮิร์ต (Tektronix, USA) จากนั้นนำแท่งคาร์บอนซึ่งมีลักษณะที่ไม่แข็งมากและมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชยได้ดี (จากผลการทดลองการดูดซับ) มาผ่านการปฏิบัติพลาสมาในสถานะที่กำหนดจำนวน 6 สภาวะ ดังนี้ 1) แก๊สอาร์กอนที่มีอัตราการไหล เท่ากับ 0.50 ลิตรต่อนาที เป็นระยะเวลา 3 นาที 2) แก๊สอาร์กอนที่มีอัตราการไหล เท่ากับ 0.50 ลิตรต่อนาที ร่วมกับระบบไอน้ำ 2% เป็นระยะเวลา 3 นาที 3) แก๊สฮีเลียมที่มีอัตราการไหล เท่ากับ 0.50 ลิตรต่อนาที เป็นระยะเวลา 3 นาที 4) แก๊สฮีเลียมที่มีอัตราการไหล เท่ากับ 0.50 ลิตรต่อนาที ร่วมกับระบบไอน้ำ 2% เป็นระยะเวลา 3 นาที และ 5) กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการปฏิบัติพลาสมา กำหนดกลุ่มการทดลองละ 6 ซ้ำ กำหนดระยะห่างระหว่างหัวพลาสมาเจ็ทกับพื้นผิวของวัสดุตัวกลางเท่ากับ 2.0 เซนติเมตร จากนั้นนำวัสดุไปวิเคราะห์คุณสมบัติการดูดซับและปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ตามรายละเอียดที่อธิบายข้างต้น

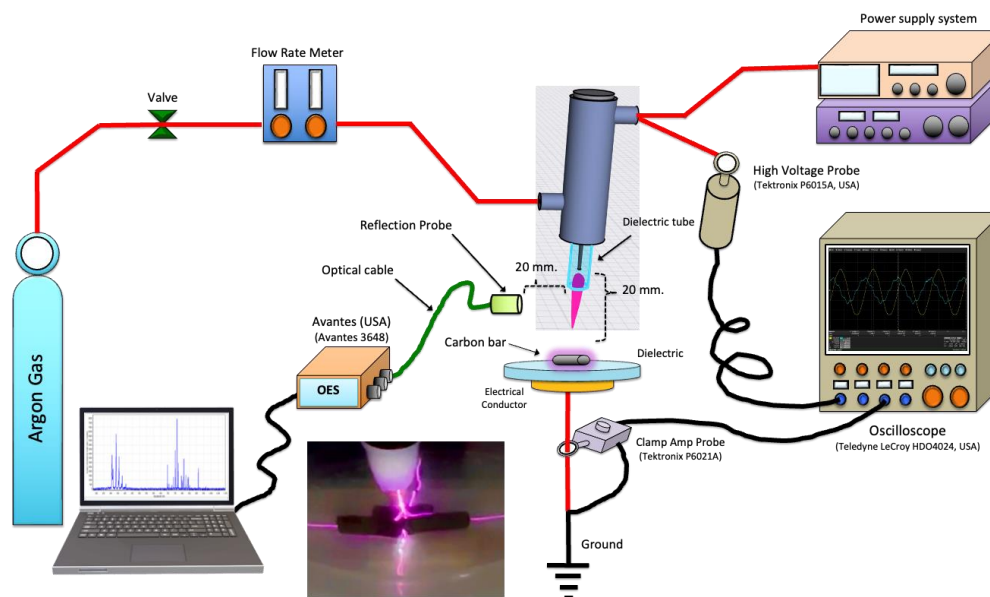


Figure 2 Schematic diagram of the atmospheric-pressure plasma jet system

การวิเคราะห์ทางสถิติ

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

ผลการวิจัย

ชนิดของวัสดุพ่นต่อการดูดซับน้ำมันหอมระเหย

จากการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันหอมระเหยของวัสดุพ่น 3 ชนิด พบว่าแท่งเซรามิกสีน้ำตาลมีการดูดซับน้ำมันหอมระเหยกานพลูได้สูงที่สุด (ANOVA, $p < 0.0001$) เท่ากับ 0.0050 ± 0.0002 $\mu\text{L}/\text{mg}$ รองลงมา คือ แท่งคาร์บอนและแท่งเซรามิกผิวเรียบสีขาวมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันหอมระเหยกานพลูได้เท่ากับ 0.0036 ± 0.0002 และ 0.0020 ± 0.0002 $\mu\text{L}/\text{mg}$ ตามลำดับ (Figure 3) ส่วนการดูดซับน้ำมันหอมระเหยอบเชย พบว่าแท่งคาร์บอนและแท่งเซรามิกสีน้ำตาลมีการดูดซับได้สูงสุด (0.0067 ± 0.0002 และ 0.0065 ± 0.0002 $\mu\text{L}/\text{mg}$ ตามลำดับ) และแท่งเซรามิกผิวเรียบสีขาวมีการดูดซับน้ำมันหอมระเหยอบเชยต่ำที่สุด เท่ากับ 0.0034 ± 0.0002 $\mu\text{L}/\text{mg}$

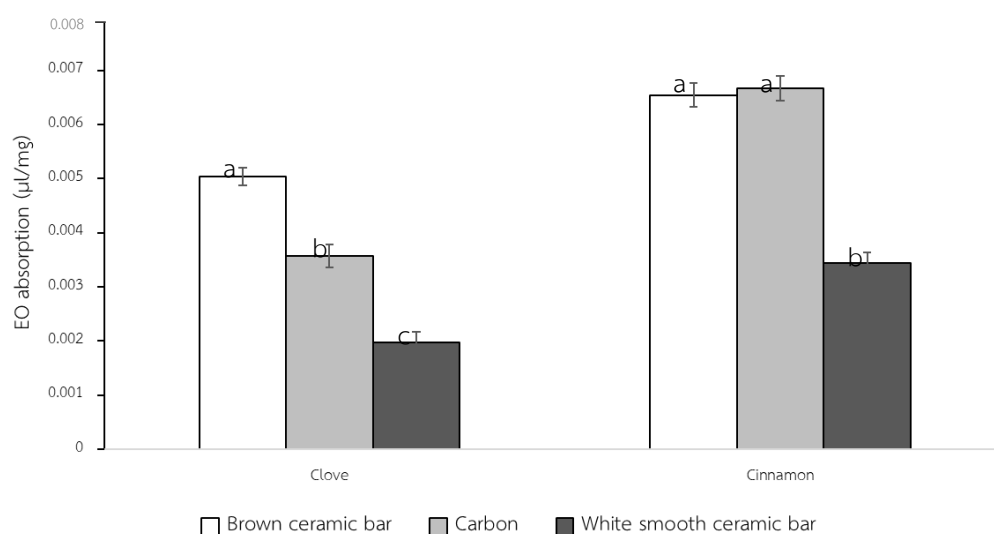


Figure 3 Absorption capacity of clove and cinnamon essential oils by brown ceramic bar, carbon and white smooth ceramic bar. Different lowercase letters represent significant difference ($p<0.05$).

ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีพลาสมาเพื่อการปรับปรุงพื้นผิววัสดุคาร์บอนสำหรับการดูดซับและระเหยของน้ำมันหอมระเหยกานพลู

จากการนำแท่งคาร์บอนมาผ่านการปฏิบัติพลาสมาโดยใช้แก๊สอาร์กอนและฮีเลียมร่วมกับระบบไอน้ำ พบว่าทั้งระบบอาร์กอนและฮีเลียมพลาสมาเพียงอย่างเดียวและที่มีไอน้ำร่วมด้วย ไม่ได้ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการดูดซับน้ำมันหอมระเหยกานพลูของแท่งคาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบกับแท่งคาร์บอนที่ไม่ได้ผ่านพลาสมา (ANOVA, $P>0.05$) (Figure 4a) อย่างไรก็ตาม การดูดซับกานพลูของคาร์บอนที่ผ่านการใช้อาร์กอนและฮีเลียมพลาสมาเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มลดลง โดยมีการดูดซับเท่ากับ 0.0036 ± 0.0002 และ 0.0035 ± 0.0001 $\mu\text{L/mg}$ ตามลำดับ ส่วนปริมาณการระเหยของน้ำมัน

กานพลูในแท่งคาร์บอน พบว่าอาร์กอนพลาสมาและฮีเลียมพลาสมาไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการระเหยของน้ำมันกานพลูบนแท่งคาร์บอนอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาทดสอบ ยกเว้นวันที่ 2 ของการทดลอง โดยน้ำมันกานพลูมีปริมาณการระเหยต่ำในช่วง 8 ชั่วโมงแรก และในวันที่ 2 ของการทดลองพบว่า คาร์บอนที่ผ่านการบำบัดด้วยอาร์กอนร่วมกับไอน้ำมีปริมาณการระเหยสูงที่สุด เท่ากับ $46.250\pm1.987\%$ (ANOVA, $p=0.0156$) ส่วนคาร์บอนที่ผ่านฮีเลียมพลาสมาร่วมกับไอน้ำมีเปอร์เซ็นต์การระเหยน้อยที่สุด เท่ากับ 38.011 ± 1.519 (Table 1) จากนั้นมีการระเหยเพิ่มขึ้นเป็น 40-50% ในวันที่ 3 ของการทดลอง โดยน้ำมันกานพลูมีปริมาณการระเหยบนวัสดุตัวกลางที่ทดสอบประมาณ 50-60% ในวันที่ 14 ของการทดสอบ (Figure 4b และ Table 1)

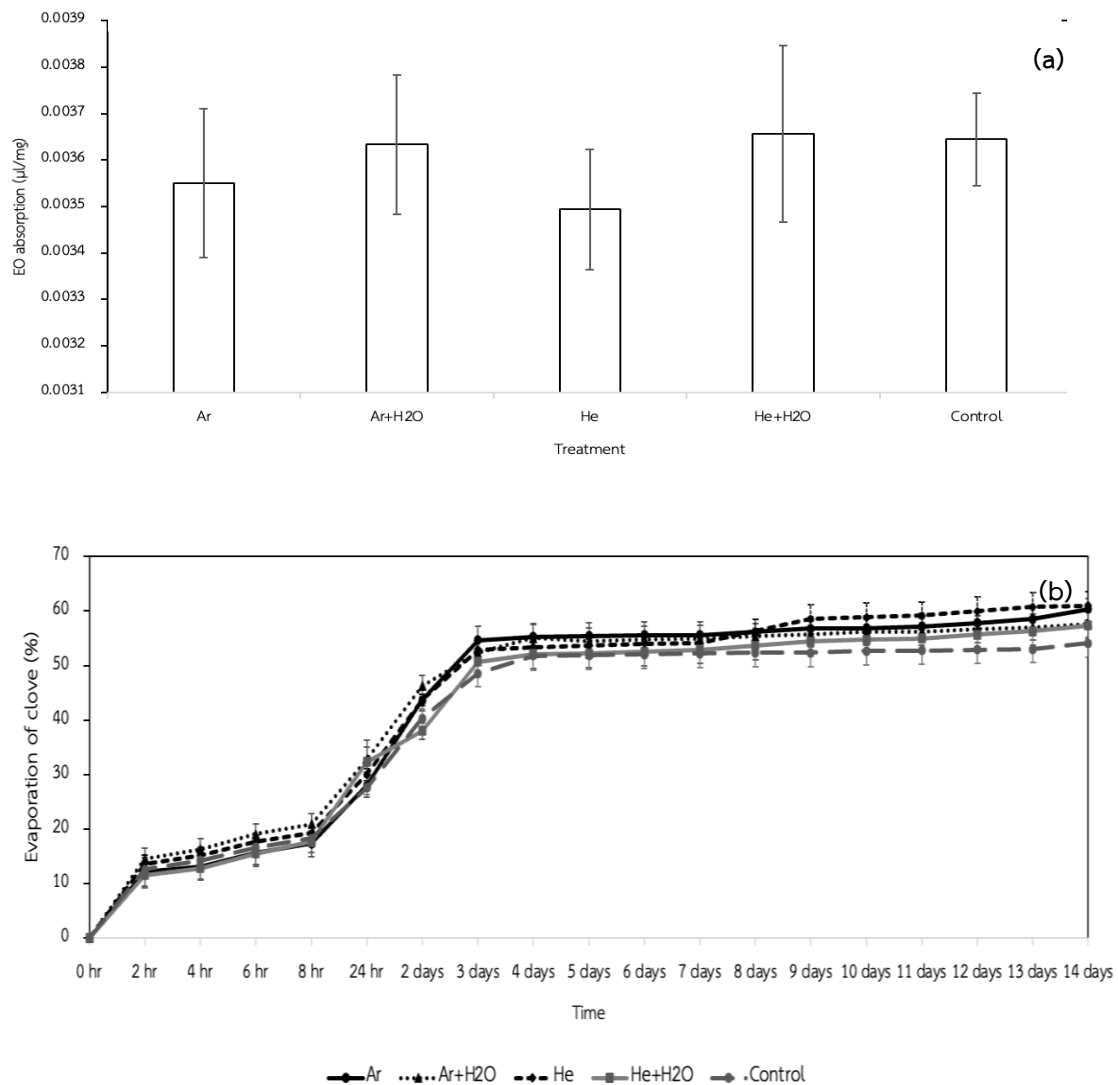


Figure 4 Absorption capacity (a) and evaporation rate (b) of clove essential oil from carbon treated with argon and helium plasma jet (n = 6/treatment group). Comparisons of evaporation were made between treatment at each time interval ($p < 0.05$).

Table 1 Percentage of evaporation of clove essential oil from carbon treated with argon and helium plasma jet (n = 6/treatment group) for 14 days

Time	Evaporation of clove (%)*				
	Ar	Ar+H ₂ O	He	He+H ₂ O	Control
0 hr	0.000±0.000 ^{ns}	0.000±0.000 ^{ns}	0.000±0.000 ^{ns}	0.000±0.000 ^{ns}	0.000±0.000 ^{ns}
2 hr	12.078±2.621 ^{ns}	14.543±1.946 ^{ns}	13.641±1.662 ^{ns}	11.570±2.337 ^{ns}	12.613±0.695 ^{ns}
4 hr	13.057±2.465 ^{ns}	16.267±1.915 ^{ns}	15.124±1.467 ^{ns}	12.854±2.092 ^{ns}	14.233±0.613 ^{ns}
6 hr	15.628±2.389 ^{ns}	19.042±1.945 ^{ns}	17.625±1.314 ^{ns}	15.518±1.973 ^{ns}	16.593±0.660 ^{ns}
8 hr	17.318±2.411 ^{ns}	20.884±1.943 ^{ns}	19.199±1.286 ^{ns}	17.620±1.889 ^{ns}	18.308±0.716 ^{ns}
24 hr	27.938±2.149 ^{ns}	32.780±2.335 ^{ns}	30.006±1.084 ^{ns}	32.334±3.966 ^{ns}	27.547±1.151 ^{ns}
2 days	43.622±1.925 ^{ab}	46.250±1.987 ^a	43.657±1.018 ^{ab}	38.011±1.519 ^b	40.287±1.675 ^{ab}
3 days	54.656±2.583 ^{ns}	52.379±2.121 ^{ns}	52.934±1.817 ^{ns}	50.689±2.290 ^{ns}	48.577±2.375 ^{ns}
4 days	55.262±2.445 ^{ns}	55.008±2.497 ^{ns}	53.362±1.915 ^{ns}	52.090±2.583 ^{ns}	51.763±2.589 ^{ns}
5 days	55.450±2.391 ^{ns}	54.441±2.535 ^{ns}	53.701±1.898 ^{ns}	52.160±2.609 ^{ns}	51.877±2.549 ^{ns}
6 days	55.582±2.387 ^{ns}	54.749±2.486 ^{ns}	53.998±1.827 ^{ns}	52.501±2.599 ^{ns}	52.012±2.543 ^{ns}
7 days	55.612±2.382 ^{ns}	54.877±2.482 ^{ns}	54.093±1.979 ^{ns}	52.913±2.552 ^{ns}	52.210±2.534 ^{ns}
8 days	56.140±2.322 ^{ns}	55.324±2.427 ^{ns}	56.303±2.190 ^{ns}	53.591±2.518 ^{ns}	52.312±2.549 ^{ns}
9 days	56.749±2.287 ^{ns}	55.749±2.384 ^{ns}	58.492±2.642 ^{ns}	54.415±2.576 ^{ns}	52.372±2.546 ^{ns}
10 days	56.853±2.290 ^{ns}	56.112±2.438 ^{ns}	58.855±2.676 ^{ns}	54.750±2.555 ^{ns}	52.625±2.471 ^{ns}
11 days	57.147±2.368 ^{ns}	56.205±2.428 ^{ns}	59.126±2.591 ^{ns}	54.994±2.523 ^{ns}	52.760±2.483 ^{ns}
12 days	57.830±2.293 ^{ns}	56.645±2.403 ^{ns}	59.945±2.618 ^{ns}	55.683±2.549 ^{ns}	52.903±2.481 ^{ns}
13 days	58.528±2.322 ^{ns}	57.032±2.408 ^{ns}	60.736±2.631 ^{ns}	56.332±2.614 ^{ns}	52.963±2.478 ^{ns}
14 days	60.352±2.009 ^{ns}	57.658±2.465 ^{ns}	60.960±2.582 ^{ns}	57.326±2.566 ^{ns}	54.090±2.533 ^{ns}

* ns = not significant Comparisons of evaporation were made between treatment at each time interval (p<0.05). Different letters indicate statistically significant difference

วิจารณ์ผลการวิจัย

ไร *Varroa* และ *Tropilaelaps* ถือเป็นศัตรูผึ้งที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงผึ้งทั่วโลก ซึ่งวิธีการควบคุมการระบาดของไรที่นิยมใช้กัน คือ การใช้สารเคมีกำจัดไร ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายต่อการใช้ ราคาถูก และค่อนข้างมีประสิทธิภาพดีในการควบคุม

การระบาดของไร อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อผึ้ง ราชินีผึ้ง รวมถึงก่อให้เกิดการตกค้างของสารเคมีในน้ำผึ้งและผลิตภัณฑ์จากผึ้งด้วย ปัจจุบันมีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการฆ่าไรศัตรูผึ้ง *Tropilaelaps* ได้ ในการทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ เช่น กานพลู กระวาน ตะไคร้หอม และยูคาลิปตัส เป็นต้น (Nuanjohn and

Chaimanee, 2019; Chaimanee *et al.*, 2021) แต่เมื่อนำมาทดสอบในรังผึ้งจริงนั้นพบว่าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยยังไม่คงที่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหลายปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม รวมถึงพฤติกรรมของผึ้งภายในรังเองด้วย อีกทั้งหากมีการใช้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณที่มากเกินไปก็ส่งผลให้ผึ้งตายได้ ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาเลือกใช้วัสดุตัวกลาง ปริมาณของน้ำมันหอมระเหย และวิธีการนำไปใช้ในรังผึ้งที่มีความเหมาะสม และทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งไรผึ้ง

งานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกหาชนิดของวัสดุตัวกลางที่มีความเหมาะสมต่อการดูดซับ และการระเหยน้ำมันหอมระเหย เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมไรศัตรูผึ้ง และได้มีการศึกษาการใช้เทคโนโลยีพลาสมาระดับความดันบรรยากาศในการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวของวัสดุตัวกลางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระเหยน้ำมันหอมระเหยให้ยาวนานขึ้นในรังผึ้งด้วย โดยทำการคัดเลือกวัสดุตัวกลางที่มีขนาดรูพรุนแตกต่างกันและมีขายในเชิงพาณิชย์มาทดสอบ พบว่าแท่งเซรามิคสีน้ำตาล และแท่งคาร์บอน มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันหอมระเหย กานพลูและอบเชยได้สูง ส่วนเซรามิคผิวเรียบสีขาวมีการดูดซับน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิดได้ดีที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัสดุแต่ละชนิดมีขนาดและจำนวนของรูพรุนที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้มีการดูดซับน้ำมันหอมระเหยแตกต่างกันไปด้วย เมื่อวิเคราะห์ลักษณะของวัสดุทั้ง 3 ชนิดด้วยตาเปล่า นั้น พบว่าแท่งเซรามิคสีน้ำตาลจะมีขนาดรูพรุนใหญ่กว่าวัสดุอีก 2 ชนิด ซึ่งเมื่อนำไปแช่น้ำมันหอมระเหยจะพบปริมาณของน้ำมันหอมระเหยติดค้างอยู่ในรูพรุนด้วย อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณรูพรุนของวัสดุ ดังนั้นหากจะนำวัสดุดังกล่าวไปประยุกต์ใช้งานจริง จึงควรทำการวิเคราะห์ต่อไปเพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำมากขึ้น

เมื่อนำวัสดุคาร์บอนไปผ่านการปฏิบัติพลาสมาโดยใช้แก๊สตั้งต้นเป็นอาร์กอนและฮีเลียม พบว่าไม่ได้ส่งผลต่อคุณสมบัติการดูดซับและระเหยของน้ำมันกานพลู

โดยน้ำมันกานพลูมีอัตราการระเหยเพิ่มขึ้นในช่วง 3 วันแรกของการทดลอง และมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตั้งแต่ชั่วโมงที่ 8 จากนั้นอัตราการระเหยมีค่าคงที่ ซึ่งวัสดุตัวกลางที่จะมีประสิทธิภาพในการระเหยน้ำมันหอมระเหยเพื่อควบคุมไรผึ้งได้นั้น ควรใช้อัตราการระเหยเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 7 วัน เพื่อครอบคลุมวงจรชีวิตของไรในรังผึ้ง โดย Boonmee *et al.* (2022) รายงานว่าเทคโนโลยีพลาสมาส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการดูดซับน้ำมันหอมระเหยของกระดาษแข็ง แต่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในวัสดุไม่ชนิดอื่นที่มีเนื้อแข็ง ทั้งนี้ประสิทธิภาพของการกัดกร่อนผิววัสดุโดยพลาสมาภายใต้สภาวะทดสอบอาจจะยังเกิดขึ้นไม่เต็มที่ ซึ่งการกัดกร่อน (Etching) พื้นผิววัสดุเป็นผลเนื่องมาจากอนุภาคที่เป็นไอออนบวกและโปรตอนที่มีความสามารถในการทำลายพันธะเคมีเดิมและก่อให้เกิดการเชื่อมโยงของพันธะ (Cross-linking) ใหม่ได้ (Li *et al.*, 2012) ซึ่งอาจจะมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไอออนบวกและโปรตอนของพลาสมา เช่น แรงดันไฟฟ้าแรงสูง ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

อย่างไรก็ตามงานวิจัยครั้งนี้ได้เพิ่มไอน้ำเข้ากับก๊าซตั้งต้นสำหรับการผลิตพลาสมา เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Reactive species เช่น OH, H, HO₂, H₂O₂, HNO₂ และ HNO₃ (Bruggeman and Schram, 2010) ที่อาจจะสามารถช่วยเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันบริเวณพื้นผิวของวัสดุหรือเพิ่มการเกิดรูพรุนของวัสดุได้ แต่ก็ยังพบว่าระบบไอน้ำที่เพิ่มเข้าไปยังไม่สามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติพื้นผิวของวัสดุคาร์บอนได้ โดย Luan *et al.* (2019) ได้รายงานว่า การเพิ่มน้ำเข้ากับก๊าซอาร์กอน (Ar/H₂O) สามารถเพิ่มอัตราการกัดกร่อนของโพลีเมอร์ได้ รวมถึงเกิดการออกซิโดซ์พื้นผิวของโพลีเมอร์ให้มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาของน้ำต่อพื้นผิววัสดุโดยเฉพาะในระดับโมเลกุลก็ยังไม่ทราบแน่ชัด ดังนั้นควรทำการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลาสมาที่อาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ

พื้นผิวของวัสดุได้ เช่น ชนิดของแก๊ส อัตราการไหลของแก๊ส ระยะเวลาที่ใช้ รวมถึงระยะห่างระหว่างหัวเจ็ทถึงพื้นผิววัสดุ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานพื้นผิววัสดุได้ ปัจจุบันเทคโนโลยีพลาสมาได้ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในการเปลี่ยนแปลงพื้นผิววัสดุ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของพื้นผิวให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงพื้นผิวและการสังเคราะห์โพลีเมอร์ (Castro *et al.*, 2002; Yanling *et al.*, 2014; Puliyalil and Cvelbar, 2016; Macgregor and Vasilev, 2019) ดังนั้นการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลาสมาอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนาวัสดุหรือผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยเพื่อการควบคุมไรศัตรูผึ้งได้

สรุปผลการวิจัย

แท่งคาร์บอนและเซรามิกสีน้ำตาลมีการดูดซับน้ำมันหอมระเหยจากพลูและอบเชยได้ดี เมื่อนำคาร์บอนไปผ่านการปฏิบัติพลาสมาด้วยแก๊สอาร์กอนและฮีเลียมที่มีระบบไอน้ำร่วมด้วยภายใต้อัตราการไหลของแก๊ส และระยะเวลาการปฏิบัติพลาสมาที่กำหนด ไม่ได้ส่งผลต่อการดูดซับและการระเหยของน้ำมันหอมระเหยจากพลูของแท่งคาร์บอนอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุรูปทรงที่มีขายเชิงพาณิชย์ต่อการดูดซับและระเหยน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ในการฆ่าไรศัตรูผึ้ง *Tropilaelaps* ซึ่งผลที่ได้อาจจะยังไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมไรในรังผึ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้จะต้องทำการศึกษาคัดเลือกวัสดุตัวกลางชนิดใหม่ หรือหาวิธีการปรับปรุงสภาพพื้นผิวของวัสดุให้มีความสามารถในการระเหยน้ำมันหอมระเหยได้ยาวนานขึ้น และต้องมีการทดสอบในสภาวะจริงระดับรังผึ้งในหลาย ๆ พื้นที่เพื่อดูแนวทางของการพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมไรผึ้ง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2565 (รหัสโครงการวิจัย มจ.1-65-007)

เอกสารอ้างอิง

- Boonmee, T., L. Wongthaveethong, C. Sinpoo, T. Disayathanoowat, J.S. Pettis and V. Chaimanee, 2022. Surface modification of materials by atmospheric-pressure plasma to improve impregnation with essential oils for the control of *Tropilaelaps* mites in honeybees (*Apis mellifera*). **Appl. Sci.** 12: 5800.
- Bruggeman, P. and D.C. Schram. 2010. On OH production in water containing atmospheric pressure plasmas. **Plasma Sources Sci. Technol.** 19: 045025.
- Camphor, E.S.W., A.A. Hashmi, W. Ritter and I.D. Bowen. 2005. Seasonal changes in mite (*Tropilaelaps clareae*) and honeybee (*Apis mellifera*) populations in apistan treated and untreated colonies. **Apiacta** 40: 34-44.
- Castro Vidaurre, E.F., C.A. Achete, F. Gallo, D. Garcia, R. Simão and A.C. Habert. 2002. Surface modification of polymeric materials by plasma treatment. **Mater. Res.** 5: 37-41.

- Chaimanee, V., P. Chantawannakul, K. Khongphinitbunjong, T. Kamyo and J.S. Pettis. 2019. Comparative pesticide exposure to *Apis mellifera* via honey bee-collected pollen in agricultural and non-agricultural areas of Northern Thailand. **Journal of Apicultural Research** 58: 720-729.
- Chaimanee, V., N. Warrit, T. Boonmee and J.S. Pettis. 2021. Acaricidal activity of essential oils for the control of honeybee (*Apis mellifera*) mites *Tropilaelaps mercedesae* under laboratory and colony conditions. **Apidologie** 52: 561-575.
- Colin, T., M. Lim, S.R. Quarrell, G.R. Allen and A.B. Barron. 2019. Effects of thymol on European honey bee hygienic behaviour. **Apidologie** 50: 141-152.
- Czyłkowski, D., B. Hrycak, A. Sikora, M. Moczala-Dusanowska, M. Dors and M. Jasinski. 2019. Surface modification of polycarbonate by an atmospheric pressure argon microwave plasma sheet. **Materials** 12: 2418.
- Emsen, B., E. Guzman-Novoa and P.G. Kelly. 2007. The effect of three methods of application on the efficacy of thymol and oxalic acid for the fall control of the honey bee parasitic mite *Varroa destructor* in a Northern climate. **American Bee Journal** 147: 535-539.
- Gaire, S., M.E. Scharf and A.D. Gondhalekar. 2019. Toxicity and neurophysiological impacts of plant essential oil components on bed bugs (Cimicidae: Hemiptera). **Scientific Reports** 9: 3961.
- Hýbl, M., A. Bohatá, I. Rádsetoulalova, M. Kopecký, I. Hosticková, A. Vanickova and P. Mráz. 2021. Evaluating the efficacy of 30 different essential oils against *Varroa destructor* and honey bee workers (*Apis mellifera*). **Insects** 12: 1045.
- Junka, A., A. Zywicka, G. Chodaczek, M. Dziadas, J. Czajkowska, A. Duda-Madej, M. Barttoszewicz, K. Mikolajewicz, G. Krasowski, P. Szymczyk and K. Fijalkowski. 2019. Potential of biocellulose carrier impregnated with essential oils to fight against biofilms formed on hydroxyapatite. **Scientific Reports** 9: 1256.
- Kaushik, N.K., N. Kaushik, N.N. Linh, B. Ghimire, A. Pengkit, J. Sornsakdanuphap, S.-J. Lee and E.H. Choi. 2019. Plasma and nanomaterials: fabrication and biomedical applications. **Nanomaterials** 9: 98.
- Kongpitak, P., G. Polgar and J. Heine. 2008. The efficacy of Bayvarol[®] and Checkmite+[®] in the control of *Tropilaelaps mercedesae* in the European honey bee (*Apis mellifera*) in Thailand. **Apiacta** 43: 12-16.

- Li, X., J. Lin and Y. Qiu. 2012. Influence of He/O₂ atmospheric-pressure plasma jet treatment on subsequent wet desizing of polyacrylate on PET fabrics. **Applied Surface Science** 258: 2332-2338.
- Liu, F., B. Zhang, Z. Fang, M. Wan, H. Wan and K.K. Ostrikov. 2018. Jet-to-jet interactions on atmospheric-pressure plasma jet arrays for surface processing. **Plasma Process Polym** 15: 1700114.
- Luan, P., V.S.S.K. Kondeti, A.J. Knoll, P.J. Bruggeman and G.S. Oehrlein. 2019. Effect of water vapor on plasma processing at atmospheric pressure: polymer etching and surface modification by an Ar/H₂O plasma jet. **Journal of Vacuum Science & Technology** A37: 031305.
- Macgregor, M. and K. Vasilev. 2019. Perspective on plasma polymers for applied biomaterials nanoengineering and the recent rise of oxazolines. **Materials** 12: 191.
- Mullin, C.A., M. Frazier, J.L. Frazier, S. Ashcraft, R. Simonds, D. vanEngelsdorp and J.S. Pettis. 2010. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. **PLoS ONE** 5: e9754.
- Nuanjohn, T. and V. Chaimanee. 2019. Effectiveness of some essential oils for control of *Tropilaelaps mercedesae* mites in honey bees (*Apis mellifera* L.) **King Mongkut's Agricultural Journal** 37(1): 43-50. [in Thai]
- Puliyalil, H. and U. Cvelbar. 2016. Selective plasma etching of polymeric substrates for advanced applications. **Nanomaterials** 6: 108.
- Yanling, C., W. Yingkuan, P. Chen, S. Deng and R. Ruan. 2014. Non-thermal plasma assisted polymer surface modification and synthesis: a review. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering** 7: 1-9.
- Zhang, C., M. Zhao, L. Wang, L. Qu and Y. Men. 2017. Surface modification of polyester fabrics by atmospheric-pressure air/He plasma for color strength and adhesion enhancement. **Applied Surface Science** 400: 304-311.

การพัฒนาผงโรยข้าวจากเศษปลาทะเลเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าว
Development of Rice Seasoning Powder From Marine Fish Scrapes Supplemented
with Dietary Fiber from Coconut Flour

พัชฌิยา เอกเพชร^{1*} พงศ์พิพัฒน์ มากช่วย² ณภัทร นาคสวัสดิ์³ สุทธิพรณ ชิตินทร⁴ คัมภีราวดี นวกิจไพฑูรย์⁵
จันทรพร ชวงโชติ³ เทชธรรม สังข์ศรี² และเซบาสเตียน โอแบร์¹

Patchaniya Akepach^{1*}, Pongpipat Makchuay², Napat Naksawat³, Suttipan Chitintorn⁴
Kumpirawadee Nawakitpaitoon⁵, Janporn Choungchoat³, Techadham Sangkhorn²
and Sebastien Aubert¹

¹สาขาวิชาการจัดการธุรกิจสุขภาพและความงาม คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84100

²สาขาวิชาธุรกิจอาหาร คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84100

³สาขาวิชาศิลปะการประกอบอาหารไทยและอาหารนานาชาติ วิทยาลัยสหวิทยาการ เกาะสมุย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
สุราษฎร์ธานี 84320

⁴สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมบริการ วิทยาลัยนานาชาติการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84100

⁵สาขาการจัดการโรงแรมและเรือสำราญ วิทยาลัยสหวิทยาการ เกาะสมุย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84320

¹Department of Health and Aesthetic Management, Faculty of Management Science
Suratthani Rajabhat University, Surat Thani, Thailand 84100

²Department of Food Business, Faculty of Management Science, Suratthani Rajabhat University, Surat Thani, Thailand 84100

³Department of Thai Culinary Arts and International Food, Koh Samui Interdisciplinary School
Suratthani Rajabhat University Surat, Thani, Thailand 84320

⁴Department of Service Industry Management, International School of Tourism
Suratthani Rajabhat University, Surat Thani, Thailand 84100

⁵Department of Hotel and Cruise Management International College, Koh Samui Interdisciplinary School
Surat Thani Rajabhat University, Surat Thani, Thailand 84320

*Corresponding author: Patchaniya.ake@sru.ac.th

Received: March 02, 2024

Revised: November 25, 2024

Accepted: December 06, 2024

Abstract

Coastal fishing operations often capture local marine species for sale and export, generating substantial amounts of fish scraps that contribute to organic waste in communities. One approach to adding value to these waste materials is by processing seafood and utilizing local ingredients to develop new products. This study aimed to develop a rice seasoning powder—known as furikake in Japanese—using marine fish scraps and coconut flour. The objective was to create a simple, cost-effective product that enhances value and provided an additional revenue stream for existing businesses while offering an appealing product to general consumers. Four prototype recipes for crispy fish powder were developed, using marine fish scraps and coconut flour as primary ingredients. These were then

formulated into rice seasoning powders. Sensory evaluation was conducted using a 9-point hedonic scale to assess consumer acceptance. The most highly accepted formula was Formula (C) which featured optimal seasoning and ingredient selection. It consisted of crispy fish, fried shallots, fried garlic, roasted dried chilies, sugar and chicken seasoning, with percentages of 45.6, 22.2, 11.4, 8.1, 8.1 and 4.0, respectively. This formula received the highest scores across all evaluated aspects, including color (6.8), aroma (6.7), taste (6.7), texture (6.7), and overall preference (6.8). Statistical analysis revealed significant differences ($p \leq 0.05$) between Formula (C) and the other formulas, confirming the success of utilizing marine fish scraps and coconut flour in developing a new, value-added product.

Keywords: rice seasoning powder, coconut flour, fish scraps, dietary fiber, valorization

บทคัดย่อ

การทำประมงชายฝั่งสามารถจับสัตว์น้ำทะเลท้องถิ่นมาจัดจำหน่ายและส่งออกโดยมีการตัด โดยเฉพาะเศษปลาทะเลมีปริมาณมากทำให้เกิดเป็นขยะอินทรีย์ในชุมชน การสร้างมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุเหลือทิ้งด้วยการแปรรูปอาหารทะเลและวัตถุดิบพื้นถิ่นมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการสร้างมูลค่าเพิ่ม การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตไม่ซับซ้อน และต้นทุนของกระบวนการผลิตไม่สูง จึงเป็นการสร้างรายได้เพิ่มจากธุรกิจเดิมที่มีความเหมาะสม รวมถึงสร้างผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจให้กับผู้บริโภคทั่วไป โดยต้นแบบของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวหรือภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า ฟุริคาเกะจะเป็นผงโรยข้าวจากเศษปลาทะเลเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปอาหารทะเล และเพิ่มคุณค่าทางอาหารโดยการเสริมแป้งมะพร้าว เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น การวิจัยนี้มีการพัฒนาผงปลากรอบต้นแบบ 4 สูตร โดยใช้เศษปลาทะเลและแป้งมะพร้าวเป็นส่วนประกอบหลัก จากนั้นนำไปสร้างสูตรผงโรยข้าวที่ใช้ผงปลากรอบเป็นส่วนประกอบหลัก การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic test เพื่อประเมินการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปพบว่า สูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุด คือ สูตร (C) ที่มีการ

ปรุงรสและการใช้ส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด ประกอบด้วย ปลากรอบ หอมแดงทอด กระเทียมทอด พริกแห้งคั่วป่น น้ำตาลทราย ผงปรุงรสไก่ (ร้อยละ) 45.6, 22.2, 11.4, 8.1, 8.1 และ 4.0 ตามลำดับ ได้คะแนนสูงสุดในทุกด้าน ได้แก่ สี (6.8 คะแนน) กลิ่น (6.7 คะแนน) รสชาติ (6.7 คะแนน) เนื้อสัมผัส (6.7 คะแนน) และความชอบโดยรวม (6.8 คะแนน) การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของคะแนนในแต่ละปัจจัยทำให้เห็นว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ระหว่างสูตร (C) และสูตรอื่น ๆ ซึ่งเป็นการยืนยันความสำเร็จในการใช้เศษปลาทะเลและแป้งมะพร้าวเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

คำสำคัญ: ผงโรยข้าว แป้งมะพร้าว เศษปลาทะเล
โยอาหาร สร้างมูลค่าเพิ่ม

คำนำ

การผลิตผงโรยข้าว (ฟุริคาเกะ) มีส่วนผสมที่นิยมใช้ในการผลิต คือ งาคั่ว งามปรุงรส สาหร่าย เนื้อปลาโบนิโตะอบแห้ง ไข่เม็ต ไข่ผสมซอส และเกลือ วิธีการผลิตจะเริ่มจากเตรียมส่วนผสมแต่ละชนิดดังนี้ - งาคั่ว ทำการคัดเลือกงาและกำจัดสิ่งสกปรก จากนั้นนำไปล้างน้ำแล้วจึงนำไปคั่วให้สุก สาหร่ายนำไปทำให้สุกแล้วนำไปตัดให้เป็นฝอย เนื้อปลาโบนิโตะนำเนื้อปลาสดมานึ่งให้สุก

จากนั้นนำไปปรุงรสและทำแห้งด้วยลมร้อน ไซ้ นำไข่ผงผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ จากนั้นนำไปขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ แล้วนำไปทำแห้ง เมื่อเตรียมส่วนผสมเรียบร้อยแล้วนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมรวมกัน ซึ่งน้ำหนักบรรจุ ใส่ภาชนะและปิดผนึก

ประเทศไทยพบรายงานการวิจัย เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากวัตถุดิบ ภายในประเทศหลากหลายชนิด เช่น การศึกษาของ Nuchnum (2008) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากปลาสด พบว่าสูตรผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ประกอบด้วยเนื้อปลาสลิดอบแห้งร้อยละ 58.35 งาขาวร้อยละ 9.73 งาดำร้อยละ 9.73 ซีอิ๊วขาวร้อยละ 7.78 น้ำตาลทรายร้อยละ 3.77 เกลือร้อยละ 1.89 สาหร่ายทะเลร้อยละ 0.97 และเติมผงปรุงรสร้อยละ 3-5 ของน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ขณะที่ Thongrak (2007) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากหัวและก้างจากกระบวนการผลิตปลาพุงป้องกันการทำผงโรยข้าวสำเร็จรูป พบว่าผงโรยข้าวรสพุงน้ำสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุดประกอบด้วยส่วนผสมที่อบแห้ง ได้แก่ บวบอบ ฟักทอง แครอท ต้นหอม สาหร่ายทะเลโนนิ ก้างปลาพุง งาขาวคั่ว งาดำคั่ว เนื้อปลาพุง และน้ำซอสปรุงรส (ร้อยละ) 8.21, 8.21, 8.21, 2.73, 1.36, 8.21, 8.21, 5.47, 13.69 และ 36.61 ตามลำดับ นอกจากนี้ ได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสำเร็จรูปจากปลาโอลาย โดยผงปรุงรสสำเร็จรูปที่เหมาะสม ประกอบด้วย ผักอบแห้ง แครอทอบแห้ง ฟักทองอบแห้ง บวบอบแห้ง งาดำ งาขาว เกลือ และสาหร่าย และปรุงรสผสมพริกน้ำ (ร้อยละ) 50.8, 48.79, 8.79, 8.79, 6.01, 6.01, 5.69 และ 5.08 ตามลำดับ (Hirantrakul, 2003) โดย Nuchnum (2008) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากปลาสด โดยนำปลาสดสดมาล้างให้สุก ขูดหนังและเลาะก้างออกเลือกเอาเฉพาะส่วนเนื้อมาอบแห้ง โดยแปรรูปอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาบดให้มีขนาด 12 เมช เป็นวิธีการเตรียมเนื้อปลาอบแห้งที่เหมาะสม จากนั้นนำเนื้อปลาอบแห้งมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว โดย

นำเนื้อปลาอบแห้งมาผสมกับงาขาว งาดำ และสาหร่ายทะเล ปรุงรสด้วยน้ำตาลทราย เกลือ และซีอิ๊วขาว ทำการพัฒนาสูตรโดยหาปริมาณน้ำตาลทรายและเกลือที่เหมาะสม จากนั้นปรับปรุงรสชาติด้วยการเติมผงปรุงรส

จากผลการประเมินระดับของการยอมรับของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีทดลองแบบสเกลตัวเลข 9 จุด (9 point hedonic) และประเมินระดับความเข้มข้นของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบสเกลหระดับความเข้มที่พอดีแบบสเกลตัวเลข 7 จุด (7-point just-about-right) พบว่าสูตรผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดและมีระดับความเข้มข้นของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสตรงตามที่ต้องการ คือ สูตรที่ประกอบด้วย เนื้อปลาสลิดอบแห้ง งาขาว งาดำ ซีอิ๊วขาว น้ำตาลทราย เกลือ สาหร่ายทะเล และผงปรุงรส (ร้อยละ) 58.35, 9.73, 9.73, 7.78, 3.77, 1.89, 0.97 และ 3.0 ตามลำดับ Thongrak (2007) การศึกษาการใช้ประโยชน์ของเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตพุงป้องกันการนำกระดูกส่วนหัว ก้าง และเนื้อดำ มาเป็นส่วนประกอบผงโรยข้าว พบว่าควรเตรียมโดยต้มกระดูกหัว-ก้างปลาในน้ำเดือด 1 ชั่วโมง แช่น้ำเย็น ล้างในน้ำสะอาด แช่น้ำสาละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 นาน 1 คืน (16-24 ชั่วโมง) แช่น้ำสาละลายกรดแอสติคเข้มข้นร้อยละ 5 นาน 1 ชั่วโมง ล้างในน้ำสะอาด นึ่งในหม้อนึ่งอัดความดัน 15 ปอนด์ 15 นาที อบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C. และเก็บในภาชนะปิดสนิท ส่วนเนื้อดำนึ่งที่ 100°C. 15 นาที ล้างไขมันและยี้ให้เป็นผงผ่านตะแกรง อบแห้งเช่นเดียวกับกระดูกหัว ก้าง

ผงโรยข้าวรสพุงน้ำสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุดประกอบด้วย บวบอบ ฟักทอง แครอท ต้นหอม สาหร่ายทะเลโนนิ ก้างปลาพุง งาขาวคั่ว งาดำคั่ว เนื้อปลาพุง และน้ำซอสปรุงรส (ร้อยละ) 8.21, 8.21, 8.21, 2.73, 1.36, 8.21, 8.21, 5.47, 13.69 และ 36.61 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์มีคะแนนเฉลี่ยในระดับชอบมาก (4.06 คะแนน จาก 5 คะแนน) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และความชื้น (ร้อยละ) 28.59, 11.27, 40.79, 15.53 และ 3.82 ตามลำดับ โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่

อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน ผลผลิตที่มีค่า aw ต่ำกว่า 0.50 ไม่พบการเจริญของยีสต์และรา โดยคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส อยู่ในระดับชอบปานกลาง ผลผลิตที่ควรบรรจุในถุงลามิเนตสุญญากาศ หลังการเก็บ 60 วัน ค่า aw เพิ่มขึ้นทุกตัวอย่าง โดยเฉพาะผลผลิตที่เก็บในถุงที่มีอากาศ การนำหัว ก้าง และเนื้อดำที่เหลือจากโรงงานแปรรูปปลาทูน่ากระป๋องมาใช้เป็นส่วนผสมในผงโรยข้าว ควรนำมาใช้ทันทีหลังจากแยกออกจากเนื้อ เพื่อลดการเจริญของจุลินทรีย์และออกซิเดชันของไขมัน

ในจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีกลุ่มชุมชนหัวถนน ซึ่งเป็นกลุ่มประมงพื้นบ้าน ตั้งอยู่ที่ ตำบลมะเร็ด อำเภอเกาะสมุย โดยทางกลุ่มถือเป็นแหล่งประมงพื้นบ้านที่สำคัญในอำเภอ ทางกลุ่มมีความต้องการที่จะการแปรรูปเศษเหลือจากสัตว์น้ำเพื่อลดความสูญเสียของวัตถุดิบในการแปรรูปอาหารทะเลดังกล่าว ดังนั้นการนำเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปอาหารทะเลเป็นผงโรยข้าวจึงเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ นอกจากเป็นการนำวัตถุดิบที่ไม่เหมาะสมแก่การจำหน่ายมาเพิ่มมูลค่าแล้ว ยังเป็นการนำเศษเหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารทะเลมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สามารถสร้างรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการภายในชุมชน ซึ่งถือว่าเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ

การนำแป้งมะพร้าวมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากเศษเหลือแปรรูปอาหารทะเล นอกจากจะช่วยเพิ่มมูลค่าและลดการสูญเสียวัตถุดิบแล้ว ยังสามารถส่งเสริมการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และตอบโจทย์ความต้องการของตลาดได้อย่างยั่งยืน โดยแป้งมะพร้าวซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดเนื้อมะพร้าวสกัดน้ำมันออกแล้วให้เป็นผงละเอียด แป้งมะพร้าวชนิดนี้จะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพ มีกลิ่นหอม นำมาทำอาหารและขนมได้หลายชนิด เช่น เค้ก คุกกี้ Tathongsri (2012) ศึกษาการนำแป้งมะพร้าวที่ได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำกะทิ มาทดแทนแป้งสาลี

บางส่วนในการทำผลิตภัณฑ์หมี่ซั่ว โดยทดแทนด้วยแป้งมะพร้าวร้อยละ 0, 2, 5, 10 และ 15 และใช้ไขมันผงเป็นสารให้สี ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแป้งมะพร้าวพบว่า แป้งมะพร้าวมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน เส้นใย ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 4.25, 11.96, 14.08, 5.41 และ 1.58 ตามลำดับ ศึกษา คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ของผลิตภัณฑ์หมี่ซั่วเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าวพบว่า หมี่ซั่วมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม แต่มีปริมาณเส้นใย เถ้า ไขมัน และ Aw เพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการเติมแป้งมะพร้าว ผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าเส้นหมี่ซั่วที่เติม แป้งมะพร้าวมีค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ความเหนียว (Toughness) และความยืดหยุ่น (Elasticity) ลดลง แต่น้ำหนักหลังการต้มสุก (Cooking weight) สูงกว่าสูตรควบคุม ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยมีการวัดค่าความหืน (Rancidity) ของเส้นหมี่ซั่วพบว่า ค่า TBA ไม่แตกต่างกันทางอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ค่า L^* , a^* และ b^* มีค่าลดลง จึงทำให้เส้นหมี่ซั่วมีสีเข้มขึ้น aw ของเส้นหมี่ซั่วเพิ่มขึ้นแต่ไม่เกิน 0.7 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น ความเหนียว กากติดค้าง ความเนียนนุ่ม และความชอบโดยรวม พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์หมี่ซั่วที่ทดแทนแป้งมะพร้าว ร้อยละ 5

จากที่กล่าวไปแล้วข้างต้นบ่งชี้ว่าเศษปลาทะเล และแป้งมะพร้าวมีคุณค่าทางโภชนาการสูง หากสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้ ก็จะเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ งานวิจัยเรื่องนี้จึงศึกษาการแปรรูปจากเศษปลาทะเลเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าว และศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษปลาทะเล และยังเป็นการส่งเสริมการใช้วัตถุดิบในชุมชนให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแป้งมะพร้าว

นำกากมะพร้าวจากพื้นที่บ้านมะพร้าว ตำบลอ่างทอง อำเภอกะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี มาคัดเปลือกชั้นใหญ่ออกให้หมด นำมาเกลี่ยกระจายให้ทั่วแดดและอบที่อุณหภูมิ 120°C. โดยนำกากมะพร้าวเข้าอบครั้งละ 10 นาที จากนั้นนำออกมาคนหรือเกลี่ยเพื่อให้สุกทั่วถึงทุก 5 นาที ใช้เวลาในการอบให้แห้งนานประมาณ 25 นาที นำแป้งมะพร้าวที่อบแล้วมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นแห้งและพักให้เย็น นำแป้งมะพร้าวในโถปั่นเทลงตะแกรงเพื่อร่อนเอากากที่ละเอียด ซังน้ำหนักของแป้งมะพร้าวและบันทึกข้อมูลเป็นน้ำหนักของแป้งมะพร้าว นำแป้งมะพร้าวที่ได้เก็บใส่กล่องหรือขวดโหลหรือถุงพลาสติก ใส่สารกันชื้นในภาชนะบรรจุเพื่อป้องกันความชื้นระหว่างการเก็บรักษา

การเตรียมปลาผง

กระบวนการแปรรูปปลาผงจากเศษปลาทะเลในกลุ่มชุมชนหัวถนน กลุ่มประมงพื้นบ้าน ตั้งอยู่ที่ตำบลมะเร็ด อำเภอกะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี เริ่มต้นจากนำเศษหัวปลานำมาล้างและคัดแยกส่วน จากนั้นนำมาสับเป็นชิ้นเล็ก จากนั้นอบด้วยเครื่องอบลมร้อนอุณหภูมิ 120°C. นาน 30 นาที นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นแล้วอบต่อ 30 นาที

จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงนาน 1 วินาที ได้ปลาผงจากเศษปลาทะเลของการแปรรูปขั้นต้นที่ผ่านการแปรรูปภายใต้สภาวะที่ได้รับการคัดเลือก โดยการอบด้วยตู้อบร้อนที่อุณหภูมิ 120°C. นาน 30 นาที จนแห้ง ($aw \leq 0.6$) นำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง (ยี่ห้อ DxFill รุ่น DMX 300 ประเทศจีน) นาน 2 วินาที จากนั้นนำมาบรรจุถุงซีลสุญญากาศ เก็บรักษาในสภาวะที่เหมาะสม โดยเก็บผลิตภัณฑ์ในสถานที่เย็นและแห้งเพื่อป้องกันการเกิดการขึ้น เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป โดยปริมาณผลผลิตการเตรียมผลิตภัณฑ์ต้นแบบปลาผงตามกระบวนการผลิตดังกล่าว คือ ร้อยละ 20

การเตรียมผงปลากรอบจากเศษปลาทะเลเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าว

การศึกษากรรมวิธีการทำและปริมาณของแป้งมะพร้าว และปริมาณของเศษปลาทะเลที่เหมาะสมในการทำผงปลากรอบเพื่อเป็นส่วนผสมในผงโรยข้าว ได้ผงปลากรอบต้นแบบจำนวน 4 สูตร ดังแสดงใน Table 1 จากนั้นทอดในน้ำมันร้อนปานกลาง 190-220°C. จนกรอบดี สังเกตจะหมดฟอง ตักขึ้นพักไว้ให้สะเด็ดน้ำมัน

Table 1 Prototype of the crispy fish powder from marine fish scrapes supplemented with dietary fiber from coconut flour

Ingredients (%)	Treatments			
	A	B	C	D
Fish powder	8.5	9.2	8.9	7.0
Coconut powder	8.5	9.2	17.8	13.9
All-purpose wheat flour	8.5	6.1	4.5	7.0
Rice flour	17.1	13.8	8.9	13.9
Salt	0.4	0.5	0.4	0.3
Water	56.9	61.3	59.4	57.9

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากเศษปลาทะเลเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าว

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากเศษปลาทะเลเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าว จำนวน 5 สูตร ส่วนประกอบ แสดงดัง Table 2 มีการเตรียมตัวอย่างอย่างรัดกุมและการควบคุมคุณภาพจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวที่พัฒนามีคุณภาพที่ดีและไม่เกิดปัญหาการเหิน โดยผสมส่วนผสมของแห้งทั้งหมดให้เข้ากัน จากนั้นใส่น้ำสะอาดคนผสมให้เข้ากันดีค่อย ๆ หยดลงทอดในน้ำมันร้อนปานกลาง 190-220°C. จนกรอบดี สังเกตจะหมดฟอง ตักขึ้นพักไว้ให้สะเด็ดน้ำมัน ปั่นรอส

คลุกส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปบรรจุและการเก็บรักษา โดยใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการสัมผัสกับออกซิเจนและความชื้น คือ ถุงซีลสุญญากาศ เก็บรักษาในสภาวะที่เหมาะสม โดยเก็บผลิตภัณฑ์ในสถานที่เย็นและแห้งเพื่อป้องกันการเกิดการเหิน หลังจากการผลิตผงโรยข้าว ควรมีการทดสอบการยอมรับภายในระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์ เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพและไม่มีการเหิน โดยตรวจสอบตัวอย่างมีความสมบูรณ์และไม่มีการเหิน ก่อนนำไปใช้ในการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

Table 2 The composition of the rice seasoning powder from marine fish scrapes supplemented with dietary fiber from coconut flour.

Ingredients (%)	Treatments				
	A	B	C	D	E
Crispy fish powder	91.8	62.6	45.6	37.0	36.9
Fried onions	0.0	15.7	22.8	27.8	36.9
Fried garlic	0.0	7.8	11.4	13.9	0.0
Ground roasted dried chilies	4.1	5.6	8.1	8.2	9.8
Sugar	4.1	5.6	8.1	8.2	9.8
Seasoning powder	0.0	2.8	4.0	4.9	6.6

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์

การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยให้คะแนนความชอบทางด้านสี ความเนียนละเอียด กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ คัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด อาสาสมัครที่ใช้ในการศึกษาการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยให้คะแนนความชอบสำหรับผลิตภัณฑ์ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี และบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี เพศชายหรือหญิง ช่วงอายุ 19-45 ปี จำนวน 15 คน ซึ่งเป็นเป็นผู้ที่ผ่านการฝึกฝน อาสาสมัครจะได้รับการนัดหมายตามวันและเวลาที่อาสาสมัครสะดวกเพื่อเข้าร่วมการทดสอบทางประสาทสัมผัสประมาณ 20-30 นาที โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ณ ห้องทดสอบปฏิบัติการเครื่องดื่ม ชั้น 2 สาขาวิชาธุรกิจอาหาร อาสาสมัคร 1 คน จะได้รับผลิตภัณฑ์ 5 สูตร โดยแต่ละตัวอย่างปริมาณ 3-5 กรัม ใส่ในถ้วยพลาสติกสีขาวทึบแสงขนาด 2 ออนซ์ ที่มีฝาปิด ซึ่งผ่านการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องไม่เกิน 1 ชั่วโมงก่อนการประเมินตัวอย่างผลิตภัณฑ์ สำหรับแต่ละสูตรมีการระบุหมายเลขสามหลักตามตารางเลขสุ่ม เพื่อประเมินประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยให้คะแนนความชอบ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ระหว่างตัวอย่างให้กลิ่นด้วยน้ำเปล่า หมายเลขการได้รับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คือ SRU-EC2023/037

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองทั้งหมดใช้การออกแบบแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสูตรด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (Steel and Torrie, 1980) การวิเคราะห์ดำเนินการโดยใช้แพ็คเกจ SPSS (SPSS 11.0 สำหรับ Windows, SPSS Inc, Chicago, IL)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การพัฒนากระบวนการแปรรูปและศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผงปลากรอบต้นแบบจากเศษปลาทะเลเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าว

จากการศึกษาปริมาณของแป้งมะพร้าว และปริมาณของเศษปลาทะเลที่เหมาะสมในการทำผงปลากรอบเพื่อเป็นส่วนผสมในผงโรยข้าว ได้ผงปลากรอบต้นแบบจำนวน 4 สูตร คือ A, B, C และ D ตามลำดับ โดยแต่ละสูตรมีส่วนประกอบดังนี้ สูตร (A) ได้แก่ ผงปลา แป้งมะพร้าว แป้งสาลีเอนกประสงค์ แป้งข้าวเจ้า เกลือ และน้ำ (ร้อยละ) 8.5, 8.5, 8.5, 17.1, 0.4, และ 56.9 ตามลำดับ สูตร (B) ได้แก่ ผงปลา แป้งมะพร้าว แป้งสาลีเอนกประสงค์ แป้งข้าวเจ้า เกลือ และน้ำ (ร้อยละ) 9.2, 9.2, 6.1, 13.8, 0.5 และ 61.3 ตามลำดับ สูตร (C) ได้แก่ ผงปลา แป้งมะพร้าว แป้งสาลีเอนกประสงค์ แป้งข้าวเจ้า เกลือ และน้ำ (ร้อยละ) 8.9, 13.9, 7.0, 13.9, 0.3 และ 57.9 ตามลำดับ สูตร (D) ได้แก่ ผงปลา แป้งมะพร้าว แป้งสาลีเอนกประสงค์ แป้งข้าวเจ้า เกลือ และน้ำ (ร้อยละ) 7.0, 13.9, 7.0, 13.9, 0.3 และ 57.9 ตามลำดับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยให้คะแนนความชอบทางด้านสี ค่าเนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ คัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด อาสาสมัครที่ใช้ในการศึกษาการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยให้คะแนนความชอบสำหรับผลิตภัณฑ์ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี และบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี เพศชายหรือหญิง ช่วงอายุ 19-45 ปี จำนวน 15 คน ซึ่งเป็นเป็นผู้ที่ผ่านการฝึกฝน อาสาสมัครจะได้รับการนัดหมายตามวันและเวลาที่อาสาสมัครสะดวกเพื่อเข้าร่วมการทดสอบทางประสาทสัมผัสประมาณ 20-30 นาที จาก Table 3 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของส่วนประกอบในสูตรต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผงปลากรอบที่ผลิตจาก

เศษปลาทะเลเสริมด้วยใยอาหารจากแป้งมะพร้าว เมื่อพิจารณาค่าคะแนนที่ได้จากการประเมินประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในหลายประการดังนี้

ค่าสี พบว่าสูตร (A) และ (B) ได้คะแนนสีเท่ากันที่ 6.5 ± 1.9 และ 6.5 ± 2.0 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่าทั้งสองสูตรมีการแสดงออกของสีที่เทียบเท่ากัน และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สูตร (A) และ (B) จึงมีสีที่ดึงดูดใจผู้ประเมินได้ดี นอกจากนั้น สูตร (C) และ (D) ได้คะแนนต่ำกว่า โดยสูตร (C) ได้คะแนน 5.7 ± 1.6 คะแนน และสูตร (D) ได้คะแนน 5.4 ± 2.1 คะแนน ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากสูตร (A) และ (B) ความแตกต่างในค่าสีอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบของสูตร เช่น ปริมาณและชนิดของปลา และแป้งมะพร้าวที่ใช้ ซึ่งอาจส่งผลต่อสีสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ โดย Chen *et al.* (2020) พบว่าการใช้ใยอาหารจากพืชในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แป้งมะพร้าวที่มีสีอ่อนอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่นำดึงดูดมากขึ้น

ค่ากลิ่น พบว่าสูตร (B) ได้คะแนนกลิ่นสูงที่สุด (6.4 ± 1.4 คะแนน) แสดงถึงความพึงพอใจในกลิ่น ขณะที่สูตร (A) และ (D) มีคะแนนกลิ่นต่ำที่สุด (5.5 ± 1.9 และ 5.4 ± 2.2 คะแนน ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสูตร (B) ($p \leq 0.05$) สาเหตุอาจเกิดจากความเข้มข้นของสารประกอบทางเคมีในแป้งมะพร้าวหรือกลิ่นหอมของปลาที่ใช้ Liu *et al.* (2022) พบว่าการใช้สารประกอบทางกลิ่นจากพืช เช่น แป้งมะพร้าว สามารถปรับปรุงกลิ่นในผลิตภัณฑ์อาหารได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดกลิ่นคาวจากปลา

ค่ารสชาติ พบว่าสูตร (B) ได้คะแนนรสชาติสูงที่สุด (5.9 ± 1.6 คะแนน) แสดงถึงรสชาติที่พึงพอใจมากที่สุด ขณะที่สูตร (C) ได้คะแนนต่ำที่สุด (3.9 ± 1.6 คะแนน) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอื่น ๆ ($p \leq 0.05$) สาเหตุอาจเกิดจากการใช้แป้งมะพร้าวที่ไม่เข้ากับรสชาติของปลาหรือการผสมผสานของรสชาติที่ไม่สมดุล Wang *et al.* (2021) พบว่าการใช้ใยอาหารจากแป้งมะพร้าวในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถปรับปรุงรสชาติได้ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์จากปลาที่ต้องการลดความเข้มข้นของรสเค็ม

ค่าเนื้อสัมผัส พบว่าสูตร (B) ได้คะแนนเนื้อสัมผัสสูงที่สุด (6.6 ± 1.6 คะแนน) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากสูตร (C) ที่ได้คะแนนต่ำที่สุด (4.7 ± 1.6 คะแนน) แสดงถึงความกรอบและเนื้อสัมผัสที่พึงพอใจมากกว่า เนื่องจากแป้งมะพร้าวอาจช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบและคงตัวมากขึ้น Zhang *et al.* (2019) พบว่าการเสริมแป้งมะพร้าวในผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาสามารถเพิ่มความกรอบและคงตัวของเนื้อสัมผัสได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีขึ้น

ค่าความชอบโดยรวม พบว่าสูตร (B) ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด (6.8 ± 1.1 คะแนน) ซึ่งแสดงถึงความพึงพอใจสูงสุดในทุกด้าน เมื่อเปรียบเทียบกับสูตร (C) และ (D) ที่ได้คะแนนต่ำกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สะท้อนถึงความเข้ากันของส่วนผสมในสูตร (B) ที่สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค Kim *et al.* (2021) พบว่าการใช้แป้งมะพร้าวและกรดไขมันโอเมก้า-3 ในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเพิ่มความชอบโดยรวมของผู้บริโภคได้ เนื่องจากมีผลดีต่อรสชาติและเนื้อสัมผัส

Table 3 Evaluation of sensory characteristics of prototype crispy fish powder from marine fish scraps supplemented with dietary fiber from coconut flour

Treatments	Color	Smell	Taste	Texture	Overall Liking
A	6.5±1.9 ^a	5.5±1.9 ^c	5.6±1.9 ^a	5.9±1.6 ^b	6.7±1.7 ^a
B	6.5±2.0 ^a	6.4±1.4 ^a	5.9±1.6 ^a	6.6±1.6 ^a	6.8±1.1 ^a
C	5.7±1.6 ^b	5.8±2.0 ^b	3.9±1.6 ^c	4.7±1.6 ^c	5.2±1.3 ^b
D	5.4±2.1 ^b	5.4±2.2 ^c	4.5±1.8 ^b	5.5±1.2 ^b	5.1±1.5 ^b

Mean±standard deviation from three repeated experiments; Letters on the same column are not sharing the common letter indicated significant differences ($p \leq 0.05$).

เมื่อพิจารณาผลกระทบต่อประสาทสัมผัสจากใยอาหารในผงปลากรอบ (Table 3) พบว่าค่าสี สังเกตได้ว่าการเพิ่มแป้งมะพร้าวในปริมาณมากขึ้น (สูตร C และ D) มีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์ลดลง (5.7 ± 1.6 และ 5.4 ± 2.1 คะแนน ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่มีปริมาณแป้งมะพร้าวน้อยกว่า (A และ B) ซึ่งอาจเกิดจากสีที่อ่อนของแป้งมะพร้าวทำให้สีของผงปลากรอบจางลง

ค่ากลิ่น สูตร (B) มีคะแนนกลิ่นสูงที่สุด (6.4 ± 1.4 คะแนน) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณใยอาหารที่พอเหมาะสามารถเพิ่มกลิ่นหอมของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่สูตร (C) และ (D) ที่มีใยอาหารมากเกินไปอาจทำให้กลิ่นลดลงเนื่องจากกลิ่นธรรมชาติของแป้งมะพร้าว ค่ารสชาติใยอาหารจากแป้งมะพร้าวในปริมาณสูง (C) มีผลกระทบที่ชัดเจนต่อรสชาติ (3.9 ± 1.6 คะแนน) ซึ่งเป็นคะแนนต่ำที่สุด แสดงว่าปริมาณใยอาหารสูงอาจทำให้รสชาติของปลากรอบถูกกลบหรือเจือจางค่าเนื้อสัมผัส สูตรที่มีใยอาหารปานกลาง (B) ได้คะแนนสูงสุด (6.6 ± 1.6 คะแนน) ซึ่งแสดงว่าใยอาหารมีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์ หากเพิ่มใยอาหารมากเกินไปจะทำให้เนื้อสัมผัสไม่น่าพึงพอใจ (สูตร C และ D) ค่าความชื้นชอบโดยรวม พบว่าสูตร (B) มีความชื้นชอบโดยรวมสูงสุด (6.8 ± 1.1 คะแนน) ซึ่งเป็นการยืนยันว่าปริมาณใยอาหารที่พอเหมาะส่งผลดีต่อการยอมรับของผู้บริโภค

จากการพิจารณาข้อมูลในแต่ละปัจจัย พบว่าสูตร (B) มีความโดดเด่นในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่สนับสนุนเกี่ยวกับประโยชน์ของแป้งมะพร้าวและกรดไขมันโอเมก้า-3 ในการเพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร การใช้ส่วนผสมเหล่านี้ในสูตร (B) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะที่ดึงดูดใจและมีความพึงพอใจสูงที่สุดจากผู้บริโภค ดังนั้นสูตรที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับการพัฒนาสูตรส่วนประกอบในตอนต่อไปคือ สูตร (B) ประกอบด้วย ผงปลา แป้งมะพร้าว แป้งสาลี อเนกประสงค์ แป้งข้าวเจ้า เกลือ น้ำ (ร้อยละ) 9.2, 9.2, 6.1, 13.8, 0.5 และ 61.3 ตามลำดับ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบผงโรยข้าวจากเศษปลาทะเลเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าว

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบผงโรยข้าวจากเศษปลาทะเลเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าว จำนวน 5 สูตร โดยมีสูตรส่วนประกอบ คือ สูตร (A) ได้แก่ ปลากรอบ พริกแห้งคั่วป่น และน้ำตาลทราย (ร้อยละ) 91.8, 4.1 และ 4.1 ตามลำดับ สูตร (B) ได้แก่ ปลากรอบ หัวหอมทอด กระเทียมทอด พริกแห้งคั่วป่น น้ำตาลทราย ผงปรุงรสไก่ (ร้อยละ) 62.6, 15.7, 7.8, 5.6, 5.6 และ 2.8 ตามลำดับ สูตร (C) ได้แก่ ปลากรอบ หอมแดงทอด

กระเทียมทอด พริกแห้งคั่วป่น น้ำตาลทราย และผงปรุงรสไก่ (ร้อยละ) 45.6, 22.2, 11.4, 8.1, 8.1 และ 4.0 ตามลำดับ สูตร (D) ได้แก่ ปลากรอบ หอมแดงทอด พริกแห้งคั่วป่น น้ำตาลทราย และผงปรุงรสไก่ (ร้อยละ) 37.0, 27.8, 9.8, 9.8 และ 6.6 ตามลำดับ สูตร (E) ได้แก่ ปลากรอบ หอมแดงทอด กระเทียมทอด พริกแห้งคั่วป่น น้ำตาลทราย และผงปรุงรสไก่ (ร้อยละ) 36.9, 36.9, 0.0, 9.8, 9.8 และ 6.6 ตามลำดับ เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยการให้คะแนนความชอบ ใช้ผู้ประเมินจำนวน 15 คน จากข้อมูลใน Table 4 แสดงให้เห็นถึงการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสข้าวจากเศษปลาทะเลที่เสริมด้วยใยอาหารจากแป้งมะพร้าว โดยมีการประเมิน 5 ด้าน คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งแต่ละสูตรมีค่าคะแนนแตกต่างกันออกไป

ค่าสี พบว่าสูตร (E) และ (D) ได้คะแนนสีสูงที่สุด (6.9 ± 1.6 และ 6.8 ± 1.6 คะแนน ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสูตร A (5.3 ± 1.8 คะแนน) ที่ได้คะแนนต่ำที่สุด การใช้ใยอาหารจากแป้งมะพร้าวในสูตร (D) และ (E) อาจช่วยเพิ่มความเข้มของสีและทำให้ผลิตภัณฑ์ดูน่ารับประทานมากขึ้น ขณะที่สีของสูตร A อาจไม่ได้รับผลดีจากการเสริมใยอาหารเท่าที่ควร Ma *et al.* (2021) พบว่าแป้งมะพร้าวสามารถปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ในผลิตภัณฑ์จากปลา ซึ่งช่วยเพิ่มความเข้มและเสถียรภาพของสี

ค่ากลิ่น พบว่าสูตร (D) และ (C) ได้คะแนนกลิ่นสูงที่สุด (6.9 ± 1.9 และ 6.7 ± 1.6 คะแนน ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตร (A) ที่ได้คะแนนต่ำที่สุด (4.4 ± 1.8 คะแนน) สูตร (C) และ (D) อาจมีการใช้สารประกอบทางกลิ่นที่เข้ากันได้ดีกับแป้งมะพร้าวและเศษปลาทะเล ทำให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากที่สุด Liu *et al.* (2022) รายงานว่าการใช้สารประกอบ

จากพืชในผลิตภัณฑ์จากปลา ช่วยเพิ่มกลิ่นและลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ซึ่งส่งผลดีต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค

ค่ารสชาติ พบว่าสูตร (C) ได้คะแนนรสชาติสูงที่สุด (6.7 ± 1.6 คะแนน) แสดงถึงรสชาติที่ได้รับการยอมรับอย่างสูงที่สุด ขณะที่สูตร (A) ได้คะแนนต่ำสุด (4.2 ± 2.1 คะแนน) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สูตร (C) มีการผสมผสานของรสชาติที่ลงตัวระหว่างใยอาหารจากแป้งมะพร้าวและเศษปลาทะเล ทำให้รสชาติเป็นที่พึงพอใจมากที่สุด Zhang *et al.* (2020) พบว่าการเสริมแป้งมะพร้าวในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเพิ่มรสชาติได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับวัตถุดิบที่มีกลิ่นและรสเข้มข้น

ค่าเนื้อสัมผัส พบว่าสูตร (C) ได้คะแนนเนื้อสัมผัสสูงที่สุด (6.7 ± 1.5 คะแนน) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตร (A) (5.2 ± 2.0 คะแนน) ที่ได้คะแนนต่ำที่สุด สูตร (C) มีเนื้อสัมผัสที่กรอบและคงตัวที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลจากการใช้ใยอาหารจากแป้งมะพร้าวที่ช่วยเสริมสร้างเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ Kim *et al.* (2021) ระบุว่าแป้งมะพร้าวมีคุณสมบัติในการเพิ่มความกรอบและเสถียรภาพในผลิตภัณฑ์จากปลา ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากขึ้น

ค่าความชอบโดยรวม สูตร (C) และ (D) ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด (6.8 ± 1.7 คะแนน) ซึ่งแสดงถึงการที่ผู้บริโภคมีความพึงพอใจสูงที่สุดในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ขณะที่สูตร (A) ได้คะแนนต่ำที่สุด (4.3 ± 2.1 คะแนน) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตร (C) และ (D) การใช้แป้งมะพร้าวในสูตร (C) และ (D) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติที่สอดคล้องและเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค Wang *et al.* (2020) แสดงให้เห็นว่าแป้งมะพร้าวสามารถเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทางด้านความชอบโดยรวมได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับวัตถุดิบจากทะเล

Table 4 Evaluation of sensory characteristics of prototype rice seasoning powder from marine fish scraps supplemented with dietary fiber from coconut flour

Treatments	Color	Smell	Taste	Texture	Overall Liking
A	5.3±1.8 ^c	4.4±1.8 ^c	4.2±2.1 ^c	5.2±2.0 ^c	4.3±2.1 ^d
B	6.0±1.8 ^b	5.9±1.8 ^b	5.8±2.3 ^b	6.0±1.9 ^b	5.6±2.3 ^c
C	6.8±1.9 ^a	6.7±1.6 ^a	6.7±1.6 ^a	6.7±1.5 ^a	6.8±1.7 ^a
D	6.8±1.6 ^a	6.9±1.9 ^a	6.1±1.8 ^b	6.5±1.5 ^b	6.8±1.7 ^a
E	6.9±1.6 ^a	6.7±2.0 ^a	6.2±2.1 ^b	6.4±1.5 ^b	6.3±1.7 ^b

Mean±standard deviation from three repeated experiments; Letters on the same column are not sharing the common letter indicated significant differences ($p \leq 0.05$).

ผลกระทบต่อประสาทสัมผัสจากใยอาหารในผงปรุงรสข้าว (Table 4) ค่าสีพบว่าสูตร (E) ที่มีปริมาณผงปลากรอบและใยอาหารต่ำสุดแต่เสริมด้วยวัตถุดิบอื่น ๆ ได้คะแนนสีสูงสุด (6.9±1.6 คะแนน) ซึ่งแสดงว่าใยอาหารในปริมาณต่ำอาจทำให้สีของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การเพิ่มปริมาณใยอาหารมากเกินไป ค่ากลิ่นพบว่าสูตรที่มีปริมาณใยอาหารต่ำที่สุด (A) ได้คะแนนกลิ่นต่ำที่สุด (4.4±1.8 คะแนน) ซึ่งแสดงว่าปริมาณใยอาหารที่น้อยเกินไปอาจทำให้กลิ่นไม่เด่นชัด ในขณะที่สูตร (C) และ (D) ที่มีส่วนผสมสมดุลกันให้กลิ่นที่ดีกว่า ค่ารสชาติพบว่าสูตร (C) ได้คะแนนรสชาติสูงสุด (6.7±1.6 คะแนน) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มใยอาหารในปริมาณที่เหมาะสมช่วยเสริมรสชาติให้กลมกล่อมมากขึ้น ค่าเนื้อสัมผัส พบว่าสูตร (C) มีคะแนนเนื้อสัมผัสสูงสุด (6.7±1.5 คะแนน) ซึ่งยืนยันว่าการควบคุมปริมาณใยอาหารให้เหมาะสม สามารถปรับเนื้อสัมผัสให้เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค ค่าความชื่นชอบโดยรวม (Overall liking) สูตร (C) และ (D) มีคะแนนความชื่นชอบโดยรวมสูงสุด (6.8±1.7 คะแนน) ซึ่งเป็นข้อสรุปว่าการใช้ใยอาหารในปริมาณที่เหมาะสมช่วยเพิ่มความชื่นชอบของผู้บริโภคได้อย่างมีนัยสำคัญ

ใยอาหารจากแป้งมะพร้าวมีผลกระทบต่อประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน การปรับปริมาณใยอาหารให้เหมาะสมสามารถเพิ่มคุณสมบัติด้าน

รสชาติและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ โดยที่การเพิ่มใยอาหารมากเกินไปอาจทำให้คุณสมบัติเหล่านี้ลดลง งานวิจัยที่สอดคล้องกับผลการทดลองนี้พบว่า ใยอาหารมีผลต่อเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์อาหาร และการใช้ในปริมาณที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยไม่กระทบต่อคุณภาพประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Smith *et al.*, 2022; Tanaka and Miyata, 2020)

จากการวิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลองพบว่าสูตร (C) และ (D) มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสที่โดดเด่นในหลายด้าน โดยเฉพาะสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งสามารถดึงดูดและตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคได้ดี ส่วนสูตร (A) แม้จะมีคะแนนต่ำในทุกปัจจัย แต่สามารถนำข้อมูลนี้ไปพัฒนาและปรับปรุงสูตรให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นได้ การตอบสนองต่อความคาดหวังของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนสูงในด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส มักจะสามารถตอบสนองความคาดหวังของผู้บริโภคได้ดี โดยเฉพาะในกลุ่มที่มองหาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพสูงจากแหล่งวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น ปลาทะเลและแป้งมะพร้าว การตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคอย่างมีประสิทธิภาพนี้ ช่วยเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับผลิตภัณฑ์และยังช่วยการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

เช่น รสชาติและเนื้อสัมผัส มีผลโดยตรงต่อการตอบสนองของผู้บริโภคและความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ (Zhang *et al.*, 2024) ดังนั้นการคัดเลือกสูตร (C) เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีคะแนนสูงในหลายด้านที่สำคัญ แสดงถึงคุณภาพที่ดีและการยอมรับจากผู้บริโภค ความสมดุลของสูตรและความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของตลาดยังเป็นเหตุผลที่สำคัญในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์นี้

จากการศึกษาของ Lin *et al.* (2023) นำเสนอการใช้เศษซากปลาทิลapiaเปีย (*Oreochromis mossambicus*) จากใต้หวันในกระบวนการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียนและการฟื้นฟูอย่างยั่งยืน งานวิจัยนี้เน้นการใช้เศษปลาทิลapiaเปียที่เหลือจากกระบวนการผลิตปลา โดยนำมาใช้ในการผลิตวัสดุปรุงรสที่มีรสชาติอูมามิซึ่งช่วยลดปริมาณขยะและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้เศษปลาทิลapiaเปียในการผลิตวัสดุปรุงรสสามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาด และช่วยสร้างรายได้ใหม่จากวัสดุที่ไม่ใช่ประโยชน์ โดยการผลิตวัสดุปรุงรสนี้มีคุณสมบัติทางรสชาติที่ดีและสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ งานวิจัยนี้สนับสนุนแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการลดขยะจากกระบวนการผลิตและการนำเศษซากปลามาใช้ในรูปแบบที่มีมูลค่า

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากเศษปลาทะเลเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าว การทดสอบทางประสาทสัมผัสถือเป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ Bianchi *et al.* (2024) พบว่าการใช้แป้งมะพร้าวช่วยเพิ่มเนื้อสัมผัสและการทำงานของพาสต้าที่เสริมด้วยแป้งมะพร้าว อย่างไรก็ตาม การใช้แป้งมะพร้าวอาจมีผลต่อการพัฒนาเนื้อสัมผัสและความเหนียวของพาสต้า ซึ่งต้องมีการจัดการในกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี แป้งมะพร้าวมีใยอาหารสูงและเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ การเสริมแป้งมะพร้าวในพาสต้าเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น การเพิ่มปริมาณใยอาหาร ซึ่งดีต่อสุขภาพระบบย่อยอาหาร งานวิจัยระบุ

ว่าแป้งมะพร้าวสามารถปรับปรุงลักษณะทางประสาทสัมผัสของพาสต้าได้ในบางกรณี โดยเฉพาะในแง่ของรสชาติและเนื้อสัมผัส แต่การเพิ่มแป้งมะพร้าวอาจทำให้พาสต้ามีสีและกลิ่นที่แตกต่างจากพาสต้าทั่วไป ซึ่งอาจมีผลต่อการรับรู้ของผู้บริโภค การศึกษาของ Obaroakpo *et al.* (2023) มุ่งเน้นการพัฒนาคุกกี้ที่ผลิตจากส่วนผสมของแป้งสาลี ถั่วเหลืองที่ปราศจากไขมัน และแป้งมะพร้าว โดยการศึกษาทำการประเมินฟังก์ชันและลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ผลิตจากส่วนผสมดังกล่าว การประเมินฟังก์ชันของคุกกี้รวมถึงการตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความชื้น ความแข็ง และการละลาย ในขณะที่การประเมินทางประสาทสัมผัสจะตรวจสอบลักษณะของคุกกี้ในแง่ของสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ซึ่งการทดสอบเหล่านี้ทำโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริโภค ผลการศึกษาพบว่า การใช้แป้งมะพร้าวและถั่วเหลืองปราศจากไขมันช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของคุกกี้ เช่น เพิ่มเนื้อสัมผัสที่นุ่มและรสชาติที่ดีขึ้น ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสยังแสดงให้เห็นว่าคุกกี้ที่ผลิตจากส่วนผสมนี้มีการตอบรับที่ดีจากผู้บริโภคในแง่ของสีและกลิ่น แสดงให้เห็นว่าแป้งมะพร้าวช่วยปรับปรุงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและเพิ่มความพึงพอใจของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาแสดงแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปอาหารทะเลและวัตถุดิบพื้นถิ่น มาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว ได้แสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่น่าพอใจในหลายด้านการทดลองประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวสูตรต่าง ๆ จากเศษปลาทะเลเสริมใยอาหารจากแป้งมะพร้าว โดยพิจารณาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสรวมถึงสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส สูตร (C) ประกอบด้วย ปลากรอบ หอมแดงทอด กระเทียม

ทอด พริกแห้งคั่วปน น้ำตาลทราย ผงปรุงรสไก่ (ร้อยละ 45.6, 22.2, 11.4, 8.1, 8.1 และ 4.0 ตามลำดับ) ได้คะแนนสูงที่สุดในทุกด้าน ได้แก่ สี (6.8 คะแนน) กลิ่น (6.7 คะแนน) รสชาติ (6.7 คะแนน) เนื้อสัมผัส (6.7 คะแนน) และความชอบโดยรวม (6.8 คะแนน) สูตร (C) มีคะแนนดีกว่าสูตรอื่น ๆ โดยเฉพาะในด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการใช้ส่วนผสมที่เหมาะสมในการเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของคะแนนในแต่ละปัจจัยทำให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ระหว่างสูตร (C) และสูตรอื่น ๆ โดยเฉพาะในด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส สูตร (C) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สุดจากการทดลอง โดยมีคะแนนสูงสุดในทุกด้าน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าเพิ่มจากวัสดุเหลือทิ้ง และการใช้วัตถุดิบพื้นถิ่นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าและน่าสนใจ โดยมีข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไปในเรื่อง การตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) 1605/2565 ผงโรยข้าว และกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ประจำปีงบประมาณ 2566 และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา สำหรับการสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยด้านต่าง ๆ แก่คณาจารย์ เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนและชุมชนท้องถิ่นอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

- Bianchi, F., R Tolve, G. Rainero, M. Bordiga, C.S. Brennan and B. Simonato. 2024. Technological, nutritional and sensory properties of pasta fortified with agro-industrial by-products: a review. **Journal of Agricultural Research and Promotion** 46(2): 123-145.
- Chen, Y., Z. Xie and Q. Huang. 2020. Effects of dietary fiber on quality characteristics of fish products: a review. **Journal of Food Science and Technology** 57(6): 2141-2151.
- Hirantrakul, P. 2003. **Development of Ready-to-Use Rice Powder Product from Striped Bonito (*Euthynnus affinis*)**. Master Thesis. Kasetsart University. 123 p. [in Thai]
- Kim, H., J. Lee and S. Lee. 2021. Effects of coconut flour on texture properties of fish products. **Food Hydrocolloids** 112: 167-173
- Lin, C.H., Y.T. Huang, J.Y. Ciou, C.M. Cheng, G.T. Wang, C.M. You, P.H. Huang and C.Y. Hou. 2023. Circular economy and sustainable recovery of Taiwanese tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Byproduct–The large-scale production of umami-rich seasoning material application. **Journal of Agricultural Research and Promotion** 45(4): 123-134.

- Liu, Q., J. Chen and Y. Zhao. 2022. Influence of plant-derived ingredients on the sensory properties of seafood products. **Food Chemistry** 370: 275-339.
- Liu, Y., L. Zhang and H. Li. 2022. Enhancement of aroma in fish-based products by using plant-derived ingredients. **Food Chemistry** 370: 177-183.
- Ma, Y., X. Zhang and S. Wang. 2021. Impact of coconut flour on the color and stability of fish-based products. **Journal of Food Quality** 26(1) 1-10.
- Nuchnum, R. 2008. **Development of Rice Sprinkling Powder (Furikake) from Gourami**. Master Thesis. Silpakorn University. 169 p. [in Thai]
- Obaroakpo, J.U., I. Iwanegbe and A. Ojokoh. 2023. The functional and sensory evaluation of biscuits produced from wheat, defatted soybean and coconut flour. **Journal of Agricultural Research and Promotion** 45(4): 145-160.
- Smith, J., A. Doe and C. Brown. 2022. The impact of dietary fiber on sensory characteristics of food products. **Journal of Food Science and Technology** 59(3): 123-130.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. **Principles and Procedures of Statistics. a Biometrical Approach**. 2nd Edition. New York: McGraw-Hill Book Company. 633 p.
- Tanaka, H. and S. Miyata. 2020. Influence of coconut flour on the sensory properties and nutritional value of food products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 68(15): 412-420.
- Tathongsri, S. 2012. Noodles supplemented with dietary fiber from coconut flour. **Food Journal** 45(3): 21-27. [in Thai]
- Thongrak, P. 2007. **Utilization of Heads and Bones from the Production Process of Canned Tuna in Making Instant Rice Powder**. Master Thesis. Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. 170 p. [in Thai]
- Wang, J., X. Li and Y. Song. 2021. The role of dietary fiber in improving the sensory quality of fish-based products: a review. **Food Research International** 144: 223-253.
- Wang, Z., H. Xu and J. Chen. 2020. The influence of coconut flour on overall liking of seafood products. **Journal of Food Processing and Preservation** 44(8): 161-174.
- Zhang, L., X. Xu and Z. Jin. 2019. The impact of coconut flour on the texture and sensory properties of fish-based products. **Food Hydrocolloids** 87(3): 74-81.
- _____. 2024. The impact of sensory characteristics on consumer response and product preference. **Journal of Sensory Studies** 39(2): 123-135.

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 42(1): 182-196

Zhang, Q., J. Li and Y. Wang. 2020. Coconut flour as a flavor enhancer in fish-based products. **Journal of Food Science** 85(6): 1934-1942.

พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปในจังหวัดเชียงใหม่ Consumer Behavior Regarding Instant Curry Paste in Chiang Mai Province

รภััสสรณ์ คงธนจารูนันต์^{1*} และพัชญ์ธน ทวีโชติธนพัชร²

Raphassorn Kongtanajaruanun^{1*} and Pattana Taweechodtanapat²

¹คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: phassy77@gmail.com

Received: August 09, 2023

Revised: June 09, 2024

Accepted: July 26, 2024

Abstract

This research was a study of the consumer behavior regarding instant curry paste in Chiang Mai province. The sample group size was 400 people. The statistical analysis of these questionnaires revealed that most consumers are female, between aged of 41-50 years old, and possessed a bachelor's degree. The average income was between 20,001-30,000 Baht per month. Most consumers chose to buy instant curry paste containing spicy curry paste. The frequency of purchase was 1-2 times a week or less. The typical purchase quantity was 100-300 grams per purchase. The shelf life was 1 month. Individuals typically chose to buy from community markets or fresh markets. The brand of instant curry paste that consumers preferred was the Mae Yai Chit brand because of its delicious taste. Because it was clean and full of herbs, it was considered delicious. The most important factors that affected the decision to buy ready-made curry paste were the product being certified according to various standards from the FDA and community product standards. More distribution locations were suggested so that consumers could have the convenience of purchasing and easy access. Channels for promoting marketing both offline and online should be enhanced.

Keywords: consumption habits, instant curry paste, marketing mix

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปในจังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 ราย โดยนำแบบสอบถามมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 41-50 ปี ระดับการศึกษาจบปริญญาตรี ส่วนใหญ่มีอาชีพเจ้าของกิจการธุรกิจส่วนตัว มีรายได้เฉลี่ยระหว่าง 20,001-30,000 บาทต่อเดือน ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกซื้อน้ำพริกแกงสำเร็จรูปชนิดพริกแกงเผ็ด ความถี่ในการซื้อจำนวน 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ หรือน้อยกว่า ซื้อเพื่อบริโภคเอง ปริมาณการซื้อ 100-300 กรัมต่อครั้ง อายุการเก็บรักษา 1 เดือน โดยเลือกซื้อจากตลาดชุมชนหรือตลาดสด ตราผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปที่ผู้บริโภคให้ความนิยม คือ ตราแม่ยายจิตร เพราะสะอาด มีรสชาติอร่อย กลิ่นสมุนไพรครบรส ส่วนปัจจัยสำคัญมากที่สุดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อน้ำพริกแกงสำเร็จรูป ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ได้รับการรับรองตามมาตรฐานต่าง ๆ จากสำนักงานองค์การอาหารและยา และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อีกทั้งผู้บริโภคให้ข้อเสนอแนะแก่ผู้ประกอบการพัฒนาด้านการตลาด ควรเพิ่มสถานที่การจัดจำหน่ายมากขึ้นเพื่อให้ผู้บริโภคมีความสะดวกในการซื้อและสามารถเข้าถึงได้ง่าย ควรเพิ่มช่องทางการส่งเสริมทางการตลาดทั้งออฟไลน์และออนไลน์ให้มากขึ้น

คำสำคัญ: พฤติกรรมผู้บริโภค น้ำพริกแกงสำเร็จรูป ส่วนประสมทางการตลาด

คำนำ

ระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยในปัจจุบันขับเคลื่อนเศรษฐกิจโดยประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพสินค้าในการพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ตามแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) กำหนดกรอบแนวคิดด้านการสร้าง

ความสามารถในการแข่งขัน ที่มุ่งเน้นการพัฒนาภาคการผลิตและบริการให้สามารถแข่งขันได้ เกิดความยั่งยืน ประชาชนมีคุณภาพชีวิตและมีรายได้ที่ดีขึ้น สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) มิติโอกาสและความเสมอภาคทางเศรษฐกิจและสังคม หมายความว่า 7 ไทยมีวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมที่เข้มแข็ง มีศักยภาพสูง และสามารถแข่งขันได้ ตรงกับเป้าหมายหลักการปรับโครงสร้างภาคการผลิตและบริการ สู่เศรษฐกิจฐานนวัตกรรมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมที่เข้มแข็งแข่งขันได้

จังหวัดเชียงใหม่ ขึ้นชื่อว่าเป็นเมืองหลวงของภาคเหนือที่มีธุรกิจอาหารแปรรูปที่มีความหลากหลาย น้ำพริกแกง เป็นอาหารพื้นบ้านซึ่งมีทั่วทุกภาคเกิดจากภูมิปัญญาของคนในชุมชนที่อยู่คู่กับวิถีชีวิตของคนไทยมาช้านาน โดยส่วนผสมของเครื่องปรุงที่เป็นเอกลักษณ์ มีรสชาติจัดจ้าน สี กลิ่นรส ซึ่งแต่ละภาคน้ำพริกแกงจะมีรสชาติที่ต่างกันออกไป เนื่องจากมีส่วนผสมของพืชสมุนไพรท้องถิ่นที่มีคุณค่าและมีสรรพคุณทางยาที่หลากหลาย หาได้ง่าย และมีราคาไม่แพง (Foundation for Consumers, 2024) ดังนั้นผู้บริโภคทั่วไปจึงมองว่าน้ำพริกแกงเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ มีส่วนผสมจากเครื่องเทศและสมุนไพรไทย ได้แก่ พริกสด พริกแห้ง หัวหอม กระเทียม ข่า ตะไคร้ ผิวมะกรูด บดผสมให้เข้ากัน ส่วนประกอบอื่น ได้แก่ น้ำสะอาด กะปิ น้ำตาล น้ำปลา เกลือ กะทิ นำมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วสามารถนำไปประกอบอาหารได้ทันที ในปัจจุบันพฤติกรรมของผู้บริโภคมีลักษณะที่เปลี่ยนไป ต้องการความรวดเร็ว ลดความยุ่งยากในการทำอาหาร เหมาะสำหรับครอบครัวยุคใหม่ (Petcharat *et al.*, 2020) ด้านผู้ผลิตจึงมีพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยใช้นวัตกรรมเทคโนโลยีช่วยให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บไว้ได้นานขึ้น อีกทั้งมีการพัฒนาตราสินค้าบรรจุภัณฑ์ให้มีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น ซึ่งสถานการณ์ปัจจุบันตลาดน้ำพริกแกงสำเร็จรูปมีการแข่งขันสูง ผู้บริโภคมีทางเลือกในการบริโภคหลากหลาย แต่มีสินค้าจำนวนมากยังไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน

ทำให้ผู้ประกอบการต้องทำการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์และบริการ เพื่อขับเคลื่อนห่วงโซ่เครือข่ายการผลิตสมุนไพรไทยกลุ่มแปรรูปเครื่องแกงและอาหารทั่วประเทศ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น (Phongchan, 2019)

ดังนั้น ผู้ศึกษาวิจัยจึงสนใจศึกษาถึงพฤติกรรม การบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปในจังหวัด เชียงใหม่ และวิเคราะห์ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูป เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากผลการศึกษานำไปปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูป ของผู้ประกอบการ ในจังหวัดเชียงใหม่ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรในการวิจัย ครั้งนี้ คือ ประชาชนที่อาศัยในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1,789,385 คน (Ministry of Interior, 2022) กำหนดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยอ้างอิงสูตรของ Yamane (1973) โดยมีขนาดกลุ่มตัวอย่างของประชากรที่ระดับความ เชื่อมั่นร้อยละ 95 และมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ ± 5 กำหนดคุณสมบัติของผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องมี อายุตั้งแต่ 20 บริบูรณ์ขึ้นไป เนื่องจากเป็นผู้ที่บรรลุนิติภาวะ ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 สามารถคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

$$\frac{1,789,385}{1 + 1,789,385(0.05)^2} = 399.91$$

ดังนั้น จึงใช้กลุ่มตัวอย่างประมาณการ จำนวน 400 ราย มีวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มตาม ความสะดวก (Convenience sampling) โดยการแจก แบบสอบถามแก่กลุ่มตัวอย่างที่เคยซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริก แกงสำเร็จรูปเพื่อนำไปบริโภคเอง หรือประกอบอาหาร เพื่อจำหน่าย หรือเพื่อนำไปจำหน่ายต่อสามารถสร้าง

รายได้ การศึกษาวิจัยโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

ส่วนที่ 1 พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำพริก แกงสำเร็จรูป ได้แก่ ชนิดน้ำพริกแกงสำเร็จรูปที่เลือกซื้อ ช่วงเวลาในการซื้อ สาเหตุในการตัดสินใจซื้อ ปริมาณการ ซื้อ มีอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ สถานที่ที่ซื้อ ยี่ห้อ ผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปที่เลือกซื้อ สาเหตุในการ เลือกรับประทาน บุคคลที่มีอิทธิพลในการซื้อ (Kotler and Armstrong, 2011; Kotler, 1999)

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับส่วนประสมทาง การตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริก แกงสำเร็จรูป จากแนวคิดทฤษฎีส่วนประสมทาง การตลาด ประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด (Kotler and Keller, 2012)

โดยกำหนดข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วน ประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ ระดับมากที่สุด (5 คะแนน) ไปจนถึงระดับน้อยที่สุด (1 คะแนน) (Likert, 1967) ซึ่ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้รับการตรวจสอบความ เทียบตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดย พิจารณาดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม กำหนด เกณฑ์ในการคัดเลือกข้อคำถามเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งผล การหาคุณภาพพบว่า ข้อคำถามมีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ทุกข้อคำถาม จากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่ เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 30 ราย เพื่อพิจารณา คุณภาพของแบบ สอบถามในด้านความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิธีการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α) ของครอนบาค โดยควรมีค่าสัมประสิทธิ์ตั้งแต่ 0.7 ขึ้นไป (Cronbach, 1951) ซึ่งพบว่าค่าความเชื่อมั่นของ แบบสอบถามที่ใช้ในการศึกษามีค่าเท่ากับ 0.869 แสดง ว่าแบบสอบถามมีคุณภาพสามารถนำไปใช้ได้ โดยการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน

ผลการวิจัย

จากการศึกษาลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 83 มีอายุระหว่าง 41-50 ปี คิดเป็นร้อยละ 37 การศึกษาส่วนใหญ่สำเร็จระดับปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 48 มีอาชีพเจ้าของกิจการธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 41 ซึ่งมีรายได้เฉลี่ยระหว่าง 20,001-30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 42.75 (Table 1)

Table 1 Consumption behavior of ready-made curry paste products in Chiang Mai province

Consumer behavior	Number (400 people)	%
1) Type of instant curry paste to buy		
Curry paste	118	29.50
Curry paste with sauce	91	22.75
Green curry pepper	73	18.25
Hang Lay curry	48	12.00
Panang curry paste	29	7.25
Massaman curry paste	23	5.75
Orange curry	18	4.50
2) Range of purchase of ready-made curry paste products		
Frequency 1-2 times/week or less	148	37.00
Frequency 3-4 times/week	113	28.25
Frequency 5-6 times/week	98	24.50
Frequency: more than 6 times/week	41	10.25
3) Reasons for making a decision to buy instant curry paste products		
For self-consumption	189	47.25
For resale (This product can generate income for entrepreneurs)	123	30.75
To be processed (selling curry rice)	88	22.00
4) The amount of purchases of ready-made curry paste products per time		
Less than 100 grams	106	26.50
100-300 grams	123	30.75
301-500 grams	98	24.50
More than 500 grams	73	18.25

Table 1 (Continued)

Consumer behavior	Number (400 people)	%
5) Shelf life of instant curry paste products		
1 month	267	66.75
2 month	87	21.75
3 month	32	8.00
More than 3 months	14	3.50
6) Where to buy ready-made curry paste products		
Community Market/Fresh Market	213	53.25
General grocery store	104	26.00
Convenience store	21	5.25
Department Store/Supermarket	38	9.50
Souvenir / Local Products Shop	16	4.00
Others include community enterprises, housewives, etc	8	2.00
7) Which brand of instant curry paste product do you buy?		
Mae Yai Chit	81	20.25
Mae Amporn	64	16.00
Deep Lee	57	14.25
Trajan Horom	47	11.75
Nam Jai	41	10.25
Trakanokwan	37	9.25
Lobo	27	6.75
Mae Lex Subin	21	5.25
Mae Porn	17	4.25
Others include the Subin Small Mother Seal. Little Mother Mekhala Seal etc.	8	2.00
8) Reasons for choosing instant curry paste		
Delicious tasty	127	31.75
Nutritious benefits	87	21.75
Contains medicinal properties herbs	34	8.50
Convenient to cook to eat	65	16.25
Others, such as easy to cook, like spicy food	16	17.75

Table 1 (Continued)

Consumer behavior	Number (400 people)	%
9) Influential individuals buying ready-made curry paste		
Individual	123	30.75
Recommended by friends	94	23.50
Advertising media from shops such as pamphlets, vinyl signs, etc.	73	18.25
Social media	65	16.25
TV advertising	45	11.25
Total	400	100.00

พฤติกรรมผู้บริโภคผลิตภัณณ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปจังหวัดเชียงใหม่ (Table 1) พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ นิยมรับประทานชนิดพริกแกงเผ็ด คิดเป็นร้อยละ 29.50 เนื่องจากพริกแกงเผ็ดสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายชนิด เช่น แกงเผ็ด ห่อหมก ผัดพริกแกง เป็นต้น มีช่วงความถี่ในการซื้อจำนวน 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ หรือน้อยกว่า คิดเป็นร้อยละ 37.00 ปริมาณการซื้อผลิตภัณณ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปต่อครั้ง จำนวน 100-300 กรัม คิดเป็นร้อยละ 30.75 ส่วนพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อส่วนใหญ่ผู้บริโภคมีวัตถุประสงค์ตัดสินใจซื้อเพื่อนำมาประกอบอาหารรับประทานเองในครอบครัว คิดเป็นร้อยละ 47.25 เนื่องจากน้ำพริกแกงสำเร็จรูปสามารถนำมาประกอบอาหารไทยได้หลากหลายชนิด โดยการเลือกซื้อผลิตภัณณ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปที่มีอายุการเก็บรักษาระยะเวลาประมาณ 1 เดือน คิดเป็นร้อยละ 66.75 เนื่องจากส่วนประกอบของวัตถุดิบของผลิตภัณณ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปยังคงความสดใหม่ ทั้งสี กลิ่น และรสชาติ ของ

วัตถุดิบที่นำมาเป็นส่วนผสมของน้ำพริกแกงสำเร็จรูป ซึ่งส่วนใหญ่จะเลือกซื้อจากตลาดชุมชนหรือตลาดสด คิดเป็นร้อยละ 53.25 เนื่องจากตลาดชุมชนหรือตลาดสด เป็นสถานที่ที่ผู้บริโภคในท้องถิ่นจะต้องมาจับจ่ายซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคเป็นประจำทุกวัน อีกทั้งยังมีผลิตภัณณ์ชนิดอื่น ๆ ที่สามารถเลือกซื้อและนำมาเพื่อประกอบอาหารได้หลากหลาย ส่วนผลิตภัณณ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ น้ำพริกแกงตราแม่ยายจิตร คิดเป็นร้อยละ 20.25 เนื่องจากเป็นผลิตภัณณ์ที่ได้รับมาตรฐานจากองค์การอาหารและยา (อย.) ผู้บริโภคในจังหวัดเชียงใหม่ส่วนใหญ่รู้จัก จึงมีความเชื่อมั่นด้านความสะอาดและความปลอดภัย สาเหตุในการเลือกรับประทานน้ำพริกแกงสำเร็จรูป เนื่องจากเมื่อนำมาปรุงอาหารแล้วอร่อย มีรสชาติดี ถูกปากคนไทย คิดเป็นร้อยละ 31.75 ส่วนผู้ที่มีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อน้ำพริกแกงสำเร็จรูป คือ ตัวผู้บริโภคเอง เนื่องจากมีประสบการณ์โดยตรงจากการนำมาประกอบอาหาร คิดเป็นร้อยละ 30.75

Table 2 Effect of marketing mix on purchasing decisions of instant curry paste products.

Marketing Mix	Mean	S.D.	Level
1) Product	4.38	0.552	High
Product taste	4.68	0.72	High
Brand of products	4.23	0.81	High
Famous and well-known products	4.26	0.75	High
Label packaging quality	4.48	0.73	High
Product standard and quality	4.70	0.70	High
2) Price	4.19	0.531	High
Reasonable price affects the purchase decision	4.45	0.71	High
Reasonable price for the quantity of the product	4.21	0.79	High
Variety of price levels to choose from	4.02	0.93	High
Clear price tag	4.09	0.91	High
3) Distribution channel	4.12	0.571	High
Convenient location of the store	4.32	0.76	High
Multi-channel distribution	4.13	0.75	High
Proper allocation of product placement area	4.19	0.81	High
Organized product placement, easy to find	4.21	0.77	High
Can be order products online	3.91	1.11	High
Buy products near home or office	4.54	0.70	High
4) Marketing Promotion	3.93	0.702	High
Advertising via various media such as online media, Brander etc.	3.98	0.93	High
Advertising media prepared to provide clear information	3.95	0.91	High
Special items, giveaways and freebies	3.86	0.94	High
Product display and tasting at point of sale	3.82	0.89	High
Available home delivery service	3.89	0.88	High
Quality guarantee branded certified products	4.25	0.87	High
Total	4.15	0.459	High

จาก Table 2 ผลการวิเคราะห์ระดับส่วนประสมทางการตลาดของผู้บริโภคที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปในภาพรวม มีค่าเฉลี่ย 4.15 อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านของส่วนประสมทางการตลาด โดยเรียงลำดับส่วนประสมทางการตลาดจากมากไปหาน้อยพบว่า ด้านผลิตภัณฑ์มีค่าเฉลี่ย 4.38 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด มีค่าเฉลี่ย 4.19, 4.12 และ 3.93 ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าทุกด้านของส่วนประสมทางการตลาดอยู่ในระดับมาก

เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นปลีกย่อยในแต่ละด้านพบว่า มาตรฐานการรับรองและคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.70 รองลงมาคือ รสชาติของผลิตภัณฑ์ ฉลากและคุณภาพบรรจุภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จัก และตราของผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ย 4.68, 4.48, 4.26, 4.23 ตามลำดับ

ด้านราคาในภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.19 อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นปลีกย่อยในแต่ละด้านพบว่า ราคาที่เหมาะสมเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.45 รองลงมาคือ ราคาเหมาะสมกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ มีป้ายแสดงราคาที่ชัดเจน และมีความหลากหลายของระดับราคาให้เลือก มีค่าเฉลี่ย 4.21, 4.09 และ 4.02 ตามลำดับ

ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายในภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.12 อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นปลีกย่อยในแต่ละด้านพบว่า สถานที่จำหน่ายใกล้บ้านหรือที่ทำงาน เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.54 รองลงมาคือ ท่าเลที่ตั้งของร้านมีความสะดวก การจัดวางสินค้าเป็นระเบียบของได้ง่าย มีการจัดแบ่งพื้นที่การจัดวางสินค้าที่เหมาะสม มีการจัดจำหน่ายหลากหลาย

ช่องทาง และสามารถสั่งซื้อสินค้าผ่านระบบออนไลน์ มีค่าเฉลี่ย 4.32, 4.21, 4.19, 4.13 และ 3.91 ตามลำดับ

ด้านการส่งเสริมการตลาดในภาพรวม มีค่าเฉลี่ย 3.93 อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นปลีกย่อยในแต่ละด้านพบว่า มีการรับประกันคุณภาพผลิตภัณฑ์ตรารับรองเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.25 รองลงมาคือ มีการโฆษณาผ่านสื่อต่าง ๆ เช่น โทรทัศน์ วิทยุ สื่อออนไลน์ แปรนเนอร์ มีการจัดทำสื่อโฆษณาในการให้ข้อมูลข่าวสารที่ชัดเจน มีบริการจัดส่งสินค้าอำนวยความสะดวกถึงบ้าน มีการจัดรายการพิเศษแจกของแถม และมีการแสดงสินค้า ทดลองชิมสินค้า ณ จุดขาย มีค่าเฉลี่ย 3.98, 3.95, 3.89, 3.86 และ 3.82 ตามลำดับ

สรุปผลการวิเคราะห์ระดับส่วนประสมทางการตลาดที่สำคัญที่สุดของผู้บริโภค ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปในจังหวัดเชียงใหม่ โดยปัจจัยประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ได้รับมาตรฐานการรับรองและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยประสมทางการตลาดด้านราคา ได้แก่ การกำหนดราคาที่เหมาะสมกับปริมาณและสอดคล้องกับคามยินดีที่จะจ่ายของผู้บริโภค ปัจจัยประสมทางการตลาดด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ได้แก่ สถานที่การจัดจำหน่ายใกล้บ้านหรือที่ทำงานมีความสะดวกในการซื้อผลิตภัณฑ์ และปัจจัยประสมทางการตลาดด้านการส่งเสริมการตลาด ได้แก่ การโฆษณาสื่อประชาสัมพันธ์ การรับประกันคุณภาพผลิตภัณฑ์ตรารับรองด้านความปลอดภัย

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากสภาวะการณ์ปัจจุบันตลาดน้ำพริกแกงสำเร็จรูปมีการแข่งขันค่อนข้างสูงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลทำให้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องพัฒนาปรับปรุงคุณภาพ

ผลิตภัณฑ์อยู่เสมอ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเรื่อง พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปในจังหวัดเชียงใหม่ จากผลการศึกษาพบว่า ผู้บริโภคนิยมตัดสินใจซื้อน้ำพริกแกงสำเร็จรูปชนิดพริกแกงเผ็ด เนื่องจากนำมาทำอาหารได้หลากหลายชนิด โดยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอาชีพเจ้าของกิจการธุรกิจส่วนตัว อยู่ในช่วงวัยกลางคน และมีหน้าที่ทำอาหารให้คนในครอบครัวรับประทาน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานการศึกษาวิจัยของ Benjatham (2011) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภคในการซื้อน้ำพริกแกงในตลาดไท พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 41-50 ปี มีอาชีพธุรกิจ/ธุรกิจส่วนตัว มีความถี่ในการซื้อเพื่อนำไปประกอบอาหารเพื่อการบริโภคระยะเวลา 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ เพราะน้ำพริกแกงสามารถเก็บรักษาไว้ได้ หาซื้อได้ง่าย แต่จะซื้อเก็บไว้ในปริมาณไม่มากเพื่อให้ได้ความสดใหม่เสมอในการนำไปบริโภค เหตุผลในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปเกิดจากการตัดสินใจด้วยตัวเอง ซึ่งสอดคล้องกับผลงานการศึกษาวิจัยของ Puuphueng (2007) และ Benjatham (2011) เนื่องจากรสนิยมของผู้บริโภคแต่ละคนที่แตกต่างกันออกไปทำให้เกิดตัดสินใจเลือกซื้อน้ำพริกแกงในรสชาติที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังพบว่าด้านสถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปมากที่สุด คือ ตลาดชุมชน ตลาดสด เนื่องจากมีความสะดวกในการเดินเพื่อไปซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงของผู้บริโภค สอดคล้องกับผลงานการศึกษาวิจัยของ Jnakingthong *et al* (2018) โดยตลาดนัดชุมชนเป็นที่นิยมของผู้บริโภค เนื่องจากผู้บริโภคเห็นว่ามีความสะดวกในการเดินทางและมีสินค้าที่หลากหลาย ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นจะมีประเภทสินค้าแตกต่างกันไป อีกทั้งสินค้าบางชนิดมีเพียงบางฤดูกาลเท่านั้น

ส่วนผลการศึกษาการวิเคราะห์ระดับส่วนประสมทางการตลาดของผู้บริโภคที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูป พบว่าด้านผลิตภัณฑ์โดยผู้บริโภคให้ความสำคัญด้านมาตรฐานและคุณภาพของ

ผลิตภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด สอดคล้องกับผลงานการศึกษาวิจัยของ Petcharat *et al.* (2020) และ Benjatham (2011); Jnakingthong (2018) เนื่องจากน้ำพริกแกงเป็นปัจจัย พื้นฐานในการประกอบอาหารในครัวเรือน จึงถือได้ว่าน้ำพริกแกงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความจำเป็นในครัวเรือน เพื่อเพิ่มรสชาติของอาหาร ดังนั้นการได้การรับรองคุณภาพมาตรฐานของผลิตภัณฑ์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จะส่งผลต่อการยอมรับความเชื่อมั่นและความปลอดภัยจากผู้บริโภคยิ่งขึ้น รองลงมาคือ ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านราคา และด้านช่องทางการจัดจำหน่ายมีผลต่อการซื้อของผู้บริโภคอยู่ในระดับมาก

สรุปผลการวิจัย

ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปในจังหวัดเชียงใหม่ ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมชอบรับประทานผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูป ชนิดพริกแกงเผ็ด เนื่องจากสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายชนิด ส่วนพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อส่วนใหญ่เพื่อบริโภคเอง โดยนำมาประกอบอาหารรับประทานเองในครอบครัว มีปริมาณในการซื้อต่อครั้ง 100-300 กรัม ส่วนด้านความถี่ในการซื้อ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ หรือน้อยกว่า ส่วนใหญ่ผู้บริโภคมีพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปที่มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 1 เดือน เนื่องจากเห็นว่าส่วนผสมของวัตถุดิบน้ำพริกแกงยังคงความสดใหม่ โดยส่วนใหญ่จะเลือกซื้อจากตลาดชุมชนหรือตลาดสด เนื่องจากเป็นสถานที่ที่ผู้บริโภคสะดวกในการเดินทางมาจับจ่ายซื้อสินค้าอุปโภคบริโภค ตราผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ น้ำพริกแกงตราแม่ยายจิตร เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับมาตรฐานจากองค์การอาหารและยา (อย.) และเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในจังหวัดเชียงใหม่ ส่วนสาเหตุในการเลือกรับประทานน้ำพริกแกงสำเร็จรูป เนื่องจากมีรสชาติอร่อยจัดจ้านถูกปากคนไทย และส่วนผสมพืชสมุนไพรท้องถิ่นมีคุณประโยชน์หลากหลาย ส่วนผู้ที่มีอิทธิพล

ในการตัดสินใจซื้อน้ำพริกแกงสำเร็จรูป คือ ตัวผู้บริโภคเอง เนื่องจากนำมาประกอบอาหารเพื่อรับประทานโดยตรง จากผลการวิเคราะห์ส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูป ด้านการส่งเสริมการตลาดในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด และรองลงมา คือ ด้านการจัดจำหน่าย ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนประสมทางการตลาดทั้ง 4 ด้าน

ดังนั้น จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเชิงนโยบายแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานภาคเอกชนจะต้องร่วมมืออย่างบูรณาการ ในการวางแผนด้านการพัฒนาธุรกิจชุมชนและส่งเสริมผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทน้ำพริกแกงสำเร็จรูป ให้ได้รับมาตรฐานการรับรองและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งควรมีส่วนร่วมในการจัดโครงการกิจกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะและการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ด้านการส่งเสริมการตลาด ให้มีความหลากหลาย ควรเพิ่มช่องในการสื่อสาร ด้านการส่งเสริมทางด้านการตลาดทั้งช่องทางออฟไลน์และออนไลน์ให้มากขึ้น มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค เสนอแนะให้มีการจัดโครงการฝึกอบรมทักษะเชิงปฏิบัติการสู่การเป็นผู้ประกอบการอย่างมืออาชีพ สู่การสร้างอาชีพสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนต่อไป อีกทั้งควรมีการส่งเสริมการยกระดับตลาดสดหรือตลาดนัดชุมชน ให้ได้มาตรฐานความสะอาดและความปลอดภัย เพื่อสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยเรื่อง พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงสำเร็จรูปในจังหวัดเชียงใหม่ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง การยกระดับศักยภาพการแข่งขันของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปอาหารจากภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่เศรษฐกิจสร้างสรรค์เพื่อความมั่นคงทางอาหาร จังหวัดแม่ฮ่องสอน ประจำปี 2567 โดย

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ และคณะกรรมการจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Benjatham, J. 2011. **Marketing Factors Influencing Consumers' Decision-Making Process in Purchasing Curry Paste in Talad Thai.** Master Thesis. Rajamangala University of Technology Thanyaburi. 183 p.
- Cronbach, L. 1951. Coefficient Alpha and the Internal Structure of tests. **Psychometrika.** 16(1951): 297-334.
- Foundation for Consumers. 2024. **Thai food: Thai herbs.** [Online]. Available <https://www.consumerthai.org/data-storage/247-infomation/datafood/2396-2009-10-27-04-09-13.html>. (February 8, 2024). [in Thai]
- Jnakingthong, W., P. Thongtrachou, N. Sakunchannarong, N. Hemman, T. Tangruijul and S. Prabrat. 2018. Consumer Behavior toward Thai Tammuang Curry Paste Ban Thung Chumphon Pattana, Lan Khoi Subdistrict, Pa Phayom District Phatthalung Province. pp. 851-859. *In The 8th Hat Yai National and International Academic Conference.* Songkhla: Hat Yai University. [in Thai]

- Kotler, P. 1999. **Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation and Control**. 9th Edition. New Jersey: Prentice Hall College Inc. 837 p.
- Kotler, P. and G. Armstrong. 2011. **Principles of Marketing**. 14th Edition. New Jersey: Prentice Hall. 740 p.
- Kotler P. and K. Keller. 2012. **Marketing Management**. 14th Edition. New Jersey. Pearson Education Limited. 812 p.
- Likert, R. 1967. The Method of Construction an Attitude Scale. 499 p. *In* Fishbein M. (Ed.). **Reading in Attitude Theory and Measurement**. New York: John Wiley & Son.
- Ministry of Interior. 2022. **The number of people throughout the Kingdom: according to the evidence of the civil registration** [Online]. Available <https://dopa.go.th/news/cate1/view8263> (July 1, 2022). [in Thai]
- Pattanvongngam, S. 2017. A community market, strength of economic foundation and a starting point of logistics process at the community level: a case study of community market at Chachoengsao Municipal Stadium, Mueang Chachoengsao district, Chachoengsao province, Thailand. **Journal of Modern Management Science** 10(2): 197-212. [in Thai]
- Petcharat, S., N. Raoprud, K. Sriyom and F. Sacha. 2020. Consumption Behavior of Curry Products of People in Songkhla Province. pp. 826-840. *In* **The 11th National and International Academic Hat Yai Conference**. Songhla: Hatyai University. [in Thai]
- Phongchan S. 2019. SME Bank wings the curry business with innovation. **Post Today**. [Online]. Available <https://www.posttoday.com/business/586245> (February 8, 2024). [in Thai]
- Puuphueng, T. 2007. **Factors Affecting Consumers' Purchasing Selection of Curry Paste Products. in the District of Serm Ngam Lampang Province**. Master Thesis. Maejo University. 87 p. [in Thai]
- Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis**. 3rded. New York: Harper and Row. 1130 p.

การสร้างเส้นทางท่องเที่ยวบนพื้นฐานทุนทางวัฒนธรรมชุมชนข้าวเหนียวนครพนม

Creating Culture Tourism Routes Based on the Cultural Heritage

A Case Study Glutinous Rice Communities in Nakhon Phanom

พัชชา เศรษฐากา¹ กุลวดี แก้วก่า¹ มยุรกาญจน์ เดชกุนชร¹ ลักษณะวดี ทรายขาว² กรรณิการ์ ฌโนมสิทธ์²
ธัญลักษณ์ เมืองโคตร³ เปรมฤดี จิตรเกื้อกุล³ และบุษกร ครจางค์^{3*}

Patcha Sattaka¹, Kunwadee Kaewka¹, Mayoonkarn Dechkunchorn¹, Laksanawadee Saikhao²

Kannikar Thanomsith², Thanyalak Mueangkhhot³, Premruedee Jitkuekul³

and Butsakorn Khornjamnong^{3*}

¹คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร 47000

²คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร 47000

³คณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร 47000

¹Faculty of Natural Resource and Agricultural Industry, Kasetsart University Chalermprakiat

Sakon Nakorn Campus, Sakon Nakorn, Thailand 47000

²Faculty of Science and Engineering, Kasetsart University Chalermprakiat Sakon Nakorn Campus, Sakon Nakorn, Thailand 47000

³Faculty of Arts and Management, Kasetsart University Chalermprakiat Sakon Nakorn Campus, Sakon Nakorn, Thailand 47000

*Corresponding author: butsakorn.k@ku.th

Received: June 16, 2024

Revised: December 09, 2024

Accepted: January 15, 2025

Abstract

Creating tourism routes based on cultural heritage, a case study of a glutinous rice community in Nakhon Phanom, province, aimed to study the potential of glutinous rice communities in Nakhon Phanom province to develop cultural tourism routes linking significant tourist attractions in Nakhon Phanom province. This qualitative research employed participatory observation, in-depth interviews, and focus group discussions to identify glutinous rice-producing communities with potential for cultural tourism. The research aimed to uncover tourism activities that showcased local identity and characteristics. The study resulted in 3 prominent community tourism sites showcasing glutinous rice culture included the Na Thon Subdistrict Cultural Tourism Community, the Ban Na Lom Sweet Rice Community Enterprise, and the Ton Phueng Subdistrict Rice Processing Community Enterprise (Khao Suk). Focus group interviews were conducted to develop tourism routes based on the values of “Belief, Religion, Food, and Cultural Inheritance of Nakhon Phanom People”, which comprised two main paths: “Worshipping Phra That Phanom, Visiting Tribal Culture” and “Wisdom of the Mekong River Naga”.

In order for tourism to enhance the economic potential in the context of the community, the project aimed to enhance the participation of community members, supported the management system of community products and transferred knowledge according to the needs of the areas, generated income from glutinous rice products such as Khao Mao cupcakes, organic brown rice, rice straw-dyed fabric, etc.

Keywords: tourism routes, cultural tourism, glutinous rice community, Nakhon Phanom

บทคัดย่อ

การสร้างเส้นทางการท่องเที่ยวบนพื้นฐานทุนทางวัฒนธรรมชุมชนข้าวเหนียวนครพนม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของชุมชนข้าวเหนียวในจังหวัดนครพนม เพื่อพัฒนาให้เกิดเส้นทางท่องเที่ยววัฒนธรรม เชื่อมโยงกับแหล่งท่องเที่ยวสำคัญในจังหวัดนครพนม จากต้นทุนทางวัฒนธรรมข้าวเหนียว เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Observation participation) การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) และการสัมภาษณ์กลุ่ม (Focus group) เพื่อค้นหาชุมชนผู้ผลิตข้าวเหนียว ที่มีศักยภาพด้านการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม มีกิจกรรมการท่องเที่ยวแสดงถึงอัตลักษณ์ท้องถิ่น ผลการศึกษาได้พื้นที่ชุมชน จำนวน 3 แห่ง ได้แก่ 1) ชุมชนท่องเที่ยววัฒนธรรมตำบลนาถ่อน 2) วิสาหกิจชุมชนข้าวเม่านานบ้านนาล้อม 3) วิสาหกิจชุมชนการแปรรูปข้าวตำบลดันผึ่ง (ข้าวสุข) ดำเนินการสัมภาษณ์กลุ่ม (Focus group) เพื่อจัดทำเส้นทางท่องเที่ยวจากคุณค่าด้าน “ความเชื่อ ศาสนา ข้าว ปลาอาหาร สืบสานวัฒนธรรม ชาวนนครพนม” ได้เส้นทางท่องเที่ยวจำนวน 2 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทาง “นมัสการพระธาตุพนม เยี่ยมชมวัฒนธรรมชนเผ่า” และเส้นทาง “ภูมิปัญญา นาคาลุ่มน้ำโขง”

เพื่อให้การท่องเที่ยวช่วยเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจบนฐานบริบทของชุมชน คณะทำงานมุ่งเสริมสร้างการมีส่วนร่วมของสมาชิกในชุมชน หนุนเสริมระบบการบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีมาตรฐาน

และถ่ายทอดความรู้ตามความต้องการของพื้นที่ สร้างรายได้จากผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวเพื่อจำหน่ายในกิจกรรมการท่องเที่ยว เช่น คัพเค้กข้าวเม่า ข้าวกล้องอินทรีย์ ผ้าย้อมสีฟางข้าว เป็นต้น

คำสำคัญ: เส้นทางการท่องเที่ยว การท่องเที่ยว วัฒนธรรม ชุมชนข้าวเหนียว นครพนม

คำนำ

การขยายตัวด้านการท่องเที่ยวมีบทบาทสำคัญต่อการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศไทย สามารถสร้างรายได้ สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจนำความเจริญไปสู่ภูมิภาค ช่วยกระตุ้นให้เกิดการนำทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการผลิตสินค้า ส่งผลให้เกิดการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจ (Jatuporn, 2021) แม้ว่าประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่ม (Destination) อันดับต้นของโลก แต่นักท่องเที่ยวมักจะรู้จักเพียงแค่เมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพฯ เชียงใหม่ ภูเก็ต ที่มีรูปแบบสถานที่ท่องเที่ยว (Attraction) คล้ายกัน ดังนั้นการพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยว “เมืองรอง” หรือเมืองที่ยังมีนักท่องเที่ยวต่ำกว่า 4 ล้านคนต่อปีจึงมีความจำเป็น จากแนวคิดการพัฒนาดังนี้ 1) Local experience ให้ประสบการณ์ที่ลงลึกในระดับวิถีชุมชน 2) Future challenge มีโอกาส ต่อยอด พัฒนาเต็มเต็มศักยภาพในอนาคต 3) Connecting เชื่อมโยงเมืองใหญ่ ผูกกับกำลังเมืองเล็กและเชื่อมต่อกับเพื่อนบ้าน ซึ่งจังหวัดเมืองรอง

ทั่วประเทศ มีทรัพยากรการท่องเที่ยวที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นประเพณีและวัฒนธรรม วิถีชีวิตความเป็นอยู่ ที่มีความโดดเด่นและจุดดึงดูดทางการท่องเที่ยวแตกต่างกันออกไป (TAT Intelligence Center, 2004)

จังหวัดนครพนมเป็นหนึ่งในเมืองรอง ตั้งอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย มีพื้นที่อยู่ในเขตชายแดนตามแม่น้ำโขง มีพรมแดนติดต่อกับแขวงคำม่วน และแขวงบรีคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำนามากกว่า 95,000 ครัวเรือน มีผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นที่มีชื่อเสียงมากมาย เช่น เครื่องจักสาน ส้มปลาโด กาละแม รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเหนียว เช่น เหล้าอู ข้าวเม่าหวาน เป็นต้น จังหวัดนครพนมมีสถานที่ท่องเที่ยวธรรมชาติหลายแห่ง ได้แก่ ภูสิงกา น้ำตกตาดขาม น้ำตกตาดโพ หาดดอนแพง ดานสาวคอย และหาดเห่ เป็นต้น ส่วนแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ที่สำคัญ ได้แก่ พระธาตุพนม พระธาตุท่าอุเทน พระธาตุเรณูนคร พระธาตุประสิทธิ์ พระธาตุุมหาชัย รอยพระพุทธบาทเวินปลา เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมภูไท เมืองเรณูนครของชาวภูไท ที่ยังคงรักษาขนบธรรมเนียมประเพณี การฟ้อนรำภูไท การบายศรีสู่ขวัญ การเลี้ยงอาหารแบบพาแลง การชวนดูตุง และสินค้าพื้นเมือง โดยที่ข้าวเหนียวเป็นส่วนสำคัญในขนบธรรมเนียมของชาวนครพนมมาอย่างช้านาน

นครพนมมีเป้าหมายการพัฒนาจังหวัดเป็นเมืองน่าอยู่ ประตุเศรษฐกิจสู่อนุภูมิภาคุ่มแม่น้ำโขง ด้วยการพัฒนาคุณภาพการท่องเที่ยวและบริการ การพัฒนาการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การพัฒนาสังคมและคุณภาพชีวิตเพื่อสร้างความสุขอย่างยั่งยืน การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน เป็นต้น จังหวัดนครพนมมีพื้นที่ทั้งหมด 3,474,437 ไร่ วิถีชีวิตของชาวนครพนมมีความผูกพันกับวัฒนธรรมเกษตร โดยเฉพาะการปลูกข้าว มีพื้นที่ข้าวจ้านปี 797,180 ไร่ ผลผลิต 365 กก./ไร่ พื้นที่ปลูกข้าวเหนียวนาปี 544,981 ไร่

ผลผลิต 375 กก./ไร่ การปลูกข้าวแต่ละชนิดได้รับผลกระทบทางลบต่อภัยพิบัติที่ส่งผลต่อผลผลิตต่อไร่ เห็นได้จากการผลิตข้าวเหนียวนาปีมีพื้นที่การปลูกและผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ลดลงจากปัญหาภัยธรรมชาติ (Nakhon Phanom Provincial Office, 2021) ทั้งนี้ การจัดการระบบการผลิตที่ดีสามารถเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นได้ ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การยกระดับสู่มาตรฐานการผลิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวเหนียว การเพิ่มช่องทางการตลาดข้าวเหนียว และการพัฒนาศักยภาพชุมชนข้าวเหนียวสู่แหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม (Sattaka et al., 2013) จากนโยบายการพัฒนาการท่องเที่ยวและการพัฒนาการอุตสาหกรรมเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของจังหวัดนครพนม ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงและรวดเร็ว ทำให้ชุมชนเกษตรต้องปรับตัวให้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงเพื่อความมั่นคงทางอาชีพ รายได้ และคุณภาพชีวิตที่ดี บนพื้นฐานทรัพยากรธรรมชาติและภูมิปัญญาท้องถิ่น

เมื่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเริ่มเข้ามามีบทบาทในสังคมวัฒนธรรมท้องถิ่น อันเกิดจากวิถีและค่านิยมทางการท่องเที่ยวให้ความสำคัญกับการท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมเพิ่มขึ้น นักท่องเที่ยวมุ่งแสวงหากิจกรรมการท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมเพื่อเรียนรู้วิถีชีวิตในรูปแบบดั้งเดิม หากมีการนำทรัพยากรการท่องเที่ยวที่มีต้นทุนทางวัฒนธรรมมาเป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตในชุมชน จะช่วยส่งผลให้ชีวิตความเป็นอยู่ของคนในชุมชนนั้นดีขึ้น ทั้งมีส่วนสำคัญที่จะช่วยให้คงไว้ซึ่งวิถีชีวิตวัฒนธรรมดั้งเดิมสืบต่อไปยังรุ่นลูกหลาน การส่งเสริมการท่องเที่ยวชุมชนและการพัฒนาตลาดวัฒนธรรมข้าวเหนียวสู่การยกระดับเศรษฐกิจฐานรากในจังหวัดนครพนม เพื่อเป็นการพัฒนาชุมชนตามศักยภาพให้เกิดการเชื่อมโยงกับแหล่งท่องเที่ยวสำคัญในจังหวัดนครพนม เป็นการวิจัยที่ตอบสนองต่อความต้องการของชุมชน สอดคล้องกับนโยบายจังหวัดและนโยบายประเทศ ในการยกระดับเศรษฐกิจฐานราก ที่มีนโยบายส่งเสริม

การตลาดท่องเที่ยวภายในประเทศโดยการมุ่งเน้นการพัฒนาและการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่สินค้าและบริการท่องเที่ยว ภูมิปัญญาท้องถิ่น และชุมชนท่องเที่ยว (The Tourism Authority of Thailand, 2024) โดยการยกระดับข้าวเหนียว ซึ่งเป็นสินทรัพย์ทางชีวภาพและทางวัฒนธรรมของชุมชน พัฒนาสินค้าและบริการท่องเที่ยวตามเอกลักษณ์ของพื้นที่ให้มีมูลค่าเพิ่ม (Value added) เพื่อเพิ่มช่องทางการตลาด และสร้างเศรษฐกิจชุมชนให้มีความมั่นคงและมีรายได้เพิ่มขึ้น เพื่อให้การท่องเที่ยวเป็นหลักในการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชนให้เติบโตอย่างเข้มแข็งและยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของชุมชนข้าวเหนียวในจังหวัดนครพนม เพื่อพัฒนาให้เกิดเส้นทางท่องเที่ยววัฒนธรรมเชื่อมโยงกับแหล่งท่องเที่ยวสำคัญในจังหวัดนครพนม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ กำหนดขอบข่ายพื้นที่วิจัยครอบคลุมจังหวัดนครพนม มีรายละเอียดดังนี้

การสำรวจข้อมูลขั้นพื้นฐาน

การเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) จากการศึกษาเอกสารข้อมูลพื้นฐานของชุมชนข้าวเหนียวและข้อมูลพื้นฐาน

จังหวัดนครพนม การเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าว ได้ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนและชุมชนข้าวเหนียวในพื้นที่จังหวัดนครพนม จำนวน 18 ชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากสำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครพนม

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) โดยสำรวจผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนข้าวเหนียวในพื้นที่จังหวัดนครพนม จำนวน 18 แห่ง ด้วยการสังเกต (Observation) โดยใช้แบบสังเกต (Observation form) การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) (Table 1)

การคัดเลือกผู้ให้ข้อมูล (Key informants)

ดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) โดยใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview) คัดเลือกผู้ให้ข้อมูล (Key Informants) จากผู้ประกอบการผลิตข้าวเหนียวในชุมชนสมาชิกชุมชน หรือวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกข้าวเหนียวในพื้นที่จังหวัดนครพนมจำนวน 18 ชุมชน (Table 1) ผู้แทนชุมชนที่ถูกคัดเลือกดังกล่าว จะต้องเป็นกลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่สามารถให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับศักยภาพการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชุมชน มีส่วนเกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยววิถีชุมชน ได้แก่ ผู้นำชุมชนและสมาชิกกลุ่ม ผู้นำกิจกรรม ฯลฯ ที่สามารถเป็นตัวแทนและให้ข้อมูลได้ครบถ้วนและสมบูรณ์ที่สุด (Table 1)

Table 1 Primary data collection process

Method and data collection	Tool	Sample group	Data analysis
Observation participation	Observe the sticky rice production process, note the number of tourists visiting the area	18 glutinous rice communities in Nakhon Phanom province	Observation form, Content analysis
In-depth interview	Semi-structure Interviews questionnaire	18 glutinous rice community leaders in Nakhon Phanom province	Content analysis
Focus group interview	Design questions in line with the study objectives	Representatives of government and non-government organizations involved in tourism in Nakhon Phanom province separate into two groups, 3-5 people per group	Content analysis

ดำเนินการสนทนากลุ่ม (Focus group interview)

การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Data triangulation) ใช้ในการตรวจสอบว่าข้อมูลเรื่องเดียวกันจากหลายแหล่งได้ข้อมูลเดียวกัน โดยจัดดำเนินการสนทนากลุ่ม (Focus group interview) (Table 1) โดยแบ่งผู้แทนหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้แทนสำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม ผู้แทนสำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครพนม ผู้แทนสำนักงานท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดนครพนม ผู้แทนการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยจังหวัดนครพนม ผู้แทนสำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดนครพนม ผู้พัฒนาชุมชนจังหวัดนครพนม ฯลฯ ออกเป็นจำนวน 2 กลุ่ม ทำการคัดเลือก

ข้อมูลชุมชน หรือวิสาหกิจชุมชนที่มีความพร้อมในการพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมจากการเก็บข้อมูลข้างต้น โดยใช้หลักเกณฑ์การประเมินพื้นที่เพื่อการท่องเที่ยวในท้องถิ่นหรือชุมชน ซึ่งประกอบด้วย มีทรัพยากรการท่องเที่ยวที่ดี มีความน่าสนใจ สามารถพัฒนาเป็นเขตพื้นที่เพื่อการท่องเที่ยวในท้องถิ่นหรือชุมชนได้ มีแผนงานในการจัดให้มีผู้นำเที่ยวที่มีคุณภาพสามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้ มีการรวมกลุ่มบริหารจัดการอย่างมีส่วนร่วมของคนในท้องถิ่น มีการบริการที่มีการจัดการอย่างมีแบบแผนและมีกระบวนการที่ดี ฯลฯ (Department of Tourism, 2024) และข้อมูลอื่น ๆ จากการลงพื้นที่ได้พื้นที่ตัวอย่างเพื่อเป็นกรณีศึกษา ในการ

ดำเนินงานเพื่อการพัฒนาศักยภาพพื้นที่ เพื่อหนุนเสริมการท่องเที่ยว ได้แก่ ชุมชนท่องเที่ยววัฒนธรรมตำบลนาถ่อน วิสาหกิจชุมชนข้าวเม่าหวานบ้านนาล้อม วิสาหกิจชุมชนการแปรรูปข้าวตำบลต้นผึ้ง (ข้าวสุข)

สร้างเส้นท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียวจังหวัดนครพนม บนพื้นฐานทุนทางวัฒนธรรมชุมชนข้าวเหนียว

ดำเนินการจัดการสนทนากลุ่ม (Focus group interview) จากผู้แทนหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดแนวทางท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียวจังหวัดนครพนม บนหลักการ 1) อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับแลนด์มาร์คแหล่งท่องเที่ยวสำคัญในจังหวัดนครพนม 2) พัฒนาเศรษฐกิจฐานภูมิปัญญาและความหลากหลายทางชีวภาพ 3) มีองค์ประกอบสนับสนุนทางการท่องเที่ยว และ 4) สามารถพัฒนาองค์ความรู้ชุมชน โดยมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวบนพื้นฐานภูมิปัญญาท้องถิ่น ทั้งผลิตภัณฑ์อาหารและไม้ซ้ออาหาร เพื่อสนับสนุนกิจกรรมการท่องเที่ยวได้ จากนั้นดำเนินการวางแผนหนุนเสริมการท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียวจังหวัดนครพนม

ดำเนินการวางแผนหนุนเสริมการท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียวจังหวัดนครพนม

เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด คณะทำงานดำเนินการวางแผนหนุนเสริมการท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียว จังหวัดนครพนม ด้วยการถ่ายทอดความรู้เชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมให้สอดคล้องกับปัญหาและความต้องการ จัดกิจกรรมหนุนเสริมการท่องเที่ยว และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อหนุนเสริมการท่องเที่ยว ทำการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการท่องเที่ยว โดยนำหลักการ CDIO (Conceive-Design-Implement และ Operating) และ Tailor-Made ที่มุ่งเน้นการคิดวิเคราะห์และกำหนดปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหา ทำการประยุกต์หรือแก้ไขปัญหามาสามารถพัฒนาและควบคุมระบบการดำเนินการได้อย่าง

เหมาะสม จนได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์จากข้าวเหนียวเพื่อหนุนเสริมการท่องเที่ยว รวมถึงการพัฒนาตลาดวัฒนธรรมข้าวเหนียว โดยจัดทำฐานข้อมูลรวบรวมผลิตภัณฑ์ สินค้า ของใช้ ให้ข้อมูลเกี่ยวกับของที่ระลึกที่เกี่ยวข้องกับข้าวเหนียวบนเว็บไซต์ <http://riceproductshop.com/> และสร้าง Content marketing เพื่อการท่องเที่ยวและผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนาขึ้นมา

ผลการวิจัย

การศึกษา “เรื่องการสร้างเส้นทางการท่องเที่ยวบนพื้นฐานทุนทางวัฒนธรรมชุมชนข้าวเหนียวนครพนม” เพื่อพัฒนาให้เกิดเส้นทางที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นเส้นทางท่องเที่ยวเชื่อมโยงเครือข่ายชุมชนข้าวเหนียวจังหวัดนครพนม และการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวบนพื้นฐานภูมิปัญญาท้องถิ่นท่องเที่ยว สามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

ชุมชนที่ได้รับการคัดเลือก

1. ชุมชนท่องเที่ยววัฒนธรรมตำบลนาถ่อน

บ้านนาถ่อน อำเภอธาตุพนม เป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ตามเส้นทางพระธาตุพนมกับตัวเมืองนครพนม เป็นพื้นที่แห่งความศรัทธาสืบต่อกันมา พื้นที่มีการปลูกข้าวเหนียวหอมราคา ข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์ส่งเสริม ด้วยระบบการปลูกแบบอินทรีย์ เมื่อมาเยือนนาถ่อนแหล่งท่องเที่ยววัฒนธรรม โดยมีความเชื่อที่ต้องไม่พลาดคือ ศาลปู่ตาแสง (งานไหว้ปู่ตาแสงนาถ่อน) สถานที่ศักดิ์สิทธิ์ของบรรพบุรุษชุมชนไทกวน เป็นพื้นที่พิธีกรรมและการสะท้อนอัตลักษณ์ชนเผ่าไทกวนที่โดดเด่นมาก การบวงสรวงนี้มีมานานกว่า 200 ปี ในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายนของทุกปี หรือในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวข้าวงานบวงสรวงจะมีเครื่องเซ่นไหว้ ข้าวสาร ข้าวสุก หัวหมู ผลไม้ตามฤดูกาลชุมชน เพื่อเป็นสิริมงคล ขอพรจตุรพักตรพิมาน ชุมชนนาถ่อนมีความเข้มแข็ง มีความโดดเด่นในการรักษาขนบธรรมเนียมประเพณีวัฒนธรรม

ท้องถิ่นโดยเฉพาะวัฒนธรรมงานบวงสรวง การแต่งกาย ชาวไทกวน ชาวนาถ่อนยังสืบสานวิถีการดำรงชีวิต คนสร้างมิด คนทอผ้าโบราณ การทอผ้าซิด มีคนสนใจจากใน และต่างประเทศไปเรียนรู้กระบวนการย้อมและทอผ้าที่บ้านดงยอ ผ้าทอที่สะท้อนลวดลายการทอและสีสันทจากการย้อมผ้า โดยเฉพาะการย้อมผ้าทอสีธรรมชาติและสีเหลืองทองจากฟางข้าวจากการส่งเสริมส่งเสริมและพัฒนานวัตกรรม หนุนเสริมความมั่นคงรุ่งเรืองสำหรับผู้ทอและผู้ใช้

นอกจากนี้ยังสามารถเรียนรู้วิถีการตีเหล็ก ตีมีด ตีดาบ ที่หาได้ยากในปัจจุบัน ด้วยวิถีการตีเหล็กแบบ สืบทอดกันมาจากโบราณ สำหรับนักท่องเที่ยวที่ต้องการเติมเต็มด้วยการผ่อนคลาย สามารถใช้บริการนวดเท้าห้องแพ ห้วยบังฮวก ด้วยครีมน้ำมันข้าวและสมุนไพรไทย ดังนั้น เพื่อตอบโจทย์คนที่ **ศรัทธา บุญ กรรม ความเชื่อ** ดั้งเดิม คนถิ่นอีสาน การรำยาบวงสรวง วัฒนธรรม ประเพณี วิถี การดำเนินการชีวิตตามอัตลักษณ์คนโบราณ เรียนรู้ได้ ณ นาถ่อนนครพนม ในรูปแบบท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม Culture ทำบุญไหว้พระรับพร สักการะบูชาเทพและ สิ่งศักดิ์สิทธิ์ ณ ปู่ตาแสงนาถ่อน ผ่อนคลายด้วยการนวด สมุนไพรแพรมน้ำลำห้วยบังฮวก ลำห้วยเชื่อม ต่อมคำชา ข้าวเหนียวหอมราคา เรียนรู้ทักษะชนเผ่าไทกวน ทอผ้าซิด ย้อมสีฟางข้าว และตีเหล็กโบราณ คนส่วนใหญ่ จะขอพรองค์พระธาตุพนม ตามด้วยขอพรศาลปู่ตาแสง ในเส้นทางเดียวกัน เรียนรู้เรา ณ บ้านนาถ่อน จังหวัด นครพนม (เมืองข้าวเหนียวลุ่มน้ำโขง)

จากกรณีศึกษาชุมชนท่องเที่ยววัฒนธรรมตำบล นาถ่อนจากสมาชิกห้างหุ้นส่วนจำกัดแปลงใหญ่วิสาหกิจ ชุมชนผลิตข้าวอินทรีย์ดงยอ ก่อนการเข้าร่วมการวิจัย เกษตรกรผลิตข้าวด้วยระบบเกษตรแบบทั่วไป ระบบ GAP และระบบอินทรีย์ โดยมีต้นทุนการผลิต 4 บาท/กก. ผลผลิต 500 กก./ไร่ หลังเข้าร่วมโครงการเกษตรกรผลิต ข้าวด้วยระบบเกษตร GAP และระบบอินทรีย์ โดยมี ต้นทุนการผลิต 4 บาท/กก. ผลผลิต 550 กก./ไร่ โดย

ผลผลิตข้าวเหนียวที่เพิ่มขึ้นเป็นผลผลิตจากข้าวเหนียว หอมราคา เมื่อเข้ายกระดัดเข้าสู่มาตรฐานรายได้เพิ่มขึ้น 10% ต่อครัวเรือน ในการแปรรูปข้าวเหนียวแต่เดิม แปรรูป เป็องตันเป็นข้าวกล้องรายได้หลังหักต้นทุน 6,600 บาท/ไร่ อัตราส่วนรายได้ที่เพิ่มขึ้น 30% และเมื่อเข้าสู่ กิจกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว รายได้จากการ จำหน่ายข้าว ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้อง และรายได้จากการ ขายฝ้ายย้อมสีฟางข้าว ที่มีทั้งตลาดภายในและมีการสั่งซื้อ จากชาวไต้หวันที่มาท่องเที่ยว ทำให้มีรายได้หลังจาก หักต้นทุนจำนวน 12,490 บาท/หน่วย อัตราส่วนรายได้ ที่เพิ่มขึ้น 89%

นอกจากนี้ในการผลิตข้าวของชุมชนก่อนการ ดำเนินโครงการ ชุมชนยังขาดกิจกรรมการผลิตที่เป็นมิตร ต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อเข้าร่วมโครงการแล้วชุมชนได้เรียนรู้ การผลิตข้าวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้มาตรฐานการ ผลิตกำกับ การใช้แผนผังในการผลิตข้าว และได้รับ คัดเลือกให้เป็นชุมชนต้นแบบเข้าร่วมโครงการชุมชน ท่องเที่ยวคาร์บอนต่ำของจังหวัดนครพนม จากการ ดำเนินการถ่ายทอดความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเป็น กิจกรรมส่งเสริมการท่องเที่ยวและเป็นของฝาก ของ ที่ระลึกจากฐานชุมชนเดิมที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว โดยชุมชน สามารถต่อยอดความรู้สู่การใช้ประโยชน์ และมีผู้ประกอบการ ในพื้นที่สนใจเข้าร่วมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ นอกจากนี้ภาคี เครือข่ายในท้องถิ่นได้ต่อยอดนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ องค์การบริหารส่วนตำบลนาถ่อน จัดฝึกอบรมการ ทำสบู่สครับน้ำมันข้าว และครีมน้ำมันข้าว ให้แก่ผู้สนใจ เพิ่มเติมจำนวนกว่า 30 คน มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ต่อยอดการย้อมสีธรรมชาติและสอนมัดหมี่ และเกิดวิทยาการ ชุมชนในการถ่ายทอดความรู้ด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์สบู่ และครีมน้ำมันข้าวแก่ผู้เข้าร่วมโครงการพัฒนาอาชีพเสริม เพิ่มรายได้ให้ชุมชนดีพร้อม (อาชีพดีพร้อม) จำนวนกว่า 200 ท่าน จัดโดยกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม และมี นักท่องเที่ยวประสานเข้าเยี่ยมชมทั้งที่ติดต่อชุมชน โดยตรง และติดต่อผ่านผู้แทนและองค์กรท้องถิ่นในชุมชน

2. วิสาหกิจชุมชนข้าวเม่านานบ้านนาล้อม

บ้านนาล้อม ตามรอยเรียกภาษาโบราณว่า เมืองนาล้อม เป็นชุมชนตั้งอยู่ในอำเภอนาโพธิ์ จังหวัดนครพนม มีประเพณีเทศกาลบุญกฐินกินข้าวเม่า ที่สืบทอดกันมาแต่โบราณ ทำให้เมืองนาล้อมนี้โดดเด่นเรื่องการทำข้าวเม่าข้าวเหนียว ข้าวเม่านาล้อมนครพนม จะทำเฉพาะฤดูนาปีเป็นข้าวเม่าจากข้าวสายพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ส่งเสริม ซึ่งสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น จากรุ่นสู่รุ่นที่ปู่ย่าตาทวดได้เก็บพันธุ์ข้าวไว้ให้เป็นมรดกแก่ลูกหลานมายาวนาน การทำข้าวเม่าตามฤดูกาลกลายเป็นผลลัพธ์ที่ได้ข้าวเม่าคุณภาพดีเยี่ยม เพราะระบบนิเวศนาข้าวมีความสมบูรณ์ ข้าวออกงาม ข้าวเต็มเม็ด หอม และส่งผลให้ข้าวเม่าขายได้ราคาดี การท่องเที่ยวเรียนรู้ชาวนาล้อมนครพนม ในแบบอย่าง Ecosystem ถึงความใส่ใจในความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติของท้องนา ชุมชนนาล้อมนครพนมปลูกข้าวด้วยแปลงอินทรีย์ ยังคงรักษาไว้ด้วยมรดกกระบวนการทำข้าวเม่าแบบดั้งเดิม เพื่อจะได้ข้าวเม่าคุณภาพดี และส่งต่อบุญข้าวเม่า ข้าวเหนียวหนึ่ง ข้าวหลามเฒ่า ด้วยการทำโรงทาน ทำบุญกฐิน ในวัดพระธาตุโพธิ์สวรรค์ (วัดประชาสามัคคี) อันเป็นวัดพระธาตุที่เก่าแก่โบราณประจำนาล้อม ในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมของทุกปี ปัจจุบันชาวนาล้อมนครพนมได้สานต่อแนวคิด Ecosystem ด้วยการเติมแต่งนาให้มีสีสันสวยงามผ่านการปลูกดอกคอสมอส หรือดอกดาวกระจายท้องนา และปลูกแปลงผักปลอดภัยตามแนวทางโภชนาการอาหารท้องทุ่งนา ชุมชนเลือกปลูกดอกดาวกระจายลงท้องทุ่งนาด้วยเหตุผล คือ เป็นพืชที่เติบโตเร็วแข่งกับวัชพืชในทุ่งนาได้ดี ทำให้ลดขั้นตอนการกำจัดวัชพืช เหมาะสำหรับการปลูกดอกไม้ที่ช่วยเพิ่มสีสันให้ทุ่งนา ตอบโจทย์คนที่ต้องการ **เปลี่ยนบรรยากาศคนเมือง Work from Home สู่การเที่ยววิถีธรรมชาติ Ecosystem** ทานข้าวเม่าปลอดภัย ข้าวหนึ่งหอม ข้าวหลามอร่อย สไตส์คนรักธรรมชาติบ้านนา ปันจักรยานขึ้นชมทุ่งดอกดาวกระจาย นั่งรถไถนา อบอุ่นคนต้อนรับ

จากชาวเกษตรกรข้าวเหนียวนาล้อม เรียนรู้เรา ณ บ้านนาล้อม โพธิ์สวรรค์ จังหวัดนครพนม (เมืองข้าวเหนียวลุ่มน้ำโขง)

จากกรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนข้าวเม่านานบ้านนาล้อม แต่เดิมเกษตรกรผลิตข้าวด้วยระบบเกษตรแบบทั่วไป ระบบ GAP และระบบอินทรีย์ โดยมีต้นทุนการผลิต 4 บาท/กก. ผลผลิต 500 กก./ไร่ หลังได้รับการส่งเสริมด้านการพัฒนาการผลิตข้าวด้วยระบบเกษตร GAP และระบบอินทรีย์ให้มีศักยภาพมากขึ้น พบว่าเกษตรกรมีต้นทุนการผลิต 4 บาท/กก. ผลผลิต 550 กก./ไร่ และรายได้เพิ่มขึ้น 10% ต่อครัวเรือน ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องและข้าวเม่าแต่เดิม มีรายได้หลังหักต้นทุน 9,600 บาท/หน่วย เมื่อมีการส่งเสริมการแปรรูปผลิตภัณฑ์และการเพิ่มมูลค่าจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อให้มีสินค้าจำหน่ายเพื่อการท่องเที่ยว ได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูป Rice snack bar สนับสนุนข้าวเม่า กระเป๋ากจากกระสอบข้าว โดยสามารถสร้างรายได้ทำให้มีรายได้หลังหักต้นทุน 11,130 บาท/หน่วย รายได้เพิ่มขึ้น 16% เมื่อเข้าสู่กิจกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เดิมได้มากขึ้น และมีผลิตภัณฑ์ใหม่ และพืชผักผลไม้ในชุมชนจำหน่ายได้เนื่องจากในช่วงหลังฤดูการทำนา บ้านนาล้อม ได้ปลูกพืชหลังนาทั้งพืชผัก ได้แก่ ต้นหอม ผักชี กระเทียม โหระพา เป็นต้น และมีการผลิตเมล็ดพันธุ์ดอกดาวกระจาย ทำให้ในพื้นที่มีทุ่งดอกไม้สำหรับนักท่องเที่ยวได้เยี่ยมชม และอุดหนุนผลิตภัณฑ์ ทำให้มีรายได้หลังหักต้นทุน 12,190 บาท/หน่วย รายได้เพิ่มขึ้น 27%

3. วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปข้าวตำบลบ้านผึ้ง

เรียนรู้ ข้าว กับ ข้าวสุก หรือ วิสาหกิจชุมชนแปรรูปข้าวตำบลบ้านผึ้ง อำเภอมือเมือง จังหวัดนครพนม เป็นวิสาหกิจผลิตข้าวและแปรรูปข้าวที่มีแนวคิดแก้ไขปัญหาราคาข้าวเปลือกตกต่ำ โดยผลิตข้าวด้วยการปรับเปลี่ยนการทำนาแบบเดิม ปรับใช้เทคโนโลยีการผลิตข้าวและการแปรรูปข้าว เข้ามาทดแทนการผลิตแบบดั้งเดิม เป็นศูนย์เรียนรู้ครบวงจรตั้งแต่ผลิตจนถึง

จำหน่ายข้าวแพ็คและจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากข้าว ด้วยแนวคิด ขายข้าวด้วยความแตกต่าง เรียนรู้ ข้าว กับ ข้าวสุพรรณพนม “ข้าวอินทรีย์ ผลิตด้วยใจ ปลอดภัย ไร้สารพิษ” เป็นตัวอย่างวิสาหกิจชุมชนที่มุ่งเน้นมาตรฐาน การผลิตและการแปรรูปข้าว เช่น มาตรฐาน GAP ISO9001, HACCP และมาตรฐานข้าวอินทรีย์ จาก USDA, EU, Canada, China, Japan และ IFOAM มาตรฐานของ สินค้าผลักดันให้ข้าวสุพรรณพนมขายข้าวที่แตกต่าง ในราคาสูง ข้าวสุพรรณพนมมีผลผลิตหลัก คือ ข้าว กข.6 ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวหอมนิล ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวเหนียวดำ (ข้าวลิ้มผั่ว) และผลผลิตข้าวรอง คือ ข้าวกล้อง ข้าวกล้องงอก ข้าวฮาง บรรจุถุงจำหน่าย ผลิตภัณฑ์อื่นจาก ข้าว เช่น ผงขงพร้อมดื่มสมุนไพร จมูกข้าว มีผลิตภัณฑ์ ที่เด่นและเป็นที่ต้องการของตลาด คือ ข้าวกล้องงอก ไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องงอกหอมนิล ข้าวขาวหอมมะลิ 105 และผลผลิตจากข้าวแปรรูปที่มีตลาดในและต่างประเทศ ได้แก่ Almond cookies และ Crispy rice crackers ที่มี ส่วนผสมหลักจากข้าวอินทรีย์ Organic raw materials จากการส่งเสริมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากของเหลือในการ ผลิต คือ ผลิตภัณฑ์เค้กข้าวเม่า ไร้ต้อนรับนักท่องเที่ยว และเป็นกิจกรรมสำหรับการเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น สุนัขวัดกรรม เป็นผลิตภัณฑ์ที่วิสาหกิจชุมชนส่งไปยังธุรกิจ

โรงแรมทั้งในและนอกพื้นที่ โดยสามารถผลิตได้สัปดาห์ละ 300 ชิ้น คิดเป็นเงิน 10,500 บาทต่อสัปดาห์ การเดินทาง ของสมาชิกข้าวสุพรรณพนมเพื่อหาคำตอบ นำมาสู่แนวคิด การทำธุรกิจข้าวรูปแบบใหม่เพื่อแก้ไขปัญหา ราคา ข้าวเปลือกตกต่ำ การตลาดที่แตกต่างของข้าวสุ พรรณพนม ที่ก่อให้เกิดการสร้างชีวิตที่ยั่งยืนให้ชาวนา รวมถึงชุมชนมีเป้าหมายเพื่อความมั่นคงทางอาหาร พร้อม กับการสร้างอาหารปลอดภัยส่งต่อสุขภาพและความสุข ให้ผู้บริโภคในราคาที่เป็นธรรมกับทุกฝ่าย ตอบโจทย์ความ ต้องการ **เรียนรู้มาตรฐานการผลิตและการแปรรูปข้าว Rice Education** สู่ตลาดในและต่างประเทศ ด้วยความ เข้มแข็งของการบริหารจัดการวิสาหกิจ เรียนรู้ ข้าว กับ ข้าวสุพรรณพนม

เส้นทางการท่องเที่ยวบนพื้นฐานทุนทางวัฒนธรรม ชุมชนข้าวเหนียวนครพนม

เส้นทางการท่องเที่ยวบนพื้นฐานทุนทาง วัฒนธรรมชุมชนข้าวเหนียวนครพนม เกิดจากการนำ ศักยภาพของชุมชนทั้ง 3 ชุมชน ที่ได้รับคัดเลือก (Table 2) มาศึกษา วิเคราะห์ จากผู้แทนหน่วยงานภาครัฐและ เอกชนที่เกี่ยวข้อง เพื่อออกแบบเส้นทางท่องเที่ยว วัฒนธรรมข้าวเหนียวจังหวัดนครพนม

Table 2 Comparative of the potential resources of three communities

Community	Location	Rice varieties	Cultural tourist attractions in the area	Community traditions and culture	Souvenir	Tourism activity
1. Na Thon Sub-district Cultural Tourism Community	That Phanom district, Nakhon Phanom province	Local glutinous rice, Hom Naka Glutinous rice, Organic rice system	Wat Phra That Phanom, Wat Phra That Renu, Pu Ta Saeng Shrine	Indigenous tribal costumes, Worship of the replicated Buddha's relics of Sunday and Monday born	Antique knife, Antique fabric, Khit cloth	Thipphamon Rice Community Enterprise and Mother Rice Farm, mae-thongyam Community Enterprise, Rafting at Nong Wai Fang Daeng Subdistrict, Traditional massage
2. Ban Na Lom Sweet Rice Community Enterprise	Phon Sawan district, Nakhon Phanom province		Landmark of Phraya Sri Satta Nakarat, Wat Phra That Phon Sawan	Worship of the replicated Buddha's relics of Wednesday (night) born	Khao Mao, Khao Lam	Ecotourism activities such as biking, Take a tractor ride to see the flower fields.

Table 2 (Continued)

Community	Location	Rice varieties	Cultural tourist attractions in the area	Community traditions and culture	Souvenir	Tourism activity
3. Ton Phueng Subdistrict Rice Processing Community Enterprise (Khao Suk)	Mueang district, Nakhon Phanom province	Local glutinous rice, Organic rice system	Landmark of Phraya Sri Satta Nakarat, Phra That Nakhon, Phra That Tha Uthen	Worship of the replicated Buddha's relics of Friday and Saturday born	Khao Mao cupcakes, organic brown rice	The Ton Phueng Rice Processing Community Enterprise (Rice Production and Processing Standard Learning Center)

จากการศึกษาเพื่อพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยวจากคุณค่าด้าน **“ความเชื่อ ศาสนา ข้าวปลาอาหาร สืบสาน วัฒนธรรม ชาวนครพนม”** ได้เส้นทางท่องเที่ยวจำนวน 2 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางที่ 1 คือ เส้นทางท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียวนครพนม “นมัสการพระธาตุพนม เยี่ยมชมวัฒนธรรมชนเผ่า” (Figure 1) ประกอบด้วยสถานที่ท่องเที่ยว ได้แก่ พระธาตุพนม พระธาตุประจำวันเกิดผู้ที่เกิดวันอาทิตย์ พระธาตุเรณูนคร พระธาตุประจำวันเกิดผู้ที่เกิดวันจันทร์ ชุมชนท่องเที่ยววัฒนธรรมเผ่าไทกวน บ้านนาถ่อน วิสาหกิจชุมชนอุ้มทองแย้ม วิสาหกิจชุมชนข้าวทิพย์มนต์ ข้าวคุณแม่ หรือแะล่องแพที่หนองหวาย และเส้นทางที่ 2 คือ เส้นทางท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียวนครพนม “ภูมิปัญญา นาคาลุ่มน้ำโขง” (Figure 2) ประกอบด้วยสถานที่ที่น่าสนใจ ได้แก่ พระยาศรีสัตนาคราช ชุมชนคนภูถังกาใต้ วิสาหกิจชุมชนการแปรรูปข้าวตำบลดันผึ้ง (ข้าวสุข) หรือไปที่วิสาหกิจชุมชนข้าวเม่าหวานบ้านนาถ่อม หจก.เพชรไพศาลคำคุณ (ห้วยไท) ทางเลือกในการท่องเที่ยว พระธาตุนคร พระธาตุประจำวันเกิดผู้ที่เกิดวันเสาร์ พระธาตุท่าอุเทน พระธาตุประจำวันเกิดผู้ที่เกิดวันศุกร์ และพระธาตุโพนสวรรค์ การส่งเสริมแหล่งท่องเที่ยวชุมชนที่มีความพร้อมเป็นแหล่งเรียนรู้วัฒนธรรมข้าวเหนียว ได้แก่ หมู่บ้านชุมชนท่องเที่ยววัฒนธรรมตำบลนาถ่อน ตอบโจทย์คนที่ศรัทธาบุญ กรรม ความเชื่อ ดั้งเดิมคนถิ่นอีสาน การร่ายรำ

บวงสรวง วัฒนธรรม ประเพณี วิธีการดำเนินการชีวิตตามอัตลักษณ์คนโบราณ เรียนรู้ได้ทีนาก่อนนครพนมในรูปแบบท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ทำบุญไหว้พระขอพรองค์พระธาตุพนม สักการบูชาเทพและสิ่งศักดิ์สิทธิ์ ศาลปู่ตาแสงนาถ่อน ผ่อนคลายด้วยนวดสมุนไพรน้ำลำห้วยบังฮวก ต้มคำชาข้าวเหนียวหอมเนื้ราคา เรียนรู้ทักษะชนเผ่าไทกวนทอผ้าขัด ย้อมสีฟางข้าว และตีเหล็กโบราณ วิสาหกิจชุมชนข้าวเม่าหวานบ้านนาถ่อม ตอบโจทย์คนที่ต้องการ เปลี่ยนบรรยากาศ คนเมือง Work from home สู่การท่องเที่ยววิถีธรรมชาติ Ecosystem ทานข้าวเม่าปลอดภัย ข้าวเหนียวหอม ข้าวหลามอร่อย สไตล์คนรักธรรมชาติบ้านนา ปันจักรยาน ขึ้นชมทุ่งดอกดาวกระจาย นั่งรถไถนาจากชาวเกษตรกรข้าวเหนียวนาถ่อม และวิสาหกิจชุมชนการแปรรูปข้าวตำบลดันผึ้ง (ข้าวสุข) ตอบโจทย์ความต้องการ เรียนรู้มาตรฐานการผลิตและการแปรรูปข้าว Rice education สู่ตลาดในและต่างประเทศ ด้วยความเข้มแข็งของการบริหารจัดการวิสาหกิจ เรียนรู้ ข้าว กับ ข้าวสุคนครพนม ซึ่งในการส่งเสริมการท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียวสามารถสร้างรายได้ให้กับชาวนาผู้ปลูกข้าวและผู้คนในชุมชนชน อีกทั้งยังช่วยสืบสานวัฒนธรรมการผลิตและบริโภคข้าว ผ่านการเรียนรู้จากในพื้นที่จริง และช่วยส่งเสริมและอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้อยู่คู่กับชาวนครพนมและชาวไทยต่อไป



Figure1 Worshipping Phra That Phanom, Visiting Tribal Culture route



Figure 2 Wisdom of the Mekong River Naga route

วิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อการท่องเที่ยวได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจในชุมชน รวมทั้งวิถีชีวิตและวัฒนธรรมของคนในชุมชน จากการส่งเสริมการท่องเที่ยววัฒนธรรมโดยใช้ฐานทรัพยากรท้องถิ่นข้าวเหนียว ซึ่งเป็นวิถีชีวิตที่มีความเชื่อมโยงกับวัฒนธรรมท้องถิ่น สามารถพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวชุมชนที่สามารถเพิ่มรายได้ให้กับคนในชุมชนได้ โดยชุมชนจะต้องมีความพร้อมในการพัฒนา มีแผนการดำเนินงานที่ดี สมาชิกในชุมชนเข้ามามีส่วนร่วม มีภาคีเครือข่ายที่เข้มแข็ง และเชื่อมโยงการเรียนรู้ของนักท่องเที่ยว

ถึงคุณค่าของวัฒนธรรมและทรัพยากรที่น่าเสนอ ซึ่งสอดคล้องกับแนวปฏิบัติที่นำไปสู่การท่องเที่ยวชุมชนที่มีประสิทธิภาพ ที่ระบุว่าชุมชนจะต้องมีความพร้อมที่ดีในการบริหารจัดการ มีแผนการจัดการ มีทรัพยากรที่ชัดเจน นักท่องเที่ยวสามารถที่จะเรียนรู้วัฒนธรรมและทรัพยากรในชุมชนได้ (Asker *et al.*, 2010) และในการศึกษาการท่องเที่ยววัฒนธรรมควรมีแนวปฏิบัติทางวัฒนธรรมร่วมสมัยและความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ให้นักท่องเที่ยวได้สร้างประสบการณ์ร่วมกัน โดยการมีส่วนร่วมทางวัฒนธรรมของแหล่งท่องเที่ยวสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวได้ (Richards, 2018) จากกรณีศึกษาการสร้างรายได้แก่ชุมชนท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้นมาจากกิจกรรมการจำหน่าย

ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวจากชุมชน การสร้างผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกทั้งผลิตภัณฑ์เดิมและผลิตภัณฑ์ใหม่ การจับคู่กับธุรกิจท่องเที่ยว สามารถสร้างรายได้แก่ชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอาหารพื้นถิ่นกับกลไกในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ ที่ระบุถึงอาหารท้องถิ่นกับกิจกรรมการท่องเที่ยวเป็นสิ่งที่มีความสำคัญทางศิลปวัฒนธรรม เป็นแรงจูงใจให้นักท่องเที่ยวที่มาจากวัฒนธรรมที่แตกต่างเข้ามาศึกษาเรียนรู้และใช้จ่ายเงินในการท่องเที่ยว (Booparkob *et al.*, 2017) นอกจากนี้ ภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะ คุณประโยชน์ และคุณค่าของสินค้า โดยได้มีการรวบรวมข้อมูลประวัติความเป็นมา อัตลักษณ์ ประเพณี วัฒนธรรมของชุมชนไว้ ทำให้ผลิตภัณฑ์โดดเด่นและมีการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Thierakroj *et al.*, 2017; Suansokchueak *et al.*, 2018) ในการส่งเสริมการท่องเที่ยววัฒนธรรมจำเป็นต้องมีการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวให้มีความพร้อม มีกิจกรรมการท่องเที่ยวสม่ำเสมอ ประชาสัมพันธ์ด้านการตลาดการท่องเที่ยวอย่างต่อเนื่อง (Praprutkit, 2010)

ปัจจัยสำคัญต่อการส่งเสริมการท่องเที่ยวในชุมชนข้าวเหนียวบนพื้นฐานทุนทางวัฒนธรรมชุมชนข้าวเหนียว คือ การมีส่วนร่วมของสมาชิกในชุมชน และภาคีเครือข่ายในท้องถิ่น ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเป็นปัจจัยขับเคลื่อนการพัฒนาชนบทที่ระบุว่า ความร่วมมือจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม (Štátná *et al.*, 2020) ระบบการบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีมาตรฐานเพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวและการสร้างเครือข่ายที่เข้มแข็ง ผลสัมฤทธิ์ในการดำเนินงานทำให้เกิด แหล่งเรียนรู้จากชุมชนสู่ชุมชน แหล่งท่องเที่ยววัฒนธรรมในพื้นที่ กิจกรรมการท่องเที่ยวควรแสดงถึงอัตลักษณ์ท้องถิ่น ซึ่งมีความจำเป็นที่ชุมชนจะต้องสานต่อกิจกรรมเพื่อให้การพัฒนาต่อเนื่องและสร้างความมั่นคงของเศรษฐกิจฐานรากในชุมชนต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การส่งเสริมการท่องเที่ยววัฒนธรรมชุมชนข้าวเหนียวนครพนม ทำให้ได้เส้นทางท่องเที่ยว **“ความเชื่อ ศาสนา ข้าวปลาอาหาร สืบสานวัฒนธรรม ขาวนครพนม”** โดยมีเส้นทางท่องเที่ยวจำนวน 2 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียวนครพนม “นมัสการพระธาตุพนม เยี่ยมชมวัฒนธรรมชนเผ่า” ประกอบด้วย สถานที่ที่น่าสนใจให้เลือกเที่ยวชม ได้แก่ พระธาตุพนม พระธาตุประจำวันเกิดผู้ที่เกิดวันอาทิตย์ พระธาตุเรณูนคร พระธาตุประจำวันเกิดผู้ที่เกิดวันจันทร์ ชุมชนท่องเที่ยววัฒนธรรมเผ่าไทกวน บ้านนาถ่อน วิสาหกิจชุมชนอูแม่ทองแย้ม วิสาหกิจชุมชนข้าวทิพย์มนต์ ข้าวคุณแม่ หรือแะล่องแพที่หนองหวาย เส้นทางที่ 2 คือ เส้นทางท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียว “ภูมิปัญญา นาตาลุ่มน้ำโขง” ประกอบด้วยสถานที่ที่น่าสนใจ ได้แก่ พระยาศรีสัตนาคราช ชุมชนคนภูลิงกาใต้ วิสาหกิจชุมชนการแปรรูปข้าวตำบลดันฝั่ง (ข้าวสุข) หรือไปที่วิสาหกิจชุมชนข้าวเม่าหวานบ้านนาล้อม หจก.เพชรไพศาลคำคุณ (ห้วยไผ่) ทางเลือกในการท่องเที่ยว พระธาตุนคร พระธาตุประจำวันเกิดผู้ที่เกิดวันเสาร์ พระธาตุท่าอุเทน พระธาตุประจำวันเกิดผู้ที่เกิดวันศุกร์ และพระธาตุโพนสวรรค์ การส่งเสริมแหล่งท่องเที่ยวชุมชนที่มีความพร้อมเป็นแหล่งเรียนรู้วัฒนธรรมข้าวเหนียว ได้แก่ หมู่บ้านชุมชนท่องเที่ยววัฒนธรรมตำบลนาถ่อน ตอบโจทย์คนที่ศรัทธา บุญ กรรม ความเชื่อ ดั้งเดิมคนถิ่นอีสาน การร่ายรำ บวงสรวง วัฒนธรรม ประเพณี วิธีการดำเนินชีวิตตามอัตลักษณ์คนโบราณ เรียนรู้ได้ที่นาถ่อนนครพนม ในรูปแบบท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ทำบุญไหว้พระขอพรองค์พระธาตุพนม สักการบูชาเทพและสิ่งศักดิ์สิทธิ์ ศาลปู่ตาแสงนาถ่อน ผ่อนคลายด้วยนวดสมุนไพรน้ำลำห้วยบังฮวก ดื่มน้ำชาข้าวเหนียวหอมเนื้อมะลิ เรียนรู้ทักษะชนเผ่าไทยกวนทอผ้าซิด ย้อมสีฟางข้าว และตีเหล็กโบราณวิสาหกิจชุมชนข้าวเม่าหวานบ้านนาล้อมตอบโจทย์

คนที่ต้องการ เปลี่ยนบรรยากาศ คนเมือง Work from Home สู่การเที่ยววิถีธรรมชาติ Ecosystem ทานข้าวเม่า ปลอดภัย ข้าวหนึ่งหอม ข้าวหลามอร่อย สไตล์คนรักธรรมชาติบ้านนา ปั่นจักรยาน ชื่นชมทุ่งดอกดาวกระจาย นั่งรถไถนาจากชาวเกษตรข้าวเหนียวนาล้อม และ วิสาหกิจชุมชนการแปรรูปข้าวตำบลดันฝั่ง (ข้าวสุข) ตอบโจทย์ความต้องการ เรียนรู้มาตรฐานการผลิตและการแปรรูปข้าว Rice education สู่ตลาดในและต่างประเทศ ด้วยความเข้มแข็งของการบริหารจัดการวิสาหกิจ เรียนรู้ข้าว กับ ข้าวสุขนครพนม ซึ่งในการส่งเสริมการท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียวสามารถสร้างรายได้ให้กับชาวนา ผู้ปลูกข้าวและผู้คนในชุมชนชน อีกทั้งยังช่วยสืบสาน วัฒนธรรมการผลิตและบริโภคข้าว ผ่านการเรียนรู้จากในพื้นที่จริง และช่วยส่งเสริมและอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ให้อยู่คู่กับชาวนนครพนมและชาวไทยต่อไป

ข้อเสนอแนะเพื่องานวิจัย

การศึกษามุมมองของนักท่องเที่ยว ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากชุมชน และตัวแทนจากภาคการท่องเที่ยว ในเส้นทางที่ถูกพัฒนาในการศึกษาครั้งนี้ จะทำให้ทราบผลกระทบจากการท่องเที่ยววัฒนธรรมข้าวเหนียวต่อชุมชนและนักท่องเที่ยวได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพด้านการท่องเที่ยว วัฒนธรรมชุมชน

นอกจากนี้ จังหวัดนครพนมประกอบด้วย 9 ชนเผ่า 2 เชื้อชาติ ที่ผูกพันกับวัฒนธรรมการบริโภคและใช้ประโยชน์จากข้าวเหนียว การศึกษาชุมชนท่องเที่ยว ชาติพันธุ์ ที่เชื่อมโยงกับอาหารพื้นถิ่น เป็นสิ่งที่น่าสนใจ เพื่อให้เกิดการท่องเที่ยวรูปแบบใหม่ในพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณการสนับสนุนการดำเนินงานโครงการจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ลำปาง ภายใต้โครงการ การยกระดับรายได้และความเป็นอยู่ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวเหนียวด้วยเกษตรสมัยใหม่บนเส้นทางสายวัฒนธรรมลุ่มน้ำโขง (BCG-Naga Belt Road) และขอขอบพระคุณสำนักงานการท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดนครพนม สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครพนม และชุมชนผู้ปลูกข้าวเหนียวจังหวัดนครพนม

เอกสารอ้างอิง

- Asker, S., L. Boronyak, N. Carrard and M. Paddon. 2010. **Effective Community Based Tourism: A Best Practice Manual.** Queensland: Sustainable Tourism Cooperative Research, Griffith University. [Online]. Available <https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/35150/1/askeretal2010effectivecbt.pdf> (September 22, 2022).
- Booparkob, Y., S. Khetjenkarn and J. Wongmanee. 2017. The role of local cuisines in creative tourism process: a case study of Lao Khrang Ethnic group in Chai Nat province. **Dusit Thani College Journal** 11(Special May 2017): 93-108. [in Thai]

- Department of Tourism. 2024. **Thai tourism standards**. [Online]. Available: <https://www.dot.go.th/ebooks/ebooks-view/418> (February 2, 2023). [in Thai]
- Jatuporn, C. 2021. **The Relationship between Tourism and Economic Growth in Thailand**. Master Thesis. Maejo University. 83 p. [in Thai]
- Nakhon Phanom Provincial Office. 2021. **Nakhon Phanom Provincial Development Plan 2018-2022 (Revised 2021)**. [Online]. Available http://www2.nakhonphanom.go.th/files/com_news_struct/2020-01_378aeea6a87766d.pdf (September 22, 2022). [in Thai]
- Praprutkit, S. 2010. **An Evaluation of Attraction Site in Amphur Muang, Changwad Trad to Create the Ecotourism Route**. Master Thesis. Srinakharinwirot University. 201 p. [in Thai]
- Richards, G. 2018. Cultural tourism: A review of recent research and trends. **Journal of Hospitality and Tourism Management** 36(2018): 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2018.03.005>
- Sattaka, P., R. Padakan and P. Latvilayvong. 2013. Glutinous Rice Corridor: A New Eco-tourism Destination of the Greater Mekong Subregion. pp. 11-15. *In The 2013 ISSAAS International Congress and General Meeting, 12 November 2013*. Muntinlupa City: ISSAAS.
- Šťastná, M., A. Vaishar, J. Brychta, K. Tuzová, J. Zloch and V. Stodolová. 2020. Cultural tourism as a driver of rural development case study: Southern Moravia. **Sustainability** 12(21): 9064. <https://doi.org/10.3390/su12219064>
- Suansokchueak, S., P. Lawthong, A. Malakha and T. Kongmee. 2018. Guidelines for creative marketing development: the organic rice in Surin province. **PULINET Journal** 5(3): 107-117. [in Thai]
- TAT Intelligence Center. 2004. **The compass quarter 4/2004**. [Online]. Available: https://www.dla.go.th/upload/news/type9/2018/11/40628_1.pdf?time=1544920032593 (October 20, 2004). [in Thai]
- The Tourism Authority of Thailand. 2024. **Annual Report 2023**. [Online]. Available <https://www.tat.or.th/th/about-tat/annual-report> (October 20, 2024). [in Thai]
- Thierakroj, T., P. Kaekratok, A. Sinthusan, T. Donnet, S. Aromsuk, Y. Srimeanee, N. Plongmai, N. Denpongson and P. Tanmaneevatana. 2017. **Study Report. Value Added Project for Creative Organic Products, Ban Khamkhra Ta, Dongmafa Subdistrict, Sai Mun District, Yasothon Province**. Bangkok: Thailand Science Research and Innovation. 123 p. [in Thai].

การศึกษาปัญหา ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร
โครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี
The Study of Problems, Cost and Benefit of Cassava Production
Using the Large-scale Collaborative Farming Project
in Doem Bang Nang Buat District, Suphanburi Province

ศิริลักษณ์ ชูพุทธพงศ์^{1,2} วณาลัย วิริยะสุธี¹ ศิริพร ดอนเหนือ³ ศิริลักษณ์ นามวงศ์¹ และธำรงเจต พัฒมุข^{1*}
Sirilak Chooputtapong^{1,2}, Wanalai Viriyasuthee¹, Siriporn Donnua³, Sirilak Namwong¹
and Thamrongjet Puttamuk^{1*}

¹สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

²สำนักงานเกษตรอำเภอเดิมบางนางบวช กรมส่งเสริมการเกษตร สุพรรณบุรี 72120

³ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

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

²Doem Bang Nang Buat District Agricultural Extension Office, Department of Agricultural Extension, Suphanburi, Thailand 72120

³Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, Thailand 73140

*Corresponding author: Thamrongjet.put@stou.ac.th

Abstract

Received: November 04, 2023

Revised: August 13, 2024

Accepted: September 17, 2024

The objective of this research is to analyze the costs and benefits of growing cassava and the problems in growing cassava by farmers in the large-scale collaborative farming project in Doem Bang Nang Buat District, Suphanburi Province. Data were collected from a sample of 30 persons through purposive sampling using a structured interview form to collect data for the 2022 production season. The data were analyzed using descriptive statistics. In addition, the cost and benefit structure was also analyzed according to economic principles. The results of the study showed that cassava farmers had a net profit of 2,814.18 baht per rai and a profit above the average cash cost of 3,755.59 Baht per rai. The average total cost of growing cassava was 6,416.05 Baht per rai. The largest fixed cost was land rental, accounting for 556.07 Baht per rai. Significant variable costs were chemical fertilizer, accounting for 2,456.03 baht per rai, followed by the cost of plowing and planting, which was 700.00 Baht per rai, and plowing cost, calculated as 600.00 Baht per rai. The return on investment (ROI) ratio was 43.86 percent, and the net profit margin (NPM) was 30.49 percent. In assessing the average level of problems in growing cassava, it was at a high level ($\bar{X}$ =3.52), Important issues were the outbreak of cassava mosaic

disease ($\bar{X}$ =3.67), economic and social problems ($\bar{X}$ =3.65), promotion/support problems ($\bar{X}$ =3.62), and production problems ($\bar{X}$ =3.50).

Keywords: cassava, collaborative farm, cost and benefit

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกมันสำปะหลังตลอดจนปัญหาในการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอดงหลวง จังหวัดสุพรรณบุรี ทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ราย จากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เก็บข้อมูลของฤดูกาลผลิตปี พ.ศ. 2565 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนและผลตอบแทนตามหลักทางเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังมีกำไรสุทธิ 2,814.18 บาทต่อไร่ และกำไรเหนือต้นทุนเงินสดเฉลี่ย จำนวน 3,755.59 บาทต่อไร่ ด้านต้นทุนรวมเฉลี่ยในการปลูกมันสำปะหลัง จำนวน 6,416.05 บาทต่อไร่ ต้นทุนคงที่ที่มากที่สุด คือ ค่าเช่าที่ดิน จำนวน 556.07 บาทต่อไร่ สำหรับต้นทุนผันแปรที่สำคัญ ได้แก่ ค่าปุ๋ยเคมี จำนวน 2,456.03 บาทต่อไร่ รองลงมา คือ ค่าไถพรวนพร้อมปลูก จำนวน 700.00 บาทต่อไร่ และค่าไถดะ จำนวน 600.00 บาทต่อไร่ อัตราส่วนผลตอบแทนจากเงินลงทุน (ROI) คิดเป็นร้อยละ 43.86 อัตรากำไรสุทธิ (NPM) คิดเป็นร้อยละ 30.49 ด้านการประเมินระดับของปัญหาในการปลูกมันสำปะหลังโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =3.52) ปัญหาที่สำคัญ คือ ปัญหาด้านการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง ($\bar{X}$ =3.67) ปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคม ($\bar{X}$ =3.65) ปัญหาด้านการส่งเสริม/สนับสนุน ($\bar{X}$ =3.62) และปัญหาด้านการผลิต ($\bar{X}$ =3.50)

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง โครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่
ต้นทุนและผลตอบแทน

คำนำ

มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ of ประเทศไทย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น อาหารสำหรับมนุษย์ อาหารเลี้ยงสัตว์ วัตถุดิบในการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นพลังงานชีวภาพ และภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น เป็นสินค้าเกษตรที่มีการส่งออกเป็นอันดับที่ 4 รองลงมาจากยางธรรมชาติ ผลไม้ และข้าว มีมูลค่าการส่งออก 150,000 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 8.26 ของมูลค่าส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ และการส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2564 ร้อยละ 22.13 (Office of Agricultural Economics, 2023) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 10.92 ล้านไร่ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่ง จำนวน 5.88 ล้านไร่ รองลงมา คือ ภาคเหนือ มีพื้นที่ปลูก 2.83 ล้านไร่ และภาคกลาง มีพื้นที่ปลูก 2.15 ล้านไร่ โดยเฉพาะจังหวัดสุพรรณบุรี มีพื้นที่ปลูก 110,995 ไร่ และจัดเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการปลูก (Office of Agricultural Economics, 2023) แม้มันสำปะหลังจะเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย แต่ในการปลูกมันสำปะหลังนั้น ต้องพึ่งพาการนำเข้าปัจจัยการผลิตจากภายนอก ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูงขึ้น

โครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ เป็นการดำเนินงานซึ่งเน้นการรวมกลุ่มของเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่ โดยวางระบบการผลิตและการบริหารจัดการในแนวทางเดียวกัน เน้นการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด โดยเกษตรกรยังคงเป็นเจ้าของพื้นที่ และร่วมกันดำเนินการบริหารจัดการการผลิต เพื่อลดต้นทุนเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตลอดจนการจัดการด้านการตลาด มีการพัฒนาเชิงพื้นที่ตามศักยภาพสู่การพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรตามความต้องการตลาด ด้วยการบูรณาการทุกภาคส่วน โดยหน่วยงานภาครัฐให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวก เป็นการเพิ่มอำนาจการต่อรองของเกษตรกรตลอดกระบวนการผลิต (Department of Agricultural Extension, 2023)

กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่มันสำปะหลัง อำเภอดำรงนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นกลุ่มที่เข้าร่วมโครงการดังกล่าว แต่เกษตรกรยังขาดการจัดการข้อมูลด้านต้นทุน ผลตอบแทน รวมถึงการจัดการการผลิตอย่างเป็นระบบ ดังนั้นการศึกษานี้ จึงเป็นการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน ตลอดจนปัญหาในการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอดำรงนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกมันสำปะหลัง ปัญหาในการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอดำรงนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ที่รวมกลุ่มกันภายใต้

โครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่อำเภอดำรงนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Nonprobability sampling) โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) จากเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 30 ราย โดยศึกษาจากประชากรทั้งหมด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ด้านสภาพสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่งทางสังคม การถือครองที่ดิน จำนวนแรงงาน ประสบการณ์ในการปลูกมันสำปะหลัง แหล่งเงินทุน สภาพหนี้สิน พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูก แหล่งที่มาของพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนในการปลูกมันสำปะหลัง ประกอบด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการในการปลูกมันสำปะหลัง ปัจจัยการผลิต ต้นทุนและผลตอบแทนที่ได้รับ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลปัญหาในการปลูกมันสำปะหลัง ประกอบด้วย ด้านเศรษฐกิจและสังคม จำนวน 5 ข้อ ด้านการผลิต จำนวน 7 ข้อ ด้านการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง จำนวน 5 ข้อ ด้านความรู้ จำนวน 6 ข้อ และด้านการส่งเสริม/สนับสนุน จำนวน 5 ข้อ โดยเป็นคำถามให้เลือกคำตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ตามมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert scale) กำหนดค่าน้ำหนักของการประเมิน ดังนี้ ระดับ 1 = สำคัญน้อยที่สุด ระดับ 2 = สำคัญน้อย ระดับ 3 = สำคัญปานกลาง ระดับ 4 = สำคัญมาก และระดับ 5 = สำคัญมากที่สุด

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย โดยการหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสัมภาษณ์ (IOC: Index of Item Objective Congruence) เพื่อหาค่าสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ โดย

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ จำนวน 3 ราย ได้ค่าความเที่ยงตรงเท่ากับ 0.80 และดำเนินการทดสอบแบบสัมภาษณ์กับเกษตรกรในอำเภอด่านช้าง ที่มีการปลูกมันสำปะหลังและไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของประชากรที่ศึกษา จำนวน 30 ราย แล้วนำผลที่ได้ในส่วนของปัญหาในการปลูกมันสำปะหลังมาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีของครอนบาคอัลฟา (Cronbach's alpha) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสัมภาษณ์ เท่ากับ 0.83 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้ (Tirakanant, 2012)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลตามประเภทของข้อมูล ดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) ได้แก่ การสัมภาษณ์เกษตรกรโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ที่ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 30 ราย

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ได้แก่ การศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาทฤษฎี แนวความคิด และหลักการทางวิชาการที่สำคัญ เพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ และกำหนดแนวทางการวิเคราะห์ ต้นทุนและผลตอบแทน จากการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ด้านสภาพสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง วิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยวิธีการทางสถิติอย่างง่าย ด้วยร้อยละ และค่าเฉลี่ย

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนในการปลูกมันสำปะหลัง โดยวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนและผลตอบแทนตามหลักทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งต้องมีการประเมินค่าใช้จ่ายทั้งที่เป็นเงินสดและไม่เป็นเงินสด เช่น ค่าแรงงาน ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ รวมทั้งคำนวณหากำไรสุทธิ กำไรเหนือต้นทุน

เงินสด อัตราส่วนผลตอบแทนจากการลงทุน (Return on Investment: ROI) และอัตรากำไรสุทธิ (Net Profit Margin: NPM)

ส่วนที่ 3 ข้อมูลปัญหาในการปลูกมันสำปะหลัง นำข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ประเมินผลโดยใช้เกณฑ์ความกว้างของอันตรภาคชั้น โดยใช้ค่าสูงสุดลบด้วยค่าต่ำสุด นำผลลัพธ์ที่ได้หารด้วยจำนวนระดับชั้นที่ศึกษาค่าอันตรภาคชั้นที่ได้ คือ 0.80 สามารถแบ่งช่วงได้ ดังนี้ คะแนน 4.21-5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด คะแนน 3.41-4.20 หมายถึง ระดับมาก คะแนน 2.61-3.40 หมายถึง ระดับปานกลาง คะแนน 1.81-2.60 หมายถึง ระดับน้อย และคะแนน 1.00-1.80 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปด้านสภาพสังคมและเศรษฐกิจและการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร

ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 56.67 เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 43.33 มีอายุอยู่ในช่วง 51-60 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.00 ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 66.67 ร้อยละ 83.33 ไม่มีตำแหน่งทางสังคม พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมดอยู่นอกเขตชลประทาน โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 28.83 ไร่ ต่อราย พื้นที่เช่า คิดเป็นร้อยละ 53.33 ที่ดินของตนเอง คิดเป็นร้อยละ 46.67 จำนวนแรงงานในครัวเรือน 2-3 คน ร้อยละ 66.67 ประสบการณ์ในการปลูกมันสำปะหลัง 11-20 ปี คิดเป็นร้อยละ 26.67 แหล่งเงินทุนที่ใช้ในการลงทุนปลูกมันสำปะหลัง ส่วนใหญ่ใช้เงินทุนของตนเอง ร้อยละ 35.00 เกษตรกรร้อยละ 66.67 มีหนี้สิน โดยกู้ยืมจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ร้อยละ 35.00 พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูก คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ร้อยละ 90.00 โดยเกษตรกร ร้อยละ

80.60 เกือบหนึ่งพันไร่หลังจากแปลงของตนเองไว้ปลูกในฤดูกาลถัดไป และร้อยละ 19.50 ซื้อท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจากพื้นที่ใกล้เคียง (Table 1)

การศึกษาสภาพการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกร พบว่าการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรมีหลักการปฏิบัติที่ใกล้เคียงกัน โดยเกษตรกรส่วนใหญ่มีวิธีการเตรียมดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง คือ การไถดะโดยใช้พาล 3 แล้วทิ้งไว้ 7-14 วัน เมื่อพร้อมที่จะปลูกจึงไถแปร ด้วยจานพรวนหรือพาล 7 และยกร่องปลูกโดยมีระยะปลูก ดังนี้ ระยะระหว่างร่อง 130-150 ซม. ระยะระหว่างต้น 70-100 ซม. แหล่งน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำของตนเองและน้ำฝน หลังปลูก 1-2 วัน มีการพ่นสารกำจัดวัชพืช มีการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์รองพื้นก่อนยกร่องปลูก อัตรา 25-50 กิโลกรัม

ต่อไร่ ช่วงมันสำปะหลังอายุ 1-3 เดือน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 และ 16-8-8 อัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วงมันสำปะหลังอายุ 3-6 เดือน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 0-0-60 อัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อไร่ มีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเมื่อพบการระบาดของศัตรูพืช สำหรับการเก็บเกี่ยว เกษตรกรเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 8-12 เดือน มีการใช้ทั้งแรงงานคนและเครื่องจักรในการเก็บเกี่ยว โดยใช้แรงงานคนตัดต้นพันธุ์มันสำปะหลังและขนออกจากแปลง จากนั้นใช้รถไถติดเครื่องขุดหัวมันสำปะหลังทำการไถขุดให้หัวมันสำปะหลังขึ้นมาอยู่บนผิวดิน ใช้แรงงานคนเก็บรวมกอง สับหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า และใช้รถไถที่ติดอุปกรณ์ตัดหัวมันสำปะหลังเพื่อขนหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกส่งเข้าโรงงานต่อไป

Table 1 Basic characteristics, society, economy of farmers (N=30)

Items	Frequency	Percentage
1. Gender		
- Male	13	43.33
- Female	17	56.67
2. Age (years)		
- 31-40	4	13.33
- 41-50	8	26.67
- 51-60	12	40.00
- More than 60	6	20.00
3. Education level		
- Non-education	1	3.33
- Primary school	20	66.67
- Junior high school	4	13.33
- Senior high school	5	16.67

Table 1 (Continued)

Items	Frequency	Percentage
4. Social position		
- Assistant village headman	3	10.00
- Agricultural volunteer	1	3.33
- No position	25	83.33
- Others	1	3.33
5. Irrigable area		
- Rainfed area	30	100.00
6. Land tenure		
- Rental	16	53.33
- Owner	14	46.67
7. Number of family workers		
- Less than 2	6	20.00
- 2-3	20	66.67
- 4-5	4	13.33
8. Experience for cassava production (years)		
- Less than 5	1	3.33
- 5-10	3	10.00
- 11-20	8	26.67
- 21-30	6	20.00
- 31-40	5	16.67
- More than 40	7	23.33
9. Liability		
- Not have	10	33.33
- Have	20	66.67

Table 1 (Continued)

Items	Frequency	Percentage
10. Finances		
- Owner	14	35.00
- Village fund	8	20.00
- Agricultural cooperative	1	2.50
- BAAC	14	35.00
- Bank	3	7.50
- Saving for production group	14	35.00
*Multiple-selection questions		
11. Cassava variety used		
- Kasetsart 50 (KU50)	27	90.00
- Kasetsart 72 (KU72)	3	10.00
12. Source of cassava seedling		
- Own stock	29	80.60
- Buy from neighborhood	5	13.90
- Others	2	5.60
*Multiple-selection questions		

ต้นทุนและผลตอบแทนของเกษตรกรผู้ปลูก มันสำปะหลัง

ข้อมูลต้นทุนที่เกิดขึ้นในปีการผลิต พ.ศ. 2565 พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง มีกำไรสุทธิ จำนวน 2,814.18 บาทต่อไร่ และกำไรเหนือต้นทุนเงินสดเฉลี่ย จำนวน 3,755.59 บาทต่อไร่ ด้านต้นทุนรวมเฉลี่ยในการปลูกมันสำปะหลัง จำนวน 6,416.05 บาทต่อไร่ โดยจำแนกเป็นต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย ค่าเช่าที่ดิน ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน และค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นเงินสด จำนวน 556.07 บาทต่อไร่ และไม่เป็นเงินสด จำนวน 248.20 บาทต่อไร่ โดยเป็นค่าเช่าที่ดินมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 8.67 ด้านต้นทุนผันแปรรวมเฉลี่ย จำนวน 5,611.78 บาทต่อไร่ โดยต้นทุนผันแปรที่สำคัญ ได้แก่ ค่าปุ๋ยเคมี คิดเป็น

ร้อยละ 38.28 รองลงมาคือ ค่าไถพรวนพร้อมปลูก และค่าไถตะ คิดเป็นร้อยละ 10.91 และ 9.35 ตามลำดับ (Table 2)

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินจากข้อมูลต้นทุนการผลิต พบว่าเกษตรกรมีรายได้เฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 9,230.23 บาท ต้นทุนรวมทั้งหมดเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 6,416.05 บาท กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อไร่ เท่ากับ 2,814.18 บาท การคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนจากเงินลงทุน (ROI) ร้อยละ 43.86 แสดงให้เห็นว่า การลงทุนปลูกมันสำปะหลัง 100 บาท จะได้กำไรจากการลงทุนกลับมา 43.86 บาท การคำนวณอัตรากำไรสุทธิ (NPM) ร้อยละ 30.49 แสดงให้เห็นว่า เงินรายได้รวมทุก 100 บาท ถ้าหักต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ทั้งหมด จะเหลือเป็นกำไรสุทธิทั้งหมด เท่ากับ 30.49 บาท

Table 2 Cost-benefit of cassava production by the large-scale collaborative farming project in Doem Bang Nang Buat district, Suphanburi province in 2022

Item	Value in cash (Baht)	Value non-cash (Baht)	Percentage
1. Fixed costs			
1.1 Land rent	556.07		8.67
1.2 Opportunity cost for capital		10.05	0.16
1.3 Depreciation of equipment		238.15	3.71
Total fixed costs	556.07	248.20	12.54
2. Variable costs			
2.1 Cassava cuttings cost		241.16	3.76
2.2 Cost of applying chemical fertilizers		60.00	0.93
2.3 Cost of spraying herbicides		192.00	2.99
2.4 Cost of spraying pesticides		200.05	3.12
2.5 Wages for plowing	600.00		9.35
2.6 Tillage fee and planting	700.00		10.91
2.7 Harvest wage	575.00		8.96
2.8 Organic fertilizer cost	31.24		0.49
2.9 Commercial fertilizer cost	2,456.03		38.28
2.10 Plant hormones	28.00		0.43
2.11 Chemical pesticides	176.30		2.75
2.12 Fuel	352.00		5.49

Table 2 (Continued)

Item	Value in cash (Baht)	Value non-cash (Baht)	Percentage
Total variable costs	5,611.78		87.46
Total cost	6,416.05		
Total cash cost	5,474.64		
Total revenue	9,230.23		
Net profit	2,814.18		
Profit above cash cost	3,755.59		
Return on Investment (ROI)	43.86		
Net Profit Margin (NPM)	30.49		

เมื่อพิจารณาผลผลิตจากการปลูกมันสำปะหลัง คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 3,213.87 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกร
ของเกษตรกรโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลง มีรายได้จากการจำหน่ายผลผลิต 7,984,150.00 บาท
ใหญ่ อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี (Table คิดเป็นรายได้เฉลี่ย 9,230.23 บาทต่อไร่ หรือ 2.87 บาท
3) ในปีการผลิต 2565 มีพื้นที่ผลิตทั้งหมด 865.00 ไร่ ต่อไร่
สามารถผลิตมันสำปะหลังได้ 2,780,000.00 กิโลกรัม

Table 3 Annual production of cassava by the large-scale collaborative farming project
in Doem Bang Nang Buat district, Suphanburi province in 2022

Annual product	Amount
Total production (kilogram)	2,780,000.00
Average production (kilogram/rai)	3,213.87
Average revenue (Baht/rai)	9,230.23
Average revenue (Baht/kilogram)	2.87

ปัญหาในการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร

ผลการประเมินปัญหาในการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร โครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี (Table 4) ดังนี้

1. **ปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคม** โดยรวมพบว่า อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.65$) เมื่อพิจารณาประเด็นย่อย พบว่าปัญหาทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด 5 ประเด็น โดยประเด็นที่เป็นปัญหามากที่สุด คือ ปัญหาด้านราคาของปุ๋ยเคมีและสารเคมี ($\bar{X}=3.83$) รองลงมาเป็นปัญหาด้านความผันผวนของราคาผลผลิต ($\bar{X}=3.73$) ปัญหาค่าจ้างแรงงานที่สูง ($\bar{X}=3.67$) ปัญหาขาดเครื่องทุนแรง ($\bar{X}=3.60$) และปัญหาการรวมกลุ่มของเกษตรกร ($\bar{X}=3.43$)

2. **ปัญหาด้านการผลิต** โดยรวมพบว่า อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.50$) เมื่อพิจารณาประเด็นย่อย พบว่าปัญหาที่อยู่ในระดับมากที่สุด มีทั้งหมด 5 ประเด็น คือ ปัญหาด้านการเตรียมดิน เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุด ($\bar{X}=3.87$) รองลงมาเป็นปัญหาด้านการควบคุมคุณภาพผลผลิต เช่น การเก็บเกี่ยวในช่วงอายุที่เหมาะสม ($\bar{X}=3.63$) ต่อมาเป็นปัญหาด้านการเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ($\bar{X}=3.57$) ปัญหาด้านการจัดการศัตรูพืช ($\bar{X}=3.47$) และปัญหาด้านการเลือกพื้นที่ในการปลูก ($\bar{X}=3.43$) ปัญหาที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 ประเด็น คือ ปัญหาด้านการเก็บเกี่ยว ($\bar{X}=3.40$) และปัญหาด้านการให้น้ำ ($\bar{X}=3.17$)

3. **ปัญหาด้านการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง** โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.67$) ปัญหา

ด้านนี้มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเทียบกับปัญหาด้านอื่น ๆ เมื่อพิจารณาประเด็นย่อย พบว่าทุกปัญหาอยู่ในระดับมาก โดยปัญหาการระบาดของแมลงพาหะ เป็นประเด็นที่เป็นปัญหามากที่สุด ($\bar{X}=3.77$) รองลงมาเป็นปัญหาการป้องกันและกำจัดโรค ($\bar{X}=3.73$) ปัญหาการขาดแคลนท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ($\bar{X}=3.70$) ปัญหาการป้องกันและกำจัดแมลงพาหะ ($\bar{X}=3.60$) และปัญหาการวินิจฉัยโรค ($\bar{X}=3.57$)

4. **ปัญหาด้านความรู้ของเกษตรกร** โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.18$) เมื่อพิจารณาประเด็นย่อย พบว่า ทุกปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง โดยประเด็นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ปัญหาการขาดความรู้ด้านการควบคุมคุณภาพผลผลิต ($\bar{X}=3.37$) รองลงมาคือ ปัญหาด้านการเตรียมดิน ($\bar{X}=3.30$) ปัญหาขาดความรู้เรื่องท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ($\bar{X}=3.27$) ปัญหาขาดความรู้ด้านการจัดการปุ๋ย ($\bar{X}=3.17$) ปัญหาขาดความรู้ด้านการให้น้ำ ($\bar{X}=3.07$) และปัญหาขาดความรู้ด้านการเก็บเกี่ยว ($\bar{X}=2.90$)

5. **ปัญหาด้านการส่งเสริม/สนับสนุน** โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.62$) เมื่อพิจารณาประเด็นย่อย พบว่า ปัญหาอยู่ในระดับมาก 4 ประเด็น คือ ปัญหาด้านการให้คำแนะนำแก่เกษตรกร ($\bar{X}=3.83$) ปัญหาด้านการสนับสนุนปัจจัยในการผลิต ($\bar{X}=3.80$) การทำแปลงสาธิต ($\bar{X}=3.70$) และการถ่ายทอดความรู้ของเจ้าหน้าที่ ($\bar{X}=3.67$) ปัญหาที่อยู่ในระดับปานกลาง คือ ปัญหาด้านการเยี่ยมเยียนแปลง ($\bar{X}=3.27$)

Table 4 Level of cassava plantation problems by farmers in the large-scale collaborative farming project in Doem Bang Nang Buat district, Suphanburi province in 2022 (N=30)

Problem	$\bar{X}$	SD	Level
Economic and social aspect	3.65	0.81	High
Production aspect	3.50	1.03	High
Cassava mosaic virus outbreaks aspect	3.67	0.90	High
Knowledge aspects	3.18	0.99	Moderate
Promotion/Support aspect	3.62	0.74	High
Total	3.52	0.89	High

Scores: 5-4.21 = Highest, 4.20-3.41 = High, 3.40-2.61 = Moderate, 2.60-1.81 = Low, and 1.80-1.00 = Lower

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าเกษตรกรมีกำไรเหนือต้นทุนเงินสดเฉลี่ยจำนวน 3,755.59 บาทต่อไร่ แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรยังคงสามารถดำเนินกิจกรรมการปลูกมันสำปะหลังต่อไปได้ เนื่องจากผลตอบแทนเหนือต้นทุนเงินสดมากกว่าศูนย์ หมายถึง เกษตรกรยังคงมีกำไรสูงกว่าต้นทุนเงินสดที่ใช้ในการผลิต (Chankong and Chuaychu-noo, 2021) ด้านต้นทุนผันแปรที่สำคัญในการปลูกมันสำปะหลัง ได้แก่ ค่าปุ๋ยเคมี คิดเป็นร้อยละ 38.28 สอดคล้องกับการศึกษาของ Apisithpinyo *et al.* (2022) ซึ่งทำการศึกษาลำไยที่มีผลต่อจุดคุ้มทุนและส่วนเกินที่ปลอดภัยจากการปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา พบว่าต้นทุนผันแปรที่สำคัญในการปลูกมันสำปะหลัง ได้แก่ ค่าปุ๋ย คิดเป็นร้อยละ 24.43 และนอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2565 ราคาปุ๋ยเคมีมีราคานำเข้าเพิ่มขึ้นทุกสูตร โดยเฉพาะปุ๋ยสูตร 46-0-0 มีราคานำเข้าเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2564 ร้อยละ 99.19 (Office of Agricultural Economics, 2023) อย่างไรก็ตามผู้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่มักประสบปัญหาต้นทุนการผลิต ที่เพิ่มสูงขึ้น

โดยเฉพาะค่าปุ๋ยเคมีที่มีราคาค่อนข้างแพง ขณะที่การใช้ปุ๋ยของเกษตรกรยังไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ หรือเลือกใช้สูตรปุ๋ยตามความพึงพอใจ (Rattanasriwong *et al.*, 2014) ทำให้ได้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าการลงทุน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรายได้จากการขายมันสำปะหลังและต้นทุนในการผลิตมันสำปะหลัง พบว่าเกษตรกรมีกำไรจากการปลูกมันสำปะหลัง จำนวน 2,814.18 บาทต่อไร่ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Thammasri *et al.* (2015) ที่ได้ทำการศึกษารวมประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังในชุมชนแบบมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันและการพึ่งพาตนเอง พบว่าเกษตรกรในตำบลมวกเหล็ก ตำบลหนองย่างเสือ ตำบลลำสมพุง ตำบลลำพญากลาง และตำบลชัยสนุ่น มีกำไรจากการขายมันสำปะหลังเฉลี่ยเท่ากับ 1,686.70, 1,735.70, 1,808.15, 1,763.45, 1,819.25 บาทต่อไร่ นอกจากนี้ในตำบลมิตรภาพขาดทุนเฉลี่ยเท่ากับ 72.40 บาทต่อไร่ เนื่องจากปัจจัยทางด้านกายภาพและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะดินในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ส่งผลต่อผลผลิตมันสำปะหลัง ด้านผลผลิตมีปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ย 3,213.87 กิโลกรัมต่อไร่ สอดคล้องกับ Office of Agricultural Economics (2023) ที่ระบุข้อมูลปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังของจังหวัดสุพรรณบุรี ปีการผลิต พ.ศ. 2565 ไว้ที่ 3,252 กิโลกรัมต่อไร่

จากการประเมินระดับของปัญหาในการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร โครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าปัญหาด้านการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุด ($\bar{X}=3.67$) สอดคล้องกับ Jaifong *et al.* (2022) ที่ได้ทำการศึกษาการส่งเสริมการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังในอำเภอดาพระยา จังหวัดสระแก้ว พบว่าเกษตรกรมีปัญหาด้านการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.64$) เนื่องจากโรคใบด่างมันสำปะหลังส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตมันสำปะหลังร้อยละ 40-100 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงอายุของมันสำปะหลังที่ติดเชื้อไวรัสใบด่างมันสำปะหลัง (Siriwan *et al.*, 2020) รองลงมา เป็นปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคม ($\bar{X}=3.65$) พบว่าปัญหาด้านราคาปุ๋ยเคมีและสารเคมีเป็นปัญหามากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ต้นทุนผันแปร โดยต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี เป็นสัดส่วนต้นทุนที่มากที่สุด (Table 2) ปัญหาด้านการส่งเสริม/สนับสนุน ($\bar{X}=3.62$) พบว่าเกษตรกรมีปัญหาด้านการให้คำแนะนำแก่เกษตรกรมากที่สุด สอดคล้องกับ Pattaraphaiboonchai *et al.* (2022) ซึ่งทำการศึกษาการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของเกษตรกรในตำบลเขาทอง อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าเกษตรกรมีความต้องการด้านการส่งเสริม/สนับสนุนอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.92$)

นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรเข้าไปอบรมถ่ายทอดความรู้ จัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความเข้าใจเทคโนโลยีการผลิตพืชแบบเหมาะสมให้เกษตรกรอย่างสม่ำเสมอ ($\bar{X}=3.99$) และปัญหาด้านการผลิต ($\bar{X}=3.50$) โดยเฉพาะปัญหาด้านการเตรียมดิน ซึ่งการเตรียมดินที่ดีช่วยให้ดินมีการระบายน้ำได้ดี จำนวนต้นอยู่รอดสูง มันสำปะหลังจะสามารถลงหัวได้ดี ผลผลิตที่ได้จะสูงขึ้น จากผลการวิจัยพบว่า ต้นทุนผันแปรในการเตรียมดินเป็นต้นทุนที่มีความสำคัญรองลงมา จากค่าปุ๋ยเคมี (Table 2) โดยเกษตรกรมีการไถเตรียมดินจำนวน 2 ครั้ง สอดคล้องกับคำแนะนำในการเตรียมดิน

ของ Department of Agriculture (2020) ได้แนะนำการเตรียมดินโดยไถพรวน 3 จำนวน 1 ครั้ง ที่ระดับความลึก 30-50 ซม. เพื่อไถกลบเศษซากของมันสำปะหลังทิ้งไว้ 15-20 วัน และควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์หรือสารปรับปรุงบำรุงดินหว่านให้ทั่วแปลง แล้วไถพรวนด้วยพรวน 7 จำนวน 1 ครั้ง

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าเกษตรกรมีกำไรสุทธิเฉลี่ยต่อไร่ เท่ากับ 2,814.18 บาท กำไรเหนือต้นทุนเงินสดเฉลี่ย จำนวน 3,755.59 บาทต่อไร่ ด้านต้นทุนรวมเฉลี่ยในการปลูกมันสำปะหลัง จำนวน 6,416.05 บาทต่อไร่ โดยต้นทุนคงที่มากที่สุด คือ ค่าเช่าที่ดิน คิดเป็นร้อยละ 8.67 ต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าปุ๋ยเคมีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 38.28 ผลตอบแทนเฉลี่ย 9,230.23 บาทต่อไร่ เมื่อพิจารณาปัญหาในการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร พบว่าปัญหาด้านการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุด

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยพบว่า ต้นทุนการผลิตที่มีสัดส่วนสูงที่สุด คือ ค่าปุ๋ยเคมี หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ในอัตราและช่วงเวลาที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังแต่ละระยะ และส่งเสริมการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้เอง เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาสูง อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการส่งเสริมด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดในพื้นที่ เพื่อใช้เป็นท่อนพันธุ์ในฤดูกาลผลิตต่อไป นอกจากจะช่วยลดต้นทุนการผลิตแล้วยังสามารถช่วยแก้ปัญหาการนำท่อนพันธุ์จากภายนอกซึ่งมีโอกาสทำให้เกิดการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง

ในพื้นที่ได้ และสร้างความตระหนักให้เกษตรกรเห็นความสำคัญของการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังที่ถูกต้อง เช่น การจัดการแมลงหิวข้าวพาหะ การไม่เคลื่อนย้ายท่อนพันธุ์ที่มีแหล่งที่มาไม่แน่ชัดเข้ามาในพื้นที่ และการใช้พันธุ์มันสำปะหลังทนทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง เป็นต้น เกษตรกรควรมีการวางแผนการผลิตมันสำปะหลังตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงหลังการเก็บเกี่ยว

สำหรับงานวิจัยในอนาคต ควรศึกษาต้นทุน และผลตอบแทนในการปลูกมันสำปะหลังโดยมีการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการผลิต เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทน เป็นการจัดจัดการทรัพยากรและปัจจัยการผลิตให้เหมาะสมกับพื้นที่ เพื่อลดต้นทุนการผลิต และนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณแปลงใหญ่ทั่วไป (มันสำปะหลัง) ตำบลหนองกระทุ่ม อำเภอดงหลวง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่อนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Apisithpinyo, B., N. Keeratiaurai., S. Burinwattana., W. Apisithpinyo and N. Kuisuphachote. 2022. The analysis of the factors influencing the breakeven point and margin of safety on cassava production in Nakhon Ratchasima province. **Rajabhat Rambhai Barni Research Journal** 16(3): 35-45. [in Thai]
- Chankong, J. and N. Chuaychu-noo. 2021. Cost-benefit and economics, society and environmental impacts of Srivijaya Naked chicken production. **Journal of Agri. Research & Extension** 38(3): 86-99. [in Thai]
- Department of Agriculture. 2020. **Manual for the Production of Clean and Quality Cassava Seedlings**. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 65 p. [in Thai]
- Department of Agricultural Extension. 2023. **The guidelines on collaborative farming**. [Online]. Available http://www.agriman.doae.go.th/home/agriman62/66_Website_Project/66_04BigFarm.pdf (October 13, 2023). [in Thai]
- Jaifong, C., N. Seerasan and T. Puttamuk. 2022. Extension of cassava mosaic disease management in Taphraya district, Sakaeo province. **Journal of Roi Kaensarn Aademi** 7(10): 67-82. [in Thai]
- Office of Agricultural Economics. 2023. **Agricultural Statistics of Thailand 2022**. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 194 p. [in Thai]
- _____. 2023. **Indicators of the Agricultural Economy of Thailand in 2022**. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 64 p. [in Thai]

- _____. 2023. **Thailand Foreign Agricultural Trade Statistics 2022**. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 162 p. [in Thai]
- Pattaraphaiboonchai, N., N. Seerasarn and J. Singkum. 2022. Extension of the farmers' cassava stalks production in Khao Thong subdistrict, Phayuha Khiri district, Nakhon Sawan province. **Journal of Roi Kaensarn Aademi** 7(10): 348-363. [in Thai]
- Rattanasriwong, S., B. Kumsueb and W. Junkuntod. 2014. Technology transfer for site specification nutrient management on cassava production. **Khon Kaen Agricultural Journal** 42(2): 150-157. [in Thai]
- Siriwan, W., N. Hemniam., J. Thawinampan., S. Roekwan., K. Saokham., S. Hunsawattanakul., P. Pleeprom and C. Phumichai. 2020. Study of disease incidence in cassava mosaic disease clean seed. **The Agricultural Science Journal** 51(2): 181-191. [in Thai]
- Thammasri, W., C. Klangkarn and W. Phoohinkong. 2015. Efficiency improvement and cost reduction of cassava production in community participation for developing to competitive potential and self-reliance. **Khon Kaen Agricultural Journal** 43(3): 535-542. [in Thai]
- Tirakanant, S. 2012. **Multivariate Analysis in Social Science Research**. Bangkok: Chulalongkorn University. 313 p. [in Thai]

แบบจำลองการเกษตรฤดูแล้งเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจสูงสุด
กรณีศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาวจังหวัดกาฬสินธุ์

Dry Season Cropping Model for Maximum Economic Benefits: Case Study
of Lampao Operation and Maintenance Project in Kalasin Province Model

สาธิต เหลืองเจริญลาภ* และอาภาพงศ์ ชั่งจันทร์

Sathit Luangcharoenlarp* and Arpamong Changjan

หลักสูตรเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเพื่อการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ 1330

Department of Environmental Technology for Agriculture, Faculty of Science and Technology

Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, Thailand 10330

*Corresponding author: stc257@gmail.com

Received: February 23, 2024

Revised: December 12, 2024

Accepted: January 15, 2025

Abstract

This research aimed to study a model for growing dry season crops to maximize economic benefits. A case study of the Lam Pao Operation and Maintenance Project, Kalasin Province. The research methods were divided into 2 steps: Step 1: Study the environmental structure that influences agricultural decision-making during the dry season. The methods were as follows: 1.1) Select environmental structures that affect agricultural decision-making during the dry season and 1.2) Interview stakeholders by dividing purposive sampling into 2 groups. Group 1: executive level stakeholders (Head of department) total of 6 people. Group 2: officials in government agencies and farmer groups who have a vested interest, totaling 32 people. The structured interview used open-ended and closed-ended questionnaires that were analyzed for objective consistency (IOC) 0.8. After that Step 2: Create a dry season agricultural decision model used the methods of regression calculations are as follows: 2.1) Determine the water quantity and cost conditions of the Lam Pao Dam reservoir and 2.2) Analyze the agricultural decision-making model during the dry season using Multiple linear regression. The steps of creating a dry season agricultural decision model were as follows;; (1) Determine the amount of water cost at the beginning of the dry season is the initial variable and other factors as the dependent variable and (2) reduce the form of the dependent variable and confirm the assumptions obtained to be a constant value (3) Dry season agricultural model for maximum economic benefit. The research results found that 1) Environmental structures that influence decision-making during the project's dry season agriculture consisted of 8 structures: (1) the amount of water costs at the beginning of the dry season, (2) the distance from the planting plot to the irrigation canal. (access to irrigation water) (3) agricultural

calendar of the project (Cropping pattern) (4) soil fertility (5) income or production insurance policy or other projects that have the same characteristics (6) policy to support production factors, (7) policy to support agricultural credit, and (8) measures to pay compensation for damages from natural disasters. 2) Dry season agriculture model for maximum economic benefit was if at the beginning of the dry season the amount of water in the reservoir is lower than 770.00 million cubic meters. The agricultural area have consisted of 1,499 rai of fish ponds, 2,734 rai of shrimp ponds, 591 rai of seed crops, 1,379 rai of field crops and vegetables, and 60,697 rai of off-season rice, generating an economic return of 1,204.28 million Baht/season. The R^2 value showed the relationship to the amount of water. The costs at the beginning of the season were already equal and the net income was 0.9989

Keywords: dry season agriculture, agriculture model, highest economic returns

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองการปลูกพืชฤดูแล้งให้เกิดประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจสูงสุด กรณีศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาวจังหวัดกาฬสินธุ์ วิธีการวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาโครงสร้างสิ่งแวดล้อมต่อการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้ง ดังนี้ 1.1) คัดเลือกโครงสร้างสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้ง 1.2) สัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) 2 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มที่ 1 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียระดับผู้บริหาร (หัวหน้าหน่วยงาน) จำนวน 6 ท่าน กลุ่มที่ 2 เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานภาครัฐและกลุ่มเกษตรกรที่มีส่วนได้ส่วนเสียจำนวน 32 ท่าน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ประเภทแบบมีโครงสร้าง และแบบสอบถามปลายเปิดและปลายปิดที่ผ่านการวิเคราะห์ความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (IOC) 0.8 และขั้นตอนที่ 2 สร้างแบบจำลองการตัดสินใจในการทำเกษตรในฤดูแล้ง โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ดังนี้ 2.1) กำหนดเงื่อนไขปริมาณน้ำต้นทุนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว 2.2) วิเคราะห์แบบจำลองการตัดสินใจการทำเกษตรในฤดูแล้งโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Multiple linear regression) โดยมีขั้นตอน

ดังนี้ (1) กำหนดให้ปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงต้นฤดูแล้งเป็นตัวแปรต้น และปัจจัยอื่นเป็นตัวแปรตาม และ (2) ลดรูปตัวแปรตาม และยืนยันสมมติฐานที่ได้ให้เป็นค่าคงที่ (3) แบบจำลองการเกษตรฤดูแล้งเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจสูงสุด ผลการวิจัยพบว่า 1) โครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการตัดสินใจในการทำเกษตรฤดูแล้งของโครงการฯ ประกอบด้วย 8 โครงสร้าง ได้แก่ (1) ปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงต้นฤดูแล้ง (2) ระยะห่างจากแปลงเพาะปลูกถึงคลองชลประทาน (การเข้าถึงน้ำชลประทาน) (3) ภูมิตนทางการเกษตรของโครงการ (4) ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (5) นโยบายการประกันรายได้หรือผลผลิตหรือโครงการอื่น ๆ ที่มีลักษณะเดียวกัน (6) นโยบายสนับสนุนปัจจัยการผลิต (7) นโยบายสนับสนุนสินเชื่อการเกษตร และ (8) มาตรการจ่ายค่าชดเชยความเสียหายจากภัยธรรมชาติ 2) แบบจำลองการเกษตรฤดูแล้งเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจสูงสุด คือ หากช่วงต้นฤดูแล้งมีปริมาณน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำต่ำกว่า 770.00 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่ทำการเกษตรควรประกอบไปด้วย บ่อปลา 1,499 ไร่ บ่อกุ้ง 2,734 ไร่ พืชเมล็ดพันธุ์ 591 ไร่ พืชไร่-พืชผัก 1,379 ไร่ และข้าวนาปรัง 60,697 ไร่ เกิดผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 1,204.28 ล้านบาท/ฤดูกาล ค่า R^2 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงต้นฤดูแล้ง และรายได้สุทธิเท่ากับ 0.9989

คำสำคัญ: การเกษตรฤดูแล้ง แบบจำลองการเกษตร
ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด

คำนำ

วิถีชีวิตของคนไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีความเกี่ยวพันกับการเกษตรทั้งการเพาะปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ และการทำประมง โดยเริ่มจากการทำการเกษตรเพื่อการบริโภคในครัวเรือน และเมื่อมีผลผลิตเหลือก็นำไปขายสร้างรายได้ให้กับครอบครัว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งปลูกข้าวคุณภาพสูง เช่น ข้าวหอมมะลิ มีพื้นที่ปลูกรวม 23,592,482 ไร่ จากรายงานราคาสินค้าเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย ของสำนักงานเศรษฐกิจภาคธนาคารแห่งประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2562 พบว่าผลผลิตข้าวอยู่ที่ 6,931,808 ตัน คิดเป็นร้อยละ 28.80 ของผลผลิตข้าวทั้งประเทศ มูลค่าประมาณ 104,802 ล้านบาท (Regional Economy Office, 2019) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่เกษตร รวม 69,351,563 ไร่ (Planning Division Department of Land Development, 2022) แบ่งเป็นเกษตรฤดูฝนและเกษตรฤดูแล้ง ส่วนใหญ่พื้นที่นอกเขตชลประทานสามารถทำการเกษตรได้เฉพาะฤดูฝน เนื่องจากฤดูแล้งน้ำต้นทุนไม่แน่นอน และมักประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ เกษตรกรและหน่วยงานของรัฐบาลจำเป็นต้องมีการวางแผนการทำเกษตรร่วมกันเกี่ยวกับปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งของพื้นที่นอกเขตชลประทาน (Sanguansap, 2003) โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว ตั้งอยู่ที่จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็น 1 ใน 3 ของเขื่อนขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำชี และเป็นเขื่อนที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับ 7 ของประเทศไทย อยู่ในความรับผิดชอบของกรมชลประทาน

ครอบคลุมพื้นที่ใน 9 อำเภอของจังหวัดกาฬสินธุ์ และ 3 อำเภอของจังหวัดอุดรธานี มีพื้นที่อ่างเก็บน้ำรวม 356,600 ไร่ และพื้นที่ชลประทาน 306,963 ไร่ ลักษณะโครงการเป็นโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพื่อการเกษตรและการอุปโภคบริโภค มีระบบชลประทานที่สมบูรณ์ ประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำคลองชลประทาน คลองระบายน้ำและระบบชลประทานในไร่นา มีความจุอ่างเก็บน้ำปัจจุบันเท่ากับ 1,980 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่ชลประทาน 306,963 ไร่ ทำให้ปัจจุบันพื้นที่การเกษตรในฤดูฝนได้รับน้ำอย่างเต็มที่ และยังสามารถส่งไปช่วยเกษตรในลุ่มน้ำตอนล่างได้อีกด้วย ส่วนฤดูแล้งในบางปีจะมีน้ำต้นทุนไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องกำหนดพื้นที่หรือกิจกรรมการใช้น้ำให้สอดคล้องกับน้ำต้นทุนที่มีอยู่ โดยจัดลำดับความสำคัญของการใช้น้ำแต่ละประเภท ดังนี้ 1) เพื่อการประปา 2) เพื่อรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ 3) เพื่อการเกษตร 4) เพื่อกิจกรรมอื่น ๆ 5) การส่งน้ำไปยังลุ่มน้ำชีตอนกลางและตอนล่าง

อย่างไรก็ตามพบว่า ที่ผ่านมาในพื้นที่โครงการฯ (Figure 1) มักจะประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง โดยมีปริมาณน้ำช่วงต้นฤดูแล้งน้อยกว่า 800 ลูกบาศก์เมตร แต่เกษตรกรในพื้นที่ก็ยังคงนิยมปลูกข้าวนาปรังอยู่เช่นเดิม ด้วยเหตุดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงดำเนินการขึ้นเพื่อนำเสนอแผนการปลูกพืชฤดูแล้งเพื่อเป็นทางเลือกให้เกษตรกรตัดสินใจปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อย และได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาโครงสร้างสิ่งแวดล้อม ที่มีส่วนต่อการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้ง ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ และเพื่อสร้างแบบจำลองการเกษตรฤดูแล้งเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจสูงสุด

242

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้ได้กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างให้เหมาะสมต่อขอบเขตและวัตถุประสงค์การศึกษาวิจัยไว้ดังนี้ ประชากร คือ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้รับผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบ และทั้งทางตรงและทางอ้อม จากการทำนารองในช่วงฤดูแล้งของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลพบว่า ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีจำนวนทั้งสิ้น 115,571 คน กลุ่มตัวอย่างคือ ตัวแทนของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการใช้น้ำในฤดูแล้งของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ จากการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์ในการบริหารจัดการการเกษตรของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว จากหน่วยงานภาครัฐทุกระดับและกลุ่มเกษตรกร โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียระดับผู้บริหาร (หัวหน้าหน่วยงาน) จำนวน 6 ท่าน กลุ่มที่ 2 เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานภาครัฐและกลุ่มเกษตรกรที่มีส่วนได้ส่วนเสีย จำนวน 32 ท่าน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ประเภทแบบมีโครงสร้างและแบบสอบถามที่ผ่านการวิเคราะห์ความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (IOC) 0.8 โดยการสัมภาษณ์แบ่งออกเป็น 2 รอบ แต่ละรอบมีระยะเวลาห่างกัน 2 สัปดาห์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์แบบสถิติพื้นฐาน (ร้อยละ)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วย 1) แบบสัมภาษณ์ประเภทแบบมีโครงสร้าง (Formal interview หรือ Structural interview) 2) แบบสอบถามปลายปิดและปลายเปิด แบบสอบถามปลายเปิด (Open ended question) และ 3) การวิเคราะห์แบบถดถอย อธิบายได้ดังนี้

1) แบบสัมภาษณ์ประเภทแบบมีโครงสร้าง (Formal interview หรือ Structural interview) เป็นวิธีการสัมภาษณ์ที่ประกอบด้วยคำถามอย่างเป็นระบบ เพื่อรวบรวมข้อมูลให้สอดคล้องกับหัวข้อที่กำหนด

ไว้ การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างประกอบด้วย การถามคำถามตามลำดับข้อที่กำหนดไว้ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบคำตอบของผู้สมัครหลาย ๆ คนที่ตอบคำถามในชุดเดียวกัน (Thongchan, 1989)

2) แบบสอบถามปลายปิดและปลายเปิด ซึ่งแบบสอบถามปลายเปิด (Open ended question) เป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบสามารถตอบได้อย่างเต็มที่ ซึ่งคาดว่าจะได้คำตอบที่แน่นอน สมบูรณ์ ตรงกับสภาพความเป็นจริงได้มากกว่าคำตอบที่จำกัดวงให้แบบสอบถามปลายปิด (Close ended question) เป็นคำถามที่ผู้วิจัยมีแนวคำตอบไว้ให้ผู้ตอบเลือกตอบจากคำตอบที่กำหนดไว้เท่านั้น คำตอบที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ล่วงหน้ามักได้มาจากการทดลองใช้คำถามในลักษณะที่เป็นคำถามปลายเปิด หรือการศึกษารอบแนวความคิด สมมติฐานการวิจัย และนิยามเชิงปฏิบัติการ (Chamonman, 2001)

3) การวิเคราะห์แบบถดถอย เป็นวิธีการทางสถิติใช้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ประกอบด้วย ตัวแปรที่เราทราบค่า เรียกว่าตัวประมาณการ หรือตัวแปรต้น (Predictor, Independent variable, X) และตัวแปรที่เราต้องการทราบค่า เรียกว่าตัวตอบสนองหรือตัวแปรตาม (Response, Dependent variable, Y) ว่าเป็นตัวแปรที่เป็นปัจจัยหรือเป็นเหตุผลของกันและกันหรือไม่ (Freedman, 2009)

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้แบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ศึกษาโครงสร้างสิ่งแวดล้อมต่อการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้ง 2) สร้างแบบจำลองการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้ง ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาโครงสร้างสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้ง

1.1 คัดเลือกโครงสร้างสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้ง โดยศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หนังสือทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อค้นหาโครงสร้างสิ่งแวดล้อมที่จะมีผลต่อการตัดสินใจทำการเกษตร ในมิติด้านทรัพยากร มิติด้านเทคโนโลยี มิติด้านของเสีย และมิติด้านมนุษย์ (Chankaew, 2004)

1.2 สัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

กลุ่มที่ 1 ใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง กลุ่มตัวอย่างในการสัมภาษณ์ ได้แก่ 1)ผู้อำนวยการโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว 2)หัวหน้าฝ่ายจัดสรรน้ำและปรับปรุงระบบชลประทาน 3)หัวหน้าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา (จำนวน 3 ท่าน) รวมทั้งสิ้น 6 ท่าน

กลุ่มที่ 2 ใช้แบบสอบถามแบบสอบถามเปิดและปิด เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานภาครัฐที่มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้แก่ สำนักงานเกษตรอำเภอ สำนักงานประมงอำเภอ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวนทั้งสิ้น 32 ท่าน ผลจากการสำรวจแบบสอบถาม

เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการสนับสนุนการตัดสินใจในการทำการเกษตรในฤดูแล้งในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแบบจำลองการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้ง โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

2.1 กำหนดเงื่อนไขปริมาณน้ำต้นทุนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยศึกษาจากการเก็บรวบรวมสถิติปริมาณในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว ในช่วงปี พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2565 ข้อมูลจากฝ่ายจัดสรรน้ำและปรับปรุงระบบชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว กรมชลประทาน

2.2 วิเคราะห์แบบจำลองการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้งโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple linear regression) โดยมีขั้นตอนดังนี้ (1) กำหนดให้ปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงต้นฤดูแล้งเป็นตัวแปรต้น และปัจจัยอื่นเป็นตัวแปรตาม และ (2) ลดรูปตัวแปรตาม และยืนยันสมมติฐานที่ได้ ให้เป็นค่าคงที่ (3) แบบจำลองการเกษตรฤดูแล้ง เพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจสูงสุด (Figure2)

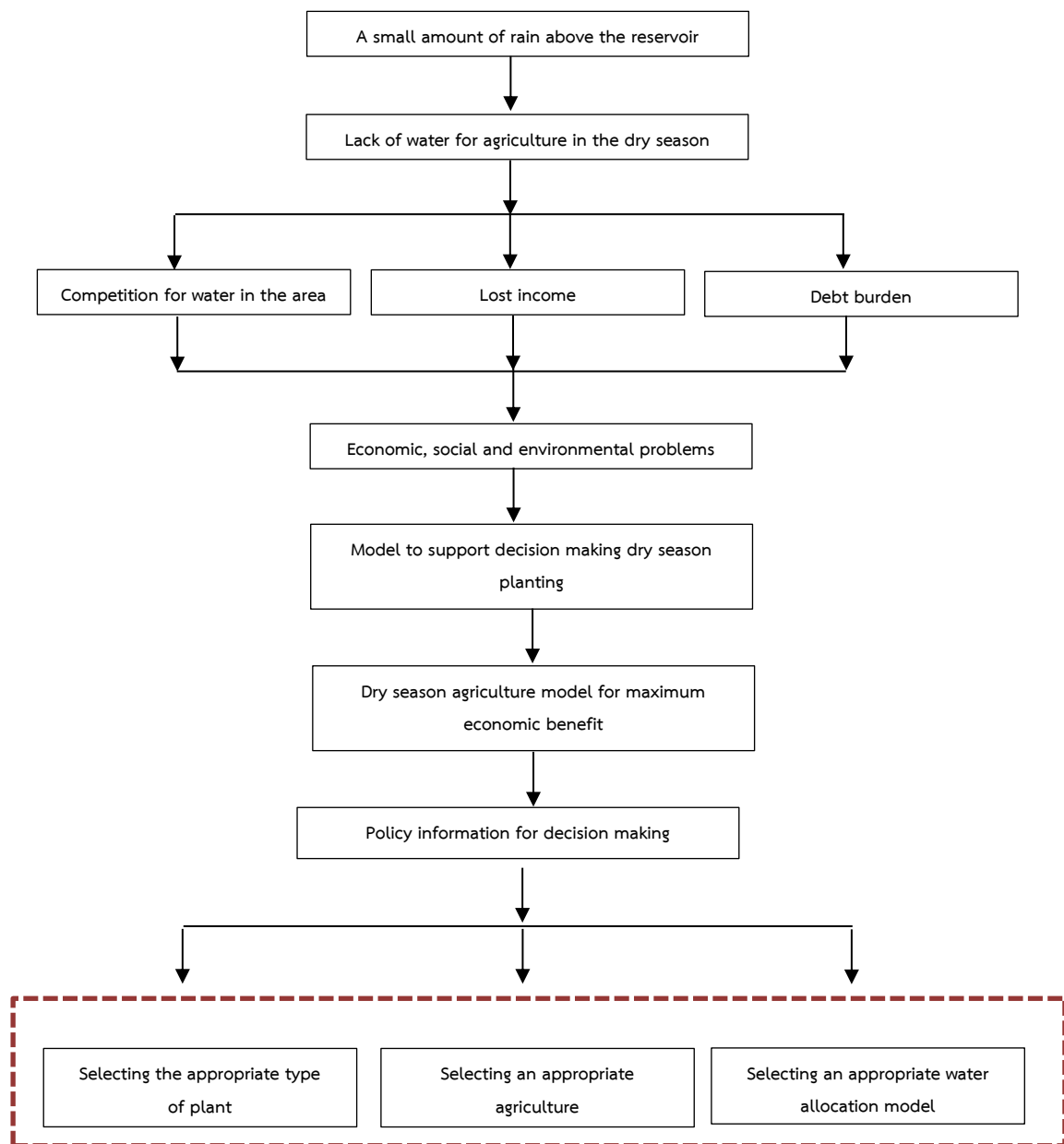


Figure 2 Conceptual framework

2.3 การกำหนดตัวแปรตามเพื่อวิเคราะห์ สันับสนุนการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้ง (Table 1)
แบบจำลองด้วยวิธีการ Multiple linear regression เพื่อ

Table 1 Variables for multiple linear regression analysis

Variables	Variable description	Results of multiple linear regression analysis
X_1	Amount of water cost at the beginning of the dry season	The amount of water cost at the beginning of the dry season has a value between $100 \leq X_1 \leq 1,890$ million cubic meters. Let (X_1) be the primary variable.
X_2	Efficiency values of the circulating water delivery system	Water delivery system efficiency value = 65%
X_3	Crop coefficient according to the crop calendar (percentage)	Planting according to the planting calendar = 100%
X_4	Agricultural income coefficient (percentage)	Characteristics of agriculture is other types. Agricultural income efficiency = 80%
X_5	Crop coefficient according to the crop calendar (percentage)	There is only one type of agriculture which is paddy, where paddy is included in the project every year. Water delivery system efficiency value = 100%
X_6	Policy to support production factors	Analysis results are the same as X_5
X_7	Agricultural loan support policy	Policy to support agricultural loans uses criteria similar to X_5 , taking into account the interest difference between BAAC and commercial banks. Add this to the additional income per rai.
X_8	Coefficient of compensation measures in the case of damage from natural disasters (percent)	There is only one type of agriculture, which is paddy rice. Paddy rice has measured every year. Coefficient of compensation measures = 100%

2.3.1 ปริมาณน้ำต้นทุนช่วงต้นฤดูแล้ง (X_1) ปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงต้นฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง $100 \leq X_1 \leq 1,890$ ล้านลูกบาศก์เมตร ให้ (X_1) เป็นตัวแปรต้น

2.3.2 ระยะห่างจากแปลงเพาะปลูกถึงคลองชลประทาน (X_2) ระยะห่างจากแปลงเพาะปลูกถึงคลองชลประทาน (ส่งผลต่อประสิทธิภาพการชลประทาน) เมื่อพื้นที่นั้นรับน้ำจากคลองส่งน้ำสายใหญ่ใช้ประสิทธิภาพการชลประทาน เท่ากับร้อยละ 90 และรับน้ำจากคลองส่งน้ำสายย่อย ใช้ประสิทธิภาพการชลประทาน เท่ากับร้อยละ 60 โดยให้ (X_2) เป็นตัวแปรตาม

2.3.3 ปฏิทินการทำการเกษตรของโครงการ (X_3) ปฏิทินการทำการเกษตรของโครงการ ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการส่งน้ำ ความเสี่ยงต่อความเสียหายจากภัยแล้ง/น้ำท่วม/แมลงศัตรูพืช เพราะหากปลูกไม่ตรงกับปฏิทินก็จะไม่พร้อมกับการระบายน้ำทำให้ได้รับน้ำไม่สอดคล้องกับระยะเวลาการเจริญเติบโตของแปลงอื่น การเพาะปลูกตรงตามปฏิทินการเพาะปลูกจะส่งผลต่อความเสี่ยง ความเสียหายจากการขาดแคลนนํ้าหรือภัยธรรมชาติต่าง ๆ จะทำให้ประหยัดค่าชดเชยความเสียหายนำไปเป็นสัมประสิทธิ์กับรายได้ของการเกษตร โดยให้ (X_3) เป็นตัวแปรตาม

2.3.4 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (X_4) ความอุดมสมบูรณ์ของดิน พิจารณาจาก Agri Map ซึ่งจัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน โดยการวิเคราะห์จากแผนที่ดินแล้วตีความหมายเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ง่าย โดยให้ (X_4) เป็นตัวแปรตาม

2.3.5 นโยบายประกันราคาหรือจํานําผลผลิต (X_5) นโยบายการประกันรายได้หรือผลผลิตหรือโครงการอื่น ๆ ที่มีลักษณะเดียวกันใช้เกณฑ์ชนิดของการเกษตรที่อยู่ในนโยบายของรัฐบาลในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาเพื่อนำไปเป็นสัมประสิทธิ์ของรายได้ โดยให้ (X_5) เป็นตัวแปรตาม

2.3.6 นโยบายการสนับสนุนปัจจัยการผลิต (X_6) นโยบายสนับสนุนปัจจัยการผลิตใช้เกณฑ์เหมือน X_5 นำไปคูณเพิ่มจากรายได้สุทธิหรือนำไปบวก เช่น ข้าวได้เพิ่ม 1,000 บาท โดยให้ (X_6) เป็นตัวแปรตาม

2.3.7 นโยบายการสนับสนุนสินเชื่อเพื่อการเกษตร (X_7) นโยบายสนับสนุนสินเชื่อการเกษตรใช้เกณฑ์เหมือน X_5 นำส่วนต่างดอกเบี้ยของ ธกส. กับธนาคารพาณิชย์ ไปบวกเพิ่มเป็นรายได้ต่อไร่ที่เพิ่มขึ้นมา โดยให้ (X_7) เป็นตัวแปรตาม

2.3.8 มาตรการจ่ายค่าชดเชยกรณีได้รับความเสียหายจากภัยธรรมชาติ (X_8) มาตรการจ่ายค่าชดเชยความเสียหายจากภัยธรรมชาติ ถ้ามีมาตรการก็จะไม่เสียหายหรือสรุปได้ว่ามีรายได้เท่าเดิม นำค่าที่ได้ไปคูณกับรายได้สุทธิ โดยให้ (X_8) เป็นตัวแปรตาม การกำหนดค่า % ที่ต่างกันไม่มาก เนื่องจากผลต่างของรายได้และปัจจัยสิ่งแวดล้อมแต่ละปัจจัยส่วนใหญ่จะส่งผลดีหรือผลเสียต่างกันไม่มาก ยกเว้นกรณีเกิดความเสียหายอย่างสิ้นเชิง อาจปรับค่าให้เหมาะสมมากขึ้น เมื่อไปทำการทดสอบ รวมทั้งในขั้นตอนการใช้งานจริงก็สามารถปรับตัวเลขให้เหมาะสมได้อีก

ผลการวิจัยและวิจารณ์

โครงสร้างสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการตัดสินใจทำการเกษตรฤดูแล้ง

ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่ามีโครงสร้างที่เกี่ยวข้องเท่ากับ 8 โครงสร้าง ประกอบด้วย (1) ปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงต้นฤดูแล้ง (2) ระยะห่างจากแปลงเพาะปลูกถึงคลองชลประทาน (การเข้าถึงน้ำชลประทาน) (3) ปฏิทินการทำการเกษตรของโครงการ (4) ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (5) นโยบายการประกันรายได้หรือผลผลิตหรือโครงการอื่น ๆ ที่มีลักษณะเดียวกัน (6) นโยบายสนับสนุนปัจจัยการผลิต (7) นโยบายสนับสนุนสินเชื่อการเกษตร (8) มาตรการจ่ายค่าชดเชยความเสียหายจากภัยธรรมชาติ ซึ่งมีความสอดคล้องกับทฤษฎีและงานวิจัยหลากหลาย อาทิเช่น การศึกษาการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์เพื่อการจัดสรรน้ำในสภาวะการขาดน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ: กรณีศึกษาในลุ่มน้ำมูลตอนบน ของ Thongplew and Warawut (2003) ที่พบว่าทางเลือกในการจัดสรรน้ำที่ได้คะแนนความสำคัญสูงสุด คือ ทางเลือกที่กำหนดให้การประปาอุตสาหกรรมได้น้ำ 100% ประสิทธิภาพการส่งน้ำ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าระยะห่างจากแปลงเพาะปลูกถึงคลองชลประทาน (การเข้าถึงน้ำชลประทาน) เป็นโครงสร้างที่ส่งผลโดยตรงกับผลผลิตทางการเกษตร Thongpan (1984) ที่ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการผลิตเมล็ดพันธุ์กรมส่งเสริมการเกษตร มีกำไรที่ได้จากการผลิตสูงกว่าเกษตรกรที่ไม่เข้าร่วมโครงการ ซึ่งแสดงให้เห็นนโยบายสนับสนุนปัจจัยการผลิตของภาครัฐส่งผลต่อการตัดสินใจการเพาะปลูกของเกษตรกร ปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาประกอบการดำเนินการพัฒนาระบบชลประทานในไร่นา

ให้เกิดความเหมาะสมทั้งในแง่การใช้งานและการลงทุน Cherdchanpipat (2015) กล่าวว่าจำเป็นต้องนำปัจจัยต่าง ๆ มาพิจารณาประกอบการตัดสินใจเลือกกำหนดออกแบบระบบ ประกอบด้วย ดิน สภาพภูมิประเทศ สถานภาพของน้ำที่นำไปใช้ กล่าวคือ ที่ตั้งแหล่งน้ำ มีผลต่อการวางเค้าโครง การออกแบบ และการส่งน้ำในระบบชลประทาน ถ้ามีทางเลือกจะกำหนดที่ตั้งแหล่งน้ำไว้ในที่สามารถใช้ค่าลงทุนในการส่งน้ำไปยังส่วนต่าง ๆ ของระบบได้ถูกที่สุด จะต้องพิจารณาทั่ว ๆ ไป ได้แก่ 1) ทางเข้าไปส่งน้ำและบริการ 2) ระยะทางที่ส่งน้ำไปสู่ที่นาแต่ละแปลง 3) การป้องกันการกัดเซาะในคูส่งน้ำ 4) การให้น้ำไหลจากแหล่งน้ำโดยอิทธิพลแรงดึงดูดของโลกให้มากที่สุด และ 5) ที่ตั้งแหล่งเก็บกักชั่วคราวหากต้องการ โดยเมื่อวันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2561 ที่ประชุมคณะกรรมการอาหารแห่งชาติครั้งที่ 2/2561 โดยรองนายกรัฐมนตรี (พลเอกฉัตรชัย สาริกัลยะ) เป็นประธาน มีมติ “มอบหมายผู้ว่าราชการจังหวัดดำเนินการจัดทำปฏิทินสินค้าเกษตรที่สำคัญรายเดือนระดับจังหวัด (Province crop calendar) เพื่อใช้ประโยชน์ในการวางแผนเรื่องความมั่นคงอาหาร และส่งเสริมเศรษฐกิจ ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยที่ X3 ที่

งานวิจัยฉบับนี้มีผลการคัดเลือกเพื่อให้เป็น (Food Security Steering Committee throughout the Supply Chain, 2021)

ผลจากแบบสัมภาษณ์และแบบสอบถาม

รอบที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจในการทำเกษตรในฤดูแล้ง ที่ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจในระดับมากและสอดคล้องกัน คือ ปัจจัยปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ในเขื่อนลำปาว ช่วงต้นฤดูแล้ง ปัจจัยปฏิทินการทำเกษตร ระยะห่างจากแปลงเพาะปลูกถึงคลองชลประทาน (การเข้าถึงน้ำชลประทาน) และความอุดมสมบูรณ์ ตามลำดับ (Table 2)

รอบที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจในการทำเกษตรในฤดูแล้ง ที่ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจในระดับมากและสอดคล้องกัน คือ ปัจจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปัจจัยระยะห่างจากแปลงเพาะปลูกถึงคลองชลประทาน (การเข้าถึงน้ำชลประทาน) ปัจจัยปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ในเขื่อนลำปาว ช่วงต้นฤดูแล้ง และปัจจัยแผนการส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว ตามลำดับ (Table 3)

Table 2 Results from the 1st round of questionnaires

Factor	Mean	Median	Mode	Std. Deviation	IQR
1. Soil fertility	1.1667	1.5	2	0.9832	1.75
2. Distance from crop fields to irrigation canals (access to irrigation water)	1.5	1.5	1, 2	0.5477	1.00
3. The amount of water available in Lam Pao Dam early dry season	2	2	2	0.0000	0.00
4. Agricultural calendar	2	2	2	0.0000	0.00
5. Policy to support production factors such as distributing seeds, fertilizers, pesticides, etc.	0.5	0.5	0, 1	0.5477	1.00
6. Product price insurance policy and/or production pledging policy	0.6667	0.5	0	0.8165	1.00
7. Policy on compensation for damages from natural disasters	0.6667	0.5	0	0.8165	1.00

Table 3 Results from the 2nd round of questionnaires

Factor	Mean	Median	Mode	Std. Deviation	IQR
1. Soil fertility	1.40	2	2	0.89	1.00
2. Distance from crop fields to irrigation canals (access to irrigation water)	1.40	2	2	0.89	1.00
3. The amount of water available in Lam Pao Dam early dry season	1.67	2	2	0.52	0.75
4. Agricultural calendar	1.67	2	2	0.52	0.75
5. Policy to support production factors such as distributing seeds, fertilizers, pesticides, etc.	1.00	1	1	0.00	0.00
6. Product price insurance policy and/or production pledging policy	1.00	1	1	0.00	0.00
7. Policy on compensation for damages from natural disasters	1.00	1	1	0.00	0.00

การสํารวจแบบจําลองการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้ง

ผลจากการกำหนดเงื่อนไขปริมาณน้ำต้นทุนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนลําปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนลําปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ ต่ำที่สุดในรอบ 30 ปี เท่ากับ 770 ล้านลูกบาศก์เมตร จึงนำค่าดังกล่าวใช้เป็นเกณฑ์ปริมาณน้ำต้นทุนของอ่างเก็บน้ำ หากปีใดมีปริมาณน้ำต้นทุนมากกว่านี้ก็จะสามารถผ่อนปรนให้เกษตรกรกำหนดทางเลือกการทำการเกษตรได้โดยไม่ต้องมีข้อจำกัดด้านน้ำต้นทุน หรือกล่าวได้ว่าหากปีใดที่มีปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงต้นฤดูแล้งน้อยกว่า 770 ล้านลูกบาศก์เมตร ก็จะต้องให้ความสำคัญกับการวางแผนการปลูกพืชเพื่อให้เกิดผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจสูงสุดสอดคล้องกับ Srikanjun and Suvarnajata (2019) กล่าวว่าผลการบริหารจัดการน้ำที่ผ่านมาของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลําปาว ส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกร กระตุ้นเศรษฐกิจ รวมไปถึงส่งผลให้จังหวัดกาฬสินธุ์มีชื่อเสียงในเรื่องกุ้งก้ามกราม แผนการทำการเกษตรในฤดูแล้งที่เน้นด้านเศรษฐกิจสามารถสร้างรายได้สุทธิให้เกษตรกรมากที่สุด

ผลการลดรูปตัวแปรตามและยืนยันสมมติฐานที่ได้ให้เป็นค่าคงที่

1. ระยะห่างจากแปลงเพาะปลูกถึงคลองชลประทาน (X_2) เลือกใช้ค่าประสิทธิภาพการชลประทานเท่ากับร้อยละ 65 เป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่ เนื่องจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลําปาว เป็นโครงการที่มีระบบชลประทานที่สมบูรณ์ มีการส่งน้ำแบบหมุนเวียน มีการจัดการและประสานงานดี

2. ปฏิทินการทำการเกษตรของโครงการ (X_3) เลือกใช้การทำการเกษตรตรงตามปฏิทินการทำการเกษตรของโครงการ เนื่องจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลําปาว มีการจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำที่เข้มแข็ง และมีการวางแผนการส่งน้ำฤดูแล้งร่วมกันระหว่างเจ้าหน้าที่โครงการฯ กับกลุ่มผู้ใช้น้ำ ในช่วงปลายฤดูฝน จนได้ข้อตกลงร่วมกันทุกปี จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1 (100%) เพื่อนำไปคูณกับรายได้ของการเกษตร

3. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (X_4) เมื่อเปรียบเทียบการเกษตรของโครงการฯ กับแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Agri map) ซึ่งจัดทำโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ทำการปลูกข้าว

นาปรัง ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของ Agri Map จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์ปรัง ที่รัฐบาลมีนโยบายการประกันรายได้หรือผลผลิตหรือโครงการอื่น ๆ ที่มีลักษณะเดียวกัน ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1 (100%) เพื่อนำไปคูณกับรายได้ของการเกษตร ส่วนการเกษตรชนิดอื่น รัฐบาลไม่มีนโยบายให้ความช่วยเหลือ จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.8 (80%) เพื่อนำไปคูณกับรายได้ของการเกษตร

4. นโยบายประกันราคาหรือจํานาผลผลิต (X_5) พบว่าการเกษตรเพียงชนิดเดียว คือ ข้าวนาปรัง

5. นโยบายการสนับสนุนปัจจัยการผลิต (X_6) พบว่าการเกษตรเพียงชนิดเดียว คือ ข้าวนาปรัง ที่รัฐบาลมีนโยบายสนับสนุนปัจจัยการผลิต ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา จึงนำเงินสนับสนุนไร่ละ 1,000 บาท ไปเพิ่มในรายได้สุทธิของข้าวนาปรัง

6. นโยบายการสนับสนุนสินเชื่อเพื่อการเกษตร (X_7) ไม่พบนโยบายสนับสนุนสินเชื่อเพื่อการเกษตรสำหรับ

การเกษตรชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นการเฉพาะ จึงไม่มีส่วนเพิ่มของรายได้สุทธิของการเกษตรชนิดใด

7. มาตรการจ่ายค่าชดเชยกรณีได้รับความเสียหายจากภัยธรรมชาติ (X_8) พบว่าการเกษตรเพียงชนิดเดียว คือ ข้าวนาปรังที่รัฐบาลมีนโยบายการประกันรายได้หรือผลผลิตหรือโครงการอื่น ๆ ที่มีลักษณะเดียวกัน ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1 (100%) เพื่อนำไปคูณกับรายได้ของการเกษตร ส่วนการเกษตรชนิดอื่น รัฐบาลไม่มีนโยบายให้ความช่วยเหลือ จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.8 (80%) เพื่อนำไปคูณกับรายได้ของการเกษตร

ทั้งนี้ พื้นที่การเกษตรแต่ละชนิด ถูกกำหนดให้พื้นที่ที่มีความสอดคล้องกับสถิติการเกษตรที่ผ่านมา และความสามารถในการเพิ่มพื้นที่ สรุปได้ดัง Table 1 and Table 4–Table 6

Table 4 Coefficient of compensation measures in the case of damage from natural disasters (percent)

Agricultural area	Ability to increase space
Off-season rice	$\leq 300,000$ rai
Sweetcorn	Increased by no more than 2 times (394 rai) of the former area
Field crops-vegetables	Increased by no more than 2 times (394 rai) of the former area
Seed plants	Increased by no more than 2 times (197 rai) of the former area
Fish pond	The current fish pond area (1,499 rai) is due to year-round agriculture
Shrimp pond	The current area of the shrimp pond (2,734 rai) is due to year-round agriculture.

Table 5 Agricultural area in the case of water, the cost 167-770 million cubic meters

Water in the dam (million cubic meters)	Rice growing area (rai)	Water used (million cubic meters)
770	298,351	673
700	267,314	603
600	222,976	503
500	178,637	403
400	134,299	303
300	89,961	203
200	45,622	103
167	30,991	70

Table 6 agricultural area in the case of water cost of 167 million cubic meters

	Max. area	Min. area	Net Wt. requirement	Net income+	In the case of growing plants	Water use accumulate
Unit	rai	rai	cm/rai	Baht/rai	Mcm	Mcm
Fish pond	1,499	1,499	5,838	2.29	8.752	8.752
Shrimp pond	2,734	2,734	6,420	3.95	17.552	26.304
Melon Seed	197	0	1,591	11.76	0.313	26.618
Tobacco	394	0	1,412	10.83	0.556	27.174
Tomato Seed	197	0	1,886	7.37	0.372	27.546
Watermelon seed	197	0	1,591	4.18	0.313	27.859
Sweet corn	394	0	1,157	3.57	0.456	28.315
Aparagus	197	0	3,378	3.41	0.666	28.98
Grass	394	0	2,852	1.81	1.124	30.104
Rice	60,697	0	2,255	1.79	136.896	167

จากนั้นศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงต้นฤดูแล้ง (ล้านลูกบาศก์เมตร) และพื้นที่ปลูกข้าว (ไร่) ในรูปสมการเชิงเส้น พบว่าในรูปสมการเชิงเส้น ได้สมการ $Y = 376.73X$, $R^2 = 0.9933$ และเมื่อศึกษา

ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงต้นฤดูแล้ง (ล้านลูกบาศก์เมตร) และรายได้สุทธิ (ล้านบาท) ในรูปสมการเชิงเส้น พบว่าได้สมการ $y = 1.6726X$, $R^2 = 0.9989$ (Figure 3)

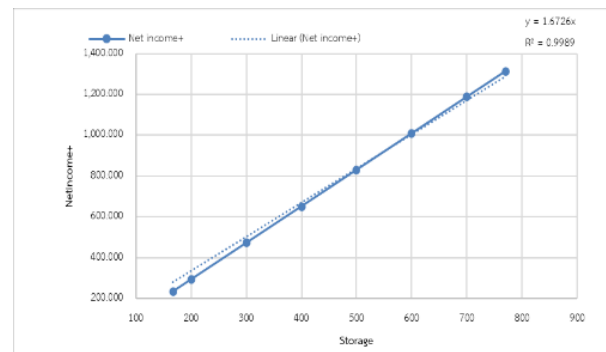
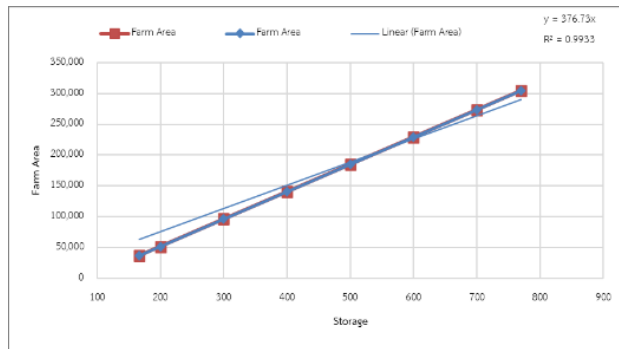


Figure 3 Graph of the relationship between the amount of water costs at the beginning of the dry season and agricultural areas in the form of a linear equation, and graph of the relationship of the amount of water costs at the beginning of the dry season with net income in the form of a linear equation

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่าโครงสร้างสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการตัดสินใจทำการเกษตรในฤดูแล้งของพื้นที่โครงการการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว มีโครงสร้างทั้งหมด 8 โครงสร้าง ได้แก่ 1) ปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงต้นฤดูแล้ง 2) ระยะห่างจากแปลงเพาะปลูกถึงคลองชลประทาน (การเข้าถึงน้ำชลประทาน) 3) ปฏิทินการทำการเกษตรของโครงการ 4) ความอุดมสมบูรณ์ของดิน 5) นโยบายการประกันรายได้หรือผลผลิตหรือโครงการอื่น ๆ ที่มีลักษณะเดียวกัน 6) นโยบายสนับสนุนปัจจัยการผลิต 7) นโยบายสนับสนุนสินเชื่อการเกษตร และ 8) มาตรการจ่ายค่าชดเชยความเสียหายจากภัยธรรมชาติ และผลการศึกษาจากการสร้างแบบจำลองการเกษตรฤดูแล้งเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจสูงสุด พบว่าปริมาณน้ำต้นทุนช่วงต้นฤดูแล้งที่ส่งผลต่อการวางแผนการทำการเกษตรคือ ความต้องการใช้น้ำสูงสุดเมื่อทำการเกษตรเต็มพื้นที่

ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว ซึ่งมีความต้องการใช้น้ำเพียง 770 ล้านลูกบาศก์เมตร หากปีใดที่มีปริมาณน้ำต้นทุนมากกว่านี้ก็จะสามารถผ่อนปรนให้เกษตรกรกำหนดทางเลือกการทำการเกษตรได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านน้ำต้นทุน หรือกล่าวได้ว่าหากปีใดที่มีปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงต้นฤดูแล้งน้อยกว่า 770 ล้านลูกบาศก์เมตร ก็จะต้องให้ความสำคัญกับการวางแผนการปลูกพืชเพื่อให้เกิดผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจสูงสุดสอดคล้องกัน กรณีมีน้ำต้นทุนในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่ 770 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นต้นไปสามารถทำการเกษตรได้เต็มพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว ทั้งหมด 306,963 ไร่ ประกอบด้วย บ่อปลา 1,499 ไร่ บ่อ กุ้ง 2,734 ไร่ พืชเมล็ดพันธุ์ 197 ไร่ พืชไร่-พืชผัก 394 ไร่ และส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่สำหรับการปลูกข้าว นาปรัง 298,351 ไร่ และสามารถสร้างรายได้สุทธิเป็นเงิน 1,204.278 ล้านบาท/ฤดูกาล

เอกสารอ้างอิง

- Chankaew, K. 2004. **Environmental Science**. 6th Edition. Bangkok: Kasetsart University Press. 357 p. [in Thai]
- Charmonman, U. 2001. **Methods for Ensuring the Quality of School Education**. Bangkok: Chulalongkorn University. 91 p. [in Thai]
- Cherdchanpipat, N. 2015. **Teaching Materials for Subject 02207321: Design of Farm Irrigation Systems**. Nakhon Pathom: Regional Economy Office, Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University Kamphaeng San Campus. 33 p. [in Thai]
- Food Security Steering Committee throughout the Supply Chain. 2021. **Provincial Monthly Agricultural Product Production Calendar Manual for Food Security and Nutrition Management in 2021**. Nonthaburi: Ministry of Public Health 19 p. [in Thai]
- Freedman, D.A. 2009. **Statistical Models: Theory and Practice**. Cambridge: Cambridge University Press. 458 p. ISBN 978-1-139-47731-4.
- Planning Division Department of Land Development. 2022. **Agricultural areas of Thailand**. [Online]. Available <https://webapp.ldd.go.th/lpd/> (February 19, 2024).
- Regional Economy Office. 2019. **Report on Prices of Important Thai Agricultural Products**. Bangkok: Bank of Thailand. 22 p.
- Sanguansap, S. 2003. **Guidelines for Distributing Production in Irrigation Areas: Training of Project Staff to Improve the Water Management System (MWMS)**. Bangkok: Royal Irrigation Department. 214 p. [in Thai]
- Srikanjun, W. and S. Suvarnajata. 2019. Water management: case study of the Lam Pao water delivery and maintenance project. **Santapol College Academic Journal** 5(1): 25-39. [in Thai]
- Thongchan, P. 1989. **Project Evaluation Techniques and Methods**. Bangkok: Prannok Printing. 31 p. [in Thai]
- Thongpan, S. 1984. **Peanut Cultivation and Use of Watered Areas for Dry Season Crops in the Lam Pao Irrigation Area, Kalasin Province**. 97 p. *In* Research Report. Bangkok: National Research Council of Thailand. [in Thai]
- Thongplew, K. and W. Warawut. 2003. Multi-criteria Decision Making for Water Allocation in Conditions of Water Scarcity from Reservoir Systems: Case Study in the Upper Mun River Basin. pp. 45-54. *In* **The 41st Kasetsart University Academic Conference: Engineering and Architecture**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ โดยเริ่มฉบับที่ 1 ในเดือนมกราคม ฉบับที่ 2 ในเดือนพฤษภาคม และฉบับที่ 3 ในเดือนกันยายน มีจุดประสงค์หลักเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และองค์กร ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตรทั่วประเทศ โดยมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (ISSN 2985-0118 (Online) สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตร เรื่องที่จะตีพิมพ์ในวารสาร นอกจากบทความวิจัยแล้ว บทความทางวิชาการอื่น ๆ ที่เป็นการแสดงความคิดใหม่ หรือสมมุติฐานใหม่ที่มีหลักฐานอ้างอิง หรือเป็นการแสดงความคิดเห็นอย่างกว้างขวางหรือลึกซึ้งในสาขาวิชาการใดสาขาวิชาการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร หรือเป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ก็มีสิทธิ์ได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับบทความนั้น ๆ อย่างน้อย 3 ท่าน พิจารณาให้ลงตีพิมพ์ได้เช่นเดียวกัน

การเตรียมต้นฉบับ

1. **ต้นฉบับ** เผยแพร่บทความเป็นภาษาไทย โดยใช้ตัวอักษร TH Sarabun NEW ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา ในส่วนของหัวข้อเรื่อง และขนาดตัวอักษร 15 ตัวปกติ ในส่วนของเนื้อหา พิมพ์หน้าเดียว เว้นขอบทั้ง 4 ด้าน 1 นิ้ว (2.5 ซม.) พร้อมระบุเลขหน้า ความยาวของเนื้อเรื่อง รวมรูปภาพ ตาราง และเอกสารอ้างอิงต้องไม่เกิน 10 หน้า
2. **ชื่อเรื่อง** ต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง ขนาดตัวอักษร 18 ตัวหนา
3. **ชื่อผู้แต่ง และสถานที่ติดต่อ** ต้องมีชื่อเต็ม-นามสกุลเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 15 ตัวหนา และระบุหน่วยงานหรือสถาบันที่สังกัด ของผู้แต่งหลักและผู้แต่งร่วมทุกคน และ E-mail address ของผู้แต่งหลักไว้ด้วย ขนาดตัวอักษร 12 ตัวปกติ
4. **บทคัดย่อ (Abstract)** บทความวิจัย/บทความทางวิชาการอื่น ๆ จะต้องมีย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด โดยเขียนให้กระชับ ตรงประเด็น และให้สาระสำคัญ
5. **คำสำคัญ (Keywords)** ต้องมีคำสำคัญทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษา อย่างละไม่เกิน 5 คำ
6. **เนื้อเรื่อง**
 - (1) **คำนำ** อธิบายความสำคัญของปัญหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัย อาจรวมการตรวจเอกสารเข้าไว้ด้วย ในการอ้างอิงเอกสารให้เขียนชื่อผู้แต่ง และปีที่ตีพิมพ์ อยู่ในวงเล็บเดียวกัน หรือเขียนชื่อผู้แต่ง แล้วเขียนปีที่ตีพิมพ์ ไว้ในวงเล็บแล้วแต่กรณี **เฉพาะภาษาอังกฤษ** ดังนี้ “.....โรคใบหงิกมีพบทั่วไปในประเทศบังคลาเทศ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา ไต้หวัน ไทย (Boccardo and Milne, 1984; Ling *et al.*, 1978) ในประเทศไทยนั้น นอกจากก่อความเสียหายกับ ข้าวปลูกทั้งชนิด Japonica และ Indica (*Oryza sativa*) พันธุ์ต่างๆ แล้ว Thawat (2001) ยังพบว่า ทำความเสียหายได้กับข้าวไร่และข้าวป่าต่างๆ.....”
 - (2) **อุปกรณ์และวิธีการ/วิธีดำเนินการวิจัย** อธิบายเครื่องมือ พร้อมระบุวิธีการวิจัย วิธีการเก็บข้อมูล ระยะเวลาและปีที่ทำการวิจัย รวมทั้งวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ให้บรรยายโดยสรุปและไม่จำเป็นต้องระบุวิธีการที่เป็นที่รู้จักทั่วไป
 - (3) **ผลการวิจัย** ไม่จำเป็นต้องแสดงวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่ให้เสนอในรูปของตาราง และรูปภาพโดยสรุปหลังจากวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว ทั้งนี้ **คำอธิบายและรายละเอียดต่าง ๆ ของตารางและรูปภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น** โดยมีความชัดเจน กระชับ และมีหมายเลขกำกับด้านบนของตารางและด้านล่างของรูปภาพ และเมื่ออ้างถึงในเนื้อหาให้ใช้คำว่า Table และ Figure
 - (4) **การวิจารณ์ผล การสรุปผล และข้อเสนอแนะ** ควรวิจารณ์ผลการวิจัยพร้อมทั้งสรุปประเด็น และสาระสำคัญของงานวิจัย หรือให้ข้อเสนอแนะบนพื้นฐานของผลการวิจัย

หมายเหตุ: หน่วยวัดตามระบบต่างๆ ให้ใช้ตัวย่อตามมาตรฐานในการเขียนที่กำหนดไว้ เช่น เซนติเมตร = ซม. ตารางเมตร = ตร.ม. มิลลิกรัมต่อกรัม = มก./กก. แต่ถ้าเป็นหน่วยวัดที่มีเพียงคำเดียวให้ใช้คำเต็มตามปกติ เช่น เมตร กรัม ลิตร

7. **กิตติกรรมประกาศ** เพื่อแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง รายชื่อเอกสารที่ใช้เป็นหลักในการค้นคว้าวิจัยและมีการอ้างอิงถึงในเนื้อหา ต้องแสดงเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น
กรณีที่อ้างอิงจากเอกสารภาษาไทยหรือภาษาอื่นๆ ให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ โดยมีวงเล็บกำกับท้ายเอกสาร [in Thai] หรือภาษา
อื่นๆ ตามคำแนะนำวิธีการเขียน ดังนี้

การเขียนเอกสารอ้างอิง

การเขียนอ้างอิงภายในเนื้อหา

ในการอ้างอิงเอกสารให้ใช้นามสกุลผู้แต่ง และปีที่ตีพิมพ์ อยู่ในวงเล็บเดียวกัน หรือเขียนนามสกุลผู้แต่ง แล้วเขียนปีที่ตีพิมพ์
ไว้ในวงเล็บแล้วแต่กรณี โดยเป็นภาษาอังกฤษ ดังนี้

“.....โรคใบหงิกมีพบทั่วไปในประเทศบังคลาเทศ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา ไต้หวัน
ไทย (Boccardo and Milne, 1984; Ling *et al.*, 1978) ในประเทศไทยนั้น นอกจากก่อความเสียหายกับข้าวปลูกทั้งชนิด
Japonica และ Indica (*Oryza sativa*) พันธุ์ต่าง ๆ แล้ว Thawat (2001) ยังพบว่า ทำความเสียหายได้กับข้าวไร่และข้าวป่าต่าง
ๆ.....”

1. บทความจากวารสารวิชาการมาตรฐาน

1.1 ผู้เขียนคนเดียวหรือหลายคน

ชื่อผู้เขียนบทความคนที่ 1./ผู้เขียนบทความคนที่ 2/และ/ผู้เขียนบทความคนสุดท้าย./ปีที่พิมพ์./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร/
เลขปีที่(เลขฉบับที่):/เลขหน้า.

Koiprasert, H. and P. Niranatlumpong. 2004. Investigation of method for stainless steel welding wire as a
replacement for arc wire consumables. **Songklanakarin Journal of Science and Technology.**
27(1): 91-100. [in Thai]

Nadeem, M.Y. and M. Ibrahim. 2002. Phosphorus management in wheat-rice cropping system. **Pakistan
Journal of Soil Science.** 21(4): 21-23.

Chowdhury, M.A.H., R. Begum, M.R. Kabit and H.M. Zakir. 2002. Plant and animal residue decomposition
and transformation of S and P in soil. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 5(7): 736-739.

2. หนังสือ

2.1 ผู้เขียนคนเดียวหรือหลายคน

ชื่อผู้แต่งคนที่ 1./ผู้แต่งคนที่ 2/และผู้แต่งคนสุดท้าย./ปีที่พิมพ์./ชื่อหนังสือ./ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)./สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์./
จำนวนหน้า.

Peyachoknagu, S. 2000. **Pan Thu Vis Sa Wa Kum.** Bangkok: Kasetsart University Press. 256 p. [in Thai]

Aksornkoae, S. 1999. **Ecology and Management of Mangroves.** Bangkok: Kasetsart University Press. 198 p.

Rajeshwar, K. and J.G. Ibanez. 1997. **Environmental Electrochemistry.** San Diego: Academic Press. 327 p.

2.2 บทหนึ่งในหนังสือ

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่พิมพ์./ชื่อบทความ./น./เลขหน้าที่ปรากฏเรื่อง./ใน/ชื่อผู้รับผิดชอบ./ชื่อหนังสือ./รายละเอียดอื่นๆ (ถ้า
มี). /ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี). /สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์.

Hill, S.E. 1996. Emulsions. pp. 153-185. *In* Hall, G.M. (ed.). **Methods of Testing Protein Functionality.**
London: Chapman & Hall.

Jacober, L.F. and A.G. Rand. 1982. Biochemical of Seafood. pp. 347-365. *In* Martin, R.E., G.J. Flick, C.E. Hebard
and D.R. Ward (eds.). **Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products.** Westport: AVI Inc.

2.3 หนังสือที่มีผู้รับผิดชอบในหน้าที่เป็นผู้รวบรวม ผู้เรียบเรียง หรือบรรณาธิการ

ชื่อผู้รับผิดชอบ.//หน้าที่ได้รับผิดชอบ.// ปีที่พิมพ์.//ชื่อเรื่อง.//ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี).//สถานที่พิมพ์:สำนักพิมพ์.//จำนวนหน้า.

Tosirichok, K. (Editor). 1994. **Karn Rak Sa Doi Sa Moon Pri**. 1st. Bangkok: Mayik Publisher. 172 p. [in Thai]

Byrappa, K. and M. Yoshimura. (eds.). 2001. **Handbook of Hydrothermal Technology**.

New Jersey: Noyes Publication. 854 p.

3. เอกสารอื่นๆ

3.1 วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง.//ปีที่พิมพ์.//ชื่อวิทยานิพนธ์.//ระดับของวิทยานิพนธ์.//ชื่อสถาบันการศึกษา.//จำนวนหน้า.

Soitongcome, P. 1987. **Tannin Extraction from Rhizophora's Bark for Retanning**. Master Thesis.

Kasetsart University. 113 p. [in Thai]

Saiklao, W. 2002. **Adaptive Bandwidth Allocation Control for Virtual Paths in Broadband Networks**.

Doctoral Dissertation. Georgia Institute of Technology. 86 p.

3.2 รายงานการประชุมวิชาการ รายงานการสัมมนา ปาฐกถา รายงานประจำปี

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่พิมพ์.//ชื่อบทความ.//น./เลขหน้าที่ปรากฏเรื่อง.//ใน/ชื่อการประชุม.//รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี).//ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี).//สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

Summadee, P. and B. Leenanon. 2013. Production of Probiotic Kefir Product. p. 109-116 *In*

Proceedings of the 12th MJU Annual Conference (Poster). Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Coates, J. 2013. Clinical Trial for Canine Degenerative Myelopathy. pp. 29-31. *In Proceedings of ACVIM*

Specialty Symposium (Pre-forum) 12-15 June 2013. Seattle: American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM).

3.3 รายงานผลการวิจัย

ชื่อผู้เขียนงานวิจัย.//ปีที่พิมพ์.//ชื่องานวิจัย.//จำนวนหน้า.//ใน/รายงานผลการวิจัย.//สถานที่พิมพ์:ชื่อหน่วยงาน.

Pooprornpan, P., K. Duangsong and R. Sribaopern. 2001. **DNA fingerprinting of Thai native orchid**

Vanda coerulea. 62 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Theraumpon, N. 2003. **Automatic Classification of White Blood Cells in Bone Marrow Images**. 74 p.

In Research Report. Chiang Mai: Chiang Mai University.

3.4 บทความจากวารสาร

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่ตีพิมพ์.//ชื่อบทความ.//ชื่อวารสาร. (ชื่อเต็มของวารสาร)//ปีที่ของนิตยสาร(เล่มที่): เลขที่หน้าที่อ้างอิง.

Srinuansom, K. 2018. Half-artificial breeding of *Monopterus albus*. **Maejo Vision** 18(4): 33-37. [in Thai]

3.5 บทความจากหนังสือพิมพ์

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่ตีพิมพ์.//ชื่อบทความ.//ชื่อหนังสือพิมพ์.// (เดือน/วันที่/ปี): เลขที่หน้าที่อ้างอิง.

Manapaisam, S. 2006. Kra Sate Tra Korn Thai Nai A Na Koth. **Thai Rath**. (January 10, 2006): 7. [in Thai]

3.6 บทความออนไลน์

- มีเลข DOI (Digital Object Identifier)

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่ตีพิมพ์./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./ ปีที่/หน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด. <https://doi.org/xxxxxxxxxxxx>
Rodcharoen, E., N.L. Bruce and P. Pholpunthin. 2017. *Cirolana phuketensis*, a new species of marine isopod (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) from the Andaman sea coast of Thailand. **ZooKeys** 695(2): 1-17. <https://doi.org/10.3897/zookeys.695.13771>.

- ไม่มีเลข DOI (Digital Object Identifier)

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่ตีพิมพ์./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./ ปีที่/หน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด./[Online]./Available
[http://www.xxxxxxxxxx/\(วันที่สืบค้น\)](http://www.xxxxxxxxxx/(วันที่สืบค้น)).
Hasler, K., S. Bröring, S.W.F. Omta and H.W. Olf. 2015. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. **European Journal of Agronomy** 69: 41-51. [Online]. Available
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.06.001> (March 20, 2020)

4. แหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

ผู้แต่งหรือผู้รับผิดชอบ./ปีที่บันทึกข้อมูล./ชื่อเรื่อง./[ระบบออนไลน์]./แหล่งที่มา/ระบุแหล่งการติดต่อเครือข่าย
หรือการถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล ชื่อแฟ้มข้อมูล/(เดือน/วันที่/ปี ที่ค้นข้อมูล).

Maythyanon, T., N. Piriyaungroj and S. Soponarit. 2004. Novel vortex-fluidized bed combustor with two combustion chambers for rice-husk fuel. **SJST** 26(6): 875-893. [Online]. Available
<http://www2.psu.ac.th/PresidentOffice/EduService/Journal/Firstpage.htm> (September 22, 2005).
[in Thai]

National Economic and Social Development Board (NESDB). 2001. **Input-output tables of Thailand**.
[Online]. Available <http://www.nesdb.go.th> (August 8, 2001).

Singh, M. and R.P. Singh. 2001. **Siderophore producing bacteria-as potential biocontrol agents of mushroom disease**. [Online]. Available <http://www.uio.no/conferences/June2000.htm#Samuels> (July 3, 2001).

Guide for Authors

Manuscripts submitted for publication should be of high academic merit and are accepted on condition that they are contributed solely to the Journal of Agricultural Research and Extension. Manuscripts, parts of which have been previously published in conference proceedings, may be accepted if they contain additional material not previously published and not currently under consideration for publication elsewhere.

Submission of a multi-authored manuscript implies the consent of all the participating authors. All manuscripts considered for publication will be peer-reviewed by at least 3 independent referees.

Submission checklist

Manuscript submission must include title page, abstract, keywords, text, tables, figures, acknowledgments, reference list and appendices (if necessary). The title page of this file should include the title of the article, full names, official name and affiliations of all authors, E-mail address, telephone and fax numbers and full postal address of the corresponding author.

Preparation and Submission of Manuscripts

Authors submitting manuscripts for consideration for publication should follow the following guidelines.

1. Manuscript texts must be written using high-quality language. For non-native English language authors, the article should be proof-read by a language specialist before it is sent to Journal.
2. Manuscript texts should not exceed than 10 pages and the combined number of figures and tables. The inclusion of more figures and tables will reduce the word allowance, and vice versa.
3. The manuscript text and tables should be created using Microsoft Word.
4. Manuscript texts should be prepared single column, with sufficient margins (1.0 inch) for editorial and proof-reader's marks. 15 pt TH Sarabun NEW font should be used throughout and all pages numbered consecutively.
5. Abstracts should not exceed than 200 words. About 5 keywords should also be provided.
6. All measures in the text should be reported in abbreviation
7. Tables and figures should each be numbered consecutively.
8. Acknowledgments should be as brief as possible, in a separate section before the references, not in the text or as footnotes.
9. Citations of published literature in the text should be given in the form of author and year in parentheses; (Hoffmann *et al.*, 2001), or, if the name forms part of a sentence, it should be followed by the year in parenthesis; Hoffmann *et al.* (2001). All references mentioned in the reference list must be cited in the text, and vice versa. The references section at the end of the manuscript should list all and only the references cited in the text in alphabetical order of the first author's surname. The following are examples of reference writing.

Reference to a journal article:

Chowdhury, M.A.H., R. Begum, M.R. Kabit and H.M. Zakir. 2002. Plant and animal residue decomposition and transformation of S and P in soil. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 5: 736-739.

Reference to article or abstract in a conference proceedings:

Coates, J. 2013. Clinical Trial for Canine Degenerative Myelopathy. pp. 29-31. **In Proceedings of ACVIM Specialty Symposium (Pre-forum) 12-15 June 2013**. Seattle: American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM).

Reference to a book:

Rajeshwar, K. and J.G. Ibanez. 1997. **Environmental Electrochemistry**. San Diego: Academic Press. 327 p.

Reference to an edited book:

Hill, S.E. 1996. Emulsions. pp. 153-185. **In** Hall, G.M. (ed.). **Methods of Testing Protein Functionality**. London: Chapman & Hall.

Reference to journal online:

Rodcharoen, E., N.L. Bruce and P. Pholpunthin. 2017. *Cirolana phuketensis*, a new species of

marine isopod (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) from the Andaman sea coast of Thailand. **ZooKeys** 695(2): 1-17. <https://doi.org/10.3897/zookeys.695.13771>.

Hasler, K., S. Bröring, S.W.F. Omta and H.W. Olf. 2015. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. **European Journal of Agronomy** 69: 41-51. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.06.001> (March 20, 2020)

Reference to an electronic data source (used only when unavoidable): Supplier/Database name (Database identifier or number)/Item or accession number (Access date) should be included National Economic and Social Development Board (NESDB). 2001. **Input-output tables of Thailand**. [Online]. Available <http://www.nesdb.go.th> (August 8, 2001).

10. Submission of manuscript must conform to the format of the Journal of Agricultural Research and Extension and cover letter to the editor. All should be directed to the editor at the <http://tcj-thaijo.org/index.php/MJUJN/index>

การส่งต้นฉบับ การตรวจสอบเบื้องต้น และการแก้ไข

1) ส่งไฟล์ต้นฉบับ ให้มีรายละเอียดครบตรงตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ และส่งพร้อมใบลงทะเบียนวารสาร โดยส่งผ่านระบบ ThaiJo ของวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร หรือลิงค์ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index> เท่านั้น

2) กองบรรณาธิการจะพิจารณาบทความเบื้องต้น ในกรณีที่ต้องแก้ไขจะแจ้งให้เจ้าของบทความทำการแก้ไขก่อนนำส่งต่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาในลำดับต่อไป สำหรับบทความที่ไม่ได้รับการพิจารณาให้ดำเนินการต่อจะส่งต้นฉบับคืนให้เจ้าของบทความ

3) บทความที่ได้รับการพิจารณาจากกองบรรณาธิการให้ดำเนินการต่อ จะได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ อย่างน้อยบทความละ 3 ท่าน ที่เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับบทความนั้น ๆ และบทความที่ได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะส่งข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ พร้อมทั้งต้นฉบับให้เจ้าของบทความปรับปรุงแก้ไข

4) บทความที่ได้รับการตีพิมพ์จะมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ที่ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index>

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

Honorable Consultants:	President of Maejo University Asst. Prof. Pawin Mono chai Vice Director The Office of Agricultural Research and Extension – Academic Service Vice Director The Office of Agricultural Research and Extension – Research Affairs	
Editor-in Chief:	Assoc. Prof. Dr. Kriangsak Sri-Ngernyuang	
Associate Editor:	Asst. Prof. Dr. Witchaphart Sungpalee	
Assistant Editor:	Asst. Prof. Dr. Sutheera Hermhuk Dr. Chuthamat Atnaseo	
Editorial Board:	Prof. Emeritus Dr. Anurak Panyanuwat Prof. Emeritus Dr. Aree Wiboonpongse Prof. Emeritus Dr. Danai Boonyakiat Prof. Emeritus Dr. Sanchai Jaturasitha Prof. Dr. Dokrak Marod Prof. Dr. Uthairat Na-Nakorn Prof. Dr. Pranom Chantaranonthai Prof. Dr. Prisarn Sithigorngul Prof. Dr. Siriwat Wongsiri Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat Prof. Chalernpol Sampet Assoc. Prof. Dr. Wallratat Intaruccomporn Assoc. Prof. Dr. Boonmee Siri Assoc. Prof. Dr. Wandee Wattanachaiyingcharoen Assoc. Prof. Dr. Jaruntorn Boonyanuphap Assoc. Prof. Dr. Yanin Opatpatanakit Assoc. Prof. Dr. Prasert Janyasupab Assoc. Prof. Dr. Aphinun Suvarnaraksha Assoc. Prof. Aomtip Mekruksawannich-Kampe Assoc. Prof. Prawit Puddhanon Asst. Prof. Dr. Piyawan Suttiprapan Asst. Prof. Dr. Piyanuch Niamsup Asst. Prof. Teerapong Sawangpanyangkura	Chiang Mai University Chiang Mai University Chiang Mai University Chiang Mai University Kasetsart University Kasetsart University Khon Kaen University Srinakharinrajwong University Maejo University Chiang Mai University Chiang Mai University Chiang Mai University Khon Kaen University Naresuan University Naresuan University Maejo University Maejo University Maejo University Maejo University Maejo University Chiang Mai University Maejo University Maejo University
Operation committee:	Mrs. Thipsuda Pookmanee Ms. Ranrana Kayun	Ms. Ampar Sansai
PR and Publishing:	Mr. Prinya Painusa	

Journal of Agricultural Research and Extension is a publication of the Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, and is intended to make available the results of technical work in the agricultural and related social sciences. Articles are contributed by MJU faculty members as well as by relevant general public. The paper must be considered by at least 3 peer reviewers. **Journal of Agricultural Research and Extension** is published three times per year, the first issue is on January, the second and the third issue are on May and September, respectively. Contact with the Journal should be addressed to:

The Editor, Journal of Agricultural Research and Extension
Academic Services Administration Division, Office of Agricultural Research and Extension
Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

Tel: +66-53-87-3411
E-mail: Mju_journal@gmaejo.mju.ac.th
Web site: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index>



JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

Office of Agricultural Research & Extension

Maejo University

Vol. 42 No. 1 January – April 2025

ISSN 2985-0118 (Online)

Tackling Chemical Management Issues in Thailand Sarapa Suttarin and Non Napratansuk	1-14
Effect of Organic Fertilizer on Growth and Nutritional Value of <i>Gnetum gnemon</i> var. <i>Tenerum</i> Jirasak Wichasawasdi, Nutchapat Suksai, Chantawan Engchuan, Amnat Raksapol and Benjamas Na Thongkaew	15-25
Effects of Adding Ammonium Nitrate in KMITL 2 Nutrient Solution on Growth and Phytochemicals of Brahmi (<i>Bacopa monnieri</i>) in Hydroponics Wararat Namphung, Nongnuch Laohavisuti and Somkiat Seesanong	26-37
The Effects of Chitosan and Cytokinin on the Growth of <i>In Vitro</i> <i>Musa sapientum</i> L. cv. 'White Sheath Namwa' Jackrit Anantasaran and Wanatchaporn Nabsang	38-48
Using Pyraclostrobin Fungicide for Development of Fruit Skin Color Quality of Longan Chiranan Senanan, Sureewan Mekkamol, Pawin Manochai and Watcharin Jantawan	49-57
Study of the Use of Chemicals to Reduce Microbial Contamination and Its Effect on the Growth of Sugarcane Tissue in an Open System Jiraporn Promkunthod, Nattha Nitwatthanakul, Kanjana Kirasak, Parkpoom Thinkum, Sophon Wongkaew and Arak Tira-umphon	58-68
The Feasibility of Growing Organic Maize of Farmers in Nakhon Sawan Province Benjarat Noppun and Jukkaphong Pong-ngamchuen	69-81
Comparison of Stirring Patterns Suitable for the Growth of <i>Chlorella</i> sp. Kanyarat Poolajit, Nongnuch Laohavisuti, Somkiat Seesanong and Uscharee Ruangdej	82-93
Study of Reproductive Efficiency in Southern Thai Native Chickens Napach Chuaychu-noo, Prapot Maliwan, Auamporn Ekdhara and Somkid Chaipetch	94-106
Types of Floor Materials on Preference of Chickens Using Free Choice Test Jirawan Sonpichai, Panwadee Sopannarath and Jamroen Thiengtham	107-120
Effect of Dried <i>Acacia catechu</i> Barks Extract on Survival Rate and Growth of Crowntail Betta Fish (<i>Betta splendens</i>) Larvae Preeda Waicharoen, Nongnuch Laohavisuti, Somkiat Seesanong and Uscharee Ruangdej	121-131
The Application of Dried Black Soldier Fly (<i>Hermetia illucens</i> L.) Larvae in Feed for Organic Mekong Giant Catfish (<i>Pangasianodon gigas</i> Chevey, 1930) Sudaporn Tongsiri, Jongkon Promya and Nissara Kitcharoen	132-142
Optimal of Feed Ratio for Rearing Black Soldier Fly Larvae (<i>Hermetia illucens</i>) for Using in High Value-Added Products Pinpanit Boonchuay, Jiraporn Kulsarin, Chonthicha Uthaisripadungkul, Piyachat Sahaschat, Kamonporn Sitthitrai, Suwit Chotinun, Thitiniha Chaichana, Kanokwan Klaitin and Yuthana Phimolsiripol	143-162
Control of Parasitic Mites (<i>Tropilaelaps</i> sp. and <i>Varroa</i> sp.) by Lithium Chloride in European Honeybee (<i>Apis mellifera</i> L.) Panarat Sanguansri and Chama Inson	163-169
Selection and Surface Modification of Materials by Non-thermal Plasma to Improve Impregnation with Essential Oils for the Control of Honeybee Mites Laedlugkana Wongthaveethong, Thummanoon Boonmee, Kamonporn Panngom and Veeranan Chaimanee	170-181
Development of Rice Seasoning Powder From Marine Fish Scrapes Supplemented with Dietary Fiber from Coconut Flour Patchaniya Akepach, Pongpipat Makchuay, Napat Naksawat, Suttipan Chitintorn, Kumpirawadee Nawakitpaitoon, Janporn Choungchoat, Techadham Sangkhorn and Sebastien Auber	182-196
Consumer Behavior Regarding Instant Curry Paste in Chiang Mai Province Raphassorn Kongtanajaruanun and Pattana Taweechodtanapat	197-207
Creating Culture Tourism Routes Based on the Cultural Heritage A Case Study Glutinous Rice Communities in Nakhon Phanom Parcha Sattaka, Kunwadee Kaewka, Mayoornkam Dechkunchorn, Laksanawadee Saikhao, Kannikar Thanomsith, Thanyalak Mueangkhot, Premrudee Jitkuekul and Butsakorn Khornjamnong	208-224
The Study of Problems, Cost and Benefit of Cassava Production Using the Large-scale Collaborative Farming Project in Doem Bang Nang Buat District, Suphanburi Province Sirilak Chooputtapong, Wanalai Viriyasuthee, Siriporn Donnua, Sirilak Namwong and Thamrongjet Puttamuk	225-238
Dry Season Cropping Model for Maximum Economic Benefits: Case Study of Lampao Operation and Maintenance Project in Kalasin Province Model Sathit Luangcharoenlarp and Arpapong Changjan	239-253

AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION