



วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

สำหรับวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีที่ 41 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2567

ISSN 2985-0118 (Online)

ความผิดปกติของดอกเพศเมียที่มีการบานในฤดูและก่อนฤดูของลำไยพันธุ์อื้อดอและพวงทอง	
วินัย วิริยะอลกรณ์ และวัชรินทร์ จันทร์วรรณ	1-12
ผลของปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ Microbial consortium 1 (MC1) และสารกระตุ้นอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต	
การสะสมสาร 2-อะเซทิล-1-โพโรลีน (2AP) และการต้านอนุมูลอิสระในข้าวหอม	
สมคิด ตีจริง วศิน เจริญต้นชนกุล วราภรณ์ แสงทอง ศุภธิดา อำทอง และรุ่งทิพย์ กาวาซี	13-28
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อมและเสถียรภาพในความหวานและผลผลิตของข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์	
จิราพร วิทาโน สุภาภรณ์ เอี่ยมแข็ง รุศมา มณูบดี และปราโมทย์ พรสุริยา	29-41
การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมลักษณะคุณภาพทางกายภาพและเคมีของฟักทองพันธุ์ที่ชมรดกทอด	
“พันธุ์ไข่เน่า” จำนวน 100 สายพันธุ์	
จนาลักษณ์ ขนบดี ภัทธภรณ์ ศรีสมรรถการ ชัยวัฒน์ พงศ์สุภาภกุล และพรพนา จินางค์	42-51
ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการปลูกผักบุ้งจีนร่วมกับการเลี้ยงปลานิลด้วยระบบบอวาโปนิส	
ชานาญ ขวัญสกุล	52-64
การเลี้ยงปูนาพันธุ์ <i>Esanthelphusa dugasti</i> ที่เสริมด้วยเปลือกไข่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย	
วิจิตรา อรรถสาร อติเทพชัยการณ ภาชนะวรรณ จิราวรรณ คำธรร และอนวัทย์ ฝาลี	65-73
ผลการเสริมใบอังกาบหนูผงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตคุณภาพซากและค่าไขมันในเลือดไก่เนื้อ	
จันทร์จิรา ไช้ขวัญแก้ว และพิพัฒน์ ชนาเทพพร	74-81
การพัฒนาปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอร์แบบสี่ไพรเมอร์สำหรับการตรวจจีโนม (SNP) ของยีน Thyroglobulin (TG5) ในโคอุสุมวาภิ	
กิตติธ นาคเกตุ นัทธิวรรณ อุดมศิลป์ สุจิตรา คำผาง และมารีนา เกตุทัต-คาร์นส์	82-90
ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อหมู	
สุนกษ ไทโพบูลย์ เอกรินทร์ อินประมูล มาลัยพร วงศ์แก้ว รัตติยากร ขาตดนตรี และวราลัญช์ อิมพะเนาร์	91-103
คุณลักษณะทางเคมีกายภาพและเจลแบ่งเปียกของแป้งข้าวสาลีพื้นเมืองปลูกในภาคเหนือประเทศไทย	
พรสุดา สุริยวงศ์ อรรถกร ปัญญาเพลินพิศ สายบัว เข้มเพชร สุพรรณิการ์ กล่อมจ่อหอ และนักสิทธิ์ ปัญโญใหญ่	104-117
การสกัดและทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสมุนไพรหนอนตายหายาก	
สมหมาย ปะติตังใจ และกิ่งแก้ว ปะติตังใจ	118-130
ผลของการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยไม่ใช้ตัวทำละลายต่อสารสำคัญบางชนิดจากใบกัญชงที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	
และยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs)	
ศรัณญา สุวรรณอังกูร ปัทมกร ส่างสวัสดิ์ นักรบ นาคประสม และกาญจนา นาคประสม	131-146
ผลกระทบอุณหภูมิและเวลาไฟโวลติสที่มีต่อคุณสมบัติถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้จากทางใบปาล์ม	
นิกราน หอมดวง บุญยพร แสนพรหม ประภัสสร รัตนโพบูลย์ กิตติกร สาสุจิตต์ และนคร ทิพย์วงศ์	147-161
ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของมูลนิธิโครงการหลวง	
ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย	
กิตติพงศ์ บุญธิ พุฒิสรรค์ เครือคำ นนเศรษฐ์ รัชต์ และสายสกุล พงษ์มูล	162-172
การปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังต่อการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง	
ในชุมชนห้วยแคน หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา	
พิมพ์วรรณ เกตพันธ์ ธิติ อดิเทพ อารังค์ เมฆโหรา และนิติรัตน์ รักสัตย์	173-184
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	
ของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง จังหวัดอุบลราชธานี	
เฉลิมพนม วงศ์โสภณ กุลภา กุลติลลิก เอวดี เปรมะเชื้อร์ และบวร ดันรัตนพงศ์	185-199
การประเมินคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมของชุมชนประมงชายฝั่งจังหวัดสงขลาจากโครงการอนุรักษ์เพาะปลูก	
ของบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)	
บุญรัตน์ บุญรัตน์ และจิรพรรณ จันทร์คง	200-215
การวิเคราะห์ความเป็นได้ในการลงทุนเพื่อประกอบการตัดสินใจในการปลูกพืชในจังหวัดราชบุรี	
เกษมา ศิริสมบูรณ์ และจันทนา สังวรโยธิน	216-227
ห่วงโซ่อุปทานและการเพิ่มมูลค่าของนอยหน้าผลสดพันธุ์เพชรปากช่องของอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	
เจียรนา กิจไทยสงค์ ชัยวีล วงศ์วัฒนกิจ และสุรัสวดี อรุณวรรณ	228-239
การประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนสำหรับ โครงการ “แกน้อย” กรีนโปรดักส์ผลิตภัณฑ์สินค้าจากกลุ่มชาติพันธุ์	
ชจอรรรถพน พงศ์วิทธิธรร กมลทิพย์ คำใจ วิภาวี ศรีคะ วิไลพร ไชโย และวลัยลักษณ์ พันธุ์	240-254

AgriBEEHIVE
SUSTAINABLE
AGRICULTURE
JOURNAL

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

ที่ปรึกษา	อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้	
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย	
	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย	
	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการ	
บรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์ ดร. เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง	
รองบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิชญ์ภาส สังขาลี	
บรรณาธิการผู้ช่วย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธีระ เหมฮัก	
	อาจารย์ ดร. จุฑามาศ อาจนาเสียว	
กองบรรณาธิการ	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.อนุรักษ์ ปัญญาวัฒน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. อารี วิบูลย์พงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. ดนัย บุญเกียรติ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สัญญา จตุรสีธา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์ ดร. ดอกกรักร มารอด	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.ประพนธ์ จันทโรนัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	ศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ศาสตราจารย์ ดร.ทนต์เกียรติ เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เฉลิมพล แซมเพชร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์ อินทร์คัมพร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร. บุญมี ศรี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร. จักรธร บุญญาภาพ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร. ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ จรรยาสุภาพ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร. อภินันท์ สุวรรณรักษ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์อ้อมทิพย์ เมฆรักษาวิช แคมป์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ประวิตร พุฒานนท์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ฝ่ายจัดทำวารสารฯ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะนุช เนียมทรัพย์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพงษ์ สว่างปัญญากร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่	นางทิพย์สุดา ปุณณณ	นางสาวรังสิมา อัมพวัน
	นางสาวอัมภา สันทราย	นางสาวรัฐธนา ขยัน
จัดทำโดย	นายปริญญา เพียรอุตสาห์	
	กองบริหารงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	
	มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290	
	โทรศัพท์ 0-5387-3411 โทรสาร 0-5387-3418	
	E-mail: Mju_journal@gmaejo.mju.ac.th	
	Web site: https://li01.tci-thaijo.org/index.php/MJUN/index	

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

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ปีที่ 41 ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน 2567) วารสารวิจัย ฯ ฉบับนี้เป็นฉบับแรกของปี 2567 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ยังคงครองแชมป์ที่ทั่วโลกและประเทศไทยให้ความสำคัญ ในขณะที่ปัญหาฝุ่น PM 2.5 ที่ต่อเนื่องมาตั้งแต่ปลายปีที่ผ่านมา โดยประเทศไทยได้มีการเพิ่มระดับความเข้มงวดปรับค่ามาตรฐานของ PM 2.5 โดยปรับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เป็น 37.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากเดิม 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปัญหาทรัพยากรน้ำ ก็เป็นปัญหาสำคัญโดยเฉพาะวิกฤตที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งน้ำท่วมและน้ำแล้ง จึงควรมีการวางแผนการใช้ประโยชน์จากน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เราควรจัดการที่ดินให้ชุมชนทำเกษตรกรรมที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เพิ่มขีดความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะในภาคการเกษตร ประมง และกลุ่มเปราะบางด้วยการให้ความรู้ มุ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจที่ลดผลกระทบต่อสังคม และการรักษาสมดุสิ่งแวดล้อม ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เข้ามาเพิ่มมูลค่าสินค้าและบริการ สร้างรายได้ลดความเหลื่อมล้ำโดยไม่ทิ้งใครไว้ข้างหลัง

วารสารวิจัย ฯ ฉบับนี้ มีบทความวิจัยที่น่าสนใจที่หลากหลายและสอดคล้องกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมและเสถียรภาพในความหวานและผลผลิตของข้าวโพดหวาน ความผิดปกติของดอกเพศเมียที่มีการบานในฤดูและก่อนฤดูของลำไยพันธุ์อีดอและพวงทอง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังจังหวัดอุบลราชธานี ตลอดจนบทความวิจัยที่ด้านเกษตรอินทรีย์ เช่น การสกัดและทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสมุนไพรหนอนตายหายาก ผลของการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยไม่ใช้ตัวทำละลายต่อสารสำคัญบางชนิดจากใบกล้วยขง ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพและยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) คุณลักษณะทางเคมีกายภาพและเจลแบ่งเปียกของแป้งข้าวสาลีพื้นเมือง ปลูกในภาคเหนือประเทศไทย ผลกระทบอุณหภูมิและเวลาไฟโรไลซิสที่มีต่อคุณสมบัติถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้จากทางใบปาล์ม ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร ที่เป็นสมาชิกของมูลนิธิโครงการหลวงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ตลอดจนงานวิจัยด้านการส่งเสริมการเกษตร ตามบริบทภูมิสังคมต่าง ๆ ที่น่าสนใจอีกหลาย ๆ เรื่องครับ แล้วพบกันใหม่ในฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม – สิงหาคม ครับ



รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง

บรรณาธิการวารสารวิจัยฯ

ความผิดปกติของดอกเพศเมียที่มีการบานในฤดูและก่อนฤดูของลำไยพันธุ์อีตอและพวงทอง
Disorders of the Pistillate Flower on Blooming In-season and Pre-season Crops
of “E-Daw” and “Puangthong” Longan (*Dimocarpus longan* Lour.)

วินัย วิริยะอลงกรณ์^{1*} และวัชรินทร์ จันทวรรณ²

Winai Wiriya-Alongkorn^{1*} and Watcharin Jantawan²

¹คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

²The office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: naimiat56@gmail.com

Received: September 06, 2022

Revised: May 04, 2023

Accepted: June 08, 2023

Abstract

Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) is an important economic crop of Thailand. Nowadays farmers use potassium chlorate for flower induction in both in- and off-season crops. Off-season cropping helps stabilize the farmers' income as the prices of longan are less fluctuate than the in-season crops. However, there have found that the yields of pre-season (a part of off-season) cropping in the North were lower than the in-season yields. This phenomenon might probably relate with the malformation of the flowers during the low air temperature of the cool season, consequently, results in a lower fruit set. The objective of this study was to identify any malformation of the flowers, especially pistillate flowers, those are subjected to cool temperature. The study was carried out on “E-Daw” and “Puangthong” cultivars of the longan trees in the orchard of Pomology Division, Maejo University, Chiang Mai. Potassium chlorate was applied for flower induction of pre-season and in-season cropping on October 15 and November 12, 2020, respectively. It was found that “Puangthong” (in-season) had low flowering at 51%, while “Puangthong” (pre-seasons) and “E-Daw” (in- and pre-seasons) had 84-97% flowering. Inflorescences showed leafless and leafy types had not significantly difference. Diameter of pistillate flowers and stigma was found the higher values in “E-Daw” (in-season) than in the other treatments with 6.07 mm and 2.60 mm of width of stigma and 5.60 mm of style length. However, in “Puangthong” (off-season) and “E-Daw” (pre-season) disorders were found with the shortened style length. Especially the open of “E-Daw” the stigma were 1.08 mm and 1.10 mm of “Puangthong”. The sex ratio of longan flower between pistillate and staminate flowers were 1:5.39-15.68. With respect to fruit set, it was found that both of longan cultivars had a higher percentage of fruit set in on-season than in pre-season. As a conclusion, it is recommended to flower induction period before winter by

potassium chlorate, which will have a positive effect on pistillate, stigma and style, and consequently a positive effect on fruit set as well.

Keywords: potassium chlorate, stigma, style, temperature

บทคัดย่อ

ลำไยเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย ปัจจุบันเกษตรกรมีการใช้โพแทสเซียมคลอเรตสำหรับชักนำการออกดอกทั้งในและนอกฤดู ลำไยนอกฤดูช่วยให้เกษตรกรมีรายได้ที่มั่นคงขึ้น เนื่องจากมีความผันผวนของราคาน้อยกว่าลำไยในฤดู อย่างไรก็ตามที่ผ่านมาพบว่า การผลิตนอกฤดูในช่วงก่อนฤดูในภาคเหนือ มักได้ผลผลิตต่ำกว่าลำไยในฤดู ทั้งนี้อาจเนื่องจากการพัฒนาที่ผิดปกติของดอกที่ออกก่อนฤดูและบานในช่วงอุณหภูมิต่ำสุดของฤดูหนาว ส่งผลให้ให้ติดผลน้อยลง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความผิดปกติที่อาจเกิดกับดอกลำไยก่อนฤดู เปรียบเทียบกับดอกลำไยในฤดูของลำไยพันธุ์อีดอและพันธุ์พวงทอง ดำเนินการศึกษาในแปลงลำไยของสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยได้ใช้โพแทสเซียมคลอเรตเพื่อชักนำการออกดอกก่อนฤดูเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2563 และในฤดูเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน ปีเดียวกัน ผลการศึกษาพบว่าการออกดอกของพันธุ์พวงทอง (ในฤดู) มีค่าน้อยที่สุดเพียง 51 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์พวงทอง (ก่อนฤดู) พันธุ์อีดอทั้งในและนอกฤดูมีการออกดอกถึง 84-97 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะของช่อดอก ช่อดอกล้วนและช่อดอกปนใบ ขนาดของช่อดอก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพันธุ์อีดอ (ก่อนฤดู) มีความกว้างและความยาวของช่อดอกมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และพันธุ์อีดอ (ในฤดู) มีเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกเพศเมียกว้างมากที่สุด 6.07 มิลลิเมตร ยอดเกสรเพศเมียกว้างมากที่สุด คือ 2.60 มิลลิเมตร และความยาวของก้านชูเกสรเพศเมีย 5.60 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามพันธุ์พวงทอง (ก่อนฤดู) และพันธุ์อีดอ (ก่อนฤดู) ก้านเกสรเพศเมียมีลักษณะสั้นและงอ โดยเฉพาะพันธุ์อีดอมีความกว้าง

ยอดเกสรเพศเมียน้อยมากคือ 1.08 มิลลิเมตร และพันธุ์พวงทองเท่ากับ 1.10 มิลลิเมตร ขณะที่สัดส่วนเพศดอกระหว่างเพศผู้ : เพศเมีย เท่ากับ 1 : 5.39-15.68 นอกจากนี้ยังพบว่า การออกดอกในฤดูของลำไยทั้งสองสายพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์การติดผลมากกว่าการออกดอกก่อนฤดู พิจารณาถึงระยะเวลาการให้โพแทสเซียมคลอเรตต่อการออกดอกโดยเฉพาะก่อนฤดูหนาว ซึ่งจะมีผลกระทบต่ออาการผิดปกติของเกสรเพศเมีย และมีผลต่อการติดผลได้

คำสำคัญ: โพแทสเซียมคลอเรต ยอดเกสรเพศเมีย
ก้านชูเกสรเพศเมีย อุณหภูมิ

คำนำ

ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) เป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถปลูกได้ทุกภาคของไทยซึ่งพื้นที่ที่ปลูกมากอยู่ทางภาคเหนือในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และบางจังหวัดของภาคตะวันออก เช่น จังหวัดจันทบุรีเป็นต้นผลิตของลำไยสามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งในรูปของผลสด อบแห้ง แช่แข็ง และลำไยกระป๋อง สร้างรายได้ปีละหลายพันล้านบาท ปัจจุบันมีการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตลำไยนอกฤดูโดยใช้โพแทสเซียมคลอเรตชักนำการออกดอกนอกฤดู เพื่อแก้ไขปัญหาผลผลิตลำไยล้นตลาด และเป็นกระจายผลผลิตให้ออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่อง โดยปกติลำไยจะออกดอกตามธรรมชาติในช่วงปลายเดือนธันวาคม ถึงกลางมกราคม และดอกบานในช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งอุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นทำให้ไม่ค่อยพบปัญหาเรื่องการติดผล แต่ผลผลิตในฤดูกาลจะส่งผลด้านราคาที่ตกต่ำ เมื่อสามารถชักนำให้ลำไยออก

ดอกได้ทำให้เกษตรกรเล็งเห็นว่าผลผลิตลำไยที่ออกสู่ตลาดก่อนในฤดูกาลปกติจะมีราคาแพงกว่า จึงเป็นสาเหตุที่เกษตรกรใช้โพแทสเซียมคลอไรด์กระตุ้นในช่วงก่อนฤดูประมาณเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน หรือก่อนฤดูปกติประมาณ 1-2 เดือน สามารถช่วยให้มีการออกดอกได้ดี และดอกบานในช่วงที่มีอากาศหนาวจัด แต่มีปัญหาการติดผลน้อย (Manochai, 2001) ที่มีสาเหตุเกิดจากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น เพศของดอก ช่วงเวลาบานของดอก ตลอดจนการผสมเกสรในสภาพธรรมชาติ (Suknubil and Thasanonta, 2004) นอกจากนี้ปัจจัยที่มีความสำคัญ คือ อุณหภูมิช่วงที่ดอกบาน มีรายงานว่าอุณหภูมิต่ำมีผลทำให้การงอกของละอองเรณู และควมมีชีวิตของละอองเรณูของมะม่วงลดลงและก้านชูยอดเกสรเพศเมียสั้นและผิดปกติเป็นสาเหตุที่ทำให้การติดผลลดลง (Sukhvibul *et al.*, 1999; Huang *et al.*, 2010) รวมทั้งในลิ้นจี่ต้องการอุณหภูมิอากาศสูงถึง 30°C. ความมีชีวิตของละอองเรณูจะเพิ่มขึ้น (Suthon *et al.*, 2003) อุณหภูมิจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านสรีรวิทยา เช่น ลักษณะการเจริญของส่วนประกอบดอกทั้งเพศผู้และเพศเมีย การงอกของละอองเรณูบนยอดเกสรเพศเมีย และพัฒนาการของยอดเกสรเพศเมียซึ่งมีผลต่อการติดผลในระยะต่อไป จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความผิดปกติของดอกลำไยเพศเมียที่บานในฤดูและนอกฤดู ของลำไยพันธุ์อีดอและพันธุ์พวงทอง เพื่อใช้เป็นแนวทางและหาวิธีการแก้ไขปัญหาการติดผลของลำไยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นลำไยพันธุ์อีดอและพันธุ์พวงทองที่มีอายุ 10 ปี ทรงพุ่มกว้าง 5 เมตร และความสูง 3 เมตร แปลงลำไยสาขาไม่ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design;

CRD) โดยมี 4 สิ่งทดลอง ๆ 5 ซ้ำ รวมทั้งหมด 20 ต้น คือ ลำไยพันธุ์พวงทองออกดอกก่อนฤดูและในฤดู ลำไยพันธุ์อีดอออกดอกก่อนฤดูและในฤดู โดยการสุ่มต้นลำไยและติดป้ายเพื่อกระตุ้นการออกดอกทั้งในและก่อนฤดูด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ปริมาณ 500 กรัมต่อต้น ซึ่งดำเนินการราดสารก่อนฤดูวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2563 และในฤดูวันที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 บันทึกข้อมูลดังนี้ อุณหภูมิอากาศรายวันระหว่างการทดลอง โดยได้รับอนุเคราะห์ข้อมูลจากสถานีวัดอากาศรัษฎารักษ์น้ำของสถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร (สท) หน่วยงานภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ติดตั้งภายในสวนลำไยสุ่มปลายยอดทั้งสี่ทิศ ๆ ละ 5 ยอด รวมเป็น 20 ตัวอย่าง เพื่อบันทึกการออกดอกของยอดที่คัดเลือกไว้หลังการราดโพแทสเซียมคลอไรด์แล้ว 20 วัน จากนั้นตรวจนับทุกสัปดาห์จนกระทั่งออกดอกครบ 20 ยอด หมายถึงเปอร์เซ็นต์การออกดอก 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการติดผลทำการนับจำนวนผลตามช่อดอกที่ทำการสุ่มไว้ในการนับเปอร์เซ็นต์การออกดอก ระยะเวลาในการออกดอกนับหลังจากราดสารถึงออกดอกแรกที่สามารถมองเห็นได้ สัดส่วนเพศดอกนับทุกดอกแยกเพศดอก ดอกเพศเมีย ดอกเพศผู้ และดอกสมบูรณ์เพศ ชนิดของช่อดอกล้วนหรือช่อดอกปนใบใช้ช่อดอกที่นับเปอร์เซ็นต์การออกดอกแล้วนับเพศดอกแยกกันจากชนิดของช่อดอก นับแยกระหว่างช่อดอกปนใบกับช่อดอกล้วนขนาดของดอกเพศเมียและปลายยอดเกสรเพศเมีย ก้านชูเกสรเพศเมีย โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ รุ่น Nikon SMZ1000 Japan สำหรับถ่ายรูปพร้อมสเกลขนาด 500 μm ในการวัดขนาด ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ด้วยโปรแกรม Sirichai Statistics version 9.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและการออกดอกถึงดอกบานระหว่างการทดลอง

หลังการราดสารโพแทสเซียมคลอไรด์สำหรับลำไยก่อนฤดู เมื่อวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2563 เป็นช่วงอุณหภูมิต่ำสุดเริ่มลดลงประมาณ 23°ซ. พบว่าลำไยพันธุ์อีดอและลำไยพันธุ์พวงทอง ใช้เวลาในการออกดอก 23 และ 45 วัน ตามลำดับ หลังจากนั้นลำไยพันธุ์พวงทองใช้ระยะเวลาในการบานเร็วกว่าพันธุ์อีดอ คือ 22 วัน และอีดอใช้ระยะเวลา 24 วัน ในการบานของดอก เมื่อพิจารณาร่วมกับอุณหภูมิ พบว่าช่วงการบานของดอกลำไยพันธุ์อีดอมีการบานของดอกในช่วงที่อุณหภูมิเริ่มลดลงต่ำกว่า 18°ซ. ขณะที่ลำไยพันธุ์พวงทองมีการบานของดอกในช่วงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15°ซ. สำหรับการราดสารชักนำการออกดอกในช่วงในฤดู โดยราดสารในวันที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ซึ่งอุณหภูมิเริ่มลดลงโดยเฉลี่ยต่ำสุด 18°ซ. ทำให้มีการออกดอกเร็วขึ้นซึ่งพันธุ์พวงทองใช้ระยะเวลา 35 วันในการออกดอก และใช้ระยะเวลา 22 วันในการบานของดอกลำไย ขณะที่พันธุ์อีดอใช้ระยะเวลา 26 วันในการออกดอก และใช้ระยะเวลา 31 วันในการบานของดอก แสดงให้เห็นว่าพันธุ์อีดอเมื่อได้รับอากาศเย็นจะชะลอการออกดอกและการบานของดอกมากกว่าพันธุ์พวงทอง ช่วงระยะเวลาดอกบานของลำไยที่ราดสารในฤดูจะเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่า 20°ซ. (Table 1; Figure 1) เป็นที่น่าสังเกตว่าลำไยทั้ง 2 พันธุ์ออกดอกไม่พร้อมกัน ทั้งนี้เป็นเพราะการตอบสนองของลำไยในด้านการออกดอกแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน (Manochai *et al.*, 2004) ส่วนการบานของดอกพันธุ์พวงทองเร็วกว่าพันธุ์อีดอ ใช้ระยะเวลา 22 และ 24 วันตามลำดับ ซึ่งการบานของดอกลำไยทั้งสองพันธุ์เป็นช่วงที่อุณหภูมิลดต่ำลง พันธุ์อีดอดอกบานในช่วงอุณหภูมิ 18°ซ. และพันธุ์พวงทองบานในช่วงอุณหภูมิ 15°ซ. แต่พบความผิดปกติของยอดเกสรเพศเมียเฉพาะในพันธุ์อีดอ เช่น ยอดเกสรเพศเมียไม่เปิดหรือมีความกว้างไม่มาก และ

ก้านชูเกสรเพศเมียสั้นหรืองอ (Figure 3) ซึ่งสาเหตุลักษณะนี้อาจทำให้ไม่สามารถเกิดการผสมของละอองเรณูได้ Jantawan (2016) รายงานว่าถ้าปลายยอดเกสรเพศเมียเปิดน้อยหรือไม่เปิด ละอองเรณูจะไม่สามารถเคลื่อนที่เข้าไปผสมกับรังไข่ได้ แต่ลักษณะการผิดปกติดังกล่าวไม่เกิดกับพันธุ์พวงทอง แสดงว่าพันธุ์พวงทองมีความทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำกว่าพันธุ์อีดอได้ดี

สำหรับการกระตุ้นการออกดอกโดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์นั้น เพื่อต้องการให้ลำไยออกดอกได้แน่นอนช่วงในฤดู เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบความผิดปกติของดอกที่บ้านในช่วงเวลาดังกล่าว ถ้าให้ออกดอกเองตามธรรมชาติการออกดอกมักเกิดขึ้นน้อยมากเนื่องจากมีความแปรปรวนของสภาพอากาศ เกษตรกรจึงใช้โพแทสเซียมคลอไรด์กระตุ้นการออกดอกทั้งในและก่อนฤดู ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทั้งในและก่อนฤดูเช่นเดียวกับเกษตรกร โดยราดสารในวันที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 พบว่าพันธุ์พวงทองใช้ระยะเวลา 35 วันในการออกดอก และใช้ระยะเวลา 22 วันในการบานดอกแรก ขณะที่พันธุ์อีดอใช้ระยะเวลา 26 วันในการออกดอก และใช้ระยะเวลา 31 วันในการบานดอกแรก จะเห็นว่าระยะเวลาการออกดอกของลำไยทั้งสองพันธุ์อยู่ในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15°ซ. สลับกับอุณหภูมิที่สูงขึ้นมากกว่า 20°ซ. เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งมีผลต่อสรีรวิทยาของลำไยโดยสามารถกระตุ้นการออกดอกได้ ดังนั้นระยะเวลาการออกดอกจึงไม่แตกต่างกันมากนัก สอดคล้องกับ Manochai *et al.* (2001) รายงานว่า การออกดอกของลำไยที่ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำมีระยะเวลาการแทงช่อดอกหลังการให้สารประมาณ 39.5 วัน แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะเร่งการออกดอกได้เร็วขึ้น และ Sritontip *et al.* (2010) ได้ศึกษาการชักนำการออกดอกของลำไยที่ปลูกในตู้ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพกลางวันต่อกลางคืนที่มีอุณหภูมิต่ำและให้โพแทสเซียมคลอไรด์ มีผลทำให้ลำไยออกดอกลดลงและใช้ระยะเวลาในการแทงช่อดอกยาวนานขึ้น ส่งผลต่อการพัฒนาของช่อดอกลำไย สำหรับการบานของดอกใน

ฤดูพบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นไม่พบอาการผิดปกติของ
ดอกเพศเมียแสดงว่าอุณหภูมิต่ำอาจมีผลต่อการเปิดของ

ปลายยอดเกสรเพศเมีย และการเจริญเติบโตของก้านชูเกสร
เพศเมียได้

Table 1 Developmental periods of “Puangthong” and “E-Daw” longan on flowering after potassium chlorate (KClO_3) applications

Treatments	Day applied KClO ₃	Inflorescence emergence		Floral blooming	
		Flowering date	Number of flowering days	Blooming date	Number of blooming days
Off-season					
“Puangthong”	15 Oct. 2020	29 Nov. 2020	45	21 Dec. 2020	22
“E-Daw”	15 Oct. 2020	7 Nov. 2020	23	1 Dec. 2020	24
In-season					
“Puangthong”	12 Nov. 2020	17 Dec. 2020	35	8 Jan. 2021	22
“E-Daw”	12 Nov. 2020	8 Dec. 2020	26	9 Jan. 2021	31

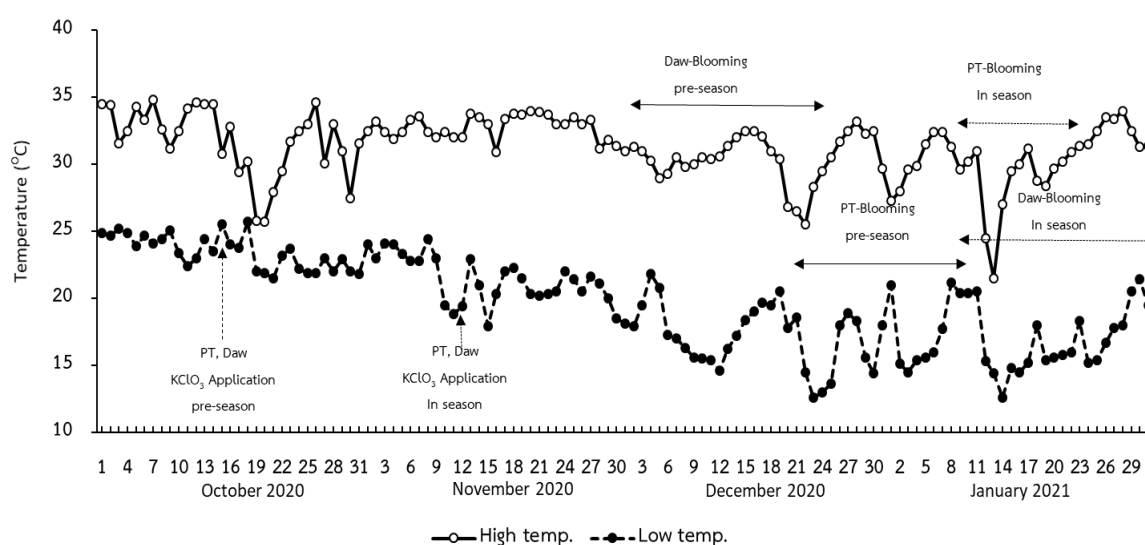


Figure 1 Daily air temperature from October 2020 to January 2021

เปอร์เซ็นต์การออกดอก

การออกดอกของลำไยพันธุ์พวงทองและพันธุ์อีดอ โดยการสุ่มยอดลำไยรอบต้นทั้ง 4 ทิศ รวม 20 ยอดต่อต้น ถ้าลำไยมีการออกดอกครบแสดงถึงการออกดอกได้ 100 เปอร์เซ็นต์ หลังการราดโพแทสเซียม

คลอเรต 30 วัน ทั้งในฤดูและก่อนฤดู บันทึกการออกดอกทุก 7 วัน จนถึง 45 วัน ถ้ามีการออกดอกมากจะเป็นการเพิ่มโอกาสการติดผลมากขึ้น เนื่องจากลำไยมีการทยอยบานแต่ถ้ามีการออกดอกน้อยและดอกลำไยบานในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำโอกาสการติดผลก็จะต่ำหรืออาจจะไม่ติดผลเลย

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้โอกาสการติดผลดีขึ้นหรือลดลงในทางสรีรวิทยา จากงานทดลองนี้พบว่า พันธุ์อีดอทั้งในและก่อนฤดู และพวงทองก่อนฤดู มีการออกดอกถึง 84-97 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พันธุ์พวงทองที่มีการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์กระตุ้นการออกดอกในฤดู มีการออกดอกเพียง 51 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) อาจเป็นไปได้ว่า นอกจากอุณหภูมิแล้วในส่วนของพันธุ์ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการออกดอกและการติดผลที่แตกต่างกันได้

Manochai *et al.* (2004) รายงานว่า การตอบสนองต่อโพแทสเซียมคลอไรด์ขึ้นอยู่กับพันธุ์ลำไยด้วย ซึ่งพบว่าพันธุ์สีชมพูมีการตอบสนองดีที่สุดและออกดอกได้เร็วกว่าพันธุ์อีดอและพวงทอง Sritontip *et al.* (2010) พบว่าลำไยที่อยู่ในสภาพกลางวันต่อกลางคืนที่มีอุณหภูมิต่ำและมีการให้โพแทสเซียมคลอไรด์ มีผลทำให้ลำไยออกดอกลดลงและใช้ระยะเวลาในการแทงช่อดอกยาวนานขึ้น

Table 2 Flowering percentage of “Puangthong” and “E-Daw” longan after the applications of potassium chlorate (KClO₃) at the in-season and pre-season

Treatments	Flowering percentage after KClO ₃ applications		
	30 days	37 days	45 days
Pre-season			
“Puangthong”	55ab ¹	87a	92a
“E-Daw”	42ab	75a	84a
In-season			
“Puangthong”	17b	35b	51b
“E-Daw”	67a	90a	97a
F-Test	*	**	**
CV (%)	47.49	19.17	12.72

¹Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95% ($p \leq 0.05$) by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). * = significant differences ($p \leq 0.05$), ** = significant differences ($p \leq 0.01$)

สัดส่วนช่อดอกล้วนต่อช่อดอกปนใบ

ลักษณะช่อดอกของลำไยมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แบบช่อดอกล้วนและแบบช่อดอกปนใบ (Manochai *et al.*, 2004) ในงานทดลองนี้พบว่า การบานของดอกก่อนฤดู ที่ตรงกับช่วงสภาพอากาศหนาวเย็นจะมีการติดผลของปลายยอดเกสรเพศเมียเกิดขึ้นได้เสมอ และช่อดอกล้วนและช่อดอกปนใบของพันธุ์อีดอและพันธุ์พวงทองที่ชักนำการออกดอกโดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทั้งในและก่อนฤดู ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3)

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหลาย ๆ ปัจจัย โดยเฉพาะด้านความพร้อมหรือความสมบูรณ์ของต้นลำไยสำคัญที่สุด ถ้าสภาพต้นหรือใบไม่สมบูรณ์เต็มที่อาจจะมีช่อดอกปนใบ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Srumsiri *et al.* (2003) กล่าวว่า ในสภาพที่ต้นได้รับอุณหภูมิต่ำ แม้ต้นไม่สมบูรณ์ลำไยอาจมีการออกดอกได้และมีการผลิใบอ่อนตามมาหรือผสมกันขณะเดียวกัน Manochai *et al.* (2004) กล่าวว่าความพร้อมของต้นเป็นสิ่งสำคัญ ต้นลำไยอยู่ในสภาพที่พร้อมและใบสมบูรณ์ก็สามารถกระตุ้นการออกดอกแบบมีช่อดอกล้วนได้ดี

Table 3 Inflorescence characteristics of “Puangthong” and “E-Daw” longan after the applications of potassium chlorate (KClO₃) at the in-season and pre-season

Treatments	Leafless inflorescence (percentage)	Leafy inflorescence (percentage)
Pre-Season		
“Puangthong”	80	20
“E-Daw”	55	45
In-season		
“Puangthong”	78	22
“E-Daw”	68	32
F-Test	ns	Ns
CV (%)	18.18	43.50

ns= non significant difference

ขนาดของดอกเพศเมีย ความกว้างของยอดเกสรเพศเมีย และความยาวของก้านชูเกสรเพศเมีย

จากการวัดขนาดของดอกเพศเมีย โดยการนำดอกแต่ละซ้า ๆ ละ 10 ดอก ใช้ดอกที่มีความสมบูรณ์มากที่สุดของแต่ละซ้ามาวัดขนาดของดอก ความกว้าง และความยาวของก้านชูเกสรเพศเมีย จากนั้นมาข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเส้นผ่าศูนย์กลางดอกและความยาวของก้านชูเกสรเพศเมียพันธุ์อีดอที่ดอกบานนอกฤดู และพันธุ์พวงทองที่บานก่อนฤดูและในฤดู ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ดอกลำไยพันธุ์อีดอที่บานในฤดูมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอกใหญ่และความยาวของก้านชูเกสรเพศเมียาวมากที่สุด คือ 6.07 และ 5.60 มม. ตามลำดับ ส่วนความกว้างของยอดเกสรเพศเมีย พบว่าการบานของดอกในช่วงก่อนฤดูที่มีสภาพอากาศหนาวเย็น (ต่ำกว่า 18°ซ.) มีความกว้างของยอด

เกสรเพศเมียน้อยกว่าในฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2, 3 and 4; Table 5) แสดงให้เห็นว่าเกิดความผิดปกติของการเจริญเติบโตของปลายยอดเกสรเพศเมียเมื่อกระทบสภาพอากาศหนาวเย็นต่ำกว่า 15°ซ. อย่างเห็นได้ชัด ซึ่ง Manochai *et al.* (2004) รายงานว่าลำไยแต่ละสายพันธุ์มีขนาดของดอกแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับลักษณะของพันธุ์ ฤดูกาล และความสมบูรณ์ต้นที่แตกต่างกันก็ส่งผลให้ขนาดดอกและส่วนประกอบต่าง ๆ มีขนาดแตกต่างกัน จากการศึกษาของ Jantawan (2016) พบว่า เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงปลายยอดเกสรเพศเมียของลำไยพันธุ์อีดอจะเปิดน้อยหรือไม่เปิดเลย และเมื่อทำการผสมเกสรด้วยมือและใช้กล้อง Fluorescent microscope ติดตามการงอกของละอองเรณูพบว่าไม่สามารถงอกลงไปผสมกับรังไข่ได้

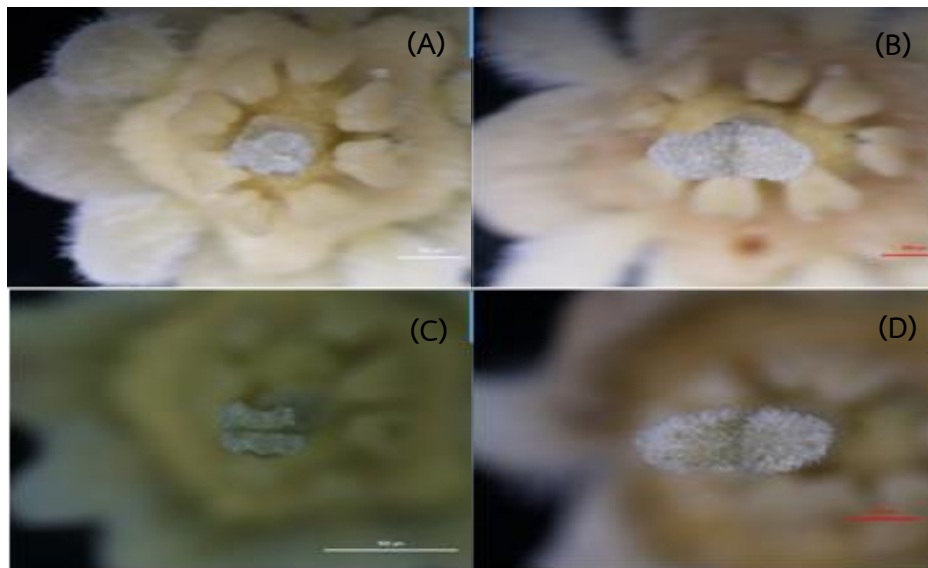


Figure 2 Width of stigma; (A) “Puangthong” (pre-season), (B) “Puangthong” (in-season) (C) “E-Daw” (pre-season) and (D) “E-Daw” (in-season) (scale=500 μm)

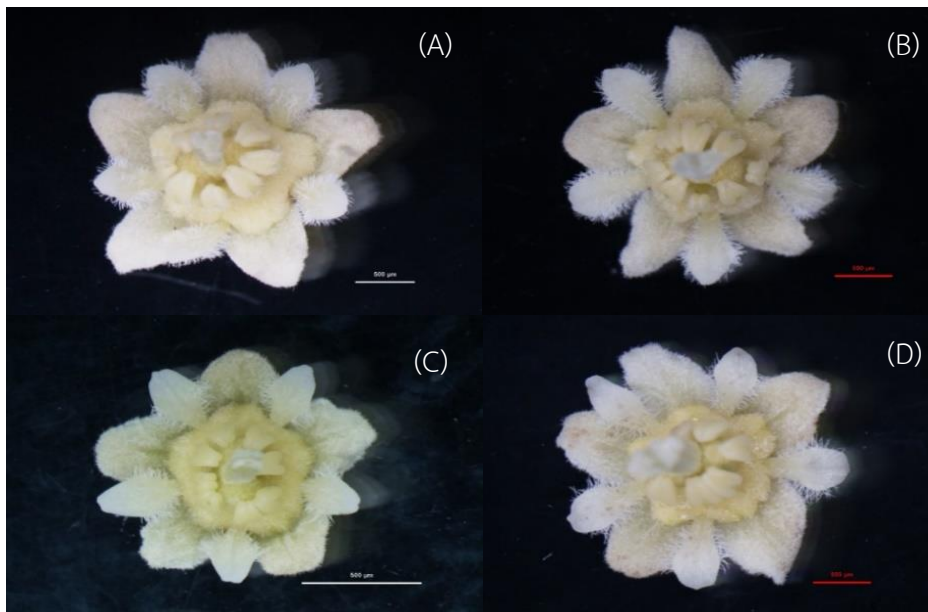


Figure 3 Size of pistillate flowers; (A) “Puangthong” (pre-season), (B) “Puangthong” (in-season) (C) “E-Daw” (pre-season) and (D) “E-Daw” (in-season) (scale=500 μm)

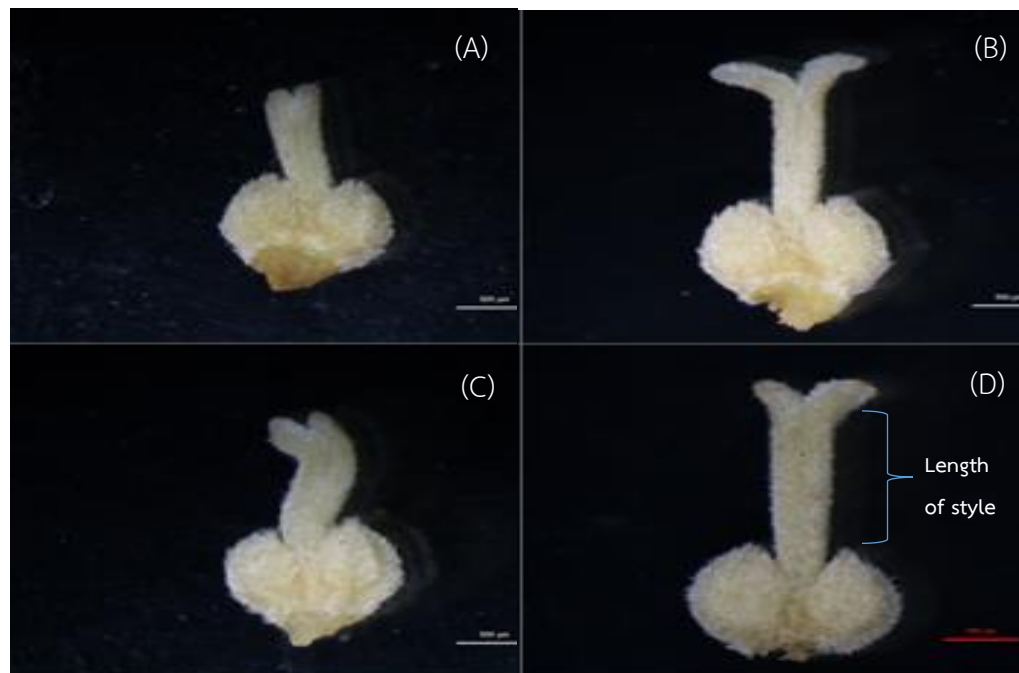


Figure 4 Length of style; (A) “Puangthong” (pre-season), (B) “Puangthong” (in-season), (C) “E-Daw” (pre-season) and (D) “E-Daw” (in-season) (scale=500 μ m)

Table 5 Pistillate flower diameter, stigma, width, and style length of longan flowers after the applications of potassium chlorate (KClO_3) at the in-season and pre-season

Treatment	Diameter of pistillate flower (mm)	Width of stigma (mm)	Length of style (mm)
Pre-season			
“Puangthong”	$5.25 \pm 0.41 \text{b}^1$	$1.10 \pm 0.30 \text{b}$	$3.91 \pm 0.03 \text{b}$
“E-Daw”	$5.53 \pm 0.30 \text{b}$	$1.08 \pm 0.28 \text{b}$	$4.11 \pm 0.40 \text{b}$
In-season			
“Puangthong”	$5.30 \pm 0.40 \text{b}$	$2.41 \pm 0.18 \text{a}$	$3.96 \pm 0.06 \text{b}$
“E-Daw”	$6.07 \pm 0.53 \text{a}$	$2.60 \pm 0.04 \text{a}$	$5.60 \pm 0.38 \text{a}$
F-Test	*	**	**
CV (%)	7.13	17.39	9.02

¹Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95% ($p \leq 0.05$) by the Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT). * = significant differences ($p \leq 0.05$), ** = significant differences ($p \leq 0.01$) (n=10)

สัดส่วนเพศดอกและเปอร์เซ็นต์การติดผล

สัดส่วนเพศดอกทุกดอกในข้อที่สุ่มไว้ เพื่อการศึกษาความผันแปรการแสดงออกทางเพศดอก ดอกสมบูรณ์เพศนั้นพบน้อยมากเพียง 1-2 ดอกต่อข้อ จึงไม่นำเสนอข้อมูลไว้ จากงานทดลองนี้พบว่า พันธุ์อีตอที่มีดอกบานในช่วงก่อนฤดูเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พวงทอง ก่อนฤดูเช่นกัน มีสัดส่วนเพศดอกเพศเมียต่อเพศผู้ถึง 15.68 ดอกต่อดอกเพศผู้ 1 ดอก แต่การติดผลไม่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ 40 และ 42 ผลต่อข้อตามลำดับ ซึ่งสภาพอากาศหนาวเย็นในช่วงดอกบานพันธุ์อีตอการเปิดของยอดเกสรเพศเมียน้อยกว่าทำให้ละอองเรณูไม่สามารถเข้าไปผสมกับรังไข่ได้จึงมีการติดผลน้อยกว่าพันธุ์พวงทอง ดังนั้นสัดส่วนเพศดอกอาจจะไม่มีผลทางตรงกับการติดผลของดอกเพศเมีย แม้จะมีดอกเพศเมียมากก็ตามการติดผลก็ไม่ได้มากขึ้นตามไปด้วย Manochai *et al.* (2001) รายงานว่าสัดส่วนเพศดอกจะมากหรือน้อยอาจแตกต่างกันจากสภาพความสมบูรณ์ของต้นลำไย โดยปกติดอกเพศผู้จะมีมากกว่าดอกเพศเมีย ขึ้นอยู่กับพันธุ์ และสภาพแวดล้อมในแต่ละปี นอกจากนี้ Sritontip (2013) รายงานว่าช่วงที่ดอกลำไยบานมี

ความสำคัญต่อการผสมเกสรและการติดผลที่ดี จากงานทดลองนี้ พบว่าการติดผลในฤดูมากกว่าก่อนฤดู (Table 6) ทั้งนี้สาเหตุอาจจะเกิดจากความผิดปกติของยอดเกสรเพศเมียที่มีความผิดปกติ คือ ก้านชูเกสรเพศเมียบิดงออาจจะมีส่วนต่อท่อนำรังไข่ทำให้ละอองเรณูไม่สามารถลงไปได้ นอกจากนี้อยอดเกสรเพศเมียที่มีการบานในสภาพอากาศหนาวเปิดอ้าน้อยมากทำให้ไม่สามารถรับละอองเรณูได้ (Jantawan, 2016) และมีรายงานในมะม่วงว่าอุณหภูมิต่ำในช่วงที่ดอกบานมีผลทำให้การงอกของละอองเรณู และความมีชีวิตของละอองเรณูของมะม่วงลดลง ก้านชูเกสรเพศเมียจะสั้นและผิดปกติเป็นสาเหตุที่ทำให้การติดผลลดลง (Sukhvibul *et al.*, 1999; Huang *et al.*, 2010) สอดคล้องกับงานทดลองของ Jantawan (2016) พบว่า จากการผสมเกสรด้วยมือกับดอกเพศเมียที่มีอาการผิดปกติลักษณะปลายยอดเกสรเพศเมียปิดในสภาพอุณหภูมิต่ำมีผลทำให้การงอกของละอองเรณูเข้าไปผสมกับไข่ไม่ได้ และยังมีเปอร์เซ็นต์การติดผลต่ำไปด้วย จากเหตุการณ์ดังกล่าวอาจจะกล่าวได้ว่าการบานของดอกเพศเมียในช่วงที่มีสภาพอากาศหนาวเย็นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การติดผลลดลงได้

Table 6 Sex ratio of longan flower of “E-Daw” and “Puangthong” in-season and pre-season and fruit setting percentage

Treatment	Sex ratio (pistillate flower : staminate flower)	Fruit setting (percentage)
Pre-season		
“Puangthong”	5.39 : 1	42.80b ¹
“E-Daw”	15.68 : 1	40.00b
In-season		
“Puangthong”	10.31 : 1	81.60a
“E-Daw”	14.74 : 1	76.60a
F-Test	-	**
CV (%)	-	16.86

¹Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 99% (p≤0.01) by the Duncan's New Multiple Range Test

สรุปผลการวิจัย

ความผิดปกติของดอกเพศเมียในลำไยพันธุ์อีดอ และพันธุ์พวงทองทั้งในฤดูและก่อนฤดู โดยการชักนำการออกดอกโดยใช้ไฟโพลีเอทิลีนคลอไรด์ พบว่าเมื่ออุณหภูมิต่ำลงต่ำกว่า 18°C . และอุณหภูมิสูงลดลงต่ำกว่า 30°C . ดอกเพศเมียของลำไยพันธุ์อีดอก่อนฤดูที่บานในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีการผิดปกติของก้านชูเกสรเพศเมียโดยปลายยอดเกสรเพศเมียของพันธุ์อีดอ (Stigma) มีการเปิดอ้าน้อยกว่าพันธุ์พวงทอง เปอร์เซ็นต์การออกดอกไม่แตกต่างกันของพันธุ์อีดอและพันธุ์พวงทองที่กระตุ้นการออกดอกนอกฤดู แต่ทั้งสองพันธุ์มีความแตกต่างกันเมื่อถูกกระตุ้นการออกดอกในฤดู โดยพันธุ์อีดอมีการออกดอกมากกว่าพันธุ์พวงทอง เปอร์เซ็นต์ช่อดอกล้วนและช่อดอกปนใบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พันธุ์อีดอที่ออกดอกในฤดูมีขนาดของดอกเพศเมีย ความกว้างของยอดเกสรเพศเมีย มากกว่าพันธุ์พวงทองทั้งในและก่อนฤดู รวมทั้งพันธุ์อีดอก่อนฤดู และความยาวของก้านชูเกสรเพศเมียยังมีความยาวมากกว่าเช่นกัน สำหรับสัดส่วนเพศดอกพันธุ์พวงทองที่ออกดอกก่อนฤดูน้อยกว่าพวงทองในฤดูและอีดอทั้งในและก่อนฤดู อย่างไรก็ตามการติดผลในฤดูทั้งสองพันธุ์ดีกว่าก่อนฤดู โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ผ่านสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2563 ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ และสถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร (สท.) หน่วยงานภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ความ

อนุเคราะห์ติดตั้งระบบฟาร์มรักษาน้ำเพื่อนำข้อมูลด้านสภาพอากาศภายในแปลงลำไยรายวันระหว่างการทดลอง รวมทั้งการให้น้ำแบบอัตโนมัติตลอดการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- Huang, J.H., W.H. M.A. G.L. Ling, L.Y. Zhang, W.X. Wang, Z.J. Cai and S.X.E. Wer. 2010. Effect of low temperatures on sexual reproduction of Tainong 1 Mango (*Mangifera indica* L.). *Scientia Horticulturae* 126: 109-119.
- Jantawan, W. 2016. **Viability and Germination Ability of Pollens on Longan Fruit Settings**. Master Thesis. Maejo University. 67 p. [in Thai]
- Manochai, P. 2001. **Subtropical Fruit**. Chiang Mai: Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. 173 p. [in Thai]
- Manochai, P., Y. Khaosumain, C. Sritontip and S. Changieraja. 2004. **Technology of Longan Production**. Bangkok: . Kahakankaset J. 126 p. [in Thai]
- Manochai, P., P. Sruamsiri, W. Wiriya-Alongkorn, D. Naphrom, M. Hegele and F.Bangerth. 2005. Year around off season flower induction in longan (*Dimocarpus longan* Lour) trees by KClO_3 applications: potentials and problems. *Scientia Horticulturae* 104(4): 379-390.

- Sritontip, C., P. Tiyaon, D. Naphrom, P. Sruamsiri, P. Manochai, M. Hegele and J.N. Wunsche. 2010. Effects of temperature and potassium chlorate on leaf photosynthesis and flowering in longan. **Acta Horticulturae (ISHS)** 863: 323-328.
- Sritontip, C. 2013. **Off-season Longan Production**. Lampang: Rajamangala University of Technology Lanna Lampang. 124 p. [in Thai]
- Sruamsiri, P., P. Manochai, A. Chattrakul D. Naphrom, R. Roygrong and K. Sringarm. 2003. **Reducing Alternation and Production of Off-season Fruit in Lychee Longan and Mango**. 231 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Chiangmai University. [in Thai]
- Suknvibul, N., A.W. Whiley, M.K. Smith, S.E. Hetherington and V. Vithanase. 1999. Effect of temperature on inflorescence and floral development in four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. **Scientia Horticulturae** 82: 67-84.
- Suknvibul, N. and M. Thasanonta. 2004. **Longan**. Bangkok: Department of Agriculture. 96 p. [in Thai].
- Suthon, W., P. Manochai, W. Wiriya-Alongkorn P. Sutigoolabud, S. Ussahatanonta and N. Jarassamrit. 2003. Study of litchi pollen viability. **Agriculture Science Journal** 33(4-5): 243-246. [in Thai]

ผลของปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ Microbial consortium 1 (MC1) และสารกระตุ้นอินทรีย์ต่อการ
เจริญเติบโต การสะสมสาร 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2เอพี) และการต้านอนุมูลอิสระในข้าวหอม
Effects of Microbial Consortium 1 (MC1) Fertilizer and Organic Stimulants on
Growth, 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP) Accumulation and Antioxidant Activity of
Fragrant Rice

สมคิด ดีจิง^{1*} วศิน เจริญทัศน์ธนกุล¹ วราภรณ์ แสงทอง¹ ศุภิตา อ่ำทอง² และรุ่งทิพย์ กาวารี¹

Somkid Deejing^{1*}, Wasin Charerntantanakul¹, Varaporn Sangthong¹

Supathida Aumthong² and Rungthip Kawaree¹

¹สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

²Program in Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: somkid_d@mju.ac.th

Received: March 31, 2023

Revised: October 04, 2023

Accepted: November 01, 2023

Abstract

Fragrant rice with antioxidants produced by organic farming systems is high quality rice and preferable. This research studied the effects of compost in combination with microbial consortium MC1, alternative wetting and drying water management and organic stimulants (bioextract and egg-derived hormone) on antioxidant activity and accumulation of 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) in 3 cultivars of fragrant rice, i.e. Maejo 1A, Maejo 2, and Mali Daeng. Supplementation with MC1 tentatively increased height, tillering, and panicle number of all 3 cultivars as compared with control group while supplementation with MC1 and bioextract added with egg-derived hormone tentatively increased height, tillering, and panicle number, and number of filled spikelet of all 3 cultivars as compared with application of MC1 alone. At the same time, supplementation with MC1 and bioextract added with egg-derived hormone tentatively increased total phenolic compounds and antioxidative activity in only Mali Daeng. Meanwhile, the increased 2AP was not detected in rice supplemented with MC1 and bioextract with egg-derived hormone.

Keywords: 2AP, fragrant rice, microbial consortium, antioxidant, organic stimulants

บทคัดย่อ

ข้าวหอมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตโดยระบบเกษตรอินทรีย์ เป็นข้าวที่มีคุณภาพสูงและเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง และสารกระตุ้นอินทรีย์ชีวภาพ (น้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่) เพื่อช่วยเพิ่มการสะสมสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) และการต้านอนุมูลอิสระในข้าวหอม 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ ข้าวเหนียวหอม กขแม่โจ้ 2 และข้าวหอมมะลิแดง การเสริมปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 มีแนวโน้มช่วยเพิ่มความสูง การแตกกอ และจำนวนรวงของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และการเสริมปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 ร่วมกับการเสริมน้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่ มีแนวโน้มช่วยเพิ่มความสูง การแตกกอ จำนวนรวง และจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับ การเสริมปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 เพียงอย่างเดียว การเสริมปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 และการเสริมน้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่ช่วยเพิ่มปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในข้าวหอมมะลิแดง ไม่พบการเพิ่มขึ้นของปริมาณสาร 2AP ในข้าวที่ได้รับการเสริมปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 และการเสริมน้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่

คำสำคัญ: สารหอม ข้าวหอม ปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ สารต้านอนุมูลอิสระ สารกระตุ้นอินทรีย์

คำนำ

ข้าวหอม เป็นข้าวที่มีความหอมเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ และการผลิตข้าวไทยประสบปัญหาด้านคุณภาพข้าวด้อยลง และยังมีต้นทุนการผลิตและการแข่งขันกับนานาประเทศสูง ดังนั้นการพัฒนาข้าวหอมที่ผลิตด้วยระบบเกษตรอินทรีย์และเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่มี

สารต้านอนุมูลอิสระสูงน่าจะส่งผลดีต่อสุขภาพผู้บริโภค ซึ่งความหอมในข้าวหอมนั้นเกิดจากสารผสมกันหลายชนิด แต่สารเด่นที่ทำให้ข้าวมีกลิ่นหอม คือ สาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) การสร้างสารนี้ในข้าวหอมถูกกำหนดโดยลักษณะทางพันธุกรรมของข้าว แต่สภาพแวดล้อมที่ปลูกข้าวก็มีอิทธิพลต่อการสร้างกลิ่นหอมในข้าวหอมด้วย Mo *et al.* (2016) รายงานว่า การบริหารจัดการน้ำ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ความเค็ม ความแห้ง และการได้รับแสงในช่วงของการสร้างเมล็ดในข้าวขาวดอกมะลิของไทย และข้าวพันธุ์ปทุมมาตึกของอินเดีย มีผลต่อการสะสมสาร 2AP ปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในระยะข้าวตั้งท้องช่วยปรับปรุงปริมาณกลิ่นหอมของเมล็ดข้าวได้ (Mo *et al.*, 2018) หากข้าวเจริญเติบโตอยู่ในสภาวะกดดัน เช่น ความแห้งแล้ง และความเค็ม จะมีผลทำให้เกิดการสะสมโปรตีนซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างสาร 2AP ในข้าวให้สูงขึ้น (Prodhan and Qingyao, 2020) และข้าวที่มีความเครียดจากความแห้งแล้งช่วงข้าวออกดอกจะส่งผลช่วยเพิ่มการสะสมสาร 2AP ในข้าวได้ (Gui *et al.*, 2022) และในข้าวพันธุ์พื้นเมือง Kuthiru ของอินเดียจะมีการสะสมสารฟีนอลิกสูงสุดในสภาวะกดดันที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 200 mM (Joseph *et al.*, 2015) ซึ่ง Chinachanta *et al.* (2021) พบว่าแบคทีเรีย *Sinomonas* sp. ที่แยกได้จากดินรอบรากข้าวอินทรีย์ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มการสร้างสาร 2AP ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาวะกดดันจากความเค็ม และ Lia *et al.* (2016) พบว่าการเติม Mn ในการปลูกข้าวช่วยปรับปรุงการเจริญเติบโต ผลผลิตคุณภาพกลิ่นหอมของข้าว และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ 2AP ให้เพิ่มขึ้น และ Changsri (2014) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวหอมมะลิไทย พบว่าตัวแปรที่ส่งผลในเชิงบวกกับค่า 2AP ได้แก่ Zn, Mo และ P ส่วนตัวแปรหลักที่ส่งผลในเชิงลบ ได้แก่ Cu, Fe และ pH และพบว่าการขาดน้ำในระดับดิน 25 ซม. หลังออกดอก 7 วันทำให้ปริมาณสาร 2AP ในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 สูงที่สุด นอกจากนี้ Palungwachira *et al.*

(2019) พบว่า ข้าวดำ (*Oryza sativa* L.) มีสารโพลีฟีนอล แอนโทไซยานินปริมาณสูง ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพเนื่องจาก มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบ และฟื้นฟูการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ที่ช่วยรักษาภาวะสมดุล ของผิวหนัง ดังนั้น งานวิจัยนี้ผู้วิจัย จึงสนใจนำวิธีการทาง ชีวภาพโดยประยุกต์ใช้ปุ๋ยหมักที่มีกลุ่มจุลินทรีย์ (Microbial Consortium 1, MC1) และ *Anabaena azollae* ที่อาศัยอยู่กับแหนแดงมาช่วยส่งเสริมการ เจริญเติบโตของข้าว โดยการจัดการน้ำและสารกระตุ้น อินทรีย์เพื่อช่วยเพิ่มการต้านอนุมูลอิสระและสะสมสาร 2AP ในข้าวหอม 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 และข้าวหอมมะลิแดง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมดินเริ่มต้นและเตรียมปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ (Microbial Consortium 1, MC1) และการวิเคราะห์

1. เก็บตัวอย่างดินเริ่มต้นที่ใช้ปลูกข้าว นำไป วิเคราะห์ที่กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการ ผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 ตามวิธีการ ของ Agricultural Production Sciences Research and Development Division (2010)

2. เตรียมปุ๋ยกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 ที่เป็นแบคทีเรีย ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ประกอบด้วย แบคทีเรีย ละลายฟอสเฟต ได้แก่ *Burkholderia cenocepacia* RSPVK2, *Paenibacillus alvei* RRTSA6, *Bacillus subtilis* RSTSA1, *Burkholderia glumae* PVKRS5 และ *Bacillus pumilus* RRTSA6 (ละลายฟอสเฟตและผลิต Indole acetic acid (IAA), แบคทีเรียผลิต Siderophore ชนิด Hydroxamate และ Catecholate คือ *Bacillus pumilus* ISP2S6 และ *Alcaligenes aquatilis* S65 ผลิต Siderophore ชนิด Catecholate และ *Bacillus endophyticus* S70 ผลิต 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase ซึ่งแบคทีเรียข้างต้น

เป็นของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย ดังกล่าวบนอาหารวุ้นผิวเอียงที่มีพื้นที่บนผิวหน้า อาหารเท่ากัน อายุ 24 ชั่วโมง จากนั้นดูอาหาร กากน้ำตาลใส่ในหลอดอาหารวุ้นผิวเอียงที่มีแบคทีเรีย แต่ละชนิดเจริญอยู่บนผิวหน้าอาหาร และเชื้อให้เชื้อ หลุดออกจากผิวหน้าอาหารแล้วใส่ลงในอาหารกากน้ำตาล ร้อยละ 10 นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37°C. ระยะเวลา 24-48 ชั่วโมง และนับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นได้เท่ากับ 2.61×10^5 CFU/ml ได้กล้าเชื้อปริมาตร 10 ลิตร จากนั้น นำไปผสมกับปุ๋ยหมัก 30 กก. ที่ได้จากผู้ผลิตเกษตร อินทรีย์หมักไว้ 2 สัปดาห์ ได้เป็นปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 และวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ได้เท่ากับ 1.55×10^7 CFU/g

ศึกษาผลของปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 และสาร กระตุ้นอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต การต้าน อนุมูลอิสระ และการสะสมสาร 2AP ของข้าว

การปลูกข้าว

การเพาะต้นกล้าข้าว 3 พันธุ์ คือ ข้าวเจ้าก่ำหอม แม่โจ้ 1 เอ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย และข้าวหอมมะลิแดง ให้ได้ต้นกล้าข้าวอายุ 20 วัน

การปลูกข้าว นำดินนาในเขตอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มาคลุกผสมกับปุ๋ยหมัก MC1 ที่ได้จาก การเตรียม โดยแบ่งใส่อ่างแปลขนาดกว้างxยาวxสูง (85x119x29 ซม.) แต่ละอ่างใส่ดินเท่ากันทุกอ่างให้ดินสูง ประมาณ 25 ซม. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยมีชุด การทดลองปลูกข้าว 3 พันธุ์ และข้าวแต่ละพันธุ์แบ่งชุด ทดลองเป็น 3 ชุดทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ คือ ชุด ควบคุม (Control) ข้าว+ดิน ชุดทดลองที่ 1 (Treatment 1) ข้าว+ดิน+ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดงและเมล็ด แมงลัก ชุดทดลองที่ 2 (Treatment 2) ข้าว+ดิน+ปุ๋ยหมัก

MC1 ร่วมกับแทนนินและเมลลิตแมงลัก+สารกระตุ้นอินทรีย์ชีวภาพ ใส่ในอ่างสัปดาห์ละครั้ง โดยแต่ละข้าปลูกเว้นระยะห่างระหว่างต้นข้าวแต่ละต้น 25 ซม. โดยปลูกหลุมละ 3 ต้น จำนวน 9 หลุมต่ออ่าง

การกระตุ้นการสะสมสาร 2AP ในข้าว

1) การทำน้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่

เตรียมสารกระตุ้นอินทรีย์ชีวภาพที่เป็นน้ำหมักชีวภาพ ประกอบด้วย ถั่วเหลืองผ่าซีกที่ป่นผสมกับน้ำแล้วกรองแยกกากเอาแต่น้ำ แล้วเติมกลูโคส น้ำตาลทรายขาว นมเปรี้ยว น้ำมะพร้าวอ่อน ใบเตย และน้ำส้มสายชูเทียม หมักไว้ 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปใส่ในอ่างปลูกข้าวในอัตราส่วน 10 มล. ต่ออ่างต่อสัปดาห์ โดยใส่ร่วมกับน้ำหมักจากกากน้ำปลาในอัตราส่วนเดียวกัน และการเตรียมฮอร์โมนไข่จากไข่ไก่สด น้ำตาลทราย น้ำ และนมเปรี้ยว หมักร่วมกันไว้ 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง นำสารกระตุ้นอินทรีย์ผสมกับเมลลิตแมงลัก โดยใช้ใส่ในอ่างปลูกข้าวในอัตราส่วน 10 มล. ต่ออ่างต่อสัปดาห์ การใช้เมลลิตแมงลักเป็นวัสดุพา (Carrier) ที่เป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อให้ค่อย ๆ ปลดปล่อยสารกระตุ้นอินทรีย์ออกมาในดินทีละน้อย

2) การจัดการน้ำ

ใช้วิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง โดยให้น้ำสูงระดับ 3 ซม. จากผิวดิน แล้วขังน้ำไว้จนกระทั่งน้ำแห้งแล้วเติมใหม่ ทำซ้ำจนข้าวอยู่ในระยะแตกกอสูงสุด จึงปรับเพิ่มระดับน้ำเป็น 5 ซม. ขังน้ำไว้จนข้าวเริ่มออกช่อดอก จากนั้นปรับเพิ่มระดับน้ำเป็น 10 ซม. รักษากระดับน้ำจนข้าวออกดอกถึงระยะแบ่งในเมล็ดเริ่มแข็ง และระบายน้ำออกหลังข้าวออกดอกแล้ว 20 วัน

3) การวัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว และวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระและสาร 2AP

3.1 วัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว
วัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ในแต่ละชุดการทดลอง ทำการวัดความสูงของต้นข้าว การแตกกอ

ของข้าวโดยนับจำนวนต้นตอกอ จำนวนรวงข้าว จำนวนเมล็ดตอรวง และชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด

3.2 วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าว

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม การสกัดตัวอย่างข้าว ทำโดยดัดแปลงตามวิธีการของ Sakulsingharoj *et al.* (2019) โดยผสมเมทานอลร้อยละ 80 กับเมล็ดข้าวสาร ตั้ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงและดูดเก็บส่วนใสไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าว ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกรวมโดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent เตรียมตัวอย่างสารสกัด 200 มก/มล. ในเมทานอล ร้อยละ 80 ดูดตัวอย่างสารสกัดลงใน 96 Well plate เติมน้ำและเติม Folin-Ciocalteu reagent ลงไป ปล่อยให้ 3 นาที แล้วเติมโซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 20 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 nm ด้วยเครื่องอ่านไมโครเพลท นาที่ที่ 30 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Gallic acid รายงานปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารตัวอย่างในรูปของ Milligrams of gallic acid equivalents per gram (GAE/g)

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) Radical scavenging capacity assay เตรียมตัวอย่างสารสกัดระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในเมทานอลร้อยละ 80 เตรียม DPPH reagent 0.1 mM ในเมทานอล ดูดตัวอย่างลงใน 96 Well plate เติม DPPH reagent ลงไป นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ด้วยเครื่องอ่านไมโครเพลท วัดนาที่ที่ 30 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณ %inhibition แล้วนำไปพล็อตกราฟระหว่าง %inhibition กับความเข้มข้นของตัวอย่าง แล้วหาค่า IC₅₀ รายงานฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเทอม IC₅₀

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP

นำตัวอย่างเมล็ดข้าววิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ของเมล็ดข้าวด้วย Headspace–Chromatography (HS-GC) ซึ่ง Gas chromatography (GC) รุ่น Clarus 690, PerkinElmer และเครื่อง Head space (HS) รุ่น TurboMatrix 40, PerkinElmer ซึ่งสภาวะในการวิเคราะห์ใน GC มีดังนี้ การนำสารเข้า 200°C. อุณหภูมิเริ่มต้น 45°C. อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 7°C./นาที จนถึง 125°C. อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียม 20 มม./นาที อุณหภูมิตัวตรวจวัด 250 °C. สภาวะใน HS อุณหภูมิของตู้อบ 125 °C. อุณหภูมิของเข็มนำตัวอย่าง 130°C. อุณหภูมิของท่อนำตัวอย่าง 130 °C.

การวิเคราะห์ดินปลูกข้าวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินที่อยู่ในอ่างปลูกข้าวหอมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลอง และวิเคราะห์ดิน ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และค่าความเป็นกรด-ด่าง การวิเคราะห์ดิน ตามวิธีการของ Agricultural Production Sciences Research and Development Division (2010)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ดินเริ่มต้น และปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ (Microbial Consortium 1, MC1)

ผลการวิเคราะห์ดินเริ่มต้นพบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.5 มีอินทรีย์วัตถุร้อยละ 0.77 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 19, 40, 1,470 และ 140 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยหมัก MC1 มีค่าความเป็นกรดต่าง 9.2 มีร้อยละของอินทรีย์วัตถุ 48.4 ร้อยละความชื้น 58.9 ร้อยละไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียมทั้งหมด และแมกนีเซียม

ทั้งหมด เท่ากับ 1.8, 1.1, 2.1, 1.8 และ 0.4 ตามลำดับ มีค่าดัชนีการออกของเมล็ดร้อยละ 227.2 และค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.7 dS/m

ผลของปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 และสารกระตุ้นอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต การต้านอนุมูลอิสระ และการสะสมสาร 2AP

ใน Table 1 แสดงผลค่าเฉลี่ยของความสูงของข้าว การแตกกอ จำนวนรวงข้าว จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด พบว่าข้าวอายุ 60 วัน ในกลุ่มควบคุม Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແຫຼດແລະเมล็ดแมงลัก และ Treatment 2 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແຫຼດແລະเมล็ดแมงลัก และสารกระตุ้นอินทรีย์ โดยผลของความสูงเฉลี่ยของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ เท่ากับ 50.1, 53.56 และ 63.48 ซม. ตามลำดับ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 42.70, 46.67 และ 51.56 ซม. และข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 53.70, 60.74 และ 65.11 ซม. ตามลำดับ ผลของความสูงของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ (60 วัน) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ ส่วนความสูงของข้าวที่อายุ 120 วัน ของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่ามีความสูงเฉลี่ย 86.26, 91.11 และ 96.85 ซม. ตามลำดับ ในข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 80.59, 82.07 และ 86.41 ซม. ตามลำดับ และข้าวมะลิแดง เท่ากับ 53.70, 60.74 และ 65.11 ซม. ตามลำดับ ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ ของความสูงของข้าวที่อายุ 120 วัน ทั้ง 3 พันธุ์

ผลการแตกกอของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ โดยดูจากจำนวนกอ (60 วัน) พบว่ากลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีจำนวนกอเฉลี่ย 5.11, 6.56 และ 7.52 กอ ตามลำดับ ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 6.11, 6.78 และ 8.89 กอ ตามลำดับ และข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 6.56, 6.85 และ 7.19 กอ ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ ของการแตกกอของข้าวทั้ง 3 พันธุ์

ผลจำนวนรวงข้าวเมื่อข้าวอายุ 120 วัน พบว่าจำนวนรวงข้าวของข้าวเจ้าเก่าหอมแม่โจ้ 1 เอ กลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีจำนวนรวงข้าวเฉลี่ย 4.81, 5.74 และ 7.48 รวง ตามลำดับ ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 7.00, 6.78 และ 10.37 รวง ตามลำดับ และข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 1.00, 4.41 และ 6.30 รวง ตามลำดับ ผลจำนวนรวงข้าวของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$

ผลของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเมื่อข้าวมีอายุเก็บเกี่ยว 145 วัน ของข้าวเจ้าเก่าหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่ากลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีจำนวนเมล็ดดีเฉลี่ย 81.45, 136.25 และ 145.04 เมล็ด/รวง ตามลำดับ พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่ม Treatment 1 และ 2 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่ม Treatment 1 และ treatment 2 จำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 98.09, 120.54 และ 165.44 เมล็ด/รวง ตามลำดับ และข้าวหอมมะลิแดงเท่ากับ 71.34, 92.15 และ 118.84 เมล็ด/รวง ตามลำดับ ซึ่งจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 และข้าวหอมมะลิแดง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$

ผลน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด ของข้าวเจ้าเก่าหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่ากลุ่มควบคุม Treatment 1 และ treatment 2 มีน้ำหนักเฉลี่ย 22.62, 23.72 และ 22.97 กรัม ตามลำดับ ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 23.86, 24.40 และ 24.24 กรัม และข้าวหอมมะลิแดง พบว่า เท่ากับ 20.62, 23.18 และ 24.49 กรัม ผลน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ดของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$

2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวผลวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของข้าวเจ้าเก่าหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่า กลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีค่า GAE เฉลี่ย 0.83, 0.94 และ 0.87 มก./ก. ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 0.36, 0.49 และ 0.46 มก./ก. ตามลำดับ ส่วนข้าวเจ้าเก่าหอมแม่โจ้ 1 เอ และข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ และข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 0.59, 0.59 และ 1.53 มก./ก. พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่ม Treatment 2 และกลุ่มควบคุมและ Treatment 1 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุม และ Treatment 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของข้าว 3 พันธุ์ (Table 2)

Table 1 Growth and productivity of 3 cultivars in organic fragrant rice

Parameters	Group	Maejo 1A	Maejo 2	Mali Daeng
Height (60 days) (cm)	Control	50.11±4.26	42.70±2.90	53.70±4.10
	Trt 1	53.56±3.03	46.67±2.80	60.74±7.92
	Trt 2	63.48±9.60	51.56±3.21	65.11±7.20
Height (120 days) (cm)	Control	86.26±5.27	80.59±4.50	77.37±7.22
	Trt 1	91.11±3.72	82.07±5.39	86.11±13.02
	Trt 2	96.85±5.16	86.41±3.39	91.07±8.43
Tillering (tillers/plant)	Control	5.11±1.55	6.11±1.52	6.56±1.34
	Trt 1	6.56±1.29	6.78±1.40	6.85±1.21
	Trt 2	7.52±1.77	8.89±1.59	7.19±1.70
Panicle number (panicles/plant)	Control	4.81±1.82	7.00±1.33	1.00±1.14
	Trt 1	5.74±1.13	6.78±1.22	4.41±3.13
	Trt 2	7.48±2.28	10.37±3.16	6.30±1.92
Number of filled spikelet (grains/panicle)	Control	81.45±2.05 ^a	98.09±5.47	71.34±6.64
	Trt 1	136.25±12.45 ^b	120.54±10.42	92.15±15.70
	Trt 2	145.04±26.88 ^b	165.44±70.63	118.84±8.52
Weight (grams of 100 spikelet)	Control	22.62±0.57	23.86±0.63	20.62±3.35
	Trt 1	23.72±0.74	24.40±1.28	23.18±1.65
	Trt 2	22.97±2.21	24.24±0.42	24.49±0.32

Different letters indicate significant difference (p-value<0.05)

Table 2 Total phenolic content expressed in terms of gallic acid equivalent (mg of GA/g of extract) of 3 cultivars in organic fragrant rice

Group	Maejo 1A	Maejo 2	Mali Daeng
Control	0.83±0.14	0.36±0.07	0.59±0.12 ^a
Treatment 1	0.94±0.07	0.49±0.03	0.59±0.06 ^a
Treatment 2	0.87±0.06	0.46±0.06	1.53±0.12 ^b

Different letters indicate significant difference (p-value<0.05)

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่า กลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีค่า IC50 เฉลี่ย 138.45, 137.11 และ 170.14 มก./มล. ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 211.72, 238.35 และ 230.53 มก./มล. และข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2

ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ และข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 49.75, 54.82 และ 13.66 มก./มล. ตามลำดับ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่ม Treatment 2 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่ม Treatment 1 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของข้าว 3 พันธุ์ (Table 3)

Table 3 IC50 value of antioxidant activity test using DPPH method of 3 cultivars in organic fragrant rice

IC50 (mg/ml) Group	Maejo 1A	Maejo 2	Mali Daeng
Control	138.45±3.51	211.72±12.15	49.75±6.76 ^a
Treatment 1	137.11±5.46	238.35±30.43	54.82±4.40 ^a
Treatment 2	170.14±23.77	230.53±34.13	13.66±0.79 ^b

Different letters indicate significant difference (p -value<0.05)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่ากลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีปริมาณสาร 2AP เฉลี่ย 2.79, 2.88 และ 2.46 ppm ตามลำดับ ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 4.32, 3.51 และ 4.05 ppm ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ

ข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 0.25, 1.18 และ 0.62 ppm พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่ม Treatment 1 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่ม Treatment 1 และ Treatment 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ของข้าว 3 พันธุ์ (Table 4)

Table 4 Quantification of 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) of 3 cultivars in organic fragrant rice

Group	Maejo 1A	Maejo 2	Mali Daeng
Control	2.79±0.14	4.32±0.42	0.25±0.34 ^a
Trt 1	2.88±0.50	3.51±1.05	1.18±0.07 ^b
Trt 2	2.46±0.42	4.05±0.55	0.62±0.05 ^{a,b}

Different letters indicate significant difference (p -value<0.05)

ผลการวิเคราะห์ดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ดิน พบว่าตัวอย่างดินของกลุ่มควบคุมมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 7.9 (ค่าเหมาะสม 6.0-7.0) มีร้อยละของอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.1

(ค่าเหมาะสม 2.5-3) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 22.80 มก./กก. (ค่าเหมาะสม 26.0-42.0) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 66.50 มก./กก. (ค่าเหมาะสม 130) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 1,335.80 มก./กก. (ค่า

เหมาะสม 1,040) และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 135.3 ± 4.90 มก./กก. (ค่าเหมาะสม 135) ในขณะที่กลุ่ม Treatment 1 มีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 6.80 มีร้อยละของอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 1.20, 17.30, 53.50, 1,527.30 และ 157.50 มก./กก. ตามลำดับ และกลุ่ม

Treatment 2 มีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 6.40 มีร้อยละของอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 4.50, 2,414.80, 171.50, 5,822.00 และ 2,731.30 มก./กก. ตามลำดับ โดยพบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ (Table 5)

Table 5 Soil analysis at the end of experiment

Group	pH	Organic matter (%)	Available phosphorus (mg/kg)	Exchangeable potassium (mg/kg)	Calcium Exchangeable (mg/kg)	Magnesium Exchangeable (mg/kg)
Control	7.90 ± 0.1^a	1.10 ± 0.0^a	22.80 ± 1.3^a	66.50 ± 6^a	$1,335.80 \pm 59.1^a$	135.30 ± 4.9^a
Trt 1	6.80 ± 0.0^b	1.20 ± 0.1^a	17.30 ± 1.0^b	53.50 ± 5.9^b	$1,527.30 \pm 48.4^b$	157.50 ± 2.1^b
Trt 2	6.40 ± 0.1^c	4.50 ± 0.4^b	$2,414.80 \pm 944.3^c$	171.50 ± 22.8^c	$5,822.00 \pm 504.3^c$	$2,731.30 \pm 29.8^c$
Optimal values	6-7	2.5-3	26-42	130	1040	135

Different letters indicate significant difference (p-value<0.05)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการทดลองนี้ ดินเริ่มต้นมีความเป็นกรดเล็กน้อย ซึ่ง Office of Science for Land Development (2005) กล่าวว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของข้าวระหว่าง 5.5-6.5 ดินเริ่มต้นในการทดลองนี้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสในดินนี้อยู่ในระดับสูง และมีแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับปานกลาง ตามมาตรฐานกำหนดคุณสมบัติปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.5-8.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 ของน้ำหนัก ไนโตรเจนทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก ฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก โพแทสเซียมทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก ดัชนีการงอกของเมล็ดไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 dS/m

จากผลการวิเคราะห์ปุ๋ยหมัก MC1 ในการทดลองนี้ พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อย คือค่อนข้างเป็นด่าง ซึ่งในการหมักวัสดุอินทรีย์ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาของการหมัก โดยระยะแรกจะเป็นกรดต่อมาจะเป็นด่าง เมื่อกระบวนการหมักสมบูรณ์จนเป็นสารชีวมีสค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.5-8.5 ความเป็นด่างอ่อน ๆ ของปุ๋ยมีผลดีต่อการนำไปใช้ในการปรับปรุงดิน ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างสูงมากเกินไปไนโตรเจนในปุ๋ยจะเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียแล้วระเหยไป และหากค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำเกินไปจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จะหยุดการเจริญแต่จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชจะเจริญได้ดี ซึ่ง Davari *et al.* (2012) พบว่า การใช้อินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยคอก และส่วนเหลือจากการปลูกข้าวกับปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน ละลายฟอสเฟต และพอกย่อยสลายเซลลูโลส มีผลช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต

เพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดข้าวสาลี และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตของการปลูกข้าวสาลีแบบอินทรีย์ด้วยปุ๋ยหมัก MC1 ในการทดลองนี้มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก MC1 มีค่าใกล้เคียงตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ แต่พบว่าปุ๋ยหมัก MC1 มีค่าดัชนีการออกของเมล็ดสูงกว่ามาตรฐาน แสดงว่าปุ๋ยหมักนี้เกิดการย่อยสลายสมบูรณ์และสามารถนำไปใช้กับพืชได้โดยไม่มีความเป็นพิษต่อพืช

ผลการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว พบว่าต้นข้าวใน Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແຫຼດແລະเมล็ดแมงลัก ส่วน Treatment 2 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແຫຼດ เมล็ดแมงลัก และสารกระตุ้นอินทรีย์มีแนวโน้มในการเจริญเติบโต การแตกกอ ความสูงของต้นข้าวที่อายุ 60 และ 120 วัน จำนวนรวงข้าว จำนวนเมล็ดตีดของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ตีกว่าชุดควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากในปุ๋ยหมัก MC1 มีอินทรีย์วัตถุและแบคทีเรียที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นข้าว และ Yi *et al.* (2014) พบว่าการใส่อินทรีย์วัตถุในดินช่วยส่งเสริมให้อุณหภูมิของดินจับตัวเป็นก้อน มีโครงสร้างดีและร่วน อากาศถ่ายเทได้สะดวก ระบายน้ำดี การอุ้มน้ำได้เพิ่มขึ้น เพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน และการดูดซับธาตุอาหารของพืช เพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดิน ทำให้จุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้น ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสรวมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการให้น้ำหมักชีวภาพใน Treatment 2 อาจมีผลช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ และ Matsumiya and Kubo (2011) พบว่าเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยถั่วเหลืองมีผลช่วยเพิ่มจำนวน และความยาวและเพิ่มพื้นที่ผิวของเซลล์ขนรากในพืชถึง 16.6 เท่า และ Umesha and Narayanaswamy (2017) พบว่า ในน้ำมะพร้าวมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม โซเดียม สังกะสี และแมกนีเซียม และยังมีกรดอินโดลอะซิติก ซึ่งช่วยในการพัฒนารากของพืช (Aishwarya *et al.*,

2022) ในการทดลองนี้ ใน treatment 2 ยังมีฮอร์โมนไและกากน้ำตาล ซึ่ง Sangchhen (2011) พบว่าการใช้ปุ๋ยน้ำหมักปลา และฮอร์โมนไ ใช้ระยะอายุข้าว 60 วัน หรือข้าวเริ่มตั้งท้อง ทำให้ต้นข้าวแข็งแรง ต้านทานโรค และช่วยให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมี *Anabaena azollae* อาศัยอยู่กับແຫຼດที่ช่วยตรึงไนโตรเจนได้จากอากาศได้ถึง 1.1 กก. ไนโตรเจนต่อวัน (Pabby *et al.*, 2003) และเมื่อແຫຼດตายลงก็กลายเป็นธาตุอาหารให้พืชและจุลินทรีย์ใช้ประโยชน์ได้จึงจัดเป็นปุ๋ยชีวภาพและวัสดุปรับปรุงดินต้นทุนต่ำได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามผลน้ำหนัเมล็ดข้าว 100 เมล็ด ในงานวิจัยนี้พบว่าทั้ง Treatment 1 และ Treatment 2 ให้น้ำหนักผลผลิตเมล็ดข้าวไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ซึ่งน้ำหนักเมล็ดข้าวถูกกำหนดโดยปริมาณแบ่งซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 85 ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้น ถ้าทำให้การสังเคราะห์และการสะสมแบ่งเพิ่มมากขึ้นในระยะการพัฒนาของเมล็ดก็อาจทำให้เพิ่มน้ำหนักเมล็ดและเพิ่มผลผลิตโดยรวมได้

ผลของการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งต่อข้าว ใน Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແຫຼດและเมล็ดแมงลัก และ Treatment 2 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແຫຼດ เมล็ดแมงลัก และสารกระตุ้นอินทรีย์ ในการทดลองนี้พบว่า การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งมีแนวโน้มทำให้ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ มีความสูง จำนวนต้นตอก จำนวนรวงข้าว จำนวนเมล็ดตีดต่อรวงตีกว่าชุดควบคุม ซึ่ง Harakotr and Thongoon (2018) พบว่าการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยระยะการปลูก 40x40 ซม. ร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งและแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก มีแนวโน้มช่วยให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตที่ดีที่สุด ปริมาณฟีนอลิครวมของข้าวหอมมะลิแดงใน Treatment 2 สูงกว่ากลุ่มควบคุม ผลการทดลองนี้บ่งชี้ว่าการเสริมปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແຫຼດและเมล็ดแมงลักและสารกระตุ้นอินทรีย์ชีวภาพในปริมาณและความถี่ตามกำหนดสามารถช่วยกระตุ้นการสร้างสารฟีนอลิครวมในข้าวพันธุ์หอมมะลิแดงได้ แต่ไม่มี

ผลต่อข้าวอีก 2 พันธุ์ คือ ข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ และ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 ซึ่ง Wongtay *et al.* (2020) พบว่าพันธุ์ข้าวและแหล่งปลูกข้าวเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกในข้าวต่างสายพันธุ์ และ Daiponmak *et al.* (2010) พบว่าข้าวก่ำตอยสะเกิด และข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ 60 mM ส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวสินเหล็กมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าปริมาณของสารฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นเกิดขึ้นเนื่องจากกลไกการตอบสนองต่อความเค็มของพืช ส่วนในข้าวกล้องงอกของข้าวไทย และข้าว Kuthiru ของอินเดียมีปริมาณสารฟีนอลิกสูงที่สุดในที่มีเกลือ 150 และ 200 mM ตามลำดับ (Umnajkitikorn *et al.*, 2013)

ในงานทดลองนี้ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 ที่มีอายุเก็บเกี่ยวในนาปีอายุ 135 วัน นาปรัง อายุ 146 วัน ซึ่งการทดลองนี้ปลูกข้าวในฤดูนาปรัง การนับจำนวนต้นต่อกออาจทำได้เร็วเกินไปจึงทำให้ต้นแตกกอออกเพิ่มขึ้นหลังจากนับต้นต่อกอแล้ว นอกจากนี้ ลักษณะเฉพาะของข้าวพันธุ์นี้ คือ หากระยะเวลาการปลูกห่างมากข้าวจะสามารถแตกออกร้อย ๆ ไม่หยุด ดังนั้น จึงมีโอกาasเป็นไปได้ว่าจำนวนรวงจะมากกว่าจำนวนต้นในวันที่นับได้

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ใน Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແແແແແແແແແແส่วน Treatment 2 คือข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແແແແແແແແແแและสารกระตุ้นอินทรีย์ ของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ และข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 โดยดูจากค่า IC50 ของการต้านอนุมูลอิสระของข้าว 2 พันธุ์ พบว่าใน Treatment 1 และ Treatment 2 ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ในขณะที่ค่า IC50 ของการต้านอนุมูลอิสระของข้าวหอมมะลิแดงใน Treatment ที่ 2 น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งค่าที่น้อยกว่านี้แปรผกผันกับประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งบ่งชี้ถึงว่าข้าวหอมมะลิแดงใน Treatment 2 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิกรวม

ที่มีสูงขึ้นใน Treatment 2 ของข้าวพันธุ์ดังกล่าว ซึ่ง Goufo *et al.* (2010) รายงานว่า สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวจะพบสูงที่สุดในข้าวที่มีสีดำ รองลงมาคือ ข้าวที่มีสีม่วง สีแดง และสีน้ำตาล ตามลำดับ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะแปรผันตรงกับปริมาณแอนโทไซยานิน เช่น ข้าวก่ำตอยมุเซอ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวสังข์หยดมีปริมาณแอนโทไซยานิน 336, 87.46 และ 1.09 มก. ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ Kasikumpai boon and Boonman (2020) ได้ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวหอมมะลิแดงด้วยวิธี DPPH assay, ABTS assay, FRAP assay และวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu assay พบว่าการสกัดแต่ละวิธีได้ปริมาณสารสกัดใกล้เคียงกัน โดยมีค่าร้อยละของสารสกัดที่ได้อยู่ที่ 4.00-5.68 ซึ่งสารสกัดข้าวหอมมะลิแดงด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยวิธี DPPH assay และ ABTS assay มีค่า IC50 เท่ากับ 521.40±0.87 มก/มล และ 416.93±7.16 มก/มล ตามลำดับ และวิธี FRAP assay มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 6,888±543.64 mM TE/g extract นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวได้แก่ ปัจจัยก่อนการเก็บเกี่ยว ชนิดของดิน ความเค็ม คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ การใช้สารเคมี อุณหภูมิและระดับการเจริญเติบโตเต็มที่ และปัจจัยหลังการเก็บเกี่ยว (Thammapat and Sirimornpun, 2015)

ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ในการทดลองนี้ มีปริมาณสาร 2AP ของ Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແແແແແແແแและเมล็ดแมงลัก ส่วน Treatment 2 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແແແແແแและสารกระตุ้นอินทรีย์ พบว่าใน Treatment 1 และ 2 ต่ำกว่าชุดควบคุม จากผลของการวิเคราะห์ดินพบว่า มีปริมาณของ P, K, Ca และ Mg ในดินอยู่สูงเกินกว่าค่าที่เหมาะสมของค่ามาตรฐานของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช อาจทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารที่มีผลต่อการสะสมสารหอมในข้าวได้ซึ่ง Monggoot *et al.* (2014) รายงานว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของธาตุ

อาหาร ได้แก่ N, P, Ca, Zn, Mn และ Mg พบว่าในชุดควบคุมข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณสาร 2AP เท่ากับ 1.42 ppm แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหาร N, P, Ca และ Mn เป็น 2 เท่า ทำให้ข้าวมีปริมาณสาร 2AP เพิ่มขึ้นเป็น 12.69, 16.68, 13.82, 13.06 ppm ตามลำดับ และเมื่อใช้ Zn เข้มข้น 4 เท่า ข้าวมีปริมาณสาร 2AP เป็น 10.23 ppm และที่ระดับความเข้มข้นของ Mg เพิ่มขึ้น 8 เท่า ทำให้ข้าวมีปริมาณสาร 2AP เป็น 12.83 ppm ซึ่งแสดงว่าการเติมธาตุอาหารเดี่ยวที่เหมาะสมมีผลในการช่วยเพิ่มการสร้างสาร 2AP ได้ และ Nawara *et al.* (2020) พบว่าการแปรผันของปริมาณสาร 2AP ในข้าวขาวดอกมะลิและการกระตุ้นให้สะสมสาร 2AP ให้เพิ่มขึ้นโดยธาตุอาหารในดินชนิดต่าง ๆ และการเติมธาตุอาหารในดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสาร 2AP ในส่วนต่าง ๆ ของข้าว เช่น ในใบข้าว ไม่เพียงแต่ในระยะการเจริญเติบโตที่ต่างกันเท่านั้น แต่ในแต่ละตำแหน่งของใบในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวด้วย

ในการทดลองนี้ พบว่าน้ำหมักชีวภาพมีผลในทางลบกับการสะสมสาร 2AP น้ำหมักชีวภาพในการทดลองนี้ผ่านการหมักที่อุณหภูมิห้องระยะเวลานาน 1 เดือน อาจมีผลทำให้สารตั้งต้นที่อยู่ในส่วนประกอบต่าง ๆ สลายไปจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ หรืออาจเป็นผลมาจากน้ำหมักชีวภาพมีความเป็นกรดสูงเกินไปเนื่องจากมีส่วนผสมที่เป็นน้ำส้มสายชูอยู่ด้วย และในเตรียมสารกระตุ้นน่าจะต้องใช้ส่วนประกอบที่เป็นสารตั้งต้นที่เตรียมสดใหม่และใช้ทันที ซึ่ง Maraval *et al.* (2010) พบว่าข้าวจะสร้างสาร 2AP ปริมาณสูงที่สุดในสภาวะกรด-ด่าง 9.0-11.0 และในการทดลองนี้ ใส่กากน้ำปลาในอ่างปลูกข้าว 100 กรัมต่ออ่าง อาจมีปริมาณเกลืออยู่น้อยเกินไป และ Deejing and Sanguanpong (2015) พบว่าเมื่อเติมกากน้ำปลา ครั้งที่ 1 ในอัตรา 500 กก./ไร่ หลังจากปลูกข้าวระยะเวลา 30 วัน และครั้งที่ 2 เติมกากน้ำปลา หลังจากปลูกข้าวระยะเวลา 60 วัน ในอัตรา 250 กก./ไร่ มีแนวโน้มที่จะช่วยเพิ่มปริมาณสาร 2AP ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มของสาร 2AP ของข้าว

หอมมะลิแดง หรืออาจเป็นผลมาจากก่อนเก็บเกี่ยวข้าว ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูฝน มีฝนตกลงมาก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว จึงส่งผลทำให้ดินปลูกข้าวไม่แห้ง ซึ่งโดยทั่วไปหากต้นข้าวมีสภาวะกดดันจากความเค็มและความแห้งแล้งจะช่วยให้ข้าวสะสมสาร 2AP สูงขึ้นได้ นอกจากนี้ การบริหารจัดการน้ำและความเค็มมีผลต่อการสะสมสาร 2AP ด้วย (Mo *et al.*, 2016) ความหอมของข้าว นอกจากจะถูกควบคุมทางพันธุกรรมแล้วยังแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ความชื้น ชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมทั้งปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ และความเครียดจากสภาพแวดล้อม เช่น ความแห้งและความเค็มอีกด้วย (Gay *et al.*, 2010) ซึ่งการสะสมสาร 2AP น้อยอาจเป็นผลมาจากการจัดการและการเก็บรักษาข้าวก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เช่น อุณหภูมิและเวลา ในการรอให้ข้าวแห้ง การเก็บรักษา การสีข้าว มีผลกระทบต่อสารให้กลิ่นหอม 2AP ในข้าวให้ลดลงได้ อีกด้วย (Baradi and Elepano, 2012) นอกจากนี้ ความเค็มและความแห้ง ยังมีผลต่อผลผลิตข้าวทั้งในด้านความยาวของราก จำนวนราก ความยาวต้นกล้า และยังทำให้อัตราความงอกลดลง รากมีการเจริญเติบโตไม่ดี จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักเมล็ดลดลง (Hussain *et al.*, 2017)

ในการทดลองนี้ ผลการวิเคราะห์แต่ละพารามิเตอร์ของดินหลังสิ้นสุดการทดลองใน Treatment 2 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແຫຼ່ງແມ່ລັດແມ່ລັດ และสารกระตุ้นอินทรีย์สูงกว่าชุดควบคุมและ Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับແຫຼ່ງແມ່ລັດແມ່ລັດ อาจเป็นผลมาจากใน Treatment 2 มีการเติมกากน้ำปลาลงไป ซึ่งในกากน้ำปลามีส่วนประกอบ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และเมื่อสิ้นสุดการทดลองดินมีลักษณะแห้งอาจทำให้สารข้างต้นมีความเข้มข้นขึ้น จึงอาจจะทำให้ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ มีค่าสูงขึ้นได้

สรุปผลการวิจัย

การปลูกข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 และข้าวหอมมะลิแดง แล้วเสริมด้วยปุ๋ยหมัก MC1 มีแนวโน้มช่วยเพิ่มความสูง การแตกกอ และจำนวนรวงดีกว่ากลุ่มควบคุม และการเสริมปุ๋ยหมัก MC1 น้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่มีแนวโน้มช่วยเพิ่มความสูง การแตกกอ จำนวนรวง และจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อเทียบกับใส่ปุ๋ยหมัก MC1 อย่างเดียว การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง มีแนวโน้มทำให้ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ เจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีกว่ากลุ่มควบคุม การเสริมปุ๋ยหมัก MC1 ในข้าวทั้ง 3 พันธุ์ และน้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่ช่วยเพิ่มปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในข้าวหอมมะลิแดง แต่ไม่พบในข้าวพันธุ์อื่น การเสริมปุ๋ยหมัก MC1 น้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณสาร 2AP

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 รวมทั้ง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อำนวยความสะดวกสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Agricultural Production Sciences Research and Development Division. 2010. **Handbook of Soil Analysis (Chemical and Physical Methods). Vol. 1.** Bangkok: Quick Print Offset Press. 174 p. [in Thai]

Aishwarya, D., P. Prashanth, N. Seenivasan and D.S. Naik. 2022. Coconut water as a root hormone: biological and chemical composition and applications.

Journal of Pharmaceutical Innovation 11(12): 1678-1681.

Baradi, U.M.A. and A.R. Elepano. 2012. Aroma loss in rice as affected by various conditions during postharvest operations. **Philippine Agricultural Scientist** 95(3): 260-266.

Changsri, R. 2014. **Factors Affecting the Quality of Thai Hom Mali Rice Factors Affecting the Quality of Thai Hom Mali Rice.** 47 p. In Research Report. Bangkok: Rice Department. [in Thai]

Chinachanta, K., A. Shutsrirung, L. Herrmann D. Lesueur and W. Pathom-aree. 2021. Enhancement of the aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in Thai jasmine rice (*Oryza sativa*) by rhizobacteria under salt stress. **Biology** 10(10): 1-16.

Daiponmak, W., P. Theerakulpisut, P. Thanonkao, A. Vanavichit and P. Prathepha. 2010. Changes of anthocyanin cyanidin-3-glucoside content and antioxidant activity in Thai rice varieties under salinity stress. **ScienceAsia** 36: 286-291.

Davari, M.R., S.N. Sharma and M. Mirzakhani. 2012. The effect of combinations of organic materials and biofertilisers on productivity, grain quality, nutrient uptake and economics in organic farming of wheat. **Journal of Organic Systems** 7(2): 26-35.

- Deejing, S. and V. Sanguanpong. 2015. Evaluation of Soil quality in Organic Rice Fields. pp. 150-156. **In Proceedings of the 11th Research & Innovation 22-23 July 2015.** Phitsanulok: Naresuan University. [in Thai]
- Gay, F., I. Maraval, S. Roques, Z. Gunata, R. Boulanger, A. Audebert and C. Mestres. 2010. Effect of salinity on yield and 2-acetyl-1-pyrroline content in the grains of three fragrant rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in Camargue (France). **Field Crops Research** 117: 154-160.
- Goufo, P., M. Duan, S. Wongpornchai and X. Tang. 2010. Some factors affecting the concentration of the aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in two fragrant rice cultivars grown in South China. **Frontiers of Agriculture in China.** 4(1): 1-9.
- Gui, R.F., H.L. Jing, U. Ashraf, S.Y. Li, M.Y. Duan, S.G. Pan, H. Tian, X.R. Tang and Z.W. Mo. 2022. Drought stress at flowering stage regulates photosynthesis, aroma and grain yield in fragrant rice. **Applied Ecology and Environmental Research** 20(3): 2425-2438.
- Harakotr B. and A. Thongoon. 2018. Effects of water management and plant spacing on the growth and yield of purple riceberry rice with the system of rice intensification (SRI). **Thai Science and Technology Journal** 24(6): 986-997.
- Hussain, S., J.H. Zhang, C. Zhong, L.F. Zhu, X.C. Cao, S.M. Yu, A.B. James, J.J. Hu and Q.Y. Jin. 2017. Effect of salt stress on rice growth, development characteristics, and the regulating ways: a review. **Journal of Integrative Agriculture** 16: 2357-2374.
- Joseph, E.A., V.V. Radhakrishnan and K.V. Mohanan. 2015. A study on the accumulation of proline an osmoprotectant amino acid under salt stress in some native rice cultivars of north Kerala, India. **Universal Journal of Agricultural Research** 3(1): 15-22.
- Kasikumpailboon, J. and N. Boonman. 2020. Antioxidant Activities of Red Jasmine Rice Extracts. pp. 1382-1394. **In Proceedings of the 10th STOU National Research Conference.** Nontaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai]
- Lia, M., U. Ashraf, H. Tian, Z. Mob, S. Pan, A. Anjum, M. Duan and X. Tang. 2016. Manganese-induced regulations in growth, yield formation, quality characters, rice aroma and enzyme involved in 2-acetyl-1-pyrroline biosynthesis in fragrant rice. **Plant Physiology and Biochemistry** 103: 167-175.

- Maraval, I., K. Sen and A. Agrebi. 2010. Quantification of 2-acetyl-1-pyrroline in rice by stable isotope dilution assay through headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography tandem mass spectrometry. **Analytica Chimica Acta** 675: 148-155.
- Matsumiya, Y. and M. Kubo. 2011. Soybean peptide: novel plant growth promoting peptide from soybean. **Agricultural and Biological Sciences Journal** 1: 215-230.
- Mo, Z., J. Huang and D. Xiao. 2016. Supplementation of 2-Ap, Zn and La improves 2-acetyl-1-pyrroline concentrations in detached aromatic rice panicles *In Vitro*. **PLoS One** 11(2): e0149523.
- Mo, Z., U. Ashraf, Y. Tang, W. Li, S. Pan, M. Duan, H. Tian and X. Tang. 2018. Nitrogen application at the booting stage affects 2-acetyl-1-pyrroline, proline, and total nitrogen contents in aromatic rice. **Chilean Journal of Agricultural Research** 78(2): 165-172.
- Monggoot, S., P. Sookwong, S. Mahatheeranont and S. Meechoui. 2014. Influence of single nutrient element on 2-Acetyl-1-pyrroline contents in Thai fragrant rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105 grown under soilless conditions. pp. 642-647. **The 26th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conferences**. Chiang Rai: Mae Fah Luang University.
- Nawara, W.C., O. Bennett, O. Norkaew P. Sookwong, S. Moolkam, S. Narueba and S. Mahatheeranont. 2020. Variation of the impact aroma compound, 2-acetyl-1-pyrroline, content in Thai fragrant rice plants and its enhanced accumulation by soil nutritional elements. **Journal of Agricultural Science** 2(6): 36-45.
- Office of Science for Land Development. 2005. **Handbook for the Analysis of Soil Samples, Water, Fertilizers, Plants, Soil Improvement Materials and Analyze to Inspect and Certify Product Standards Vol. 1**. Bangkok: Kasetsart University Press. 46 p. [in Thai]
- Pabby, A., R. Prasanna and P.K. Singh. 2003. Azolla-anabaena symbiosis from traditional agriculture biotechnology. **Indian Journal of Biotechnology** 2(1): 26-37.
- Palungwachira, P., S. Tancharoen, C. Phruksaniyom, S. Klungsaeng, R. Srichan, K. Kikuchi and T. Nararatwanchai. 2019. Antioxidant and anti-inflammatory properties of anthocyanins extracted from *Oryza sativa* L. in primary dermal fibroblasts. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity** 2019: 1-18.
- Prodhan, Z.H. and S. Qingyao. 2020. Rice aroma: a natural gift comes with price and the way forward. **Rice Science** 27(2): 86-100.

- Sakulsingharoj, C., L. Na Rachasima, A. Richinda, P. Wongputtisin, R. Kawaree, S. Pongjaroenkit and V. Sangtong. 2019. Evaluation of Total Anthocyanins and Antioxidant Activity of Thai Rice Cultivars for Phenotypic Selection in Rice Breeding. pp. 227-235. **Proceedings of the 2019 International Joint Conference on JSAM and SASJ, and 13th CIGR VI Technical Symposium joining FWFNWG and FSWG Workshops.** Hokkaido: Hokkaido University – Sapporo Campus
- Sangchhen, V. 2011. **A Study on Bioextract Production Process and Its Effectiveness on Rice Production of Farmers in Bangpakong District.** Master Thesis. Rajamangala University of Technology. 114 p. [in Thai]
- Thammapat, P. and S. Sirimornpun. 2015. Effects of NaCl and soaking temperature on the phenolic compounds, α -tocopherol, γ -oryzanol and fatty acids of glutinous rice. **Food Chemistry** 175(21): 218-224.
- Umesha, S. and B. Narayanaswamy. 2017. Pivotal role of residual coconut water and spent wash on phyllosphere and rhizosphere microflora of Gherkin (*Cucumis sativus* L.) under glass house condition. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 6(7): 3956-3963.
- Umnajkitikorn, K., B. Faiyue and K. Saengnil. 2013. Enhancing antioxidant properties of germinated Thai rice (*Oryza sativa* L.) cv. Kum Doi Saket with salinity. **Journal of Rice Research** 1: 103.
- Wongtay, P., D. Maneejan, R. Jansasithorn, A. Juttupornpong, N. Sueadang, P. Saiyued, S. Kongsomjit, W. Sukviwat, P. Maneenin and K. Parngrussamee. 2020. Phenolic content in Thai rice varieties and the effects of storage temperature on rice quality. **Thai Rice Research Journal** 11(2): 103-113.
- Yi, D.W., X. Yu, X. Zhang, X.D. Qin, X.L. Fu, F.T. Yang, X.Y. Liu, X.S. Min, X.W. Fa and S. Schaeffer. 2014. Changes in soil microbial community composition in response to fertilization of paddy soils in subtropical China. **Applied Soil Ecology** 84: 140-147.

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมและเสถียรภาพในความหวาน
และผลผลิตของข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์
Genotype by Environment Interaction and Stability for Kernel Sweetness
and Yield of 5 Sweet Corn Cultivars

จิราพร วิทาโน¹ สุภาภรณ์ เอี่ยมแข่ง² รุศมา มฤบดี² และปราโมทย์ พรสุริยา^{2*}

Jiraporn Withano¹, Supaporn leamkheng², Rusama Marubodee² and Pramote Pornsuriya^{2*}

¹สำนักงานเกษตรอำเภอบางละมุง กรมส่งเสริมการเกษตร ชลบุรี 20150

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชลบุรี 20110

¹Banglamung District Agriculture Office, Department of Agricultural Extension, Chonburi, Thailand 20150

²Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources

Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi, Thailand 20110

*Corresponding author: pornsuriya@hotmail.com

Received: December 14, 2022

Revised: June 15, 2023

Accepted: June 19, 2023

Abstract

Genetic and environmental factors and their interactions had effects on yield of crops, therefor this research was conducted to determine the genotype by environment interaction (GEI) effects on kernel sweetness and husked ear yield of 5 sweet corn cultivars grown in 4 environments using AMMI (additive main effects and multiplicative interaction) analysis. Five sweet corn hybrid cultivars were evaluated in a randomized complete block design with 3 replications for 2 seasons. Each season was composed of 2 environments: chemical and organic fertilizations. Analysis of variance showed significant effects attributable to the cultivars (G), environment (E) and their interaction (GEI) for both characters. AMMI analysis revealed that the first two multiplicative components of the interaction (IPCA1 and IPCA2) accounted for 92.1 and 99.8% of the variation of GEI for kernel sweetness and husked ear yield, respectively. The scores of the principal interaction components showed high variability for the environments relative to the cultivar effects. Wanburi (G5) was the most stable cultivar for kernel sweetness because of its lowest AMMI stability value (ASV) and high kernel sweetness. Whereas Hybrix3 (G2) was the most stable for husked ear yield because of its lowest ASV and high husked ear yield.

Keywords: AMMI analysis, biplot, yield trial, *Zea mays* var. *saccharata*

บทคัดย่อ

ปัจจัยทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อมและปฏิสัมพันธ์ของพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมส่งผลต่อผลผลิตของพืชโดยตรง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (GEI) ในลักษณะความหวานและผลผลิตฝักปอกเปลือกของข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ที่ปลูกใน 4 สภาพแวดล้อม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ Additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) ปลูกข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ในแผนการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ใน 2 ฤดูปลูก แต่ละฤดูปลูกมี 2 สภาพแวดล้อม คือ การปลูกโดยให้ปุ๋ยเคมี และการปลูกโดยให้ปุ๋ยอินทรีย์ ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าพันธุ์ (G) สภาพแวดล้อม (E) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (GEI) ของทั้ง 2 ลักษณะ ผลจากการวิเคราะห์ AMMI พบว่า 2 องค์ประกอบแรก (IPCA1 และ IPCA2) มีความแปรปรวน 92.1 และ 99.8 เปอร์เซ็นต์ ของความแปรปรวนของ GEI ในลักษณะความหวานและผลผลิตฝักปอกเปลือกตามลำดับ จากคะแนนขององค์ประกอบ (IPCA score) แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อการแสดงออกของพันธุ์ พบว่าพันธุ์หวานบุรี (G5) เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรมากที่สุดในลักษณะความหวาน เนื่องจากมี AMMI stability value (ASV) น้อยที่สุด และมีค่าความหวานสูง ส่วนในลักษณะผลผลิตฝักปอกเปลือกพบว่าพันธุ์ไฮบริกซ์3 มีความเสถียรมากที่สุดจากการที่มี ASV น้อยที่สุด และให้ผลผลิตฝักปอกเปลือกสูง

คำสำคัญ: AMMI analysis ไบพล็อต การทดสอบผลผลิต *Zea mays* var. *saccharata*

คำนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* var. *saccharata* Sturt) จัดเป็นพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งที่นิยมรับประทานทั้งฝักสด และนำมาแปรรูป ประเทศที่เป็นผู้ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานรายใหญ่ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส อิตาลี ญี่ปุ่น ไต้หวัน และไทย สำหรับประเทศไทยภูมิภาคที่มีการปลูกข้าวโพดหวานมากที่สุด คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ตามลำดับ จากพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีการปลูกข้าวโพดหวานทั้งสิ้น 232,423 ไร่ โดยมีพื้นที่ปลูกในภาคตะวันออก 2,723 ไร่ สำหรับพื้นที่จังหวัดชลบุรีมีการปลูกข้าวโพดหวาน 1,637 ไร่ (Office of Agricultural Economics, 2022)

การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดขึ้นอยู่กับพันธุกรรม (Genetic) และสภาพแวดล้อม (Environment) ในช่วงของการพัฒนาและการเจริญเติบโต รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมร่วมกับการจัดการด้านเขตกรรมจะช่วยให้พันธุกรรมของข้าวโพดมีการแสดงออกในลักษณะต่าง ๆ รวมทั้งลักษณะผลผลิตอย่างเต็มที่ (Wayupab, 2015) โดยมีงานวิจัยหลายเรื่องที่รายงานว่าพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในผลผลิตและลักษณะต่าง ๆ ของข้าวโพด (Katsenios *et al.*, 2021; Ruswandi *et al.*, 2020)

ความเสถียรภาพในการแสดงออกของพันธุ์เป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการปรับปรุงพันธุ์พืช ก่อนที่จะแนะนำพันธุ์สู่เกษตรกรในพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่อาจจะแตกต่างกันไป โดยพันธุ์ควรได้รับการทดสอบในหลายพื้นที่หรือหลายสภาพแวดล้อม หรือในบางครั้งอาจมีการทดสอบในพื้นที่เดียวแต่จัดการทดลองให้มีหลาย

สภาพแวดล้อมได้ เช่น การใช้วันปลูกหรือฤดูปลูก ระยะปลูก หรืออัตราปลูกที่แตกต่างกัน (Ottai *et al.*, 2006) เป็นต้น แล้วนำข้อมูลจากการทดสอบพันธุ์ในหลายสภาพแวดล้อมดังกล่าวไปวิเคราะห์เพื่อหาความเสถียรภาพของพันธุ์ โดยทำการวิเคราะห์ผลรวมของทุกสภาพแวดล้อม (Combined analysis) หากพบว่าความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (Variety x Environmental interaction) มีนัยสำคัญและดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาเสถียรภาพของพันธุ์ โดยมีวิธีการทางสถิติและพารามิเตอร์หลายรูปแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสถียรภาพของพันธุ์ (Becker and Leon, 1988; Crossa, 1990; Lin *et al.*, 1986)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อม (Genotype by environment interaction: GEI) จัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์พืช การประเมิน GEI มีความสำคัญเนื่องจากมันถูกนำมาใช้เพื่อการคัดเลือกจีโนไทป์ที่โดดเด่นที่ปรับตัวได้กว้างในหลาย ๆ สภาพแวดล้อม หรือใช้ในการให้คำแนะนำพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมที่จำเพาะ (Balestre *et al.*, 2009) พันธุ์ใหม่ ๆ ที่ประสบความสำเร็จ มักมีศักยภาพของผลผลิตและลักษณะอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสูง นอกจากนั้นแล้ว พันธุ์ดีเหล่านี้ควรสามารถนำไปปลูกในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้กว้างโดยที่ยังคงให้ผลผลิตสูง การทดสอบพันธุ์ในหลายสภาพแวดล้อม (Multi-environments) มีความสำคัญต่อการศึกษา GEI และการคัดเลือกพันธุ์พืชที่มีความเสถียรภาพสำหรับการปลูกในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย หรือพันธุ์สำหรับการปลูกในสภาพแวดล้อมที่จำเพาะ ตัวอย่างเช่น การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์การค้า (Ruswande *et al.*, 2020) และข้าวโพดไร่ลูกผสมพันธุ์การค้า (Adham *et al.*, 2022) ในหลายสภาพแวดล้อม ทำให้สามารถคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมในพื้นที่ดังกล่าวได้

ในการประเมินผลของ GEI สามารถทำได้ทั้งในการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (Univariate) และการ

วิเคราะห์แบบหลายตัวแปร (Multivariate) โดยวิธีการแบบ Univariate ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ วิธีการตามโมเดลของ Finlay and Wilkinson (1963) และโมเดลของ Eberhart and Russell (1966) ซึ่งทั้ง 2 โมเดลดังกล่าวไม่ได้คำนึงถึงผลส่วนใหญ่ของ GEI เนื่องจากเป็น การใช้วิธีการวิเคราะห์รีเกรสชัน (Regression analysis) ซึ่งเป็นวิธีการแบบ Univariate ในขณะที่ผลของ GEI นั้นมีลักษณะเป็น Multivariate (Akpan and Udoh, 2017) ดังนั้นวิธีการที่น่าเชื่อถือที่สุดในการวิเคราะห์ความเสถียรภาพของพันธุ์จึงควรเป็นวิธีการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร (Multivariate model) (Badu-Apraku *et al.*, 2012) วิธีการวิเคราะห์ Additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) เป็นวิธีการแบบ Multivariate ที่รวมเอาทั้งการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Principal Component analysis: PCA) เข้าด้วยกัน จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการอธิบายผลส่วนใหญ่ของ GEI (Ebdon and Gauch, 2002) และ AMMI biplot ยังช่วยให้เห็นและจำแนกทั้งจีโนไทป์และสภาพแวดล้อมได้บนกราฟเดียวกัน (Gauch, 2006) ทำให้สามารถวิเคราะห์การทดสอบผลผลิตพืชในหลายสภาพแวดล้อมได้ดี (Crossa *et al.*, 1990; Gauch and Zobel, 1996; Zobel *et al.*, 1988) วิธี AMMI จะใช้ ANOVA ในการทดสอบอิทธิพลหลักของพันธุ์และสภาพแวดล้อม และใช้ PCA ในการวิเคราะห์ Residual multiplicative interaction ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมจาก Sum of square ของ GEI โมเดล AMMI จึงเหมาะสมในการวิเคราะห์ GEI (Zobel *et al.*, 1988) นอกจากนี้แล้ววิธีการ AMMI ยังสามารถวัดปริมาณของผลของแต่ละจีโนไทป์และแต่ละสภาพแวดล้อมจาก Sum of square ของ GEI แล้วนำมาแสดงให้เห็นเป็นกราฟ Biplot จึงทำให้สามารถจำแนกจีโนไทป์และสภาพแวดล้อมให้เห็นได้ดีขึ้น (Zobel *et al.*, 1988) ดังนั้นเทคนิคนี้ทำให้สามารถจำแนกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและปรับตัวได้กว้าง และพันธุ์

ที่จำเพาะต่อสภาพแวดล้อม ตลอดจนการจำแนกสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบได้ (Ferreira *et al.*, 2006; Gauch and Zobel, 1996; Kempton, 1984)

จากการที่ผู้วิจัยทำงานด้านส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่รับผิดชอบ และพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ที่ปลูกข้าวโพดหวานนิยมปลูกพันธุ์การค้าลูกผสม ดังนั้นการนำพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมมาปลูกทดสอบพันธุ์ใน 4 สภาพแวดล้อม เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อมและเสถียรภาพของพันธุ์ในลักษณะความหวานและผลผลิตฝักปกเปลือกของข้าวโพดหวานลูกผสม 5 พันธุ์ โดยใช้วิธีการ AMMI analysis ซึ่งจะทำได้ข้อมูลที่ประโยชน์ทั้งในทางด้านวิชาการ และการแนะนำส่งเสริมเกษตรกรในพื้นที่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์จำนวน 3 ซ้ำ มี 5 ทรินิตเมนต์ ประกอบด้วยพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสม 5 พันธุ์ ได้แก่ ชัยนาท 2 (G1) ไฮบริด 3 (G2) จัมโบ้สวีท (G3) เจียไต๋ (G4) และหวานบุรี (G5) ทำการทดลองซ้ำ 4 การทดลอง ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 4 สภาพแวดล้อม ดังนี้ E1: การทดลองที่ 1 ในฤดูปลูกที่ 1 (กุมภาพันธ์-เมษายน พ.ศ. 2564) ปลูกโดยการให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ E2: การทดลองที่ 2 ในฤดูปลูกที่ 1 (กุมภาพันธ์-เมษายน พ.ศ. 2564) ปลูกโดยการให้เฉพาะปุ๋ยอินทรีย์ E3: การทดลองที่ 3 ในฤดูปลูกที่ 2 (พฤษภาคม-กรกฎาคม พ.ศ. 2564) ปลูกโดยการให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ และ E4: การทดลองที่ 4 ในฤดูปลูกที่ 2 (พฤษภาคม-กรกฎาคม พ.ศ. 2564) ปลูกโดยการให้เฉพาะปุ๋ยอินทรีย์

ทำการทดลองที่แปลงทดลองแผนกพืชผัก สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก แปลงทดลองประกอบด้วยแปลงย่อยขนาด 1x5 ตร.ม. 15 แปลงย่อยต่อการทดลอง ระยะระหว่างแปลงย่อย

50 ซม. ปลูกแบบแถวคู่ ระยะปลูก 50x75 ซม. (ระยะหลุม x ระยะแถว) โดยหยอดเมล็ดและถอนแยกให้เหลือ 2 ต้น/หลุม จำนวน 20 หลุม (40 ต้น/แปลงย่อย) โดยทำการทดลองที่ 2 และ 4 ใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวอัตรา 3 ตันต่อไร่ โดยคลุกดินขณะเตรียมแปลง ส่วนการทดลองที่ 1 และ 3 ใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวอัตรา 3 ตันต่อไร่ และปุ๋ยเคมี โดยใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 รองกันหลุมสูตร 46-0-0 อัตรา 19 กก./ไร่ สูตร 18-46-0 อัตรา 7 กก./ไร่ สูตร 0-0-60 อัตรา 13 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 สูตร 46-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ ที่อายุ 30 วันหลังปลูก ทั้งนี้การให้ปุ๋ยที่แตกต่างกันของการทดลองเพื่อเป็นการจำลองให้ได้รับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (Ottai *et al.*, 2006)

การบันทึกและการวิเคราะห์ข้อมูล บันทึกข้อมูลค่าความหวานของเมล็ดจากฝักสดจากการวัดด้วย Digital refractometer (10 ฝักต่อแปลงย่อย) และผลผลิตฝักสดเปลือกต่อไร่ (คำนวณเทียบจากน้ำหนักฝักสดต่อแปลงย่อย โดยเก็บบันทึกทุกต้นของทุกแปลงย่อย) วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง RCBD ของแต่ละสภาพแวดล้อม จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined analysis of variance) ของ 4 สภาพแวดล้อม (Oupadissakoon, 1994) โดยก่อนการวิเคราะห์ผลรวมมีการทดสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน (Test of homogeneity of variance) ของทั้ง 4 สภาพแวดล้อมด้วยวิธี Bartlett's test for homogeneity of variance (Little and Hills, 1978; Puddhanon, 2005) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) การวิเคราะห์ AMMI ตามวิธีการที่อธิบายไว้โดย Gauch and Zobel (1996) คำนวณค่า AMMI Stability value (ASV) ตามสูตรของ Purchase *et al.* (2000) ส่วนค่า stability index ซึ่งเป็นวิธีการแบบ Nonparametric ได้จากการนำค่าลำดับจากน้อยไปมากของค่า ASV บวกกับค่าลำดับจากมากไปน้อยของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ศึกษา (Oliveira, *et al.*, 2014)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของ 4 สภาพแวดล้อม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของ 4 สภาพแวดล้อม ในลักษณะความหวานพบว่ามีความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของพันธุ์ (G) สภาพแวดล้อม (E) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (GEI) ในขณะที่ผลผลิตฝักปกเปลือกมีนัยสำคัญของ E และ GEI (Table 1) โดยจากการปลูกใน 4 สภาพแวดล้อม (2 ฤดูปลูก และการให้ปุ๋ยที่แตกต่างกัน 2 แบบ) ทำให้มีความแตกต่างกันของสภาพแวดล้อมซึ่งแสดงออกในลักษณะของข้าวโพดหวานทั้ง 2 ลักษณะ (Figure 1, 2) โดยเมื่อพิจารณาจากค่า Sum of square ซึ่งแยกความแปรปรวนเป็นส่วนต่าง ๆ พบว่าในลักษณะความหวานมีสัดส่วนของความแปรปรวนเนื่องจาก G, E

และ GEI เท่ากับ 13.80, 58.56 และ 9.56 เปอร์เซนต์ตามลำดับ และในลักษณะผลผลิตมีสัดส่วนของความแปรปรวนเนื่องจาก G, E และ GEI เท่ากับ 14.30, 54.67 และ 15.81 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ การมีสัดส่วนความแปรปรวนที่สูงของสภาพแวดล้อมส่งผลให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของสภาพแวดล้อมในทั้ง 2 ลักษณะ โดยในลักษณะผลผลิตสอดคล้องกับการทดลองในข้าวโพดหวานของ Syafi'i *et al.* (2013) และ Ruswandi *et al.* (2020) ที่พบว่า มีสัดส่วนความแปรปรวนของ E สูงกว่า G และ GEI ซึ่งการมีนัยสำคัญของ GEI แสดงว่าพันธุ์มีความผันแปรแตกต่างกันไปในแต่ละสภาพแวดล้อม และจากการที่ GEI มีนัยสำคัญดังกล่าว ดังนั้นได้ทำการวิเคราะห์ประเมินค่าความเสถียรภาพของพันธุ์ตามวิธีการ AMMI ต่อไป (Farshadfar and Sutka, 2006)

Table 1 Analysis of variance for kernel sweetness and husked ear yield, including the G×E interaction partition according to the AMMI analysis

Source	df	Kernel sweetness			Husked ear yield		
		MS	% Explained	% Accumulated	MS	% Explained	% Accumulated
Env. (E)	3	41.015**			1.007**		
Block/Env.	8	1.673			0.044		
Genotypes (G) ^Z	4	7.250*			0.198 ^{ns}		
G × E	12	1.674*			0.073**		
IPCA1	6	2.251*	67.2	67.2	0.128**	87.8	87.8
IPCA2	4	1.249 ^{ns}	24.9	92.1	0.026 ^{ns}	12.0	99.8
IPCA3	2	0.797 ^{ns}	7.9	100.0	0.001 ^{ns}	0.2	100.0
Pooled error	32	0.769			0.015		
Total	59						
CV (%)		6.46			8.22		

IPCA = Interaction Principal Component Axis

^ZGenotypes were tested using G×E interaction MS as an error term.

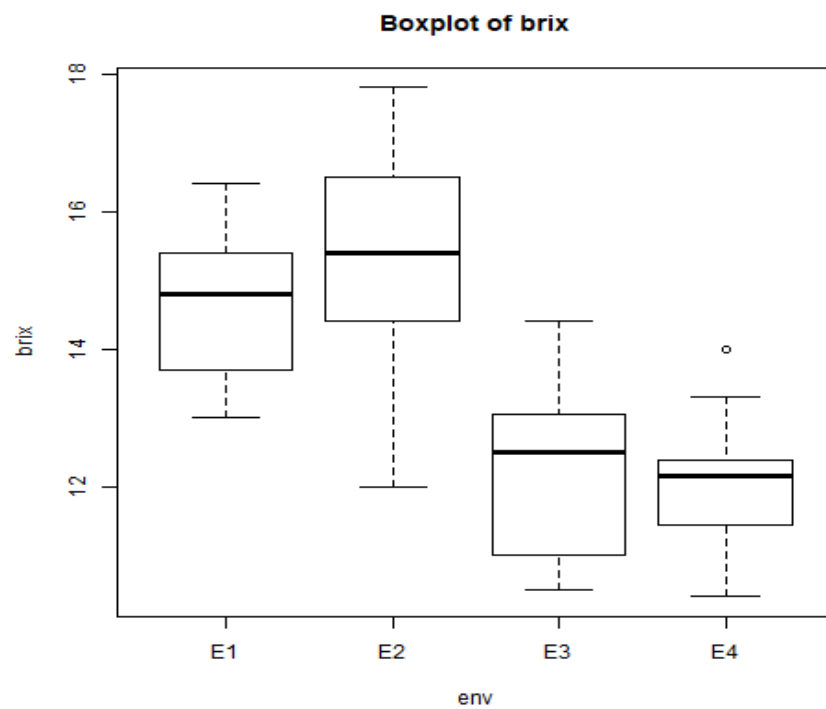


Figure 1 Boxplot showing variations for kernel sweetness (Brix) of sweet corn cultivars in 4 environments

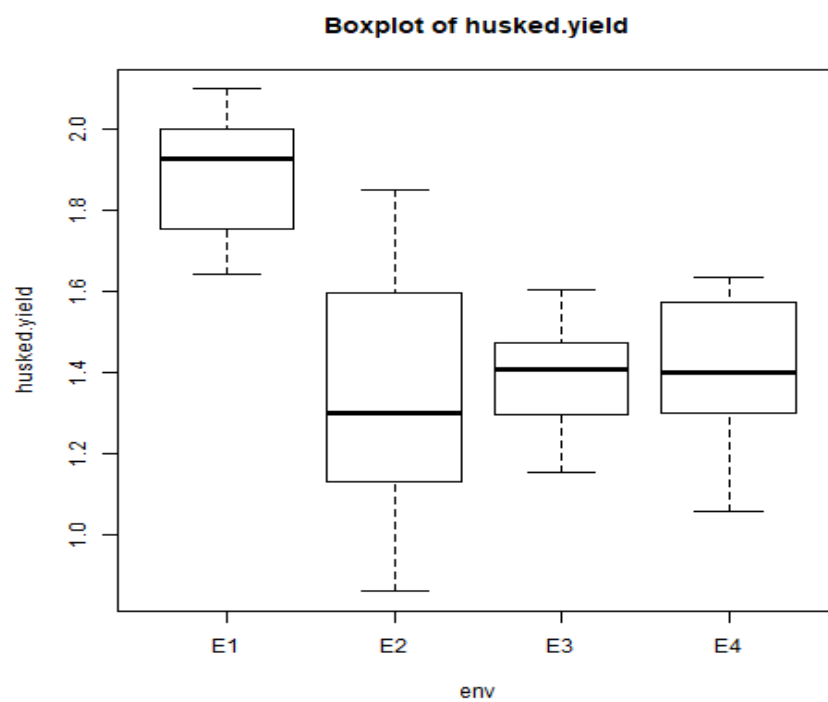


Figure 2 Boxplot showing variations for husked ear yield (tons/rai) of sweet corn cultivars in 4 environments

การวิเคราะห์ AMMI ของ GEI

จากผลการวิเคราะห์ AMMI ในลักษณะความหวานพบว่า IPCA1 และ IPCA2 อธิบายความแปรปรวนของ GEI ได้ 67.2 และ 24.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในลักษณะผลผลิตพบว่า IPCA1 และ IPCA2 อธิบายความแปรปรวนของ GEI ได้ 87.8 และ 12.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่จากการที่ IPCA2 ของทั้ง 2 ลักษณะไม่นับสำคัญ (Table 1) ดังนั้นจึงควรพิจารณา IPCA1 เป็นหลักในการอธิบายความแปรปรวนของ GEI

ความเสถียรภาพของพันธุ์ในลักษณะความหวานเมื่อพิจารณาจากกราฟ AMMI1 ซึ่งเป็นกราฟ Biplot ระหว่าง IPCA1 กับค่าเฉลี่ยความหวาน (Figure 3) พันธุ์หวานบุรี (G5) อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับแกน 0 ของ IPCA1 มากที่สุด และมีความหวานมากกว่าแกนค่าเฉลี่ย ดังนั้นจัดเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรของลักษณะความหวาน

มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับค่า IPCA1 และค่าความหวานใน Table 2 นอกจากนี้แล้วเมื่อพิจารณาจาก AMMI Stability value (ASV) แล้วพบว่าพันธุ์หวานบุรีมีค่า ASV ต่ำสุด จึงเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรเป็นลำดับที่ 1 นั่นคือมีผลจาก GEI น้อยที่สุดนั่นเอง และเมื่อพิจารณาพร้อมกับลำดับของความหวานซึ่งเป็นลำดับที่ 2 ดังนั้นจึงได้ค่า Stability index น้อยที่สุด เมื่อนำมาเรียงลำดับความเสถียรของพันธุ์ในลักษณะความหวานซึ่งแสดงโดยค่า Stability rank (Table 2) พันธุ์หวานบุรีจึงอยู่ในลำดับที่ 1 และเมื่อพิจารณากราฟ AMMI2 ซึ่งเป็นกราฟ Biplot ระหว่าง IPCA1 กับ IPCA2 ได้ผลสอดคล้องกันโดยพบว่าพันธุ์หวานบุรี (G5) อยู่ใกล้จุดกึ่งกลางมากที่สุด และใกล้กับแกน IPCA1 มากที่สุด จึงจัดเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรมากที่สุด (Figure 4)

Table 2 The first and second Interaction Principal Component Axis (IPCA), average kernel sweetness (Brix), AMMI stability value (ASV), stability index (SI) and stability rank of 5 sweet corn cultivars

Cultivars	IPCA1	IPCA2	Kernel sweetness (Brix)	ASV	ASV rank	Sweetness rank	SI	Stability rank
Chainat2 (G1)	-0.470	-0.442	12.57 c	1.344	2	5	7	3
Hybrix3 (G2)	1.067	-0.517	13.19 bc	2.930	5	4	9	5
Jumbosweet (G3)	0.436	0.903	14.47 a	1.484	3	1	4	2
Chiatai (G4)	-0.656	0.100	13.43 abc	1.775	4	3	7	3
Wanburi (G5)	-0.378	-0.044	14.24 ab	1.022	1	2	3	1

Means with the same letter in a column are not significantly different at $LSD_{0.05}$.

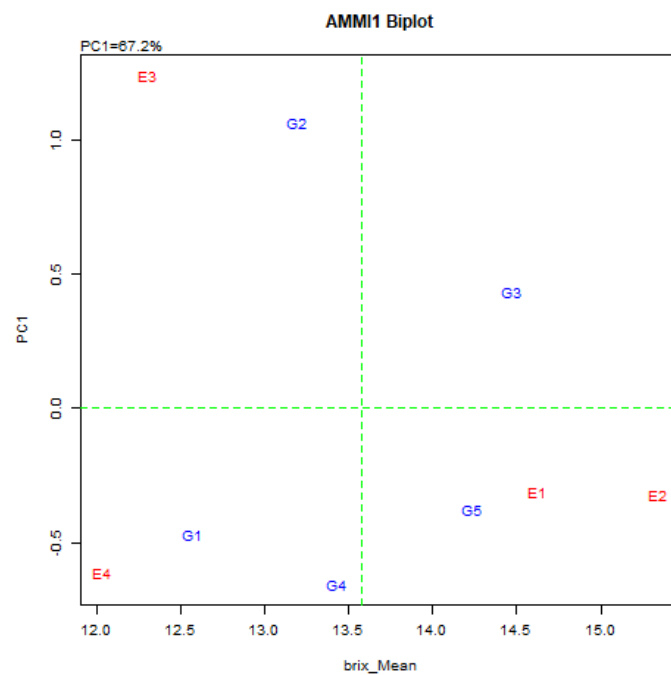


Figure 3 AMMI1 biplot showing the IPCA1 vs. means for kernel sweetness (Brix) of 5 sweet corn cultivars evaluated in 4 environments

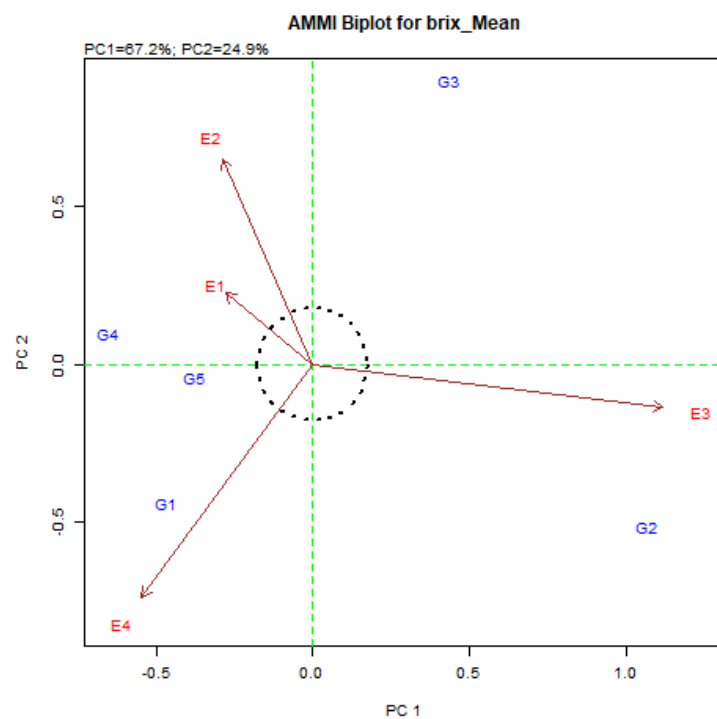


Figure 4 AMMI2 biplot showing the first two principal axes of interaction (IPCA1 vs. IPCA2) for kernel sweetness (Brix) of 5 sweet corn cultivars evaluated in 4 environments

ความเสถียรภาพของพันธุ์ในลักษณะผลผลิต ฝักปกเปิดออก จากกราฟ Biplot ระหว่าง IPCA1 กับ ค่าเฉลี่ยผลผลิต (AMMI1) (Figure 5) พบว่าพันธุ์ไฮบริด 3 (G2) จัดเป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรมากที่สุด โดยอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับแกน 0 ของ IPCA1 มากที่สุด และให้ผลผลิตมากกว่าแกนค่าเฉลี่ย โดยสอดคล้องกับค่า IPCA1 และผลผลิตที่แสดงใน Table 3 และสอดคล้องกับค่า AMMI stability value (ASV) ซึ่งพันธุ์ไฮบริด 3 มีค่า ASV ต่ำสุด นั่นคือมีความแปรปรวนจาก GEI น้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาร่วมกับลำดับของผลผลิต พันธุ์ไฮบริด 3 จึงมีความเสถียรของผลผลิตเป็นลำดับ 1 รองลงมาคือ พันธุ์หวานบุรี และชัยนาท 2 ดังแสดง โดยค่า Stability rank (Table 3) ส่วนกราฟ Biplot

ระหว่าง IPCA1 กับ IPCA2 ของผลผลิต (AMMI2) (Figure 6) เมื่อพิจารณาดำแหน่งของพันธุ์พบว่าไม่มีพันธุ์ใดอยู่ใกล้จุดกึ่งกลาง อย่างไรก็ตาม จากการที่ IPCA1 อธิบายความแปรปรวนของ GEI ของผลผลิตได้สูงถึง 87.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ IPCA2 อธิบายได้เพียง 12.0 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีนัยสำคัญของ IPCA2 ดังนั้นการพิจารณากราฟ Biplot นี้จึงให้พิจารณาดำแหน่งของพันธุ์ที่อยู่ใกล้แกน 0 ของ IPCA1 มากที่สุดว่าเป็นพันธุ์ที่เสถียรมากที่สุด ซึ่งก็คือ พันธุ์ไฮบริด 3 (G2) รองลงมาคือ พันธุ์จัมโบ้สวีท (G3) (Figure 6) ซึ่งในลักษณะผลผลิตของข้าวโพดหวาน Ruswandi *et al.* (2020) รายงานว่าพันธุ์ที่เสถียรเป็นพันธุ์ที่ให้ค่า ASV ต่ำ และให้ผลผลิตสูง

Table 3 The first and second Interaction Principal Component Axis (IPCA), average husked ear yield (tons/rai), AMMI stability value (ASV), stability index (SI) and stability rank of 5 sweet corn cultivars

Cultivars	IPCA1	IPCA2	Husked ear yield (tons/rai)	ASV	ASV rank	Yield rank	SI	Stability rank
Chainat2 (G1)	-0.288	0.184	1.54	2.110	3	2	5	2
Hybrix3 (G2)	0.090	-0.263	1.51	0.706	1	3	4	1
Jumbosweet (G3)	0.099	0.247	1.43	0.760	2	4	6	4
Chiatai (G4)	0.497	-0.016	1.33	3.622	5	5	10	5
Wanburi (G5)	-0.397	-0.152	1.68	2.898	4	1	5	2

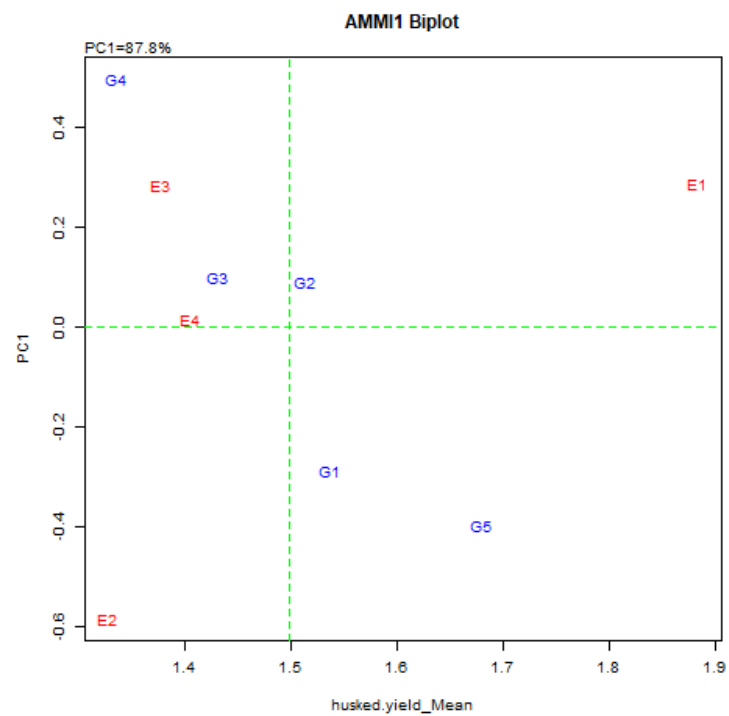


Figure 5 AMMI1 biplot showing the IPCA1 vs. means for husked ear yield of 5 sweet corn cultivars evaluated in 4 environments

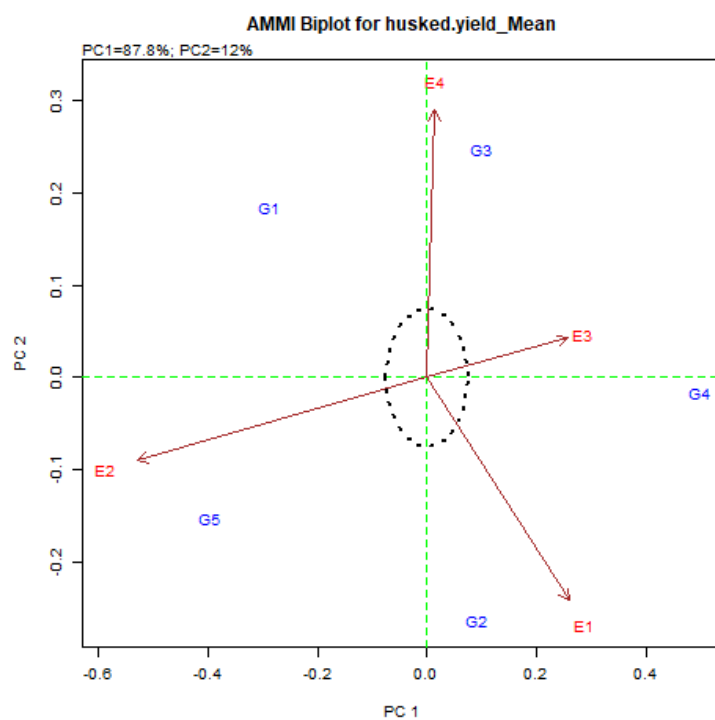


Figure 6 AMMI2 biplot showing the first two principal axes of interaction (IPCA1 vs. IPCA2) for husked ear yield of 5 sweet corn cultivars evaluated in 4 environments

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของ 4 สภาพแวดล้อม ในลักษณะความหวานและผลผลิตฝักปอกเปลือก พบความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของพันธุ์ (G) สภาพแวดล้อม (E) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (GEI) ในทั้ง 2 ลักษณะ จากผลการวิเคราะห์ AMMI ในลักษณะความหวานพบว่าพันธุ์หวานบุรีรัมย์มีความเสถียรภาพของลักษณะความหวานมากที่สุด โดยมี AMMI stability value (ASV) ต่ำสุด และให้ความหวานสูง (14.24 บริกซ์) ส่วนในลักษณะผลผลิตฝักปอกเปลือกพันธุ์ไฮบริด 3 เป็นพันธุ์ที่มีความเสถียรภาพของผลผลิตมากที่สุด เนื่องจากมี AMMI stability value (ASV) ต่ำสุด และให้ผลผลิตฝักปอกเปลือกสูง (1.51 ตันต่อไร่) จากผลการทดสอบดังกล่าว 2 พันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่ควรให้คำแนะนำให้กับเกษตรกรรายย่อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ที่ได้ให้การสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ชัยนาท 2 สำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Adham, A., M.B.A. Ghaffar, A.M., Ikmal and N.A.A. Shamsudin. 2022. Genotype x environment interaction and stability analysis of commercial hybrid grain corn genotypes in different environments. **Life** 12(11): 1773.

Akpan, E.A. and V.S. Udoh. 2017. Evaluation of cassava (*Manihot esculenta* crantz) genotype for yield and yield component, tuber bulking, early maturity in cross river basin flood plains. **Canadian Journal of Agriculture and Crops** 2(2): 68-73.

Badu-Apraku, B., M. Oyekunle, K. Obeng-Antwi, A.S. Osuman, S.G. Ado, N. Coulibay, C.G. Yallou, M. Abdulai, G.A. Boakyewaa and A. Didgeira. 2012. Performance of extra-early maize cultivars based on GGE biplots and AMMI analysis. **Journal Agricultural Sciences** 150: 473-483.

Balestre, M., R.G. Von Pinho, J.C. Souza and R.L. Oliveira. 2009. Genotypic stability and adaptability in tropical maize based on AMMI and GGE biplot analysis. **Genetics and Molecular Research** 8(4): 1311-1322.

Becker, H.C. and J. Leon. 1988. Stability analysis in Plant Breeding. **Plant Breeding** 101: 1-23.

Crossa, H.M. 1990. Statistical analyses of multilocation trials. **Advances in Agronomy** 44: 55-85.

Crossa, J., H.G. Gauch and R.W. Zobel. 1990. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. **Crop Science** 30: 493-500.

- Ebdon, J.S. and H.G. Gauch. 2002. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of national turfgrass performance trials. **Crop Science** 42: 497-506.
- Eberhart, S.A. and W.L. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science** 6: 36-40.
- Farshadfar, E. and J. Sutka. 2006. Biplot analysis of genotype-environment interaction in durum wheat using the AMMI model. **Acta Agronomica Hungarica** 54(4): 459-467.
- Ferreira, D.F., C.G.B. Demétrio, B.F.J. Manly, A.A. Machado and R. Vencovsky. 2006. Statistical models in agriculture: biometrical methods for evaluating phenotypic stability in plant breeding. **Cerne** 12: 373-388.
- Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. **Australian Journal of Agricultural Research** 14: 742-754.
- Gauch, H.G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. **Crop Science** 46: 1488-1500.
- Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. pp. 85-122. In Kang, M.S. and H.G. Gauch (eds.). **Genotype by Environment Interaction**. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Katsenios, N., P. Sparangis, S. Chanioti, M. Giannoglou, D. Leonidakis, M.V. Christopoulos, G. Katsaros and A. Efthimiadou. 2021. Genotype x environment interaction of yield and grain quality traits of maize hybrids in Greece. **Agronomy** 2021(11): 1-17.
- Kempton, R.A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. **Journal of Agricultural Science** 103: 123-135.
- Lin, C.S., M.R. Binns and L.P. Lafkovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand?. **Crop Science** 26: 894-900.
- Little, T.M. and F.J. Hills. 1978. **Agricultural Experimentation: Design and Analysis**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 350 p.
- Office of Agricultural Economics. 2022. **Sweet corn: area cultivated and yield**. [Online]. Available <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/sweet%20corn63.pdf> (November 24, 2022). [in Thai]
- Oliveira, E.J.D., J.P.X.D. Freitas and O.N.D. Jesus. 2014. AMMI analysis of the adaptability and yield stability of yellow passion fruit varieties. **Scientia Agricola** 71: 139-145.
- Ottai, M.E.S., K.A. Aboud, I.M. Mahmoud and D.M. El-Hariri. 2006. Stability analysis of cultivars (*Hibiscus sabdariffa* L.) under different nitrogen fertilizer environments. **World Journal of Agricultural Sciences** 2(3): 333-339.

- Oupadissakoon, S. 1994. **Statistics, Experimental Design: Volume 2.** Bangkok: Sahamit Offset Press. 492 p. [in Thai]
- Puddhanon, P. 2005. **Biometrics for Plant Breeding.** Chiang Mai: Agronomy Department, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. 243 p. [in Thai]
- Purchase, J.L. H. Hatting and C.S. Vandeventer. 2000. Genotype x environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa. II. stability analysis of yield performance. **South African Journal of Plant and Soil** 17: 101-107.
- Ruswandi, D., Y. Yuwariah, M. Ariyanti, M. Syafii and A. Nuraini. 2020. Stability and adaptability of yield among earliness sweet corn hybrids in West Java, Indonesia. **International Journal of Agronomy** 2020: 1-9. DOI.org/10.1155/2020/4341906.
- Syafi'i, M., R. Melati, B. Waluyo and D. Ruswandi. 2013. GxE interaction assessment of sr sweet corn yield based on additive main effect and multiplicative interaction (AMMI) and biplot in West Java. pp. 147-154. **In Proceedings of International Conference on Sustainable Rural Development 2013 August 25-26, 2013.** Jawa Tengah: Jenderal Soedirman University.
- Wayupab, K. 2015. **Report on Research and Development Projects of Fresh Corn.** 124 p. *In* Research Report. Bangkok.: Department of Agriculture. [in Thai]
- Zobel, R.W., M.J. Wright and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal** 80: 388-393.

**การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมลักษณะคุณภาพทางกายภาพและเคมี
ของฟักทองพันธุ์พีชมรดกตกทอด “พันธุ์ไข่นา” จำนวน 100 สายพันธุ์
Genetic Diversity Assessment of Physical and Chemical Traits
of 100 Heirloom “Khai Nao” Pumpkin Varieties**

**จานุลักษณ์ ขนบดี* ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ ชัยวัฒน์ พงศ์สุขุมาลกุล และพรพนา จินาวงศ์
Chanulak Khanobdee, Pattharaporn Srisamattakarn, Chaiwat Pongsukhumalkul
and Pornpana Jinawong**

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

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

*Corresponding author: januluk@yahoo.com

Received: June 23, 2022

Revised: March 10, 2023

Accepted: April 19, 2023

Abstract

The “Khai-Nao” heirloom pumpkin varieties of Nan province have been preserved, collected and grown for consumption within community for more than 3 generations. It is characterized by thick, yellow-green flesh and the steamed flesh appears as olive green and the taste is texture high and medium sweet. The genetically diverse of the variety that require basic information to be useful for breeding with high productivity and quality consumption. In this article aimed to assess the genetic diversity of phytochemical characteristics of pumpkin germplasm. The initial group of 100 “Khai-Nao” pumpkin heirloom varieties were collected from Nan province between October 2019 to October 2021. Data on physical and chemical quality characteristics of the initial group were recorded according to the collected period. Together with the planting group, 100 cultivars of seeds from the initial cohort were trialed a randomized complete block design during November 2021 to April 2022. The Paired Sample T-test difference test of the 2 dependent samples of the initial and assessed groups found that the total solid content, the total soluble solid of the cooked flesh and the L* color value of the raw flesh were highly significant different. Significantly correlated characteristics were total solids, total soluble solids of raw and cooked flesh. The initial and assessed groups averaged of the solids content of were 17.0 and 14.7 percent, the soluble solids of raw and cooked flesh were 11.0 and 10.8; 11.2 and 11.5 °brix and color quality of fresh flesh averaged L*, a* and b* of 73.2, 74.4; 11.3, 11.9 and 32.0, 29.8, respectively. For steamed flesh pumpkin, the L*, a* and b* values were reduced. The flesh was greenish-yellow in both the initial and the evaluated groups. The mean values of the steamed flesh in the start and assessed groups had color mean L*, a* and b* of 54.5, 56.7; 5.8, 3.4 and 18.1, 12.9, respectively.

The initial and assessed groups had moderate total solid of 53 and 75 varieties. The soluble solids of the fresh flesh of the two groups were high and medium; viz. 45, 52 and the cooked flesh had moderate of 73 and 66 varieties. The hardness of fresh flesh of two groups were moderate for 74 and 95 varieties, while the cooked flesh was low for 65 and 92 varieties. The high phytochemicals “Khai-Nao” heirloom pumpkin varieties are useful for breeding with popular varieties in the current market. In order to obtain varieties that produce high yields and quality for consumption and continue to create a different value-added pumpkin consumption market.

Keywords: pumpkin, heirloom varieties, genetic diversity

บทคัดย่อ

เชื้อพันธุกรรมฟักทองพันธุ์พืชมรดกตกทอด “พันธุ์ไข่เน่า” ของจังหวัดน่าน ได้อนุรักษ์ รวบรวม และปลูกบริโภคเพื่อเป็นอาหารของชุมชนมากกว่า 3 ชั่วอายุ โดยมีลักษณะเนื้อหนามีสีเหลืองอมเขียว และเนื้อนึ่งสุกสีเหลืองเขียวคล้ายเบบสีเขียวขี้ม้า รสชาติมันและหวานมาก ถึงปานกลาง พันธุ์มีความหลากหลายทางพันธุกรรม ที่ต้องการข้อมูลพื้นฐานเพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ที่ได้ผลผลิตและคุณภาพการบริโภคสูง บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่ประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรม ของลักษณะพฤกษเคมีของเชื้อพันธุกรรมฟักทอง “พันธุ์ไข่เน่า” กลุ่มเริ่มต้นรวบรวมจาก จังหวัดน่าน จำนวน 100 สายพันธุ์ ระหว่างตุลาคม พ.ศ. 2562 ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2564 และบันทึกข้อมูลลักษณะคุณภาพทางกายภาพและเคมีตามช่วงเวลาที่ยาวนาน ร่วมกับกลุ่มที่ปลูกประเมิน โดยใช้เมล็ดพันธุ์ที่ได้จากกลุ่มเริ่มต้น จำนวน 100 สายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ระหว่าง พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึง เมษายน พ.ศ. 2565 การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มไม่อิสระ (Paired Sample T-test) ของกลุ่มเริ่มต้นและกลุ่มประเมิน พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ละลายได้ของเนื้อนึ่งสุก และ ค่าสี L^* ของเนื้อดิบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลักษณะที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของเนื้อดิบ

และนึ่งสุก ปริมาณของแข็งของกลุ่มเริ่มต้นและประเมินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 17.0 และ 14.7 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของเนื้อดิบและนึ่งสุก เท่ากับ 11.0 และ 10.8 กับ 11.2 และ 11.5 องศาบริกซ์ คุณภาพด้านค่าสี พบว่า เนื้อดิบกลุ่มเริ่มต้นและประเมินมีค่าเฉลี่ยสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 73.2 และ 74.4; 11.3 และ 11.9 กับ 32.0 และ 29.8 ตามลำดับ ส่วนเนื้อฟักทองนึ่งสุกค่า L^* , a^* และ b^* ลดลง เนื้อมีสีเหลืองอมเขียวทั้งในกลุ่มเริ่มต้นและกลุ่มประเมิน โดยเนื้อนึ่งสุกของกลุ่มเริ่มต้นและกลุ่มประเมินมีค่าเฉลี่ยสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 54.5 และ 56.7; 5.8 และ 3.4 กับ 18.1 และ 12.9 ตามลำดับ กลุ่มเริ่มต้นและกลุ่มประเมินมีปริมาณของแข็งทั้งหมดปานกลาง จำนวน 53 และ 75 พันธุ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของเนื้อดิบมีค่าสูงและปานกลาง จำนวน 45 และ 52 พันธุ์ และเนื้อนึ่งสุกมีค่าปานกลาง จำนวน 73 และ 66 พันธุ์ ความแข็งของเนื้อสดของ 2 กลุ่ม มีค่าปานกลาง จำนวน 74 และ 95 พันธุ์ ส่วนเนื้อนึ่งสุกมีค่าต่ำ จำนวน 65 และ 92 พันธุ์ สายพันธุ์ฟักทองพันธุ์ไข่เน่าที่มีสารพฤกษเคมีสูง เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ร่วมกับพันธุ์ที่นิยมในตลาดปัจจุบัน เพื่อให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตและคุณภาพในการบริโภคสูง และสร้างตลาดการบริโภคฟักทองที่เพิ่มมูลค่าแตกต่างจากเดิมต่อไป

คำสำคัญ: ฟักทอง พันธุ์พืชมรดกตกทอด
ความหลากหลายทางพันธุกรรม

คำนำ

ฟักทองเป็นพืชฤดูเดียวจัดอยู่ในวงศ์แตง (Cucurbitaceae) สกุล (Genera) *Cucurbita* และมี 25 ถึง 27 ชนิด (Species) ฟักทอง 5 ชนิด ที่ปลูกเป็นการค้า ได้แก่ *C. pepo* L., *C. moschata* Duch. ex Poir, *C. anyrospemma* C. (syn *C. mixta* Pang.), *C. maxima* Duch. ex Lam และ *C. ficifolia* Bouché พบว่า *C. moschata* Duch. ex Poir มีการศึกษาน้อยที่สุด แม้ว่าปลูกกันอย่างแพร่หลายมากที่สุดในเขตร้อนและมีความหลากหลายสูง ถิ่นกำเนิดปฐมภูมิและหุติภูมิอยู่ในทวีปอเมริกาและเอเชีย (Khanobdee, 2020) พืชมรดกตกทอด (Heirloom plant) หมายถึง เมล็ดพันธุ์ที่สืบทอดเก็บรักษาไว้โดยเกษตรกรในชุมชนเมืองหรือชาติพันธุ์ เป็นเมล็ดพันธุ์ที่ผสมเกสรแบบเปิดหรือปล่อยตามธรรมชาติ มีความหลากหลายทางพันธุกรรม ตลอดจนได้รับการคัดเลือกโดยธรรมชาติและมนุษย์มาอย่างยาวนาน พันธุ์เหล่านี้โดยทั่วไปมีอายุ 50 ถึง 100 ปี และมีความหลากหลายทางพันธุกรรม พันธุ์มรดกมีการผสมเกสรแบบปล่อย ส่วนใหญ่มีความสม่ำเสมอในขนาด รูปร่างและการสุก ทนทานในการขนส่งและมีศักยภาพของรสชาติและคุณภาพการบริโภค (Kaiser and Ernst, 2017) พื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดตาก แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปางแพร่พะเยา และจังหวัดน่าน ยังคงมีพันธุ์พืชมรดกที่ยังเหลืออยู่ แต่มีแนวโน้มสูญหายจากระบบการใช้เมล็ดพันธุ์พืชลูกผสมหรือพันธุ์การค้าอื่น ๆ ที่ให้ ผลผลิตและผลตอบแทนสูงกว่าพันธุ์พื้นเมืองเดิม และระบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยวเพื่อเพิ่มผลตอบแทนให้ได้มูลค่าสูงสุด ทำให้ความนิยมการเก็บรักษาพันธุ์มรดกเพื่อการดำรงชีพเสื่อมความนิยม และเกษตรกรส่วนมากเป็นผู้สูงวัยที่มีทายาทสืบทอดน้อยลงอย่างต่อเนื่อง การรวบรวมเพื่ออนุรักษ์สามารถทราบลักษณะสัณฐานวิทยา และภูมิศาสตร์ของพันธุ์ในภูมิภาคต่าง ๆ ตลอดจนเจ้าของพันธุ์ซึ่งเป็นมรดกของประเทศไทย และนำพันธุ์มาใช้ประโยชน์ในการ

พัฒนาพันธุ์ โดยการจัดแปลงสาธิตคุณลักษณะต่าง ๆ ของพันธุ์มรดกเพื่อต่อยอดทางการค้า นอกจากนี้ยังสนับสนุนยุทธศาสตร์ความมั่นคงของอาหารเพื่อการสำรองพันธุ์มรดกที่สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมของพื้นที่ภาคเหนือตอนบน และสามารถนำพันธุ์มรดกคืนกลับสู่ชุมชนเจ้าของพันธุ์ (Khanobdee et al., 2014). ในขณะที่พันธุ์ฟักทองพื้นเมืองที่กระจายตามแหล่งต่าง ๆ ของประเทศไทย สันนิษฐานว่าคณะบาทหลวงชาวโปรตุเกสนำเข้ามาในประเทศไทย สมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช (พ.ศ. 2199–พ.ศ. 2231) และตามเส้นทางสายไหมทั้งทางบกและทะเล จากนั้นจึงมีการใช้อย่างแพร่หลายในอาหารไทย (Khanobdee, 2021) โดยการศึกษาของ Widjaja and Sukprakarn (1994) พบฟักทอง 4 ชนิด กระจายในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ฟักทองเป็นพืชผักที่เจริญเติบโตได้หลายสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ผลผลิตได้รับอิทธิพลจากพันธุกรรมหลายองค์ประกอบและสภาพแวดล้อม และมีความคุณค่าสารอาหาร เช่น แครโทีนอยด์ โฟลเทสเซียม วิตามินซี วิตามินบี 2 และวิตามินอี ซึ่งมีปริมาณพลังงานต่ำและไฟเบอร์สูง (USDA, 2006) ลักษณะคุณภาพทางกายและเคมีของฟักทองแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดและสภาพแวดล้อมที่ปลูก (Park et al., 1997; Kim et al., 2012) การศึกษายีนที่ควบคุมลักษณะเศรษฐกิจของฟักทองพบ 173 ลักษณะ และลักษณะสารพฤกษเคมีพบยีนควบคุม 30 ยีน (Paris and Padley, 2014) ซึ่งเป็นลักษณะเชิงปริมาณที่มียีนหลายคู่ควบคุมทำให้การปรับปรุงพันธุ์ยุ่งยากมากขึ้น (Paris, 1994) การถ่ายทอดพันธุกรรมของสารพฤกษเคมี เช่น ปริมาณของแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) แคลเซียม และเหล็ก เป็นยีนแบบข่ม (Over dominance) จึงทำให้การใช้ประโยชน์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่เพื่อพัฒนาพันธุ์ลูกผสมเพื่อการค้าชัดเจนยิ่งขึ้น (Sirohi and Yayasani, 2001)

พืชมรดกตกทอดฟักทองพันธุ์ “ไผ่เนา” ที่บรรพบุรุษของจังหวัดน่าน ได้อนุรักษ์ รวบรวม และปลูกบริโภคเพื่อเป็นอาหารของชุมชนมากกว่า 3 ชั่วอายุ มีการปลูกในฤดูฝน

พร้อมการปลูกข้าว ประมาณเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม ไม่มีการปลูกแบบเชิงเดี่ยวและแบบแปลงขนาดใหญ่ ทำการเก็บเกี่ยวผลแก่ในระยะเวลาหลังการเกี่ยวข้าวประมาณ เดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม ผลแก่นิยมบริโภคเป็น อาหารคาว ลักษณะผลมีรูปร่างตัดตามยาวมีหลายแบบ เช่น รูปรีกว้างทางแนวนอน รูปกลมแบน กลม รูปไข่ รูปผลแพร์ เป็นต้น ผลแก่มีเปลือกสีน้ำตาลตลอดทั้งผล และมีสีเขียวบนบางส่วน รูปร่างบริเวณหัวผลแบนหรือ มีรอยบ่มเล็กน้อย รูปร่างบริเวณก้นผลแบน เนื้อหนามีสีเหลืองอมเขียว และ เนื้อนึ่งสุกสีเหลืองเขียวคล้ำแบบ สีเขียวขี้ม้า (Olive green) รสชาติมันและหวานมากถึง ปานกลาง มีจำนวนเมล็ดพันธุ์ต่อผลมาก และรูปร่างแบบ รีแคบ (Narrow elliptic) หรือ รี (Elliptic) (Khanobdee, 2021) ในปัจจุบันมีข้อมูลทางวิชาการที่แสดงคุณภาพทาง โภชนาการของเชื้อพันธุ์กรรมพันธุ์ “ไข่นา” อยู่จำกัด งานวิจัยนี้จึงดำเนินการเพื่อศึกษาความหลากหลายทาง พันธุ์กรรม จากเชื้อพันธุ์กรรมเริ่มต้นก่อนการประเมิน พันธุ์กรรม และนำมาประเมินในฤดูและพื้นที่และ สภาพแวดล้อมแตกต่างจากเดิม และวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มตามลักษณะทางเคมีและกายภาพ ที่สำคัญทางเศรษฐกิจเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำมาใช้ ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทองที่ให้ผลผลิตและ คุณภาพการบริโภคสูง และตามความต้องการของตลาด ที่นิยมบริโภคฟักทองต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เชื้อพันธุ์กรรมฟักทองพันธุ์พีชมรดกตกทอด “พันธุ์ไข่นา” รวบรวมจากแปลงเกษตรกรซึ่งปลูกในฤดูฝน ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง พฤศจิกายน ในท้องที่ อำเภอนาน้อย อำเภอสันติสุข อำเภอแม่จริม อำเภอทุ่งช้าง และ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน จำนวน 100 สายพันธุ์ รวบรวมระหว่างตุลาคม พ.ศ. 2562 ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2564 บันทึกข้อมูลลักษณะคุณภาพทางกายภาพและเคมี ตามช่วงเวลาที่รวบรวม ได้แก่ คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

ลักษณะเนื้อสัมผัสของฟักทองดิบและสุกโดยเครื่อง Force Gauge, Model FS 1001 ค่าสีของเนื้อฟักทองดิบ และสุกในรูปของค่า L^* (Lightness), a^* (Red-green) และ b^* (Yellow-blue) โดยใช้เครื่องวัดสี (3NH-NR200, Republic of China) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดโดยวิธี AOAC (2000) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) ของเนื้อ ฟักทองดิบและสุก โดยใช้เครื่องวัดของแข็งที่ละลาย ทั้งหมด ยี่ห้อ Atago กลุ่มประเมินเป็นเมล็ดพันธุ์ของเชื้อ พันธุ์กรรมเริ่มต้นจำนวน 100 สายพันธุ์ ปลูกประเมิน ความหลากหลายทางพันธุ์กรรมของลักษณะคุณภาพทาง กายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่ม ในบล็อกสมบูรณ์ 3 บล็อก จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย เพาะกล้าและย้ายปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 7 ถึง 10 วัน ระยะปลูกระหว่างต้นและแถว 0.7x5.0 เมตร ปลูกแถวคู่ ขนาดแปลงย่อย 25 ตร.ม. เตรียมพื้นที่โดยปุ๋ยรองพื้น ใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 1 ตัน/ไร่ จากนั้นคลุมพลาสติกตลอด ทั้งแปลง ปุ๋ยแต่งหน้าใส่มูลไก่ อัตรา 500 กก./ไร่ หลังย้าย ปลูก 10 และ 20 วัน การให้น้ำระบบน้ำหยด และไม่พบ ศัตรูพืชที่มีผลต่อผลผลิต การเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออายุ 96 ถึง 110 วัน หลังย้ายปลูก ระหว่างพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึง เมษายน พ.ศ. 2565 การบันทึกข้อมูลดำเนินการเหมือน กลุ่มเริ่มต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าสถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่ามากที่สุด ค่าน้อยที่สุด และส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำข้อมูลของพันธุ์เริ่มต้นกับ การประเมินพันธุ์ทดสอบความแตกต่างหรือเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม โดยวิธีการทดสอบความ แตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ไม่อิสระ (Paired sample T-test) วิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ด้วย (Pearson product-moment correlation) และวิเคราะห์ ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster Analysis, CA) โดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มแบบขั้นตอน (Hierarchical cluster analysis) เพื่อการจำแนกกลุ่มโดยใช้ การ รวมกลุ่มด้วยวิธีที่เรียกว่า วอร์ด (Ward's method) และ

ใช้วิธีในการคำนวณหาระยะห่าง โดยวิธี Square euclidean distance โดยกำหนดช่วงการจัดกลุ่ม เท่ากับ 2-5 กลุ่ม พิจารณาจากค่าระยะห่างระหว่างกลุ่ม (RS) โดยค่าระยะห่างระหว่างกลุ่มสูงที่สุด แสดงว่าข้อมูลในแต่ละกลุ่มมีลักษณะที่ต่างกันมากที่สุด (R Core Team, 2021; Vanichbuncha, 2011)

ผลการวิจัย

ปริมาณของแข็งและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของเนื้อมันและเนื้อมันของเชื้อพันธุกรรมเดิมและประเมินมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การทดสอบความแตกต่างหรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของเนื้อมัน และค่าสี L^* ของเนื้อมัน ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แสดงว่าลักษณะดังกล่าวมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อม (ปลูกต่างฤดูและสถานที่)

ลักษณะคุณภาพทางกายภาพและเคมีของพันธุ์เริ่มต้นมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าพันธุ์ที่ประเมินทุกลักษณะ แสดงว่าพันธุ์เริ่มต้นมีลักษณะที่แปรปรวนจากค่าเฉลี่ยของประชากรมากกว่า พันธุ์ไข่เน่าและพันธุ์การค้ำมีการผสมข้ามตามธรรมชาติ ส่งผลให้พันธุ์ประเมินมีความแปรปรวนน้อยกว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งของเชื้อพันธุกรรมฟักทองพันธุ์ไข่เน่าเริ่มต้นและประเมินเท่ากับ ร้อยละ 17.0 และ 14.7 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของเนื้อมัน เท่ากับ 11.0 และ 10.8 และเนื้อมัน เท่ากับ 11.2 และ 11.5 องศาบริกซ์ ค่าสี L^* ของเนื้อมัน เท่ากับ 73.2 และ 74.4 ด้านค่าความสว่างของสี (L^*) ในเนื้อฟักทองดิบของเชื้อพันธุกรรมเริ่มต้นมีสีสดใสมาก ค่า L^* ค่อนข้างแตกต่างกันระหว่าง 64.9-81.1 ค่าเฉลี่ย L^* เท่ากับ 73.2 (Table 1) และจัดได้ 3 กลุ่ม เชื้อพันธุกรรมส่วนใหญ่จำนวน 45 พันธุ์ เนื้อมันมีความสว่างปานกลาง โดยมีค่า L^* ระหว่าง 70.6-75.1 และมีจำนวน 28 พันธุ์ที่เนื้อมันมีค่า L^* สูงมากกว่า 75.1 ในขณะที่เชื้อพันธุกรรม

ที่ประเมินมีค่าระหว่าง 63.7-79.6 ค่าเฉลี่ย L^* เท่ากับ 74.4 แบ่งได้ 3 กลุ่ม ส่วนใหญ่มีค่า L^* ปานกลางระหว่าง 68.3-74.4 จำนวน 48 พันธุ์ (Table 2) ด้านค่าสีแดง-สีเขียว (a^*) พบว่า เชื้อพันธุกรรมเดิม เนื้อมันมีค่า a^* ระหว่าง 3.0-24.0 ค่าเฉลี่ย a^* เท่ากับ 11.3 (Table 1) จัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม เชื้อพันธุกรรมส่วนใหญ่จำนวน 55 พันธุ์ มีค่า a^* ต่ำ ระหว่าง 3.0-11.8 ในขณะที่เนื้อมันของเชื้อพันธุกรรมที่ประเมิน มีค่า a^* ระหว่าง 5.7-16.4 ค่าเฉลี่ย a^* เท่ากับ 11.9 แบ่งได้ 3 กลุ่ม ส่วนใหญ่มีค่า a^* ปานกลางระหว่าง 9.9-13.3 จำนวน 54 พันธุ์ (Table 2) ด้านค่าเหลือง-สีน้ำเงิน (b^*) พบว่าเชื้อพันธุกรรมเดิมเนื้อมันมีค่า b^* ระหว่าง 22.2-48.2 ค่าเฉลี่ย b^* เท่ากับ 32 (Table 1) จัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม เชื้อพันธุกรรมส่วนใหญ่จำนวน 72 พันธุ์ มีค่า b^* ต่ำ ระหว่าง 22.2-32.7 (Table 2) ในขณะที่เชื้อพันธุกรรมที่ประเมิน ในเนื้อมันมีค่า b^* ระหว่าง 24.5-36.5 ค่าเฉลี่ย b^* เท่ากับ 29.8 แบ่งได้ 3 กลุ่ม ส่วนใหญ่มีค่า b^* ปานกลางระหว่าง 26.1-33.3 จำนวน 54 พันธุ์ (Table 2) จะเห็นว่าเนื้อฟักทองดิบของเชื้อพันธุกรรมเดิมส่วนใหญ่มีสีเหลืองอมเขียวมากกว่าเชื้อพันธุกรรมที่ประเมินที่มีสีเหลืองอมส้ม

เมื่อนำเนื้อฟักทองไปนึ่งให้สุก พบว่าเนื้อฟักทองนึ่งสุกของเชื้อพันธุกรรมเดิมมีสีสดใสมาก แต่มีค่าค่อนข้างแตกต่างกันระหว่าง 36.3-67.2 ค่าเฉลี่ย L^* เท่ากับ 54.5 (Table 1) จัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม เชื้อพันธุกรรมส่วนใหญ่จำนวน 71 พันธุ์ เนื้อมันมีความสว่างสูง โดยมีค่า L^* ระหว่าง 52.1-61.6 ในขณะที่เชื้อพันธุกรรมที่ประเมินมีค่าระหว่าง 51.3-67.2 ค่าเฉลี่ย L^* เท่ากับ 56.7 แบ่งได้ 3 กลุ่ม ส่วนใหญ่มีค่า L^* ระดับสูงมากกว่า 55.2 จำนวน 76 พันธุ์ (Table 2) ด้านค่าสี a^* พบว่าเชื้อพันธุกรรมเดิมในเนื้อมันสุกมีค่า a^* ระหว่าง 0.5-22.3 ค่าเฉลี่ย a^* เท่ากับ 5.8 (Table 1) จัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม เชื้อพันธุกรรมส่วนใหญ่มีผลสอดคล้องกับค่า a^* ในเนื้อมัน คือ จำนวน 76 พันธุ์ มีค่า a^* ต่ำ ระหว่าง 0.5-8.3 ในขณะที่เชื้อพันธุกรรมที่ประเมิน ในเนื้อมันสุกมีค่า a^* ระหว่าง 1.4-7.1 ค่าเฉลี่ย a^* เท่ากับ 3.4 แบ่งได้ 3 กลุ่ม ส่วนใหญ่มีค่า

a* ระดับต่ำระหว่าง 1.4-3.3 จำนวน 49 พันธุ์ และมีอยู่จำนวน 46 พันธุ์ ที่เนื้อนึ่งสุกมีค่า a* ปานกลางระหว่าง 3.4-5.1 (Table 2) ด้านค่าสี b* พบว่าเชื้อพันธุ์กรรมเดิมในเนื้อนึ่งสุกมีค่า b* ค่อนข้างแตกต่างกันระหว่าง 4.6-43.3 ค่าเฉลี่ย b* เท่ากับ 18.1 (Table 1) จัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม เชื้อพันธุ์กรรมส่วนใหญ่มีผลสอดคล้องกับค่า b* ในเนื้อดิบ ที่เนื้อนึ่งสุกส่วนใหญ่มีค่า b* ระดับต่ำระหว่าง 4.6-21.4 จำนวน 72 พันธุ์ ในขณะที่เชื้อพันธุ์กรรมที่ประเมิน ในเนื้อนึ่งสุกมีค่า b* ระหว่าง 6.2-17.2 ค่าเฉลี่ย b* เท่ากับ 12.9 แบ่งได้ 3 กลุ่ม ส่วนใหญ่มีค่า b* ระดับปานกลางระหว่าง 10.3-16.0 จำนวน 89 พันธุ์ (Table 2) จะเห็นว่าเนื้อฟักทองนึ่งสุกค่า L*, a* และ b* ลดลงทั้งในกลุ่มเชื้อพันธุ์กรรมเดิมและเชื้อพันธุ์กรรมที่ประเมิน โดยเนื้อฟักทองของเชื้อพันธุ์กรรมเดิมเมื่อนำไปนึ่งสุกส่วนใหญ่มีสีเหลืองอมเขียวชัดเจนมากขึ้นกว่าในเนื้อดิบ ส่วนเชื้อพันธุ์กรรมที่ประเมินเมื่อนำไปนึ่งสุกจะมีสีเหลืองอมเขียวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ค่าสี L*, a* และ b* เนื้อของฟักทองที่นึ่งสุกมีความแปรปรวนน้อยกว่าเชื้อพันธุ์กรรมเดิม

ปริมาณของแข็งทั้งหมดของเชื้อพันธุ์กรรมเดิมมีค่าระหว่าง ร้อยละ 7.5-29.0 ค่าเฉลี่ยร้อยละ 16.7 จัดได้ 4 กลุ่ม เชื้อพันธุ์กรรม ร้อยละ 53 มีปริมาณของแข็งปานกลางระหว่างร้อยละ 12.2-19.0 ในขณะที่เชื้อพันธุ์กรรมที่ประเมินมีค่าระหว่าง ร้อยละ 9.4-19.9 ค่าเฉลี่ยร้อยละ 14.7 แบ่งได้ 3 กลุ่ม มีปริมาณของแข็งปานกลาง ระหว่างร้อยละ 12.6-17.8 จำนวน 75 พันธุ์

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของเนื้อดิบของเชื้อพันธุ์กรรมเดิมมีค่าระหว่าง 5.6-15.0 องศาบริกซ์ ค่าเฉลี่ย 11.0 องศาบริกซ์ สามารถแบ่งกลุ่มคุณภาพได้ 3 กลุ่ม กลุ่มค่าสูงและปานกลาง มากกว่า 12.2 และระหว่าง

6.9-12.2 องศาบริกซ์ จำนวน 45 และ 52 พันธุ์ เชื้อพันธุ์กรรมที่ประเมินมีค่าระหว่าง 7.8-15.8 องศาบริกซ์ ค่าเฉลี่ย 12.0 องศาบริกซ์ กลุ่มปานกลางมีค่าระหว่าง 9.8-13.4 จำนวน 73 พันธุ์

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของเนื้อนึ่งสุกของเชื้อพันธุ์กรรมเดิมมีค่าระหว่าง 6.4-17.0 ค่าเฉลี่ย 10.8 องศาบริกซ์ สามารถแบ่งกลุ่มคุณภาพได้ 3 กลุ่ม มีค่าปานกลาง ระหว่าง 9.6-13.5 องศาบริกซ์ จำนวน 73 พันธุ์ เชื้อพันธุ์กรรมประเมินมีค่าระหว่าง 7.4-15.4 องศาบริกซ์ ค่าเฉลี่ย 11.5 องศาบริกซ์ กลุ่มปานกลางมีค่าระหว่าง 9.8-12.7 องศาบริกซ์ จำนวน 66 พันธุ์

คุณภาพด้านความแข็ง (Hardness) ซึ่งบ่งชี้ถึงความแน่นเนื้อ (Firmness) พบว่าเนื้อฟักทองสดมีความแน่นมากกว่าเนื้อฟักทองนึ่งสุก เนื่องจากความร้อนในการนึ่งทำให้เนื้อฟักทองสุกและเนื้อนิ่มและมากขึ้น เชื้อพันธุ์กรรมเดิมมีค่าความแข็งของเนื้อฟักทองสดระหว่าง 3.9-13.6 กก. ค่าเฉลี่ย 9.3 กก. จัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม ค่าปานกลาง ระหว่าง 6.9-11.3 กก. จำนวน 74 พันธุ์ เชื้อพันธุ์กรรมที่ประเมินมีค่าระหว่าง 6.3-11.9 กก. ค่าเฉลี่ย 9.2 กก. ค่าปานกลาง ระหว่าง 6.9-11.3 กก. จำนวน 95 พันธุ์ เมื่อนำเนื้อฟักทองไปนึ่งสุก พบว่าเชื้อพันธุ์กรรมเดิมมีค่าความแน่นเนื้อระหว่าง 0.1-1.3 กก. ค่าเฉลี่ย 0.4 กก. จัดได้ 3 กลุ่ม มีค่าต่ำระหว่าง 0.1-0.4 กก. จำนวน 65 พันธุ์ ในขณะที่เชื้อพันธุ์กรรมประเมินมีค่าระหว่าง 0.1-1.2 กก. ค่าเฉลี่ย 0.2 กก. ค่าต่ำระหว่าง 0.1-0.6 กก. ร้อยละ 92 อย่างไรก็ตาม เชื้อพันธุ์กรรมเดิมและประเมินมีความแน่นเนื้อสุกสูงมากกว่า 0.8 และ 0.9 กก. จำนวน 7 และ 1 พันธุ์ ตามลำดับ (Table 1; Table 2)

Table 1 Physical and chemical character descriptive statistics and correlation and paired sample T-tests of 100 pumpkin heirloom varieties collected during October 2019 to October 2021 and evaluated during November 2021 to April 2022

Descriptive statistics	Total solid		Total soluble solid				Testure				Flesh color											
	Content		Fresh		Cooked		Fresh		Cooled		Fresh					Cooled						
	(%)	(%)	(°brix)	(°brix)	(°brix)	(°brix)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	<i>L</i> [*]		<i>a</i> [*]		<i>b</i> [*]		<i>L</i> [*]		<i>a</i> [*]		<i>b</i> [*]	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Average	17.0	14.7	11.0	11.2	10.8	11.5	9.3	9.2	0.4	0.5	73.2	74.4	11.3	11.9	32.0	29.8	54.5	56.7	5.8	3.4	18.1	12.9
Maximum	29.0		15.0	15.8	17.0	15.4	13.6	11.9	1.3	10.5	81.1	79.6	24.0	16.4	48.2	36.5	67.2	61.2	22.3	7.1	43.3	17.2
Minimum	7.5	9.4	5.6	7.8	6.4	7.4	3.9	6.3	0.1	0.1	64.9	63.7	3.0	5.7	22.2	24.5	36.3	51.3	0.5	1.4	4.6	6.2
Standard deviation	4.1	2.2	1.8	1.6	1.8	1.5	2.0	1.1	0.2	1.0	3.7	2.6	4.2	2.3	5.7	1.7	6.0	2.0	4.3	1.1	8.9	1.8
Correlation coefficient ^{1/}	**		**		**																	
Paired Sample Test ^{1/}	**				**						**											

* 1 = The data of initially collected varieties; ** 2 = The data of varieties evaluated during November 2021–April 2022.

^{1/} ** Significant at the level 0.01.

Table 2 Physical and chemical statistics and cluster analysis of 100 pumpkin heirloom varieties collected during October 2019 to October 2021 and evaluated during November 2021 to April 2022

	Total solid		Total soluble solid				Texture				Flesh color										Average			
	content		Fresh		Cooked		Fresh		Cooked		Fresh					Cooked								
	(%)	(%)	(° brix)	(° brix)	(° brix)	(° brix)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	L *		a*		b*		L *		a*		b*			
	1 *	2 **	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Groups																								
1	7.5-12.1	9.4-12.5	5.6-6.8	7.8-9.7	6.4-9.5	7.4-9.7	3.9-6.8	6.3-6.7	0.1-0.4	0.1-0.6	64.9-70.5	63.7-68.2	3.0-11.8	5.7-9.8	22.2-32.7	<26.1	36.3-44.1	<52.5	0.5-8.3	1.4-3.3	4.6-21.4	6.2-10.2		
2	12.2-19.0	12.6-17.8	6.9-12.2	9.8-13.4	9.6-13.5	9.8-12.7	6.9-11.3	6.8-11.2	0.5-0.8	0.7-0.9	70.6-75.1	68.3-74.4	11.9-18.7	9.9-13.3	32.8-38.6	26.1-33.3	44.2-52.0	52.5-55.2	8.4-15.1	3.4-5.1	21.5-30.0	10.3-16.0		
3	19.1-25.5	> 17.8	> 12.2	> 13.4	> 13.5	> 12.7	> 11.3	> 11.2	> 0.8	> 0.9	> 75.1	> 74.4	> 18.7	> 13.3	> 38.6	> 33.3	52.1-61.6	> 55.2	> 15.1	> 5.1	30.1-37.5	> 16.0		
4	> 25.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	> 61.6	-	-	-	> 37.5	-		
Cluster (%)																								
1	10.0	16.0	3.0	19.0	22.0	12.0	12.0	2.0	65.0	92.0	27.0	3.0	55.0	18.0	72.0	1.0	9.0	1.0	76.0	49.0	72.0	9.0	38.5	20.2
2	53.0	75.0	52.0	73.0	73.0	66.0	74.0	95.0	28.0	7.0	45.0	48.0	43.0	54.0	15.0	98.0	20.0	23.0	22.0	46.0	27.0	89.0	41.1	61.3
3	35.0	9.0	45.0	8.0	5.0	22.0	14.0	3.0	7.0	1.0	28.0	49.0	2.0	28.0	13.0	1.0	71.0	76.0	2.0	5.0	1.0	2.0	20.3	18.5
4	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.0

* 1 = The data of initially collected varieties; ** 2 = The data of varieties evaluated during November 2021–April 2022.

วิจารณ์ผลการวิจัย

คุณภาพทางกายภาพและเคมีของพันธุ์เริ่มต้นมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าพันธุ์ที่ประเมินทุกลักษณะ ยกเว้นคุณภาพด้านความแข็งของเนื้อนิ่งสุกแสดงให้เห็นว่าเชื้อพันธุ์กรรมเริ่มต้นมีฐานพันธุ์กรรมกว้างมากกว่าพันธุ์ที่ประเมิน นอกจากนี้ เนื้อฟักทองดิบของเชื้อพันธุ์กรรมเดิมส่วนใหญ่มีสีเหลืองอมเขียวมากกว่าเชื้อพันธุ์กรรมที่ประเมินซึ่งมีสีเหลืองอมส้ม ซึ่งอาจแสดงถึงการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างเชื้อพันธุ์ไข่น้ำกับพันธุ์การค้าซึ่งมีเนื้อสีเหลืองส้ม การรักษาพันธุ์กรรมของฟักทองพันธุ์ไข่น้ำจำเป็นต้องควบคุมการผสมเกสรเพื่อให้พันธุ์ไม่แปรปรวน เชื้อพันธุ์กรรมประเมินมีแนวโน้มให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในเนื้อดิบและนิ่งสุกสูงกว่าเชื้อพันธุ์กรรมเริ่มต้น ทั้งนี้อาจมีการผสมข้ามกับพันธุ์การค้าที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงกว่า สารพฤกษเคมีของฟักทองมีการถ่ายทอดพันธุ์กรรมลักษณะปริมาณ ซึ่งมียีนควบคุมมากคู่และสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงของลักษณะดังกล่าว ตลอดจนการถ่ายทอดพันธุ์กรรมเป็นแบบข้ามไม่สมบูรณ์ และมีความดีเด่นเหนือพ่อแม่จึงทำการความนิยมในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมได้ผลผลิตและคุณภาพสูงกว่าพันธุ์ผสมปล่อยซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Paris (1994) และ Sirohi and Yayasani (2001)

สรุปผลการวิจัย

ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของเนื้อนิ่งสุก และค่าสี L^* ของเนื้อดิบของเชื้อพันธุ์กรรมเริ่มต้นและประเมิน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สายพันธุ์เริ่มต้นมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลักษณะคุณภาพทางกายภาพและเคมีมากกว่าสายพันธุ์ที่ประเมินทุกลักษณะ สายพันธุ์เริ่มต้นและประเมินมีปริมาณของแข็งมากกว่าร้อยละ 19.0 ปริมาณ

ของแข็งที่ละลายได้ของเนื้อดิบและนิ่งสุกมากกว่า 12.0 องศาบริกซ์ สามารถใช้ประโยชน์ทรัพยากรพันธุ์กรรมฟักทองพันธุ์ไข่น้ำ ที่มีสารพฤกษเคมีในการบริโภคสูงและเนื้อสีเหลืองอมเขียว เพื่อปรับปรุงพันธุ์ร่วมกับพันธุ์ฟักทองที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน และสร้างพันธุ์ลูกผสมที่มีคุณภาพการบริโภคสูง และเนื้อสีเหลืองอมเขียวหรือสีเหลืองได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ในการสนับสนุนงบประมาณ โครงการหน่วยบริหารจัดการเชื้อพันธุ์กรรมผักวงศ์แตงระยะที่ 6

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2000. **The Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists**. 17th Edition. Washington D.C.: AOAC International. 2200 p.
- Khanobdee C. 2020. **Cucurbits Breeding and Seed Production**. Bangkok: O.S. Printing House Publishing House. 186 p. [in Thai]
- _____. 2021. Heirloom “Khi Nao” potential pumpkin varieties of Nan province (Part 1). **Kehakaset Magazine** 45(7): 86-89. [in Thai]
- Khanobdee C., P. Charoenwattana and S. Samipak. 2014. **Cucurbits Germplasm Unit: Phase IV**. Pathum Thani: National Science and Technology Development Agency. 198 p. [in Thai]

- Kim, M.Y., E.J Kim, Y-N Kim and B.C. Lee. 2012. Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (Cucurbitaceae) species and parts. **Nutrition Research and Practice** 6(1): 21-27.
- Paris, H. S. 1994. Genetic analysis and breeding of pumpkins and squash for high carotene content. pp 93-115. *In* Linskens H. F. and J.F. Jackson (eds.). **Vegetables and Vegetable Products**. Germany: Springer Berlin.
- Paris, H.S. and Les D. Jr. Padley. 2014. **Gene list for cucurbita species**. [Online]. Available <https://www.cuke.hort.ncsu.edu>cg>cggenes>gene14squash> (January 28, 2022).
- Park, Y.K., H.S Cha, M.W. Park, Y.H. Kang and H.M. Seog. 1997. Chemical components in different parts of pumpkin. **Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition** 26: 639-46.
- R Core Team. 2021. **R: a language and environment for statistical computing**. [Online]. Available <https://www.R-project.org/> (March 18, 2021).
- Sirohi, P.S. and S.R. Yayasani. 2001. Gene action of mineral elements and vitamins in pumpkin (*Cucurbita moschata*). **Vegetable Science** 28: 127-129.
- Vanichbuncha K. 2011. **Statistics for Research 13th Edition**. Bangkok: Thammasarn Company Limited. 491 p. [in Thai]
- Widjaja, E.A. and S. Sukprakarn. 1994. *Cucurbita* (PROSEA). pp. 160-165. *In* Siemonsma J.S. and K. Piluek (eds.). **Plant Resources of South- East Asia No.8 : Vegetables (PROSEA)**. Bogor: Prosea Foundation.
- USDA. 2006. **National nutrient database for standard reference, release 19**. [Online]. Available <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp> (December 22, 2021).

ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการปลูกผักบุ้งจีนร่วมกับการเลี้ยงปลานิล

ด้วยระบบอควาโปนิคส์

Suitable Density of Morning Glory together with the Nile Tilapia Culture in an Aquaponics System

ชำนาญ ขวัญสกุล

Chamnan Khwunsakun

สาขาเกษตรประยุกต์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

Applied Agriculture, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya

Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

Correspondent author: Ckwunsakun@hotmail.com

Received: May 24, 2022

Revised: June 14, 2023

Accepted: June 19, 2023

Abstract

The objectives of this research were (1) to design and develop growing beds for an aquaponics system together with fish tanks in PVC pipes and (2) to study the suitable number of morning glory plants in the aquaponics system that cultured Nile tilapia, which consisted of three main parts: 1) The growing tables were made of box steel, sized 0.80x1.50x0.80 m, 2) The growing beds were made of 2-inch blue PVC pipe, and 3) The 120-liter black plastic fish tank, with 30 fish per tank, together with 1, 2, 3, and 4 plants of morning glory/a growing pot, a completely randomized design (CRD) trial was conducted, with three repetitions each. Regarding the analysis of the morning glory production efficiency, the results showed that the Nile tilapia cultivation in a growing pot of two morning glory plants trended to increase height and had the Average Daily Gain (ADG) of the morning glory at 35.81 cm and 1.19 g/plant/day, respectively. Meanwhile, in the analysis of the Nile tilapia production efficiency, the results revealed that four plants per growing pot of morning glory trended to increase weight gain, and the AGDs of the Nile tilapia were at 13.30 g and 0.44 g/day, respectively. Moreover, one and four plants in a growing pot had the highest survival rates of the Nile tilapia, at 79.05% and 79.05%, respectively. The feed conversion ratio of the Nile tilapia was the least at 1.25 for four plants in a growing pot of morning glory, which had no statistically significant differences from other experiments.

Keywords: aquaponics system, Nile tilapia, morning glory

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควา-โปนิคส์จากท่อพีวีซีและ (2) ศึกษาจำนวนต้นผักบ่งที่เหมาะสมต่อการปลูกร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในระบบบอควาโปนิคส์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) โต๊ะปลูกสร้างจากเหล็กกล่อง ขนาด 0.80x1.50x0.80 เมตร 2) รางปลูก สร้างจากท่อพีวีซีสีฟ้า 2 นิ้ว และ 3) ถังเลี้ยงปลาพลาสติก ขนาด 120 ลิตร ทดสอบโดยการเลี้ยงปลานิลอายุ 2 เดือน จำนวน 30 ตัว/ถัง ร่วมกับการปลูกผักบ่งจำนวน 1, 2, 3 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ จากการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพการผลิตผักบ่ง พบว่าการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบ่ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้ความสูงของต้นที่เพิ่มขึ้นและมีอัตราการเจริญเติบโตของผักบ่งมากที่สุด คือ 35.81 ซม. และ 1.19 ซม./ต้น/วัน กรัมต่อกรัมต่อวัน ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ด้านการผลิตปลานิล พบว่าการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบ่ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลและมีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลมากที่สุด คือ 13.30 กรัม และ 0.44 กรัม/วัน ตามลำดับ และยังพบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบ่ง 1 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการรอดของปลานิลมากที่สุดเท่ากัน คือ ร้อยละ 79.05 และ 79.05 ตามลำดับ ส่วนอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิล พบว่าการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบ่ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลน้อยที่สุด เท่ากับ 1.25 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ

คำสำคัญ: ระบบบอควาโปนิคส์ ปลานิล ผักบ่ง

คำนำ

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ หลายประการ เช่น การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ การเสื่อมโทรมของดิน การขาดแคลนน้ำ และความมั่นคงด้านอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในทางการเกษตร อควาโปนิคส์ถือว่าเป็นศาสตร์แห่งการบูรณาการระหว่างการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบเข้มข้น กับการผลิตพืชในระบบน้ำหมุนเวียนหรือไม่ใช้ดิน พบว่าอควาโปนิคส์ให้ประโยชน์มากกว่าการเพาะปลูกพืชแบบทั่วไป รวมทั้งเป็นการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินด้วย เพราะเป็นการนำเอาน้ำเสียมาปรับปรุงและนำกลับมาใช้ซ้ำ เป็นการใช้พลังงานน้ำและสารอาหารอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และคำนึงถึงระบบนิเวศได้อย่างดีเยี่ยม ประหยัดต้นทุน การใช้ทรัพยากรในพื้นที่ที่มีราคาสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตทางการเกษตรอื่น ๆ สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลงหรือสารกำจัดวัชพืช มีข้อมูลว่าอควาโปนิคส์ใช้น้ำน้อยกว่าการทำฟาร์มแบบเดิมถึงร้อยละ 90 และให้ผลผลิตต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุตมากกว่าถึง 6 เท่า ระบบบอควาโปนิคส์เป็นการเลี้ยงปลาผสมผสานกับระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ เป็นระบบการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากปริมาณธาตุอาหารที่เกิดจากการขับถ่ายของเสียในปลา นำมาใช้เป็นธาตุอาหารของพืชแทนการถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเพื่อกำจัดของเสียออกไปในระบบบำบัด โดยพืชจะทำหน้าที่ดึงไนโตรเจนด้วยกลไกต่าง ๆ เช่น การดูดซึมแอมโมเนียหรือไนเตรท การระเหยของแอมโมเนีย การตกตะกอนของอนุภาคไนโตรเจน ขบวนการ Nitrification และ Denitrification (Nongnuch, 2001) การหมุนเวียนน้ำผ่านระบบบอควาโปนิคส์มีผลทำให้คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงไม่เป็นอันตรายต่อปลา (Surit, 2009) การพัฒนานำวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาผสมผสานกับระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นวิธีที่เหมาะสมเพราะธาตุ

อาหารที่เกิดจากของเสียจะถูกพืชนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้ (Nair *et al.*, 1985) ซึ่งการเลี้ยงปลา ร่วมกับการปลูกพืชมีประสิทธิภาพดีทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็น การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำ ผลผลิตพืช รวมถึงการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลา (Lewis *et al.*, 1978) การพัฒนานำวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาผสมผสานกับระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นวิธีที่เหมาะสมเพราะธาตุอาหารที่เกิดจากของเสียจะถูกพืชนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้ (Nair *et al.*, 1985) ซึ่งการเลี้ยงปลา ร่วมกับการปลูกพืชมีประสิทธิภาพดีทุกด้านไม่ว่าจะเป็น การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำ ผลผลิตพืช รวมถึงการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลา (Lewis *et al.*, 1978) จากรายงานของ Bikash *et al.* (2020) ที่ได้พัฒนาชุดปลูกผักร่วมกับ ถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ระบบ NFT แบบพกพาต้นแบบ โดยมี 4 องค์ประกอบหลัก คือ 1) ถังเลี้ยงปลาทรงกลม (ไฟเบอร์กลาส) ขนาด 2.15×0.9 เมตร ที่มีความจุ 2,800 ลิตร 2) ถังกรองชีวภาพ ประกอบด้วย ถังโพลีโพรไพลีน (PP) ความจุ 100 ลิตร และถังพลาสติกเสริมเส้นใยแก้ว (FRP) ขนาด 4×0.9×0.35 เมตร (2.64 ตร.ม.) 3) พื้นปลูกพืชและท่อโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ขนาด 0.6×0.7 เมตร ที่มีความจุ 200 ลิตร และ 4) ระบบหมุนเวียนน้ำอัตโนมัติที่ออกแบบและทำงานอัตโนมัติ มีอัตราการไหลเฉลี่ย 94.7 ลิตร/ชั่วโมง สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของระบบได้เลี้ยงปลาสร้อย จำนวน 54 ตัว/ลบ.ม. ในถังเลี้ยงปลา และปลูกต้นดาวเรือง 27 ต้น/ตร.ม. ในพื้นที่ปลูกพืช หลังการทดลองพบว่า ปลามีความยาวและน้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้นร้อยละ 77.04 และ 397.2 จากระยะแรก ตามลำดับ และต้นดาวเรืองสามารถเก็บเกี่ยวได้ 107 ดอก/ตร.ม. การลดลงของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด ในตัวกรองชีวภาพพบว่ามีค่าร้อยละ 61.97 จากชุดการปลูกพืชร่วมกับการเลี้ยงปลาหรืออควาโปนิคส์ดังกล่าว พบว่าต้องมีวัสดุอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นระบบหลายอย่าง นั้นหมายถึงต้นทุนการผลิตทั้งสิ้น เช่น พื้นที่ปลูกพืช ถังเลี้ยงปลา ปั๊มน้ำสำหรับการ

หมุนเวียนน้ำ และอื่น ๆ ที่มีขนาดและราคาแตกต่างกันไปตามท้องถิ่น และมีการใช้ถังกรองชีวภาพ (Biofilter) ในการควบคุมปริมาณของเสียในถังเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์นี้ไม่ใช่ ซึ่งเป็นข้อดีถือว่าเป็นการลดขั้นตอนของระบบ และค่าใช้จ่ายลงได้บางส่วน รวมทั้งดัดแปลงวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่นมาเป็นส่วนประกอบทำให้การเข้าถึงของเกษตรกรมีมากขึ้น และสามารถผลิตชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาได้เองโดยไม่ต้องซื้อ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ และศึกษาจำนวนต้นผักบุงที่เหมาะสมต่อการปลูกร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในระบบบอควาโปนิคส์และทดสอบระบบว่าสามารถปลูกผักร่วมกับการเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียนได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การดำเนินงานออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ ผู้ศึกษาได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

การสร้างชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ และการเก็บข้อมูล

1. การเตรียมชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ เป็นระบบ DFT (Deep Flow Technique) เป็นการปลูกพืชที่ให้สัมผัสกับน้ำลึก 3-5 ซม. โดยปลูกในรางปลูก (Grow bed) จำนวน 12 ชุดนำไปวางในโรงเรือนมุงด้วยพลาสติกพรางแสงสีดำ (Saran) ชนิด 80 เปอร์เซนต์

2. การเตรียมกล้าผัก นำเมล็ดผักบุงจินแซ่ในภาชนะเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการหยอดเมล็ดผักบุงจินใส่ลงรอยผ่าของแผ่นฟองน้ำในถาดพลาสติก จำนวน 1, 2, 3 และ 4 เมล็ด ตามสิ่งทดลองเก็บไว้ในที่ร่ม 3 วัน เมล็ดจะเริ่มงอก จากนั้นนำไปวาง

บนโต๊ะภายใต้โรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง ปลอยต้นกล้าให้มีใบจริง หรืออายุ 10 วัน ให้ฉีกฟองน้ำ แล้วนำต้นกล้าปักลงในใส่ลงในถาดปลูก (Grow pot) และวางในรางปลูกของชุดรางปลูกพร้อมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์ ตามสิ่งทดลอง

3. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตผักกุ่มและการเก็บข้อมูล โดยใช้รอบการผลิตผักกุ่มที่ 40 วัน ซึ่งรวมระยะเวลาในการเพาะกล้าที่ 10 วัน ในการทดลองใช้ระยะเวลาการปลูกผักกุ่มที่ 30 วัน/รอบการผลิต และการเก็บข้อมูลของผักกุ่มโดยการวัดความสูงต้น และคำนวณข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นรอบการผลิตผักกุ่ม โดยนำข้อมูลของผักกุ่มมาคำนวณเปรียบเทียบความสูง และอัตราการเจริญเติบโต ดังนี้

1) ความสูงผักกุ่ม = ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

2) อัตราการเจริญเติบโต (ADG)
เซนติเมตร/วัน

= $\frac{\text{ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการทดลอง}}$

ระยะเวลาในการทดลอง

3) การแสดงอาการขาดธาตุอาหาร

การทดสอบระบบชุดปลูกโดยการศึกษาจำนวนต้นผักกุ่มที่เหมาะสมต่อการปลูกร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในระบบอควาโปนิคส์

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ การทดลองที่ 1 ชุดควบคุม ผักกุ่ม 1 ต้น/ถาดปลูก การทดลองที่ 2 ผักกุ่ม 2 ต้น/ถาดปลูก การทดลองที่ 3 ผักกุ่ม 3 ต้น/ถาดปลูก และการทดลองที่ 4 ผักกุ่ม 4 ต้น/ถาดปลูก

การเตรียมระบบการเลี้ยงปลานิลในระบบอควาโปนิคส์และการเก็บข้อมูล

1. การเลี้ยงปลานิลในชุดรางปลูกผักกุ่มร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์ ใช้ถังพลาสติกสีดำ

ขนาด 120 ลิตร จำนวน 12 ถัง เติมน้ำลงถังในปริมาตร 100 ลิตร ซื้อลูกพันธุ์ปลานิล อายุ 2 เดือน จากฟาร์มเอกชน สุ่มชั่งน้ำหนักและนับจำนวนลูกปลานิล แล้วปลอยลงถังเลี้ยง ถังละ 30 ตัว (น้ำหนักเริ่มต้นของปลานิลเฉลี่ย 8.0 กรัม)

2. การให้อาหารปลานิล วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 09.00 น. และ 15.00 น. โดยให้อาหารจนปลาอิ่ม

3. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตปลานิลและการเก็บข้อมูล ทำการตรวจสอบการเจริญเติบโต และอัตราการรอดปลานิล โดยชั่งน้ำหนักลูกปลานิลถังละ 10 ตัว ก่อนการทดลอง เพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักปลาต่อตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และสุ่มจับปลานิลจากถัง ๆ ละ 10 ตัว หาน้ำหนักเฉลี่ยของปลาเมื่อสิ้นสุด เก็บข้อมูลทั้งหมดจนจบการทดลอง และนับอัตราการรอดของปลาแต่ละการทดลอง จากนั้นบันทึกและคำนวณข้อมูล เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองรวมระยะเวลาในการเลี้ยงปลา 40 วัน (ตามอายุของผักกุ่ม) นำข้อมูลมาคำนวณเปรียบเทียบน้ำหนักที่เพิ่มของปลา อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลา ดังนี้

1) น้ำหนักที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Weight gain)

Weight Gain =

$\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}$

2) อัตราการเจริญเติบโต (Average daily gain: ADG) กรัม/วัน

ADG =

$\frac{(\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{ระยะเวลาในการทำทดลอง}}$

ระยะเวลาในการทำทดลอง

3) อัตราการรอด (Survival rate) %

Survival rate = $\frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$

4) อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion rate: FCR)

$$FCR = \frac{\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

5) ข้อมูลคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา ได้แก่ pH, EC อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด

4. การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธีของ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์

จากการออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์เป็นระบบ DFT (Deep flow technique) เป็นการปลูกพืชที่ให้สัมผัสกับน้ำลึก 3-5 ซม. ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1) โต๊ะปลูก (Grow table) สร้างจากเหล็กกล่อง ขนาด 1x1 นิ้ว โดยการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม ให้มีขนาด

กว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.50 เมตร และความสูง 0.80 เมตร (Figure 1)

2) รางปลูก (Grow bed) สร้างจากท่อพีวีซีสี่เหลี่ยม ขนาด 2 นิ้ว ตัดให้มีความยาว 1.50 เมตร จำนวน 6 ท่อน เจาะรูด้วยสว่านไฟฟ้าที่ท่อด้วยหัวเจาะลูกบิดประตูดึง (Hole saw) ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรู 4 ซม. แต่ละรูห่างกัน 15 ซม. จะได้ท่อนละ 11 หลุมปลูก ทั้งหัวและท้ายรางปลูกแต่ละท่อนประกอบเข้ากับข้อลด ขนาด 2 x 1/2 นิ้ว ข้อต่อสามทาง ขนาด 1/2 นิ้ว ข้องอ ขนาด 1/2 นิ้ว ข้อต่อเกลียวใน ขนาด 1/2 นิ้ว และต่อกับท่อพีวีซี ขนาด 1/2 นิ้ว ขนาดความยาวต่าง ๆ ให้เป็นชุดรางปลูก (Figure 2)

3) ถังเลี้ยงปลา (Fish Tank) ใช้ถังพลาสติกสีดำ ขนาดความจุ 120 ลิตร มีความสูง 75 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางปากถัง กว้าง 50 ซม.

การประกอบชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ โดยการนำรางปลูกไปวางบนโต๊ะปลูก แล้วยึดด้วยตัวรัดพีวีซี ขนาด 2 นิ้ว นำถังเลี้ยงปลา มาวางด้านหัวรางปลูก แล้วต่อด้วยสายยางขนาด 1/2 นิ้ว เข้ากับปั้มน้ำไฟฟ้า เดินสายไฟและติดตั้งปลั๊กไฟ และเติมน้ำลงในถังเลี้ยงปลา การทำงานของชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ (Figure 3)

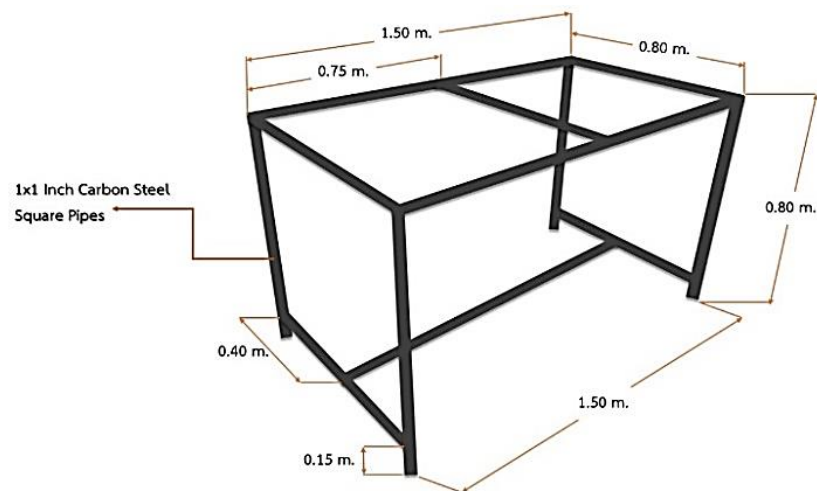


Figure 1 The size of grow table in DFT aquaponics system by PVC pipes

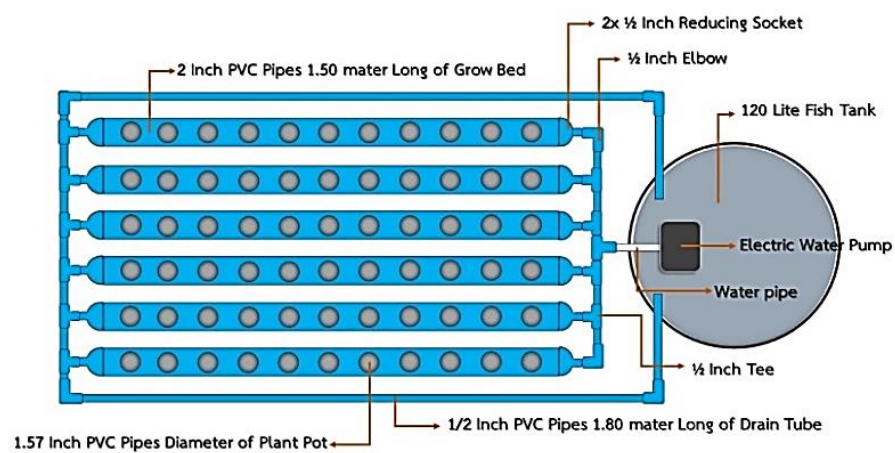


Figure 2 The component of grow bed together with fish tank in DFT aquaponics by system by PVC pipes

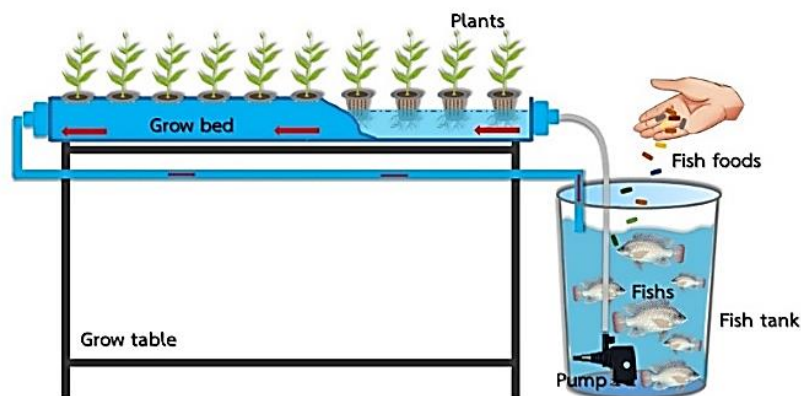


Figure 3 The recirculating of DFT aquaponics system

การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

ความสูงของผักบุ้ง

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้ความสูงต้นมากที่สุด คือ 35.81 ซม. รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีความสูงต้น คือ 30.67 ซม. การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีความสูงต้น คือ 30.53 ซม. และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีความสูงต้นน้อยที่สุด คือ 30.27 ซม. ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

อัตราการเจริญเติบโตของผักบุ้ง

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วย

ปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งมากที่สุด คือ 1.19 เซนติเมตร/ต้น/วัน รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้ง คือ 1.02 และ 1.02 เซนติเมตร/ต้น/วัน ตามลำดับ และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งน้อยที่สุด คือ 1.01 เซนติเมตร/ต้น/วัน ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

การแสดงอาการขาดธาตุอาหาร

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มทำให้ต้นผักบุ้งแสดงอาการขาดธาตุอาหารบริเวณยอดอ่อน โดยมีอาการใบไหม้ในระดับปานกลาง ส่วนการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 และ 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีอาการใบไหม้ในระดับน้อย (Table 1)

Table 1 Effect of number of morning glory/grow pot on growth, increasing height, crop growth rate (CGR) and leaf burn, weight gain, average daily gain (ADG), survival rate and feed conversion rate of fish in grow bed together with fish tank in aquaponics system

Morning glory's growth				Nile tilapia			
Number of morning glory /grow pot	Increasing height (cm)	Average daily gain (ADG) (cm/grow/day)	Leaf burn	Weight gain (g)	Average daily gain (ADG) (g/day)	Survival rate (%)	Feed conversion rate
1	30.67	1.02	little	12.66	0.42	79.05	1.33
2	35.81	1.19	little	11.06	0.37	63.14	1.40
3	30.27	1.01	medium	12.10	0.40	75.24	1.45
4	30.53	1.02	medium	13.30	0.44	79.05	1.25
F-test	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns
CV%	13.22	13.22	-	13.80	13.08	12.31	15.56

ns = not significantly different at $p>0.05$ **การเจริญเติบโตของปลานิล****น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิล**

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลมากที่สุด คือ 13.30 กรัม รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิล คือ 12.66 กรัม การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิล คือ 12.10 กรัม และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลน้อยที่สุด คือ 11.06 กรัม ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

อัตราการเจริญเติบโตของปลานิล

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลมากที่สุด คือ 0.44 กรัม/วัน รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล คือ 0.42 กรัม/วัน การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล คือ 0.40 กรัม/วัน และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลน้อยที่สุด คือ 0.37 กรัม/วัน ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

อัตราการรอดของปลานิล

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการรอดของปลานิลมากที่สุด คือ ร้อยละ 79.05 และ 79.05 ตามลำดับ รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล คือ ร้อยละ 75.24 และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 63.14 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิล

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลน้อยที่สุด เท่ากับ 1.25 รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิล เท่ากับ 1.33 การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิล เท่ากับ 1.40 และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลมากที่สุด เท่ากับ 1.45 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

ข้อมูลคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1, 2, 3 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา มีค่าความ

เป็นกรดเป็นด่าง (pH) คือ 7.67, 7.90, 7.83 และ 7.70 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

อุณหภูมิของน้ำ

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1, 2, 3 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา มีอุณหภูมิ คือ 29.97, 29.67, 29.93 และ 28.97 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุด คือ 134.67 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีค่า การนำไฟฟ้า คือ 115.33 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 83.67 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 52.33 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมดมากที่สุด คือ 59.67 ppm รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

ทั้งหมด คือ 55.00 ppm การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด คือ 39.33 ppm และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีปริมาณของแข็ง

ทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมดน้อยที่สุด คือ 25.00 ppm ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

Table 2 Effect of number of morning glory/grow pot on growth, pH of water, temperature of water, electrical conductivity of water, water and total dissolved solids of fish in grow bed together with fish tank in aquaponics system

Number of morning glory /grow pot	pH of water	Temperature of water (°C)	Electrical conductivity of water (µs/cm)	Total dissolved solids (ppm)
1	7.67	29.97	134.67 ^a	59.67 ^a
2	7.90	29.67	83.67 ^c	39.33 ^c
3	7.83	29.93	115.33 ^b	55.00 ^b
4	7.70	28.97	52.33 ^d	25.00 ^d
F-test	ns	ns	**	**
CV%	13.22	13.22	33.93	31.95

ns = not significantly different at $p>0.05$; ** = significantly different at $p>0.01$

วิจารณ์ผลการวิจัย

ชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นเป็นระบบ NFT (Nutrient film technique) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) โต๊ะปลูก (Grow table) สร้างจากเหล็กกล่องขนาด 1x1 นิ้ว กว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.50 เมตร และสูง 0.80 เมตร (มีพื้นที่ปลูกพืช 1.2 ตร.ม.) 2) รางปลูก (Grow bed) สร้างจากท่อพีวีซีสี่เหลี่ยม ขนาด 2 นิ้ว และ 3) ถังเลี้ยงปลา (Fish tank) จากถังพลาสติกสีดำ ขนาดความจุ 120 ลิตร โดยไม่มีถังกรองชีวภาพ ซึ่งแตกต่างกับ Bikash *et al.* (2020) ที่รายงาน ว่า ชุดปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์ระบบ NFT แบบพกพาต้นแบบ มี 4 องค์ประกอบหลัก คือ 1) ถังเลี้ยงปลาทรงกลม (ไฟเบอร์

กลาส) ขนาด 2.15x0.9 เมตร ที่มีความจุ 2,800 ลิตร 2) ถังกรองชีวภาพ ประกอบด้วย ถังโพลีโพรไพลีน (PP) ความจุ 100 ลิตร และถังพลาสติกเสริมเส้นใยแก้ว (FRP) ขนาด 4x0.9x0.35 เมตร (ใช้พื้นที่ 2.64 ตร.ม.) 3) พื้นที่ปลูกพืชและบ่อโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ขนาด 0.6x0.7 เมตร ที่มีความจุ 200 ลิตร และ 4) ระบบหมุนเวียนน้ำอัตโนมัติ ที่ออกแบบและทำงานอัตโนมัติ มีอัตราการไหลเฉลี่ย 94.7 ลิตร/ชั่วโมง ที่พบว่ามีการใช้ถังกรองชีวภาพ และวัสดุอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ หลายส่วน ใช้พื้นที่มาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิต แต่ชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์จากท่อพีวีซีนี้ ไม่ใช้ ซึ่งเป็นข้อดีถือว่าเป็นการลดขั้นตอนของระบบ และค่าใช้จ่ายลงได้บางส่วน รวมทั้งดัดแปลงวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่นมาเป็นส่วนประกอบ ทำให้การเข้าถึง

ของเกษตรกรมีมากขึ้น และสามารถผลิตชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาได้เองโดยไม่ต้องซื้อ และจากการทดสอบระบบโดยการปลูกผักบั้ง 1, 2, 3 และ 4 ต้นต่อถ้วยปลูก ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลจำนวน 30 ตัว พบว่า มีความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักบั้งต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตของผักบั้งดี มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลต่อวัน น้ำหนักที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และให้อัตราการรอดตายของปลานิลสูง และมีคุณภาพน้ำโดยรวมที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับ Bikash *et al.* (2020) ที่รายงานว่า การเลี้ยงปลาสาวย จำนวน 54 ตัว/ลบ.ม. ในถังเลี้ยงปลา ร่วมกับการปลูกต้นดาวเรือง 27 ต้น/ตร.ม. หลังการทดลองพบว่า ปลามีความยาวและน้ำหนักเพิ่มขึ้น 77.04 และ 397.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากระยะแรกและต้นดาวเรืองสามารถเก็บเกี่ยวได้ 107 ดอก/ตร.ม.

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตผักบั้งพบว่า มีความสูงที่เพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 30.27-35.81 ซม. และมีอัตราการเจริญเติบโตของผักบั้ง อยู่ในช่วง 1.01-1.19 ซม./ต้น/วัน ทั้งค่าความสูงที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตของผักบั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละชุดการทดลอง สอดคล้องกับ Andreas and Ranka (2009) รายงานว่า การใช้สารอาหารจากน้ำทิ้งในระบบบำบัดของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อการผลิตพืชในระบบอควาโปนิคส์ เปรียบเทียบกับการผลิตพืชในระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยประเมินประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตในด้านผลผลิตของพืช 3 ชนิด ได้แก่ มะเขือม่วง มะเขือเทศ และแตงกวาพบว่า ทั้งสองระบบมีการให้ผลผลิตของพืชทั้ง 3 ชนิด ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบั้ง จำนวน 2 ต้นต่อถ้วยปลูก มีแนวโน้มว่าให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักบั้งและอัตราการเจริญเติบโตของผักบั้งมากที่สุด โดยความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักบั้ง คือ 35.81 เซนติเมตร และอัตราการเจริญเติบโตของผักบั้ง คือ 1.19 ซม./ต้น/วัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับ Walailak University (2017) รายงานว่า จำนวนพืชที่ปลูกมีความสัมพันธ์โดยตรงกับ

จำนวนปลา ขนาดของปลา และปริมาณอาหารปลาที่ให้แต่ละวัน

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตปลานิลพบว่า อัตราการรอดตาย อยู่ในช่วง 63.14-79.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละชุดการทดลอง โดยปลานิลมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อยู่ในช่วง 11.06-13.30 กรัม อัตราการเจริญเติบโต อยู่ในช่วง 0.37-0.44 กรัม/วัน และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อยู่ในช่วง 1.25-1.45 กรัมทั้งค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละชุดการทดลอง สอดคล้องกับ Anun *et al.* (1998) รายงานว่า การเลี้ยงปลาหมอไทยในกระชังในความหนาแน่นที่ต่างกัน พบว่าการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน และสอดคล้องกับ Jirapa *et al.* (2011) รายงานว่า การเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่น 25-75 ตัวต่อตร.ม. ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต เช่นเดียวกัน และสอดคล้องกับ Anantharaja *et al.* (2017) รายงานว่า จากการศึกษากาการเจริญเติบโตและเปอร์เซ็นต์การรอดของปลาหมอไทยในระบบอควาโปนิคส์แบบ NFT ร่วมกับการปลูกผักปลังขาว พบว่าความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของปลาหมอไทยในระบบ อควาโปนิคส์ที่มีถังบำบัด การเจริญเติบโตของปลา การเพิ่มน้ำหนักรายวัน (DWG) อัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และเปอร์เซ็นต์การรอดของปลาที่เลี้ยงในระบบอควาโปนิคส์ดีกว่าปลาในถังควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบั้ง จำนวน 4 ต้นต่อถ้วยปลูก มีแนวโน้มเหมาะสมที่สุดเพราะให้อัตราการรอดตายของปลานิลสูงที่สุด คือ 79.05 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตของปลานิล สูงที่สุด คือ 0.44 กรัม/วัน น้ำหนักที่เพิ่มของปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงที่สุด คือ 13.30 กรัม และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบั้ง 4ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการแลกเปลี่ยน

อาหารเป็นเนื้อของปลานิลน้อยที่สุด เท่ากับ 1.25 โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ

สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผัก ร่วมกับเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์จากท่อพีวีซี โดยมิโตะปลูก ขนาด 0.80x1.50x0.80 เมตร ที่ทำจากเหล็กกล่อง 1x1 นิ้ว รางปลูกจากท่อพีวีซี ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 6 รางปลูก ๆ ละ 11 ถ้วยปลูก ใช้ถังพลาสติก ขนาด 120 ลิตร สำหรับเลี้ยงปลาสามารถปลูกผักบ่งจิ้นร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนได้ โดยพบว่าในหนึ่งรอบการปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิตผักบ่งจิ้น (30 วัน) การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบ่งจิ้น 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มเหมาะสมที่สุด โดยให้ความสูงต้น อัตราการเจริญเติบโตของผักบ่งจิ้นมากที่สุด และการแสดงอาการขาดธาตุอาหารของผักบ่งจิ้นน้อยที่สุด แต่ทั้งนี้แนะนำให้ทำการศึกษาการปลูกผักบ่งจิ้นอีก 3 รอบ เพื่อให้สอดคล้องกับรอบการจับปลานิล 4 เดือน เพราะจากข้อมูลพบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบ่งจิ้น จำนวน 4 ต้นต่อถ้วยปลูก มีแนวโน้มดีในด้านอัตราการรอดตายของปลานิล อัตราการเจริญเติบโตของปลานิล น้ำหนักที่เพิ่มของปลานิล และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลน้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณรายได้ประจำปี พ.ศ. 2562 และขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Anantharaja K., B.C. Mohapatra, B.R. Pillai R. Kumar, C. Devaraj and D. Majhi. 2017. Growth and survival of climbing perch, *Anabas testudineus* in Nutrient Film Technique (NFT) aquaponics system. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies** 5(4): 24-29.
- Andreas G. and J. Ranka 2009. Aquaponic systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination** 246(1-3): 147-156.
- Anun S., R. Chaiwat and S. Charenchai. 1998. **Effect of Stocking Density on Growth and Yield of Climbing perch, *Anabas testudineus* (Bloch), Cultured in Cage in Peatswamp Area, Narathiwat Province.** Bangkok: Department of Fisheries. 28 p. [in Thai].
- Bikash, C.M., K.C. Nitish, K.P. Sandip, M.B. Dukhia and P. Raman. 2020. Design and development of a portable and streamlined nutrient film technique (NFT) aquaponic system. **Aquacultural Engineering** 90(102100). [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102100> (April 5, 2023).
- Jirapa P., S. Chaiyasit, S. Kriengrai and S. Nantiya. 2011. **Nursing of Sand Goby (*Oxyeleotris mamorata* Bleeker, 1852) Fingerling in Earthen Pond Different Stocking Densities.** Bangkok: Department of Fisheries. 34 p. [in Thai]

- Lewis, W.M., J.H. Yoop, H.L. Schramm and A.M. Brandenburg. 1978. Use of hydroponics to maintain water quality of recirculated water in a fish culture system. **Transl. Am. Fish Soc.** 107(1): 92-99.
- Nair, A., J.E. Rakocy and J.A. Hargreaves. 1985. Water quality characteristics of a closed recirculating system for tilapia culture and tomato hydroponics. pp. 223-254. *In* R. Day and T.L. Richards (ed.). **Proc. 2nd Int. Conf. on Warmwater Aquaculture Finfish, 5-8 Feb.** Provo: Office of Contin. Educ., Laie, HI, Brigham Young University.
- Nongnuch, L. 2001. Aquaponics for ornamental fish aquaculture system and aquatic plant. **Home Agricultural Magazine** 25(7): 205-215. [in Thai]
- Surit, S. 2009. **Cultivation of Hybrid Catfish in Recirculating Concrete Pond with Hydroponic System.** Master Thesis. Maejo University. 102 p. [in Thai]
- Walailak University. 2017. **Handbook of Fish Farming in Combination with Plant Cultivation in Aquaponics.** Nakhon Si Thammarat: School of Agricultural Technology. 19 p. [in Thai]

การเลี้ยงปูนาพันธุ์ *Esanthelphusa dugasti* ที่เสริมด้วยเปลือกไข่

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

The Culture of Rice-field Crabs, *Esanthelphusa dugasti* by Using Eggshells Powder as Feed Supplement to Improve the Growth Performance and Survival Rate

วิจิตรา อรรถสาร^{1*} อติเทพชัยการณ ภาชนะวรรณ¹ จิรวรรณ คำธร¹ และอนวัทย์ ผาลี²

Vijitta Atthasan^{1*}, Adithepchaikarn Pachanawan¹, Jirawan Khamthorn¹ and Anawat Phalee²

¹คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม 48000

²คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

¹Faculty of Agriculture Technology, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom, Thailand 48000

²Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, Thailand 65000

*Corresponding author: tsareeporn@hotmail.com

Received: May 02, 2022

Revised: April 19, 2023

Accepted: April 27, 2023

Abstract

The study of the culture of rice-field crabs, *Esanthelphusa dugasti* by egg shell powder supplementation to increase growth efficiency and survival rate was completely randomized design (CRD) experiment which included 5 experimental sets of 3 repetitions each. The 1st experimental set consisted of food without eggshell powder supplementation (control group). Whereas, the 2nd – 5th experimental sets comprised of food with eggshell powder supplementation of 3, 5, 7 and 10%, respectively, by using baby crabs aged 7 days after detaching from their mother's abdomen. The mean starting weight was 0.006 g with mean initial carapace width of 0.218±0.008 cm and mean initial carapace length of 0.178±0.011 cm. The period of culture was 90 days. It was found that rice-field crabs fed with egg shell powder supplements had better growth efficiency than the control group. Besides, rice-field crabs with 7% eggshell powder supplementation yielded better growth efficiency of mean weight gain (WG), average daily weight gain (ADG), mean carapace width gain (CW) and mean carapace length gain (CL) for 3.535±0.513 g, 0.039±0.006 g/day, 1.996±0.120 cm and 1.640±0.092 cm, respectively. Moreover, the mean survival rate was 93.333±2.887%. Therefore, the 7% eggshell powder supplementation is suitable for rice-field crab farming and can be further developed to increase the production capacity of rice-field crab farming system.

Keywords: rice-field crab, eggshell powder, growth, survival rate

บทคัดย่อ

การศึกษาการเลี้ยงปูนา *Esantheiphusa dugasti* ที่เสริมด้วยผงเปลือกไข่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มทดลอง ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลอง ๑ ละ 3 ซ้ำ คือ ชุดการทดลองที่ 1 อาหารที่ไม่มีการเสริมเปลือกไข่ (ชุดควบคุม) และชุดการทดลองที่ 2-5 อาหารเสริมด้วยเปลือกไข่ 3, 5, 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยใช้ลูกปูนาอายุ 7 วัน หลังจากที่ได้รับจากท้องแม่ มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.006 กรัม ความกว้างกระดองเริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.218±0.008 ซม. และความยาวกระดองเริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.178±0.011 ซม. ระยะเวลาการเลี้ยง 90 วัน พบว่าปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการเสริมเปลือกไข่ในอาหาร โดยปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ที่ปริมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ในด้านน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (WG) น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ความกว้างกระดองเพิ่มเฉลี่ย (CWG) และความยาวกระดองเพิ่มเฉลี่ย (CLG) เท่ากับ 3.535±0.513 กรัม 0.039±0.006 กรัมต่อวัน 1.996±0.120 ซม. และ 1.640±0.092 ซม. ตามลำดับ รวมถึงอัตราการรอดตาย เท่ากับ 93.333±2.887 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นอาหารเสริมด้วยเปลือกไข่ที่ปริมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปูนา และสามารถต่อยอดเพื่อการเพิ่มผลผลิตระบบการเลี้ยงปูนา

คำสำคัญ: ปูนา เปลือกไข่ การเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย

คำนำ

ปูนา (Rice-field crab) เป็นปูน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง มักอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีน้ำขังหรือมีความชื้น ชอบขุดรูตามคันนาหรือคูน้ำ ปูนาในประเทศไทย พบ 3 สกุล คือ *Sayamia*, *Chulathelphusa* และ *Esantheiphusa* (เดิมเรียกว่า *Samoniathelphusa*) อยู่ในวงศ์ (Family) Parathelphusidae (Naiyanetr, 1994) ปูนานับได้ว่ามีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศ พบแพร่กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย และยังเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลาย เช่น ปูนาชุบแป้งทอด ปูนาึ่ง อ่อมปู ลาบปู ปูปิ้ง มันปู น้ำพริกปูนา และปูนาทอง เป็นต้น โดยทั่วไปปูนาจะมีปริมาณมากในช่วงฤดูฝน และขาดแคลนในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน เพราะปูนาจำศีลอยู่ในรูและออกมาอีกครั้งเมื่อฝนเริ่มตก ปูนามีชีวิตราคาภิเษกประมาณ 50-60 บาท ตามหมู่บ้านชาวบ้านนำมาขาย 10-15 ตัว 20 บาท ราคาปูนาทองก็ประมาณ 100 บาท อย่างไรก็ตามปูนาจัดเป็นศัตรูสำคัญในการกักตุนข้าวของเกษตรกรจากปัญหาดังกล่าวทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้สารเคมีในการกำจัดปูนา ประกอบกับการเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมและการคุกคามจากการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และชุมชน ทำให้ปูนาถูกกำจัดไปทั้งโดยตรงและทางอ้อม (Doolgindachbaporn et al., 2001; Pakdeenarong et al., 2009) ส่งผลให้ปัจจุบันปูนาในธรรมชาติมีจำนวนลดลงอย่างมาก อีกทั้งปูนาที่จับได้มีการปนเปื้อนสารเคมี และตัวอ่อนพยาธิใบไม้ปอด (*Paragonimus siamensis*) และพยาธิชนิดอื่น ๆ เช่น พยาธิตัวกลม เป็นต้น (Miyazaki and Wykoff, 1965; Yaemput et al., 1994) ซึ่งไม่ปลอดภัยแก่

ผู้บริโภค ดังนั้นการเพาะเลี้ยงปูนาจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหา

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงปูนาในเชิงพาณิชย์เริ่มมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยพันธุ์ที่นิยมเลี้ยงในปัจจุบัน คือ พันธุ์กำแพงเพชร ชนิด *Sayamia bangkokensis* และ *Esanthelphusa dugasti* แต่เกษตรกรยังพบปัญหาจากการเลี้ยง เช่น การลอกคราบไม่ออก การลอกคราบไม่สมบูรณ์ หรือลอกคราบแล้วกระดองแข็งตัวช้า และอาจได้รับอันตรายจากปัจจัยภายนอกหรือปูนาตัวอื่น อนึ่ง การเจริญเติบโตของปูนาเกิดจากการขยายขนาดลำตัว ด้วยการลอกคราบ ดังนั้นการลอกคราบจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของปูนา กลไกสำคัญของการลอกคราบ เริ่มจากการสะสมสารอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นในโครงสร้างเปลือกเพื่อใช้ในการลอกคราบ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส และฟอสฟอรัส ทั้งนี้แคลเซียมถือเป็นแร่ธาตุที่สำคัญ และพบมากที่สุดในเปลือกของสัตว์กลุ่ม Crustaceans เช่น ปูนา โดยระยะก่อนการลอกคราบ (Premolt stage) ปูจะมีการดึงแคลเซียมจากคราบเก่าเข้าสู่กระดองไปเก็บไว้ที่ Hepatopancreas และเมื่อปูทำการลอกคราบแล้วเปลือกจะมีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่น จึงต้องมีการดึงแคลเซียมที่สะสมไว้ในกระดองก่อนลอกคราบกลับไปสะสมในคราบใหม่ เพื่อให้คราบใหม่มีการเจริญเติบโตและแข็งแรงขึ้น (Roer and Dillaman, 1984)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจว่า หากมีการเสริมปริมาณแคลเซียมจากเปลือกไข่ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากครัวในการประกอบอาหาร โดยนำเปลือกไข่ที่ไร้ประโยชน์กลับมาทำให้เกิดประโยชน์อีกครั้ง และช่วยลดขยะจากเปลือกไข่ได้ อีกทั้งจะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตให้มากกว่าปกติ เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกไข่ประกอบด้วย แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ร้อยละ 91.99 (ของน้ำหนักเปลือกไข่) แมกนีเซียม (Mg) ร้อยละ 0.5 ฟอสฟอรัส (P) ร้อยละ 0.2 และยังมีแหล่งแร่ธาตุต่าง ๆ รวมทั้งโปรตีนหลายชนิด (Domrongpookaphan, 2012; Ok *et al.*, 2011) องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกไข่

โดยเฉพาะแคลเซียมและแคลเซียมคาร์บอเนต มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต หรือการลอกคราบของปูนา มาก (Panalikul *et al.*, 2017; Zanotto *et al.*, 2004) ซึ่งเป็นแนวทางให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลผลิตปูนา หรือการเลี้ยงปูนาเชิงพาณิชย์ในอนาคต และนำไปสู่ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ ใช้สูตรอาหารเสริมเปลือกไข่ที่ปริมาณ 0 (ชุดควบคุม), 3, 5, 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ของน้ำหนักอาหาร เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของปูนา

การเตรียมสัตว์ทดลอง

เตรียมลูกปูนาจาก 5 แม่พันธุ์ โดยเป็นแม่พันธุ์ที่ได้จากการรวบรวม ณ สาขาวิชาประมง คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม ที่มีลูกปูเกาะติดจับบั้ง (Abdomen) นำมาพักไว้ในกระบะพลาสติกขนาด 35x52x32 ลบ.ซม. ใส่สาหร่ายสไปโรไจรา (*Spirogyra* sp.) และสาหร่ายหางกระรอกเพื่อใช้เป็นแหล่งหลบซ่อนตัวของปูนา เติมน้ำสูง 5 ซม. ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาดุกกลาง มีระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นไม่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารทุกวัน ๆ ละ 1 ครั้ง คือ เวลาประมาณ 18.00 น. จนกว่าไข่ปูฟักเป็นตัว เมื่อไข่ฟักเป็นตัวหลุดจากส่วนท้องแม่ (Abdomen) แยกแม่ปูนาออกและฟักลูกปูนาไว้เพื่อทำการศึกษาต่อไป

การเตรียมอาหาร

เตรียมอาหารโดยสร้างสูตรอาหารที่มีระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย ปลาป่น 50.74 เปอร์เซ็นต์ ปลาขี้ตมสุก 24.63 เปอร์เซ็นต์ และรำละเอียด 24.63 เปอร์เซ็นต์ แล้วเสริมเปลือกไข่ในแต่ละสูตรที่ปริมาณ 5 ระดับ คือ 0 (ชุดควบคุม ไม่เสริมเปลือกไข่) 3, 5, 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร และนำวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของสูตรอาหารแต่ละชนิดมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดอาหาร เตรียมอาหารทดลองสูตรละ 1 กิโลกรัม โดยชั่งวัตถุดิบต่าง ๆ ตามสัดส่วนของสูตรอาหารแต่ละระดับผงเปลือกไข่ หลังจากนั้นนำวัตถุดิบมาผสมให้เข้ากันโดยผสมวัตถุดิบที่มีปริมาณมากก่อน แล้วตามด้วยวัตถุดิบที่มีปริมาณน้อยตามลำดับจนครบ เมื่อผสมอาหารเข้ากันดีแล้ว นำไปอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดที่มีรูแวน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มม. จากนั้นนำอาหารที่ได้นำไปอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 60°C. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Austreng, 1978) จากนั้นนำอาหารที่ได้ผึ่งลมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วเก็บอาหารใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิท เพื่อใช้ในการทดลองลำดับต่อไป และนำอาหารที่ได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน (CP) ไขมัน (EE) เยื่อใย (CF) เถ้า (Ash)

แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) และพลังงาน (GE) ตามวิธีของ AOAC (2000)

วิธีการทดลอง

นำลูกปูนาอายุ 7 วัน หลังหลุดจากท้องแม่ปูที่เตรียมไว้ ทำการสุ่มชั่งน้ำหนัก วัดความกว้างและความยาวกระดองลูกปู จำนวน 100 ตัว เพื่อหาน้ำหนัก ความกว้างและความยาวกระดองเริ่มต้นของลูกปู หลังจากนั้นทำการสุ่มนับลูกปูนา จำนวน 300 ตัว (ชุดการทดลองละ 60 ตัว ซ้ำละ 20 ตัว) ลงเลี้ยงในกระบะพลาสติกดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. สูง 29 ซม. (เติมน้ำสูง 2 ซม.) เลี้ยงที่ความหนาแน่น 1 ตัวต่อ 1 กระบะ เป็นเวลา 90 วัน โดยให้อาหารเสริมผงเปลือกไข่ตามชุดการทดลองที่เตรียมไว้ วันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้า และช่วงเย็น โดยให้ลูกปูกินอาหารจนอิ่ม สังเกตจากปริมาณอาหารที่ให้กินเหลือน้อยที่สุด บันทึกน้ำหนัก (กรัม) โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง ความกว้างกระดอง (Carapace Width: CW; ซม.) และความยาวกระดอง (Carapace length: CL; ซม.) ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ (ความละเอียด 0.01 มม.) (Figure 1) ทุก ๆ 15 วัน

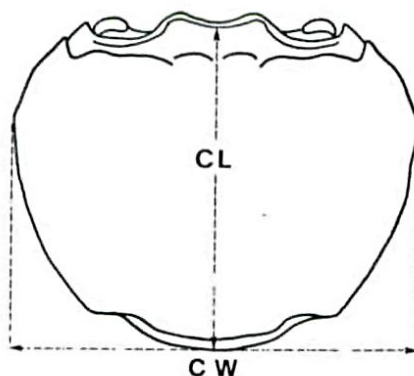


Figure1 Methods of measuring carapace width (CW) and carapace length (CL) were investigated (Micheli *et al.*, 1990)

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ดังสมการ

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Weight gain; WG)

= น้ำหนักปุสสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม) – น้ำหนักปูเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม)

อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (Average daily growth: ADG)

= $\frac{\text{น้ำหนักปุสสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม)} - \text{น้ำหนักปูเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง (วัน)}}$

ความกว้างกระดองเพิ่มเฉลี่ย (Carapace width gain; CWG; cm)

= ความกว้างกระดองสุดท้ายเฉลี่ย (ซม.) –
ความกว้างกระดองเริ่มต้นเฉลี่ย (ซม.)

ความยาวกระดองเพิ่มเฉลี่ย (Carapace length gain; CLG)

= ความยาวกระดองสุดท้ายเฉลี่ย (ซม.) –
ความยาวกระดองเริ่มต้นเฉลี่ย (ซม.)

อัตราการรอดตาย (Survival rate; SR)

= $\frac{\text{จำนวนปูที่เหลือทั้งหมด (ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนปูปล่อยครั้งแรก (ตัว)}}$

เมื่อสิ้นสุดการศึกษานำผลข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธีความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้โปรแกรม SAS (Duangjinda, 2001)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้เลี้ยงปูนา

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอาหารเสริมเปลือกไข่ไก่ ในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้เลี้ยงปูนาพบว่า มีปริมาณของแคลเซียมอยู่ระหว่าง 3.07-5.60 เปอร์เซนต์ ซึ่งมีเปอร์เซนต์หรือปริมาณเพิ่มขึ้นตามอัตราของเปลือกไข่ ดังข้อมูลใน Table 1

Table 1 Analyzed proximate composition of dietary eggshell powder supplementation

Proximate composition (%)	Dietary eggshell powder supplement in feed (%)				
	0	3	5	7	10
Moisture	12.85	12.41	12.75	12.58	12.83
Crude protein	34.91	34.66	34.95	34.35	34.64
Ether extract	5.72	6.02	6.09	5.91	5.79
Crude fiber	1.18	1.14	1.13	1.07	1.16
Ash	7.47	7.94	9.57	10.85	12.73
Calcium	3.07	3.62	4.30	5.14	5.60
Phosphorus	2.80	2.79	2.77	2.80	2.80
Gross energy, cal/g	3,422.89	3,284.39	3,191.59	3,129.14	3,043.06

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก

ลูกปูนาเมื่อทำการทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.006 กรัม เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ที่ปริมาณต่างกัน คือ 0 (ชุดควบคุม ไม่เสริมเปลือกไข่) 3, 5, 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เลี้ยงนาน 90 วัน พบว่า น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (WG) อยู่ในช่วง 2.891 ± 0.531 - 3.535 ± 0.513 กรัม และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily growth; ADG) อยู่ในช่วง 0.032 ± 0.006 - 0.039 ± 0.006 กรัมต่อวัน โดยประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ในแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้กลุ่มปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่เสริมเปลือกไข่มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักต่ำที่สุด (Table 2)

ความกว้างและความยาวกระดอง

ลูกปูนาเมื่อเริ่มทำการทดลองมีความกว้างกระดองเริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.218 ± 0.080 ซม. และมีความยาวกระดองเริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.178 ± 0.112 ซม.

ตลอดระยะเวลา 90 วัน พบว่าความกว้างกระดองเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (CWG) อยู่ในช่วง 1.876 ± 0.123 - 1.996 ± 0.120 ซม. และความยาวกระดองเพิ่มเฉลี่ย อยู่ในช่วง 1.519 ± 0.134 - 1.64 ± 0.092 ซม. โดยความกว้างและความยาวกระดองของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ในแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้กลุ่มปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่เสริมเปลือกไข่มีความกว้างและความยาวกระดองต่ำที่สุด (Table 2)

อัตราการรอดตาย (Survival rate: SR)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการรอดตายของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ที่ปริมาณทั้ง 5 ระดับ อยู่ในช่วง 88.333 ± 2.887 - 93.333 ± 2.887 เปอร์เซ็นต์ โดยอัตราการรอดตายของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ในแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้กลุ่มปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่เสริมเปลือกไข่มีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด (Table 2)

Table 2 Growth performance and survival rate of rice-field crabs in the period of 90 days as the different ratio of eggshells powder as feed supplement

Eggshells powder supplement in feed (%)	Growth performance				
	WG (g)	ADG (g/day)	CWG (cm)	CLG (cm)	SR (%)
Initials	0.006	0.006	0.218 ± 0.080	0.178 ± 0.112	100 (60 crabs/ Treatment)
0	2.891 ± 0.531	0.032 ± 0.006	1.876 ± 0.123	1.519 ± 0.134	88.333 ± 2.887
3	3.321 ± 0.301	0.037 ± 0.003	1.950 ± 0.066	1.638 ± 0.062	91.667 ± 2.887
5	3.378 ± 1.200	0.038 ± 0.013	1.963 ± 0.239	1.586 ± 0.185	90.000 ± 5.000
7	3.535 ± 0.513	0.039 ± 0.006	1.996 ± 0.120	1.640 ± 0.092	93.333 ± 2.887
10	3.328 ± 0.683	0.037 ± 0.008	1.953 ± 0.156	1.622 ± 0.121	88.333 ± 12.583
P-value	0.846	0.835	0.870	0.881	0.845

Mean $\pm$ SD in the same column followed with the same letter are not significant at $P > 0.05$.

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลองเลี้ยงปูนาด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ที่ปริมาณ 0 (ชุดควบคุม ไม่เสริมเปลือกไข่) 3, 5, 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเลี้ยงปูนาด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตทั้งด้านน้ำหนัก ความกว้างและความยาวกระดอง และอัตราการรอดตายของปูนา โดยกลุ่มปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีการเสริมเปลือกไข่มีการเจริญเติบโตทั้งด้านน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (WG) น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ความกว้างกระดองเพิ่มเฉลี่ย (CWG) ความยาวกระดองเพิ่มเฉลี่ย (CLG) และอัตราการรอดตาย (SR) ต่ำกว่ากลุ่มปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ เนื่องจากอาหารเสริมด้วยเปลือกไข่มีองค์ประกอบของแคลเซียม (Ca) ซึ่งแคลเซียมมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต หรือการลอกคราบของปูนามาก กล่าวคือโดยปกติแคลเซียมจะสะสมใน Hepatopancreas ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต (CaPO_4) และมีการสะสมแคลเซียมในเลือดและส่วนของเปลือก การเจริญเติบโตโดยการลอกคราบองค์ประกอบทางเคมีของเลือดมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะการลอกคราบและสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งมีผลต่อกลไกการควบคุมสรีระเคมีภายในร่างกายเพื่อการเจริญเติบโต และกลไกการลอกคราบมีผลต่อระยะเวลาการลอกคราบและความสำเร็จในการลอกคราบ การรักษาสมดุลในการลอกคราบของกลุ่มคลัสตาเซีย นั้น จะมีการเพิ่มความเข้มข้นของเลือด โดยการเพิ่มปริมาณของแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) และคลอไรด์ (Cl) โดยดึงจากเปลือกเก่าและจากน้ำภายนอก การสะสมเริ่มตั้งแต่ระยะหลังลอกคราบ จนกระทั่งระยะก่อนลอกคราบ (Fieber and Lutz, 1985; Davis, 1990; Zanutto *et al.*, 2004; Panalikul *et al.*, 2017) แคลเซียมมีอิทธิพลนับว่าเป็นอิทธิพลที่มีความสำคัญมากในการควบคุมกลไกในการสร้างเปลือก โดยทั้งการเคลื่อนย้ายจากเลือดสู่

เปลือกและในทางกลับกัน ดังนั้นแคลเซียมจึงจำเป็นต้องได้รับในปริมาณที่เพียงพอต่อการสร้างเปลือกหรือกระดอง (Diesel and Schuh, 1993) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่เห็นได้ว่า เมื่อมีการเสริมเปลือกไข่ที่มีองค์ประกอบของแคลเซียม มีผลทำให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตทั้งด้านน้ำหนัก ความกว้างกระดอง และความยาวกระดองของปูนามีค่าสูงกว่ากลุ่มปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่เสริมเปลือกไข่

นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Pisamayaron and Phadasri (2020) ได้ทดลองเลี้ยงปูนาอายุ 4 เดือน ด้วยอาหารสำเร็จรูปไม่เสริมแคลเซียม (ชุดควบคุม) และอาหารสำเร็จรูปเสริมแคลเซียม 2, 3, 4, 5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 63 วัน พบว่าการเลี้ยงปูนาด้วยอาหารสำเร็จรูปเสริมแคลเซียม 2 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมมากที่สุดในการนำไปพัฒนาในการเลี้ยงปูนา และยังกล่าวไว้อีกว่าการเสริมแคลเซียมในปริมาณมากลงในอาหารไม่ส่งผลให้การเจริญเติบโตของปูนาเพิ่มสูงขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองเลี้ยงปูนาด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ที่ปริมาณ 0 (ชุดควบคุม ไม่เสริมเปลือกไข่) 3, 5, 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 90 วัน พบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทั้งด้านน้ำหนัก ความกว้างและความยาวกระดอง และอัตราการรอดตายของปูนา แต่จากการศึกษา ด้านการเจริญเติบโตทั้งด้านน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย ความกว้างและความยาวกระดองเพิ่มเฉลี่ย รวมทั้งอัตราการรอดตาย มีแนวโน้มว่าปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมเปลือกไข่ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายดีกว่าที่ไม่เสริมเปลือกไข่ โดยเฉพาะอาหารเสริมเปลือกไข่ที่ปริมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายดีกว่ากลุ่มอื่น ๆ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและพัฒนา
นักวิจัย จากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ
พ.ศ. 2564 กลุ่มนักวิจัยรุ่นกลาง มหาวิทยาลัยนครพนม
ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัย
นครพนม ที่ให้การสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th edition. Maryland: AOAC International. 2200 p.
- Austreng, E. 1978. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. **Aquaculture** 13(3): 265-272.
- Davis, D.A. 1990. **Dietary Mineral Requirement of *Penaeus monodon*: Evaluation of the Essentiality for Thirteen Minerals and the Requirements for Calcium Phosphorus Copper, Iron, Zinc and Selenium**. Doctoral Dissertation. Texas A&M University. 171 p.
- Diesel, R. and M. Schuh. 1993. Maternal care in the bromeliad crab *Metopaulias depressus* (Decapoda): maintaining oxygen, pH and calcium levels optimal for the larvae. **Behavioral Ecology and Sociobiology** 32(1): 11-15.
- Domrongpakkaphan, V. 2012. Eggshell utilization technology. **The Journal of Applied Science** 11(2): 75-83. [in Thai]
- Doolgindachbaporn, S., P. Jaruratjamorn, S. Khongsai and T. Doolgindachbaporn. 2001. Studies on Age and Growth of Rice-field Crab, *Esanthelphusa dugasti* (Rathbun). pp. 260-265. **In Proceedings of the 39th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries, Agro-Industry**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Duangjinda, M. 2001. **Using SAS Programs to Analyze Animal Research**. 2 nd. Khon Kean: Klungnanawittaya Publisher. 324 p. [in Thai].
- Fieber, L.A. and P.L. Lutz. 1985. Magnesium and calcium metabolism during molting in the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Canadian Journal of Zoology** 63(5): 1120-1124.
- Micheli, F., F. Gherardi and M. Vannini. 1990. Growth and reproduction in the freshwater crab, *Potamon fluviatile* (Decapoda, Brachyura). **Freshwater Biology** 23(3): 491-503.
- Miyazaki, I. and D.E. Wykoff. 1965. On a new lung fluke *Paragonimus siamensis* n. sp. found in Thailand (Trematoda: Troglotreumatidae). **Japanese Journal of Parasitology** 14(3): 251-257.

- Naiyanetr, P. 1994. On three new genera of Thai rice-field crabs allied to *Somanniathelphusa* Bott, 1968 (Crustacean: Decapoda: Brachyura: Parathelphusidae). **The Raffles Bulletin of Zoology** 42(3): 695-700.
- Ok, Y.S., S.S. Lee, W.T. Jeon, S.E. Oh, A.R. Usman and D.H. Moon. 2011. Application of eggshell waste for the immobilization of cadmium and lead in a contaminated soil. **Environmental Geochemistry and Health** 33(1): 31-39.
- Pakdeenarong, N., P. Chantiratikul and A. Chantiratikul. 2009. Natural diet of the rice-field crab, *Esanthelephusa dugasti* Rathbun 1902, in rainy season. **KKU Science Journal** 37(1): 49-55. [in Thai]
- Panalikul, P., S. Doolgindachbaporn and S. Wongmaneeprateep. 2017. Dietary premix levels calcium and phosphorus ratios on growth performance of juvenile rice-field crabs (*Esanthelephusa dugasti*). **Thai Journal of Agricultural Science Society of Thailand** 50(1): 36-48. [in Thai]
- Pisamayaron, K. and S. Phadasri. 2020. The effects of calcium on the growth and molting of rice field crab. **The Agricultural Science Journal** 51(Suppl.1): 443-448. [in Thai]
- Roer, R. and R. Dillaman. 1984. The structure and calcification of the crustacean cuticle. **American Zoologist** 24(4): 893-909.
- Yaemput, S., P. Dekumyoy and K. Visiassuk. 1994. The natural first intermediate host of *Paragonimus siamensis* (Miyazaki and Wykoff, 1965) in Thailand. **Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health** 25: 284-284.
- Zanotto, F.P., F. Pinheiro, L.A. Brito and M.G. Wheatly. 2004. Some considerations on calcium homeostasis in semi-terrestrial crabs. **International Congress Series** 1275: 89-95.

ผลการเสริมใบอังกาบหนูผงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต

คุณภาพซากและค่าไขมันในเลือดไก่เนื้อ

Effects of *Barleria prionitis* Leaves Powder Supplementation in Diet on Production Performances, Carcass Quality and Blood Lipid in Broilers

จันทร์จิรา โต๊ะขวัญแก้ว และพิพัฒน์ ชนาเทพาพร*

Janjira Tohwankaew and Piphat Chanartaeparporn*

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์) คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพชรบูรณ์ 67000

Department of Agriculture (Animal Production Technology), Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology

Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, Thailand 67000

*Corresponding author: piphat.cha@pcru.ac.th

Received: December 26, 2022

Revised: July 26, 2023

Accepted: November 01, 2023

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effects of *Barleria prionitis* leaf powder supplementation in diet on productive performance, carcass quality, and blood lipid profiles in broilers. There were five treatments of *Barleria prionitis* leaf powder supplementation, including 0, 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 percent (w/w), and assigned in a completely randomized design. Each treatment consisted of 3 replications with 10 chicks each. The experiment lasted for 6 weeks, and the data for bodyweight and feed intake were collected every week. For blood sampling, 6 broilers in each group were sampled, and 2 ml of blood samples from wing veins were collected for blood lipid profile analysis, while 3 broilers in each replication were randomly selected to evaluate live weight gain and carcass quality study. They were slaughtered and collected carcass weight and internal organs weight according to the international standard method while carcass percentage and dressing percentage were calculated. The results showed that the average daily gain (ADG) of those receiving 0.5% supplementation of *Barleria prionitis* leaf powder group was significantly different compared to other groups ($P < 0.05$). All groups of *Barleria prionitis* leaf powder supplementation in diet were not significantly on carcass quality, carcass percentage, and dressing percentage, and the total blood lipid profile ($P > 0.05$).

Keywords: *Barleria prionitis*, performances, blood lipid, broilers, carcass quality

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมใบอังกาบหนูผงต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและค่าไขมันในเลือดของไก่เนื้อ ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมี 5 ปัจจัย คือ การเสริมใบอังกาบหนูผงในอาหารสำเร็จรูปที่ระดับ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% (โดยน้ำหนัก) ในแต่ละปัจจัยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักตัวของไก่เนื้อทดลอง และข้อมูลปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ ทำการวิเคราะห์หาค่าไขมันในเลือด โดยการสุ่มไก่เนื้อหน่วยทดลองละ 6 ตัว เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณปีก (Wing vein) ตัวละ 2 มิลลิลิตร และทำการศึกษาคุณภาพซาก โดยการสุ่มไก่เนื้อหน่วยทดลองละ 3 ตัว มาชั่งน้ำหนักตัวไก่มีชีวิต จากนั้นทำการฆ่าแล้วชั่งน้ำหนักซากและอวัยวะภายใน และทำการตัดแต่งชิ้นส่วนตามวิธีมาตรฐานสากล แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ซาก และเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนต่าง ๆ ผลการทดลองการเสริมใบอังกาบหนูผงในระดับที่แตกต่างกันในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อ พบว่าการเสริมใบอังกาบหนูผงที่ระดับ 0.5% นั้น ทำให้ไก่เนื้อมีค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ต่ำกว่าไก่เนื้อในกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การเสริมใบอังกาบหนูผงในทุกกลุ่มไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยคุณภาพซากโดยรวม ทั้งเปอร์เซ็นต์ซากหลังฆ่า เปอร์เซ็นต์ตัดแต่ง และค่าปริมาณไขมันในเลือดทั้งหมด ($P > 0.05$)

คำสำคัญ: อังกาบหนู สมรรถภาพการผลิต
ไขมันในเลือด ไก่เนื้อ คุณภาพซาก

คำนำ

อุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ปีกในปัจจุบัน โดยเฉพาะไก่เนื้อมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วและมีแนวโน้มการผลิตที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้เนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์กรรมให้มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้นและให้ผลผลิตที่สูงขึ้น รวมถึงการพัฒนาทางด้านอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพ ประกอบกับระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพและทันสมัย จึงทำให้ไก่เนื้อมีศักยภาพในการผลิตที่สูงขึ้น ต้นทุนการผลิตส่วนใหญ่เป็นค่าอาหารและพันธุ์สัตว์ นอกจากปัจจัยดังกล่าวแล้วยังมีสารเคมีที่นำมาผสมอาหารสัตว์เพื่อลดอัตราการตายและเพิ่มผลผลิต ซึ่งหากไม่ระมัดระวังอาจก่อให้เกิดผลตกค้างในผลิตภัณฑ์ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ในการส่งออกเนื้อไก่ ปัจจุบันมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สมุนไพรที่มีอยู่ในท้องถิ่นเพื่อใช้ทดแทนยาปฏิชีวนะ และเป็นแหล่งอาหารเสริมในการใช้เลี้ยงไก่เนื้อ เนื่องด้วยอาหารสำเร็จรูปและวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาสูง จึงทำให้ต้นทุนการผลิตในเกษตรกรรายย่อยได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก ดังนั้นการศึกษความเป็นไปได้ในการใช้พืชสมุนไพรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาเป็นอาหารสัตว์จะเป็นแนวทางในการลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ในอนาคต

อังกาบหนู (*Barleria prionitis* L.) เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านจัดอยู่ในวงศ์ Acanthaceae สกุล Barleria ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับสมุนไพรหลายชนิดที่มีการใช้เสริมในอาหารสัตว์ เช่น ฟ้ายะลวยโจร เสลดพังพอน สังกะสี รางจืด ทองพันชั่ง เหงือกปลาหมอ และอื่น ๆ อังกาบหนูพบได้ทั่วไปในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ใช้กันอย่างแพร่หลายในการแพทย์พื้นบ้าน รายงานฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชสกุลนี้ได้แก่ ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียต้านการอักเสบ ต้านมะเร็ง ต้านเบาหวาน ต้านแผลในตับ

ระจับความเจ็บปวด ด้านพยาธิ ด้านโรคข้อ ด้านเชื้อไวรัส และยับยั้งกิจกรรมของ Acetylcholinesterase ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระที่พบ ได้แก่ ฟีนอล ฟลาโวนอยด์ กรดแอสคอร์บิก และแคโรทีนอยด์

การศึกษาสารสกัดจากใบอังกาบหนูพบสารกำจัดอนุมูลอิสระที่ดีเยี่ยม ซึ่งอาจมีบทบาทสำคัญในการรักษาโรคต่าง ๆ (Amoo *et al.*, 2009, Verma *et al.*, 2005) การศึกษาของ Singh *et al.* (2003) ได้รายงานฤทธิ์ด้านการอักเสบและต่อต้านโรคข้ออักเสบที่ทำการทดสอบในหนูทดลองว่าให้ผลการทดลองที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงเกิดแนวคิดในการนำใบอังกาบหนูที่มีผลทางยามาใช้เสริมในอาหารไก่เนื้อเพื่อช่วยป้องกันการเกิดโรค ยิ่งไปกว่านั้นยังช่วยลดการใช้ยาปฏิชีวนะ ทำให้ปราศจากสารเคมีตกค้างในเนื้อไก่ และด้วยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เป็นส่วนประกอบในใบอังกาบหนูอาจส่งผลให้สามารถลดการสะสมไขมันและลดระดับโคเลสเตอรอลส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค เป็นผลดีต่อเกษตรกรในการเพิ่มอาชีพและรายได้ด้วยการปลูกพืชสมุนไพร และเป็นประโยชน์กับเกษตรกรที่นำใบอังกาบหนูไปใช้ในการเลี้ยงไก่เนื้อ เพื่อทดแทนการใช้จ่ายปฏิชีวนะ อย่างไรก็ตามการศึกษาผลของการเสริมใบอังกาบหนูในอาหารสัตว์ปีกในประเทศไทย โดยเฉพาะในไก่เนื้อยังไม่มีการศึกษา ดังนั้นการวิจัยนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการเสริมใบอังกาบหนูในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตคุณภาพซาก และศึกษาค่าไขมันในเลือดของไก่เนื้อเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรที่มีอยู่ในท้องถิ่น และเป็นการพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับสมุนไพรอีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้า Arbor Acres อายุ 1 วัน ละครเพศ จำนวน 150 ตัว ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ประกอบด้วย 5 กลุ่มทดลอง

กลุ่มละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ไก่แต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารที่มีโปรตีน 22% และเสริมใบอังกาบหนูบดแห้งในอาหารเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเลี้ยงด้วยอาหารพื้นฐานผสมใบอังกาบหนู 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2% (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ

การศึกษสมรรถภาพการผลิต ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักลูกไก่เริ่มทดลอง และน้ำหนักไก่ทุกสัปดาห์ตลอดการทดลอง ชั่งและบันทึกน้ำหนักอาหารที่ให้ไก่กินทุกสัปดาห์ตลอดการทดลอง นำข้อมูลที่บันทึกมาคำนวณหาปริมาณน้ำหนักร่างกายที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กินต่อตัว อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว

การศึกษาร่างกายประกอบของซาก เมื่อครบกำหนดการทดลองที่ไก่อายุ 6 สัปดาห์ ทำการสุ่มไก่เนื้อกลุ่มทดลองละ 3 ตัว มาชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกน้ำหนัก อดอาหารเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นทำการฆ่าและชำแหละโดยเอาเลือด ถอนขน และเอาเครื่องในออก ทำการบันทึกน้ำหนักซากอุ่น (Hot carcass weight) นำซากที่ได้ไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักซากเย็น (Cold carcass weight) จากนั้นทำการตัดแต่งชิ้นส่วนย่อย ชั่งน้ำหนักและจดบันทึกชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น สะโพก น่อง ปีก ออก หัว คอ และแข้ง เป็นต้น นำข้อมูลที่ได้อีกมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ซาก (Carcass percentage) และเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง (Retail cut percentage) ตามวิธีของ Jaturasitha (2007)

การวัดองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือด ในวันสุดท้ายการทดลอง ทำการอดอาหารไก่เนื้อประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วสุ่มไก่เนื้อกลุ่มทดลองละ 6 ตัว เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณปีก (Wing vein) ตัวละประมาณ 2 มล. เพื่อวิเคราะห์คอเลสเตอรอลรวม (Total cholesterol), High density lipoprotein (HDL), Low density lipoprotein (LDL) และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) โดยใช้เครื่องตรวจเลือดอัตโนมัติ ด้วยวิธี Enzymatic colorimetric method (CHOD-PAP method)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Different (LSD) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัย

สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ

ผลการทดลองการเสริมไบอังกาบหนูผงในระดับที่ต่างกันต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

ตลอดการทดลอง โดยใช้ไก่ทดลองกลุ่มละ 30 ตัว และทำการทดลองเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเริ่มต้นการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เสริมไบอังกาบหนูที่ 0.5% มีค่าเฉลี่ยดีที่สุด มีค่าเท่ากับ $2,559.31 \pm 81.38$, $2,708.31 \pm 49.96$ กรัม/ตัว และ 64.46 ± 1.16 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินและค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 1)

Table 1 Mean production performance of broilers in each treatment

Production performance	Treatment					P-value
	T1 = 0%	T2 = 0.5%	T3 = 1.0%	T4 = 1.5%	T5 = 2.0%	
Number of chickens	30	30	30	30	30	-
Number of days	42	42	42	42	42	-
Initial weight (g/bird)	42.90 ± 0.36	42.77 ± 0.38	42.33 ± 0.38	42.20 ± 0.27	42.23 ± 1.42	0.655
Final weight (g/bird)	$2,546.05 \pm 48.95^b$	$2,751.08 \pm 50.10^a$	$2,559.31 \pm 81.38^b$	$2,590.97 \pm 59.68^b$	$2,585.94 \pm 59.63^b$	0.013
Weight gain (g/bird)	$2,503.15 \pm 48.62^b$	$2,708.31 \pm 49.96^a$	$2,516.98 \pm 81.01^b$	$2,548.77 \pm 59.89^b$	$2,543.70 \pm 59.46^b$	0.013
Average daily gain (ADG; g/bird/day)	59.60 ± 1.16^b	64.46 ± 1.16^a	50.93 ± 1.93^b	60.68 ± 1.43^b	60.56 ± 1.42^b	0.013
Feed intake (FI; g/bird/day)	93.87 ± 1.55	96.20 ± 2.93	93.69 ± 1.54	94.72 ± 1.18	95.81 ± 2.96	0.547
Feed conversion ratio (FCR)	1.58 ± 0.06	1.49 ± 0.02	1.56 ± 0.03	1.56 ± 0.04	1.58 ± 0.01	0.073

^{a,b} Means on the same row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

ผลการทดลองเปรียบเทียบการเสริมไบอังกาบหนูผงลงในอาหารในระดับที่ต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% (Table 2) พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีชีวิต ค่าเฉลี่ยน้ำหนักซากหลังฆ่า และค่าเฉลี่ยน้ำหนักซากตัดแต่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เสริมไบอังกาบหนู 0.5% มีค่าเฉลี่ย

มากที่สุด มีค่าเท่ากับ $2,724.00 \pm 5.66$, $2,560.00 \pm 14.14$ และ $2,378.27 \pm 4.14$ กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากหลังฆ่า (ถอนขน) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตัววัยต่างๆ พบว่า ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์คอ และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โครง

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เสริมไบอังกาบหนูผง 0.5% มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 4.48 ± 0.12 และ $20.58\pm 0.87\%$ ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เครื่องในรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เสริมไบอังกาบหนูผง

2.0% มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ $10.85\pm 0.04\%$ ส่วนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์หัว ขา อก สะโพก น่อง ปีก สันใน หัวใจ ม้าม ก้น กิ่ง และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เบอร์ซา ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Table 2 Dressing percentage and carcass composition of broilers in each treatment

Dressing percentage, carcass composition	Treatment					P-value
	T1 = 0%	T2 = 0.5%	T3 = 1.0%	T4 = 1.5%	T5 = 2.0%	
Live weight, g	2,489.00 $\pm$ 46.67 ^b	2,724.00 $\pm$ 5.66 ^a	2,462.50 $\pm$ 38.89 ^b	2,483.50 $\pm$ 43.13 ^b	2,530.00 $\pm$ 28.28 ^b	0.004
Carcass weight, g	2,290.00 $\pm$ 28.28 ^b	2,560.00 $\pm$ 14.14 ^a	2,275.00 $\pm$ 21.21 ^b	2,315.00 $\pm$ 35.36 ^b	2,365.00 $\pm$ 77.78 ^b	0.005
Dressing weight, g	2,068.86 $\pm$ 16.65 ^b	2,378.27 $\pm$ 4.14 ^a	2,067.27 $\pm$ 43.87 ^b	2,097.60 $\pm$ 21.65 ^b	2,108.50 $\pm$ 68.45 ^b	0.002
Carcass percentage, %	92.01 $\pm$ 0.59	93.99 $\pm$ 0.71	92.41 $\pm$ 2.33	93.22 $\pm$ 0.20	93.47 $\pm$ 2.03	0.671
Dressing percentage, %	83.13 $\pm$ 0.89	87.31 $\pm$ 0.33	83.98 $\pm$ 3.10	84.47 $\pm$ 0.59	83.33 $\pm$ 1.77	0.229
Head	2.25 $\pm$ 0.06	2.38 $\pm$ 0.09	2.35 $\pm$ 0.06	2.35 $\pm$ 0.01	2.18 $\pm$ 0.08	0.116
Neck	2.97 $\pm$ 0.18 ^{c,d}	4.48 $\pm$ 0.12 ^a	3.74 $\pm$ 0.45 ^b	3.44 $\pm$ 0.06 ^{b,c}	2.42 $\pm$ 0.23 ^d	0.003
Shank	3.84 $\pm$ 0.45	3.59 $\pm$ 0.67	3.57 $\pm$ 0.04	3.63 $\pm$ 0.07	3.70 $\pm$ 0.25	0.947
Breast	22.77 $\pm$ 0.42	23.09 $\pm$ 2.23	22.00 $\pm$ 1.05	20.62 $\pm$ 0.48	23.28 $\pm$ 0.21	0.266
Hip	14.63 $\pm$ 0.44	14.13 $\pm$ 1.51	14.82 $\pm$ 0.21	14.96 $\pm$ 0.37	14.30 $\pm$ 0.69	0.266
Drumstick	11.69 $\pm$ 0.32	11.49 $\pm$ 0.34	12.80 $\pm$ 2.37	11.33 $\pm$ 0.51	11.03 $\pm$ 0.41	0.609
Wing	9.54 $\pm$ 0.72	8.13 $\pm$ 0.30	9.76 $\pm$ 0.20	9.59 $\pm$ 0.91	9.22 $\pm$ 0.01	0.137
Tenderloin	3.97 $\pm$ 0.52	4.22 $\pm$ 0.12	3.63 $\pm$ 0.20	3.73 $\pm$ 0.69	3.46 $\pm$ 0.81	0.676
Total visceral	9.66 $\pm$ 0.34 ^{a,b}	7.10 $\pm$ 0.35 ^c	9.14 $\pm$ 1.08 ^b	9.39 $\pm$ 0.45 ^{a,b}	10.85 $\pm$ 0.04 ^a	0.011
Heart	0.40 $\pm$ 0.07	0.44 $\pm$ 0.02	0.47 $\pm$ 0.06	0.40 $\pm$ 0.02	0.43 $\pm$ 0.08	0.678
Liver	1.94 $\pm$ 0.34	1.98 $\pm$ 0.21	2.19 $\pm$ 0.57	2.20 $\pm$ 0.35	2.44 $\pm$ 0.53	0.776
Spleen	0.08 $\pm$ 0.01	0.08 $\pm$ 0.03	0.07 $\pm$ 0.02	0.19 $\pm$ 0.16	0.29 $\pm$ 0.15	0.242
Skeleton	15.99 $\pm$ 0.74 ^c	20.58 $\pm$ 0.87 ^a	17.46 $\pm$ 0.67 ^{b,c}	17.77 $\pm$ 0.58 ^b	18.06 $\pm$ 0.32 ^b	0.008
Anal	0.66 $\pm$ 0.04	0.78 $\pm$ 0.13	0.75 $\pm$ 0.01	0.69 $\pm$ 0.08	0.71 $\pm$ 0.01	0.594
Gizzard	1.82 $\pm$ 0.04	1.24 $\pm$ 0.09	1.61 $\pm$ 0.33	1.40 $\pm$ 0.22	1.46 $\pm$ 0.14	0.165
Bursa	0.20 $\pm$ 0.06	0.18 $\pm$ 0.01	0.19 $\pm$ 0.04	0.21 $\pm$ 0.07	0.24 $\pm$ 0.01	0.743

a,b,c,d Means on the same row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

ค่าไขมันในเลือดของไก่เนื้อ

ผลการทดลองเปรียบเทียบการเสริมไบอังกาบหนูผงลงในอาหารในระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0% ต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในเลือด

ของไก่เนื้อตลอดการทดลอง (Table 3) พบว่าค่าเฉลี่ยคลอเลสเตอรอล (Cholesterol) ค่าเฉลี่ยไตรกลีเซอไรด์ (TG) ค่าเฉลี่ยเอชดีแอล (HDL) และค่าเฉลี่ยแอลดีแอล (LDL) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Table 3 Mean Blood lipid values of broilers in each treatment

Type of Blood lipids (mg/dL)	Treatment					P-value
	T1 = 0%	T2 = 0.5%	T3 = 1.0%	T4 = 1.5%	T5 = 2.0%	
Cholesterol	147.48±14.01	133.72±17.18	133.37±9.14	139.77±8.97	142.32±20.01	0.420
TG	69.28±25.68	50.58±20.32	57.12±22.23	64.85±23.54	45.22±18.93	0.342
HDL	95.28±6.29	89.28±10.33	84.62±4.58	88.75±8.60	96.07±8.97	0.103
LDL	38.32±7.12	34.32±6.78	37.28±7.54	38.02±5.06	37.20±9.29	0.885

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลองเสริมไบอังกาบหนูผงในระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ลงในอาหารสำเร็จรูปของไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อ (Table 1) พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม) และค่าเฉลี่ยค่าอัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมไบอังกาบหนูผงในระดับ 0.5% ให้ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการผลิตดังกล่าวดีที่สุด จากการศึกษากการใช้สมุนไพรอังกาบหนูพบว่ายังไม่เคยมีการศึกษาวิจัยในสัตว์เศรษฐกิจมาก่อน แต่จากการที่สมุนไพรอังกาบหนู (*Barleria prionitis* L.) เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่จัดอยู่ในวงศ์เดียวกับสมุนไพรฟ้าทะลายโจร ผู้วิจัยจึงใช้ผลการศึกษากการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่มีการใช้เสริมในอาหารไก่เนื้อมาเทียบเคียงกัน ซึ่งการศึกษาของ Khajareern and Khajareern (2006) รายงานว่าระดับการใช้ผงสมุนไพรไทยทดแทนปฏิชีวนสารเร่งเจริญเติบโต (Antibiotic growth promoters, AGPs) ในอาหารไก่เนื้อโดยใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับ 0.10% จะให้ผลดีในแง่การป้องกันโรคสามัญ และเร่งสมรรถนะการให้ผลผลิตได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยค่าอัตราการเจริญเติบโต มีความสอดคล้องกับการทดลองของ Somkuna and Somkuna (2014) ที่ศึกษาผลของการเสริมฟ้าทะลายโจร

(*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees) ในอาหารไก่กระทงต่อสมรรถภาพการผลิต พบว่ากลุ่มที่เสริม 1.0% มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด ($P < 0.05$) ในส่วนค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินจากงานทดลองการเสริมไบอังกาบหนูผงไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของไก่กระทง ($P > 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยปริมาณการกินได้ตลอดอายุการเลี้ยงมีค่าเฉลี่ยในช่วง 93.69-96.20 กรัม/ตัว/วัน ในด้านอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว จากการเสริมไบอังกาบหนูผงในไก่กระทงยังไม่มีข้อมูลการวิจัยใด ๆ จึงได้เทียบเคียงกับการเสริมสมุนไพรชนิดอื่น เช่น การเสริมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารไก่กระทงต่อสมรรถภาพการผลิต พบว่าไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ($P > 0.05$) และกลุ่มที่เสริม 0 และ 0.5% ให้ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุด (FCR=1.67; Somkuna and Somkuna, 2014) ในขณะที่ Poonpipat *et al.* (1999) ศึกษาการเสริมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารไก่กระทงพบว่าทุกระดับการเสริมไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ($P > 0.05$) โดยกลุ่มที่เสริม 0.2-0.5% ให้ค่าเฉลี่ย (FCR=1.54-1.56) เมื่อเทียบเคียงกับสมุนไพรที่มีการเสริมในไก่กระทงแล้ว พบว่าการใช้ไบอังกาบหนูผงให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีแนวโน้มที่ดี ถึงแม้การเสริมไบอังกาบหนูทุกระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่การเสริมที่ระดับ 0.5% ในสูตรอาหารให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุด (FCR=1.49) จากอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็น

น้ำหนักตัวที่ดีกว่า จึงมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมใบอังกาบหนูผงในระดับที่แตกต่างกันตลอดการทดลอง (Table 2) พบว่าค่าน้ำหนักมีชีวิต (กรัม) น้ำหนักซากหลังฆ่า (กรัม) น้ำหนักซากตัดแต่ง (กรัม) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์คอ เครื่องในรวม และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โครง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์ซากหลังฆ่า หัว ขา อก สะโพก น่อง ปีก สันใน หัวใจ ตับ ม้าม ก้น กิ่ง และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เบอร์ซาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Somkuna and Somkuna (2014) ที่ศึกษาผลของการเสริมฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees) ในอาหารไก่กระทุง พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Poonpipat *et al.* (1999) ศึกษาการเสริมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ระดับ 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5% ในอาหารไก่กระทุง พบว่าการเสริมฟ้าทะลายโจรในทุกะดับไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซาก ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตาม ผลจากการเสริมใบอังกาบหนูผงลงในอาหารในระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนของซาก ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์คอ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์สะโพก ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น่อง ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ปีก และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์สันใน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งหมายความว่า การเสริมใบอังกาบหนูผงลงในอาหารในระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนของซาก ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจนั่นเอง

ผลการทดลองการเสริมใบอังกาบหนูผงลงในอาหารในระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% ต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในเลือดของไก่เนื้อตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ (Table 3) พบว่าค่าเฉลี่ยคลอเลสเตอรอล (Cholesterol) ค่าเฉลี่ยไตรกลีเซอไรด์

(TG) ค่าเฉลี่ยเอชดีแอล (HDL) และค่าเฉลี่ยแอลดีแอล (LDL) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งไม่สอดคล้องกับ Panja (2015) ที่ศึกษาอิทธิพลของการเสริมใบมะรุมผงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและไขมันในพลาสมาของไก่กระทุง ซึ่งพบว่าการเสริมใบมะรุมผงที่ระดับ 4 และ 6% ทำให้ปริมาณโคเลสเตอรอล และ LDL ในเลือดต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณไตรกลีเซอไรด์และ HDL ในเลือด ($P > 0.05$) และ ไม่สอดคล้องกับ Kupittayanant (2006) ที่ศึกษาผลของการเสริมกระเทียมในอาหารต่อลักษณะเพศผู้ในไก่เนื้อ พบว่าผลการเสริมกระเทียมที่ 10% ในอาหารสามารถลดระดับโคเลสเตอรอล และ LDL ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามการเสริมใบอังกาบหนูผงไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพและการเจริญเติบโตของไก่ และ ในการศึกษาความสามารถในการลดการสะสมไขมันและลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด อาจต้องศึกษาในระดับที่สูงกว่านี้และใช้ระยะเวลาในการทดลองที่ยาวนานขึ้น เพื่อให้ผลการวิจัยชัดเจนยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การเสริมใบอังกาบหนูผงในระดับที่แตกต่างกันต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อ สรุปได้ว่าการเสริมใบอังกาบหนูผงที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ นั้น ทำให้ไก่เนื้อ มีค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ที่ดีกว่าไก่เนื้อในกลุ่มอื่น ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แม้ว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ก็ตาม การเสริมใบอังกาบหนูไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยคุณภาพซากโดยรวมทั้งเปอร์เซ็นต์ซากหลังฆ่า และเปอร์เซ็นต์ตัดแต่ง ($P > 0.05$) และการเสริมใบอังกาบหนูในทุกะดับส่งผลต่อค่าปริมาณไขมันในเลือดทั้งหมด ซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ยคลอเลสเตอรอล (Cholesterol) ค่าเฉลี่ยไตรกลีเซอไรด์ (TG) ค่าเฉลี่ยเอชดีแอล (HDL) และค่าเฉลี่ยแอลดีแอล (LDL) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณงานวิจัย พัฒนา
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ
เพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ที่อนุเคราะห์
งบประมาณ และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร
และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ
เพชรบูรณ์ ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Amoo, S.O., J.F. Finnie and J. Van Staden. 2009. *In Vitro* pharmacological evaluation of three Barleria species. **Journal of Ethnopharmacology** 121(2): 274-277.
- Jaturasitha, S. 2007. **Meat Management**. Chiang Mai: Mingmuang Press. 170 p. [in Thai]
- Khajarn, S. and J. Khajarn. 2006. Dietary substitution of Thai herbs for antibiotics for growth promotion and disease prevention in poultry and pigs. **Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine** 1(1): 33-49. [in Thai]
- Kumar, V.P., A. Sharma, S.C. Joshi, R.S. Gupta and V.P. Dixit. 2005. Effect of isolated fractions of *Barleria prionitis* root methanolic extract on reproductive function of male rats: preliminary study. **Fitoterapia** 76(5): 428-432.
- Kupittayanant, S. 2006. **Effects of garlic (*Allium saltivum* linn.) supplementation on male characteristic in broiler chickens**. [Online]. Available <http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/handle/123456789/2396>. (November 20, 2022).
- Panja, P. 2015. Effects of dietary supplementation of *Moringa oleifera* leaves powder on production performances and plasma lipid in broilers. **Thai Science and Technology Journal** 23(2): 283-292. [in Thai]
- Poonpipat, R., S. Isariyodom, S. Thummabood and P. Sukprasert. 1999. Effect of Herbal Plant *Andrographis paniculata* wall. ex nees. supplementation in broiler rations. pp.108-112. **In Proceedings of the 37th Kasetsart University Annual Conference: Animal, Veterinary Science**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Singh, B., S. Bani, D.K. Gupta, B.K. Chandan and A. Kaul. 2003. Anti-inflammatory activity of 'TAF' an active fraction from the plant *Barleria prionitis* Linn. **Journal of Ethnopharmacology** 85(2-3): 187-193.
- Somkuna, A. and N. Somkuna. 2014. **Effects of Supplementation of Kariyat (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees) in broiler diets on productive performance**. [Online]. Available <http://dspace.bru.ac.th/xmlui/handle/123456789/2843?show=full>. (November 2, 2022).

การพัฒนาปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสแบบสี่ไพรเมอร์สำหรับการตรวจสปีส์ (SNP)

ของยีน Thyroglobulin (TG5) ในโคลูกผสมวากิว

Development of Tetra Primer Amplification Refractory Mutation System Polymerase Chain Reaction (ARMS - PCR) for the Detection of Thyroglobulin (TG5) SNP in Cross Breed Wagyu

กิตรติ นาคเกต¹ นัทธีวรรณ อุดมศิลป์² สุจิตรา คำผาง¹ และมารีนา เกตุทัต-คาร์นส์^{1*}

Kitrati Nakket¹, Natteewan Udomsil², Sujittra Khampang¹ and Mariena Ketudat-Cairns^{1*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

²สาขาเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยมหิดล (วิทยาเขตกาญจนบุรี) กาญจนบุรี 71150

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

²Division of Food Technology, School of Interdisciplinary Studies, Mahidol University, Kanchanaburi, Thailand 71150

*Corresponding author: ketudat@sut.ac.th

Received: March 03, 2023

Revised: September 12, 2023

Accepted: November 01, 2023

Abstract

Amplification refractory mutation system PCR (ARMS-PCR) was designed to detect single nucleotide polymorphism (SNP) in cross breed Wagyu thyroglobulin (TG5) gene. The C422T SNP has been shown to be related to marbling phenotype. Other detection methods including PCR-Restriction Fragment Length Polymorphism (PCR-RFLP) and DNA sequencing have high sensitivity. However, it is relatively time-consuming, and high cost compared to ARMS-PCR. Therefore ARMS-PCR technique was developed to reduce time and cost for SNPs detection. Genomic DNA extracted from follicles hair was used as templates for PCR amplification. Three different genotypes were observed. The samples with PCR products of 400 bp and 199 bp indicated homozygous (T/T), those with 400 bp and 275 bp products indicated homozygous (C/C) and the ones with three products of 400 bp, 275 bp and 199 bp were heterozygous (C/T). The SNP detection by ARMS-PCR was compared with the conventional method of PCR-RELP. The results were found to be consistent. This work showed that the ARMS-PCR can be successfully applied to the detection of TG5 C422T SNP in cattle. The ARMS-PCR method is more economical, easy to perform, and precise genotyping can be observed. Results from this study suggest

that ARMS-PCR procedure is a useful technique for SNPs genotyping. ARMS-PCR to detect SNPs of other meat quality associated gene will be further developed.

Keywords: ARMS-PCR, Wagyu crossbreed, marbling, SNP, Thyroglobulin gene (*TG5*)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนาเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสแบบสปีไพรเมอร์ Amplification Refractory Mutation System-PCR (ARMS-PCR) เพื่อใช้ในการตรวจสอบหาสปี (Single nucleotide polymorphism, SNPs) ของยีนไทโรโกลบูลิน (*TG5*) ที่ตำแหน่งนิวคลีโอไทป์ C422T ซึ่งเป็นยีนที่มีอิทธิพลต่อลักษณะไขมันแทรกในโควากิว ปัจจุบันการตรวจหา SNPs ของยีนจะต้องใช้วิธีปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสร่วมกับการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ (PCR-RFLP) หรือวิธีวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ (DNA sequencing) ซึ่งเป็นวิธีที่มีความจำเพาะสูง มีขั้นตอนที่ซับซ้อนยุ่งยาก ค่าใช้จ่ายสูงและใช้ระยะเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี ARMS-PCR คณะผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิค ARMS-PCR มาใช้ในการตรวจ SNPs ของยีน *TG5* โดยนำตัวอย่างจีโนมิกส์ดีเอ็นเอที่สกัดจากขนหางของโคลูกผสมวากิวมาเป็นดีเอ็นเอต้นแบบ จากผลการทดลองพบว่าไพรเมอร์ที่ออกแบบมาใช้ในเทคนิค ARMS-PCR สามารถระบุสปีที่ตำแหน่งนิวคลีโอไทป์ C422T ได้ โดยนำผลผลิต PCR มาแยกตามขนาดด้วยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส สามารถระบุได้ว่าตัวอย่างดีเอ็นเอจากโควากิวที่ปรากฏแถบดีเอ็นเอสองแถบขนาด 400 bp และ 199 bp มีจีโนไทป์เป็นโฮโมไซกัส T/T และตัวอย่างดีเอ็นเอที่ปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 400 และ 275 bp มีจีโนไทป์เป็นโฮโมไซกัส C/C ในขณะที่ตัวอย่างดีเอ็นเอที่ปรากฏแถบดีเอ็นเอทั้งสามขนาด 400, 275 และ 199 bp มีจีโนไทป์เป็นเฮเทโรไซกัส C/T และเมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สปี ด้วยเทคนิค ARMS-PCR กับ วิธีมาตรฐาน PCR-RFLP พบว่าให้ผลไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเทคนิค ARMS-PCR ที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบสปีของ

ยีน *TG5* ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำไม่แตกต่างจากวิธีมาตรฐาน ทั้งนี้ ARMS-PCR เป็นเทคนิคที่ทำได้ง่าย รวดเร็ว มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการทำ PCR-RFLP และ DNA sequencing ซึ่งเทคนิค ARMS-PCR สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์สปีของยีนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับคุณภาพเนื้อโคเพื่อเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรในการปรับปรุงพันธุ์ของโคเนื้อต่อไป

คำสำคัญ: ARMS-PCR โคลูกผสมวากิว ไขมันแทรก สปี (SNP) ยีนไทโรโกลบูลิน (*TG5*)

คำนำ

สปี หรือ Single nucleotide polymorphisms (SNPs) คือความแตกต่างของนิวคลีโอไทด์เพียงหนึ่งหรือสองตำแหน่งบนสายดีเอ็นเอที่ทำให้เกิดความแตกต่าง และมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะที่ปรากฏของสิ่งมีชีวิต (Phenotype) (Giardina *et al.*, 2007) ปัจจุบันไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (Intramuscular fat) หรือเนื้อลายหินอ่อน (Marbling) เป็นตัวบ่งชี้ในการกำหนดคุณภาพและราคาของเนื้อโค โดยปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อนั้นถูกควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมด้วยยีนหลายยีน ซึ่งหนึ่งในนั้น คือ ยีนไทโรโกลบูลิน (Thyroglobulin หรือ *TG5*) ซึ่งมีบทบาทในการควบคุมการทำงานของต่อมไทรอยด์ มีความสำคัญต่อเมตาบอลิซึมของไขมัน (Belew *et al.*, 2003) มีรายงานว่า การเปลี่ยนแปลงของนิวคลีโอไทด์ หรือสปี ที่บริเวณ 5'-untranslated region (5'-UTR) ที่ตำแหน่ง C422T (Shin and Chung, 2007) ของยีน *TG5* มีผลต่อปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ปัจจุบันการตรวจสอบสปีสามารถทำได้ด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับ

นิวคลีโอไทด์ (DNA sequencing) และวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสอาร์เอฟแอลพี (PCR-RFLP) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ความจำเพาะ แม่นยำสูง แต่มีความซับซ้อน ยุ่งยาก ใช้เวลานาน และต้นทุนสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเทคนิค Amplification refractory mutation system-PCR (ARMS-PCR) ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย (Newton *et al.*, 1989) มาใช้ในการตรวจสอบ SNPs ของยีน *TG5* ที่ตำแหน่งนิวคลีโอไทด์ C422T โดยออกแบบไพรเมอร์ให้มีความจำเพาะเจาะจง เทคนิค ARMS-PCR นี้ทำให้การตรวจ SNPs ที่พัฒนาขึ้นมีความประหยัด สะดวก รวดเร็ว และยังสามารถใช้ในการศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์และเพิ่มศักยภาพในการผลิตโคเนื้อคุณภาพสูงของเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ใช้ตัวอย่างขนหาง (รากขน) ของโคลูกผสมวากิวจากฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อโคราชวากิวจำนวน 10 ตัวอย่าง ทำการตัดขนหาง 30-40 เส้นด้านที่เป็นรากขนให้มีความยาวประมาณ 0.3-0.5 ซม. ใส่ในหลอด 1.5 มล. ต่อการสกัด 1 ตัวอย่าง แล้วเติม Tris-NaCl-Tween buffer 1 มล. ใส่ในหลอดที่มีขนหางเพื่อทำความสะอาดและกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่อไป

การสกัดดีเอ็นเอ

นำตัวอย่างรากขน ที่ล้างสะอาดแล้วมาสกัดสารพันธุกรรม หรือ Genomic DNA (gDNA) ด้วยชุดสกัด DNA GF-1 Blood DNA Extraction (VIVANTIS, Malaysia) โดยปฏิบัติตามคู่มือวิธีการสกัดของชุดสกัด จากนั้นนำ gDNA ที่สกัดได้มาทำการวัดความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ด้วยเครื่อง Nanodrop spectrophotometer (Thermo Scientific, USA) โดยค่าปริมาณความเข้มข้นของสารพันธุกรรมจะอยู่ที่ 10-100 ng/ μ l และค่าความบริสุทธิ์

(OD260/280) จะอยู่ที่ 1.80-1.90 จากนั้นนำสารพันธุกรรมเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20°C. เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

การตรวจจีโนไทป์ของยีน *TG5* ด้วยวิธี ARMS-PCR

การตรวจหาสปีส์ C422T ของยีน *TG5* ด้วยวิธี ARMS-PCR จะใช้ไพรเมอร์จำนวน 4 เส้น (Table 1) ที่ถูกออกแบบจากลำดับนิวคลีโอไทด์ของโคที่ได้จากฐานข้อมูล GenBank accession X05380 โดยที่ไพรเมอร์ Forward inner และ Reverse inner นั้นทำให้เกิดความจำเพาะในการตรวจสปีส์ C422T โดยมีการ Optimize ตำแหน่งที่ -3 จากปลาย 3' ของไพรเมอร์ และตำแหน่งสุดท้ายของปลาย 3' ให้เหมาะกับสปีส์ C422T จากนั้นนำตัวอย่าง gDNA ของโคที่ทราบลักษณะจีโนไทป์ของสปีส์ C422T (Homozygous T/T, Homozygous C/C และ Heterozygous C/T) มาใช้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี ARMS-PCR โดยศึกษาหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอน Primer annealing นอกจากนี้ยังศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของไพรเมอร์ Mg^{+2} และ Taq DNA polymerase ด้วย เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยา PCR ของไพรเมอร์แต่ละคู่แล้ว นำไพรเมอร์ทั้ง 4 เส้นรวมกันเพื่อทำปฏิกิริยาแบบ Multiplex PCR และตรวจสอบผลผลิต PCR ด้วย 2.5% Agarose gel electrophoresis

การตรวจจีโนไทป์ของยีน *TG5* ด้วยวิธี PCR-RFLP

นำผลผลิต PCR ที่ได้จากปฏิกิริยา PCR ด้วย Forward outer primer และ Reverse outer primer มาตัดด้วยเอนไซม์ *Xho*II (VIVANTIS, Malaysia) โดยปฏิกิริยาในการตัดด้วย Enzyme ประกอบด้วย 1X Buffer V2, PCR product ไม่น้อยกว่า 50 ng และ 1.0 unit *Xho*II บ่มที่อุณหภูมิ 60°C. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการตรวจสอบชิ้นส่วน DNA ที่ได้จากการตัดด้วย Restriction enzyme ด้วย 3% Agarose gel electrophoresis

Table 1 Sequences of primers used for PCR and ARMS-PCR amplification of *TG5* gene

Primer name	Primer sequences (5'-3')
Forward outer	ATTGCTAGGAGGGAAGGAAGGAGCATGG
Reverse outer	AATCTTGTGGAGGCTGTAGGGGAGCAGA
Forward inner	GGTTTGATCCCTGGGTTGGGAAG <u>G</u> TT
Reverse inner	AGTGGGTAGCCATTCCCTTCTCCAG <u>C</u> GG

Underlines are nucleotide at the position -3 from the 3' ends of both forward inner and reverse inner primers designed to make them more specific for each allele.

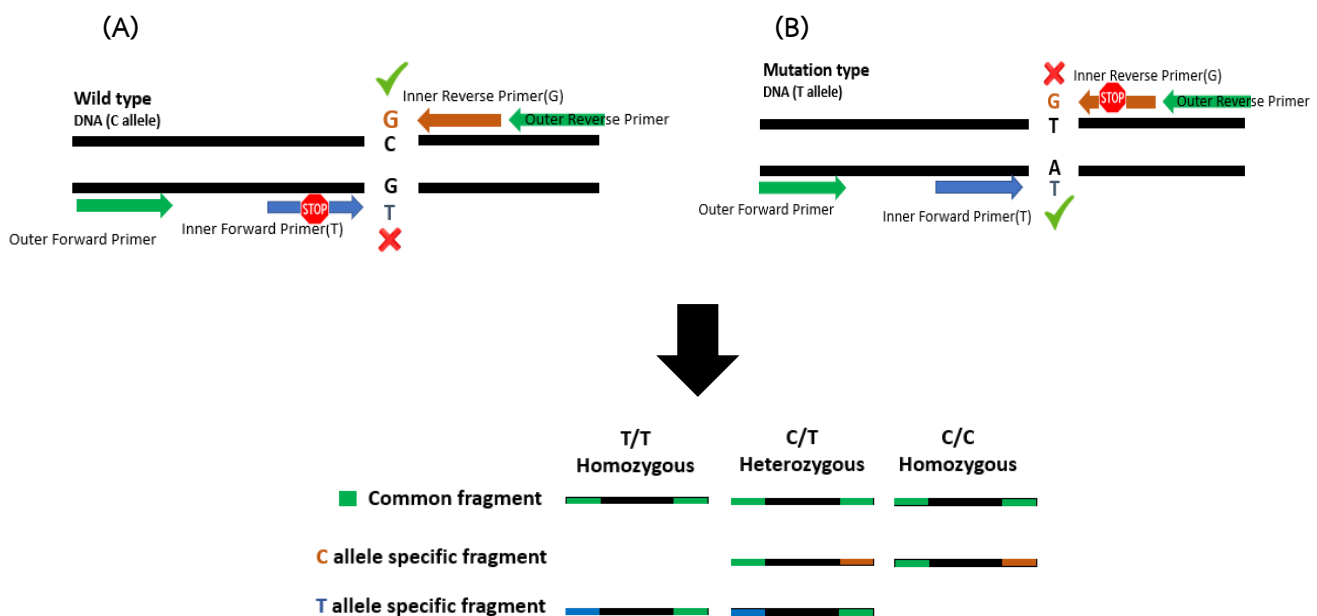


Figure 1 Schematic summary of ARMS-PCR primer design different colors indicate different primers participating in the PCR reaction. Green: outer primers; orange: inner C-allele-specific primer; blue: inner T-allele-specific primer; (A) binding of primers for the wildtype (C allele), (B) binding of primers for the T mutant allele Adapted from Medrano and Oliveira (2014)

ผลการวิจัย

นักวิจัยได้ทำการพัฒนาวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสแบบสี่ไพรเมอร์ (Tetra-primer ARMS-PCR) สำหรับการตรวจวิเคราะห์ SNP ของยีน *TG5* ที่ตำแหน่ง 422 ในโควากิวและโคลูกผสมวากิว โดยได้เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการใช้การตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ (PCR-RFLP) และ ARMS-PCR เพื่อทดสอบความแม่นยำและความถูกต้องของวิธี ARMS-PCR

เมื่อเปรียบเทียบผลจากการใช้ PCR-RFLP และ ARMS-PCR ของตัวอย่างโควากิวที่ไม่ทราบจีโนไทป์ จำนวน 7 ตัว (Unknown genotype) และตัวอย่างโควากิวที่ทราบจีโนไทป์ (Control known genotype) จำนวน 3 ตัว (Figure 2) พบว่าการใช้วิธี ARMS-PCR ในการวิเคราะห์ SNP ของยีน *TG5* มีความแม่นยำและความจำเพาะไม่แตกต่างจากวิธีดั้งเดิม PCR-RFLP โดยแถบดีเอ็นเอที่ได้มีขนาด 400 bp (Reference band) และ 199 bp (T specific band) สำหรับตัวอย่างที่เป็น T/T จีโนไทป์ และแถบดีเอ็นเอขนาด 400 bp (Reference band) และ 275 bp (C specific band) สำหรับตัวอย่างที่เป็น C/C จีโนไทป์ และดีเอ็นเอแบนขนาด 400 bp (Reference band) 199 bp (T specific band) และ 275 bp (C specific band) สำหรับตัวอย่างที่เป็น C/T จีโนไทป์ ซึ่งจากงานวิจัยของ Barendse (1999) พบว่าโคที่มีเครื่องหมายทางพันธุกรรมของยีน *TG5* เป็น T/T และ C/T จะมีความสัมพันธ์กับลักษณะไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงกว่าโคที่มีเครื่องหมายทางพันธุกรรมเป็น C/C อย่างมีนัยสำคัญ

วิจารณ์ผลการวิจัย

การตรวจสอบความถูกต้องของวิธี Tetra-primer ARMS-PCR ที่พัฒนาขึ้นสำหรับในการตรวจยีน *TG5* ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อที่มีความสำคัญในทางปศุสัตว์เพื่อใช้ในการเป็น Biomarker สำหรับการ

คัดเลือกพันธุ์กรรมที่ดีและลักษณะที่พึงประสงค์ของโคเนื้อ ดังนั้นจึงมีการวิจัยเพื่อออกแบบวิธีการตรวจสอบจีโนไทป์เพื่อศึกษาความแตกต่างของนิวคลีโอไทด์ในโคเนื้อ โดยในอดีตนักวิจัยได้ใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ (PCR-RFLP methods) การหาลำดับนิวคลีโอไทด์ (DNA sequencing) และวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสแบบสี่ไพรเมอร์ (Tetra-primer ARMS-PCR) เพื่อใช้ตรวจสอบ SNP หรือความแปรผันของลำดับดีเอ็นเอ โดยใช้ปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสแบบสี่ไพรเมอร์ถือว่าเป็นวิธีการสำหรับการตรวจสอบจีโนไทป์ที่ได้ผลรวดเร็วและสะดวกที่สุด เนื่องจากการหาลำดับนิวคลีโอไทด์เป็นวิธีที่ยุ่งยาก ใช้เวลานาน ราคาสูง และยังต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญทางเทคนิคอนุชีววิทยาสูงอีก ส่วนวิธีการใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะต้องอาศัยความจำเพาะของเอนไซม์ จึงต้องมีจุดตัดของเอนไซม์ในบริเวณที่เกิดสนิปส์หรือบริเวณใกล้เคียงที่เอนไซม์จะใช้เป็นจุดจดจำจึงเกิดข้อจำกัดในการเลือกใช้เอนไซม์และอาจไม่มีเอนไซม์ตัดจำเพาะที่จะใช้ในการตรวจวิเคราะห์ตำแหน่งที่ต้องการได้

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ *Xho*II ในการตรวจสอบสนิปส์ที่บริเวณ 5'-untranslated region (5'-UTR) ตรงตำแหน่งนิวคลีโอไทด์ C422T โดย Shin and Chung (2007) ได้รายงานว่าตำแหน่งดังกล่าวมีผลต่อปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อของโคเนื้อวากิว แต่วิธีนี้ยังมีข้อจำกัดหลายอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสแบบสี่ไพรเมอร์ซึ่งมีความรวดเร็วในการทดสอบ แม่นยำ และประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสนิปส์ (Dodgson *et al.*, 1997) และ Etlik *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสแบบสี่ไพรเมอร์เปรียบเทียบกับวิธีการใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ Real time PCR และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์พบว่าเทคนิคดังกล่าวให้ความถูกต้องและแม่นยำไม่แตกต่างกัน แต่วิธีปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสแบบสี่ไพรเมอร์ได้เปรียบในแง่ของประหยัดเวลาและต้นทุนในการวิเคราะห์ อีกทั้งยังสามารถใช้ได้ในห้องปฏิบัติการทั่วไปได้

ดังนั้นปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอเรสแบบสี่ไพรเมอร์ ARMS-PCR จึงถูกพัฒนาขึ้นในการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อตรวจสอบสนิปส์ในโควากิวและโคลูกผสมวากิวเพราะเป็นวิธีที่ใช้ได้ง่ายและสะดวกกว่าวิธีแบบดั้งเดิม คือ การใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะเนื่องจากเอนไซม์มีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศอีกทั้งการตัดด้วยเอนไซม์จำเป็นต้องบ่ม (Incubation) เอนไซม์กับ DNA ซึ่งใช้เวลานาน 2-3 ชั่วโมง โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาโคที่มีจีโนไทป์ทั้ง 3 ชนิด คือ Homozygous T/T และ C/C และ Heterozygous T/C และได้มีการทวนสอบเทคนิคที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับวิธีการใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ (Figure 2) พบว่าผลทั้งสองวิธีมีความสอดคล้องกัน 100% แสดงให้เห็นว่าทั้งสองวิธีนี้ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน

วิธีปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอเรสแบบสี่ไพรเมอร์ (Tetra-primer ARMS-PCR) ที่อธิบายไว้ข้างต้นมีวิธีการที่สามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว มีความแม่นยำเชื่อถือได้ อีกทั้งยังประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการวิเคราะห์ และยังสามารถใช้สำหรับการศึกษาจีโนไทป์ที่มีจำนวนตัวอย่างน้อยและมากได้อีกด้วย ซึ่งที่ผ่านมานงานวิจัยของ Nicol *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษา SNPs C422T ของยีน *TG5* ในโคสายพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าตัวอย่างโคสายพันธุ์วากิวที่ทำการทดสอบมีเครื่องหมายทางพันธุกรรมเป็น T/T และ C/T

ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะไขมันแทรกสูงกว่าโคสายพันธุ์วากิวที่มีเครื่องหมายทางพันธุกรรมเป็น C/C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และงานวิจัยของ Barendse *et al.* (2004) พบว่าโคลูกผสมแองกัสและชอตฮอร์นมีความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพเนื้อไขมันแทรก (Marbling score) กับยีน *TG5* อย่างมีนัยสำคัญ ในอนาคตผู้วิจัยจะทำการศึกษาความสัมพันธ์ของเครื่องหมายพันธุกรรม T/T, C/T และ C/C ในโคลูกผสมของไทยต่อไป

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิค Tetra-primer ARMS-PCR ในการตรวจสอบสนิปส์ของยีนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อโคเช่น ยีนที่มีอิทธิพลต่อไขมันแทรกในกล้ามเนื้อโค ได้แก่ ยีน Diacylglycerol O-acyltransferase 1 (*DGAT1*) (Anton *et al.*, 2011) ยีน Fatty acid binding protein 4 (*FABP4*) (Ardicli *et al.*, 2017) ยีนที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มเนื้อโค ได้แก่ ยีน Calpastatin (*CAST*) (Schenkel *et al.*, 2006) ยีน Calpain (*CAPN*) (Rincon and Medrano 2006) และยีนที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการให้อาหาร (Feed efficiency) ได้แก่ Neuronal Differentiation 1 (*NEUROD 1*) (Oliveira *et al.*, 2016) ยีน Growth hormone receptor (*GHR*) (Al-Husseini *et al.*, 2014) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและนักปรับปรุงพันธุ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเนื้อโคขุนเกรดพรีเมียมต่อไป

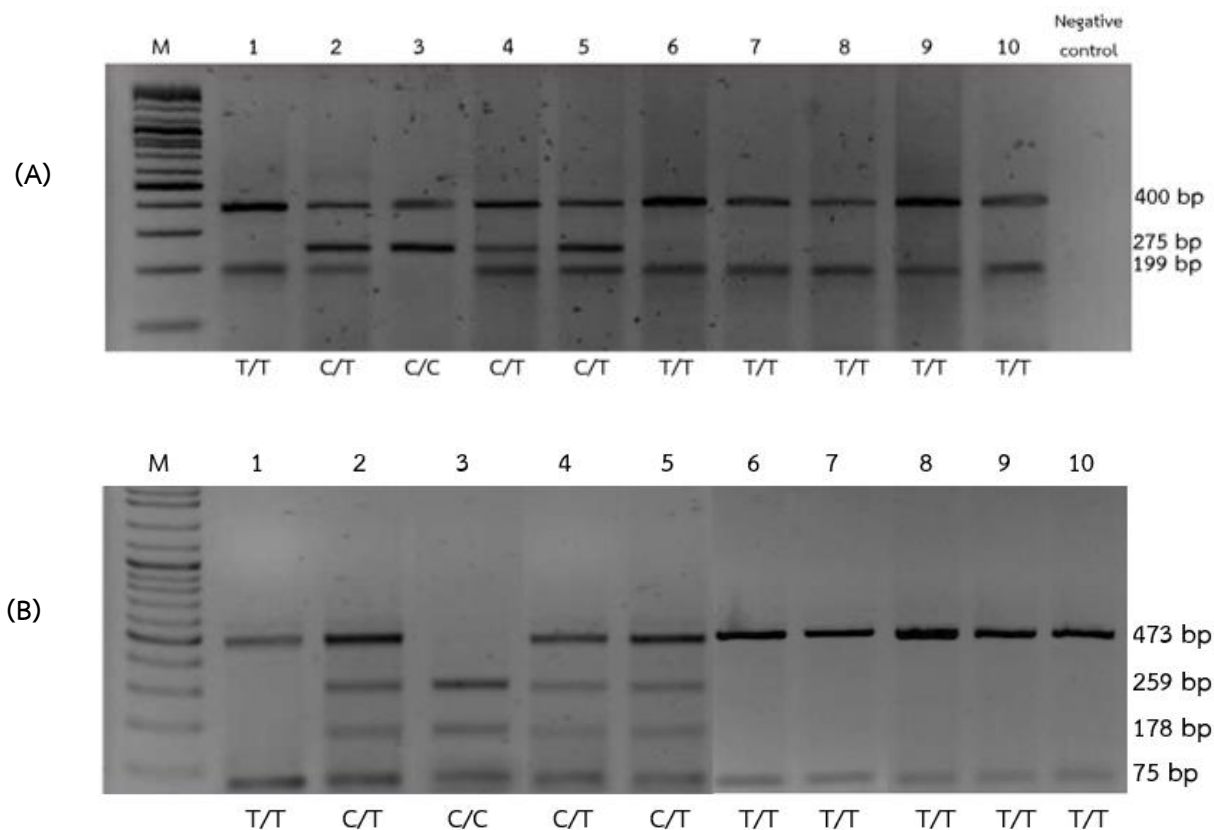


Figure 2: Comparison of the ARMS-PCR and PCR-RFLP methods. (A) Genomic DNA was used for ARMS-PCR method; (B) Estimating genotyping size of PCR-RFLP, for the three SNP genotypes, T/T, C/T and C/C; (C) Genomic DNA was used for PCR-RFLP method M: 100 bp DNA ladder.

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษารั้วนี้พบว่าเทคนิค Tetra-primer ARMS-PCR ที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นสามารถใช้ตรวจวิเคราะห์ สนิปส์ของยีนไทโรกลอบูลิน (*TG5*) ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ไม่แตกต่างจากวิธีดั้งเดิม คือ การใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ (PCR-RFLP) ทั้งนี้เทคนิค ARMS-PCR เป็นวิธีที่ง่าย ได้ผลรวดเร็ว ราคาถูก และมีประสิทธิภาพการพัฒนา ARMS-PCR สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบยีนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อโคราชขาว กิ่งหวัดนครราชสีมา ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างขนหางจากโคลูกผสมวากิว งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ทุนโครงการวิจัยและนวัตกรรม N23A650896 และ OROG จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (กิตติ นาคเกตุ ผู้รับทุน)

เอกสารอ้างอิง

- Al-Husseini, W., C. Gondro, K. Quinn, L.M. Cafe, R.M. Herd, J.P. Gibson, P.L. Greenwood and Y. Chen. 2004. Hormonal growth implants affect feed efficiency expression of residual feed intake-associated genes in beef cattle. **Animal Production Science** 54: 550-556.
- Anton, I., K. Kovács, G. Holló, V. Farkas, L. Lehel, Z. Hajda and A. Zsolnai. 2011. Effect of *leptin*, *DGAT1* and *TG* gene polymorphisms on the intramuscular fat of Angus cattle in Hungary. **Genome Research** 135: 300-303.
- Ardicli, S., H. Samli, F. Alpay, D. Dincel, B. Soyudal and F. Balci. 2017. Association of single nucleotide polymorphisms in the *FABP4* gene with carcass characteristics and meat quality in Holstein bulls. **Annals of Animal Science** 17: 117-130.
- Barendse, W. 1999. **Assessing Lipid Metabolism. International Patent Application PCT/AU98/00882.** International Patent Publication WO 99/23248.
- Barendse, W., R.J. Bunch, M.B. Thomas, S.M. Armitage, S. Baud and N. Donaldson. 2004. The *TG5* thyroglobulin gene test for a marbling quantitative trait locus evaluated in feedlot cattle. **Australian Journal of Experimental Agriculture** 44: 669-674.
- Belew, J.B., J.C. Brooks, D.R. McKenna and J.W. Savell. 2003. Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. **Meat Science** 64: 507-512.
- Dodgson, J.B., H.H. Cheng and R. Okimoto. 1997. DNA marker technology: a revolution in animal genetics. **Poultry Science** 76: 1108-1114.
- Etlik, O., V. Koksai, S.T. Arican-Baris and L. Baris. 2011. Development and validation of a cost-effective in-house method, tetra-primer ARMS PCR assay, in genotyping of seven clinically important point mutations. **Molecular and Cellular Probes** 25: 177-181.
- Giardina, C.P., L.M. Litton, J.M. Thaxton, S. Cordell, L.J. Hadway and D.R. Sandquist. 2007. Science driven restoration: a candle in a demon haunted world response to cabin. **Restoration Ecology** 15: 171-176.
- Medrano, R.F.V. and C.A. de Oliveira. 2014. Guidelines for the tetra-primer ARMS-PCR technique development. **Mol Biotechnol** 56: 599-608.
- Newton, C.R., A. Graham, L.E. Heptinstall, S.J. Powell, C. Summers, N. Kalsheker, J.C. Smith and A.F. Markham. 1989. Analysis of any point mutation in DNA, the amplification refractory mutation system (ARMS). **Nucleic Acids Research** 17(7): 2503-2516.

- Nicol, D.C, S.M. Armitage, D.J.S Hetzel and G.P Davis. 2001. Genotype frequencies for GeneSTAR MARBLING®—a DNA based diagnostic test for beef cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 14: 537-540.
- Oliveira, de P.S.N., P.C. Tizioto, W. Malago Jr, M.L. do Nascimento, A.S.M. Cesar, W.J.S. Diniz, M.M. de Souza, D.P.D. Lanna, R.R. Tullio, G.B. Mourão, M. de A. Mudadu, L.L. Coutinho and L.C. de A. Regitano. 2016. A single nucleotide polymorphism in *NEUROD1* is associated with production traits in Nelore beef cattle. **Genetics and Molecular Research** 15(2): DOI: 10.4238/gmr.15028161.
- Rincón, G and J.F. Medrano. 2006. Assays for genotyping single nucleotide polymorphisms in the bovine *CAPN1* gene. **Animal Genetics** 37: 94-295.
- Schenkel, F.S., S.P. Miller, Z. Jiang, L. Mandell, X. Ye, H. Li and J. Wilton. 2006. Association of a single nucleotide polymorphism in the *calpastatin* gene with carcass and meat quality traits of beef cattle. **Journal of Animal Science and Biotechnology** 84: 291-299.
- Shin, S.C. and E.R. Chung. 2007. Association of SNP marker in the thyroglobulin gene with carcass and meat quality traits in Korean cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Science** 2: 172-177.

ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อหมู

The Effect of Freezing Storage Duration on Physical and Chemical Properties of Pork Meat

สุมงกช โตไพบูลย์ เอกรินทร์ อินประมูล มาลัยพร วงศ์แก้ว รัตติยากร ชาตตนนท์ และวรารัลญูช ฉิมพะเนาว์*

Subongkoj Topaiboul, Aekarin Inpramoon, Malaiporn Wongkaew

Rattiyakorn Chattanon and Warawaran Shimbhano*

วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 50300

College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, Thailand 50300

*Corresponding author: warawaran@rmu.ac.th

Received: November 20, 2022

Revised: May 19, 2023

Accepted: June 19, 2023

Abstract

Regarding of inconsistency in texture of emulsion sausage made of some frozen pork batches found at the Livestock Development and Research Center, Chiang Mai, this paper aimed to investigate the effect of freezing storage duration on the meat's physical and chemical properties and to specify a suitable storage duration. The fresh pork tenderloin was selected with similar size, color, and weight. Then washed with clean water and trimmed by separating only the red meat, each piece weighs about 500 grams, and packed in a zip lock bag. For 6 months, pork meat was stored at -40°C and sampled to analyse for its physical properties (color, texture, and microstructure) and chemical properties (pH value, moisture content, thawing loss, protein, and fat contents) each month. The results showed that the meat color changed from a bright red to a darker with paler red tone during the freezing storage. The freezing storage altered some texture properties of pork meat which demonstrated by a decrease of springiness and an increase of hardness and chewiness after 3 months. These also corresponded to the microstructure photos. The pH value of the frozen pork meat tended to increase until the 4th month and slightly decreased thereafter. There was no difference in the moisture content between fresh and frozen pork meat while the thawing loss increased. In terms of protein, the detected amount seemed unchanged but the fat content decreased after 2 months. The overall analysis results implied some deteriorations of pork meat during frozen storage and suggested that the use of more than 3-month frozen storage should be avoided.

Keywords: pork meat, freezing storage, physical properties, chemical properties

บทคัดย่อ

สืบเนื่องจากปัญหาที่พบ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ จังหวัดเชียงใหม่ คุณภาพเนื้อสัมผัสของไส้กรอกชนิดอิมัลชันที่ผลิตจากเนื้อหมูแช่แข็งมีความแตกต่างจากการแปรรูปด้วยเนื้อหมูสดในบางรอบการผลิต งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อหมู เพื่อระบุระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเนื้อหมูแช่แข็งก่อนนำมาแปรรูปเป็นไส้กรอก โดยคัดเลือกเนื้อหมูสดใหม่ส่วนสันนอกที่มีขนาด สี และน้ำหนักใกล้เคียงกัน จากนั้นนำไปล้างน้ำสะอาดและทำการตัดแต่ง โดยเลาะแยกเอาแต่ส่วนของเนื้อแดง โดยให้แต่ละชิ้นมีน้ำหนักชิ้นละประมาณ 500 กรัม บรรจุใส่ถุงซิปล็อค เก็บรักษาเนื้อหมูที่อุณหภูมิ -40°C . เป็นระยะเวลา 6 เดือน และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และโครงสร้างทางจุลภาค และคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณความชื้น การสูญเสียน้ำจากการทำละลายน้ำแข็ง ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมัน ผลการศึกษาพบว่าระหว่างการเก็บรักษา ในสภาพแช่แข็งเนื้อหมูมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดงสดเป็นสีโทนแดงที่มีความคล้ำมากขึ้นและมีสีซีดจางลง ค่าความยืดหยุ่นลดลง ค่าความคงทนต่อการบดเคี้ยวที่บ่งบอกถึงความเหนียวเพิ่มขึ้น และมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน สอดคล้องกับภาพการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางจุลภาคค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อหมูแช่แข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปจนถึงเดือนที่ 4 และลดลงเล็กน้อยหลังจากนั้น โดยความชื้นในเนื้อสัตว์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่พบการสูญเสียน้ำจากการทำละลายน้ำแข็งของเนื้อหมูเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการแช่แข็ง สำหรับปริมาณโปรตีนไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่ปริมาณไขมันลดลงภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 2 เดือน จากการวิเคราะห์ทั้งหมดบ่งชี้การเสื่อมสภาพของเนื้อหมูและชี้ให้เห็นว่าไม่ควรนำเนื้อหมูที่เก็บรักษาไว้นานเกิน 3 เดือน มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: เนื้อหมู การเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง
คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี

คำนำ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นหน่วยงานที่มีภารกิจในการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านการปศุสัตว์ มีการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ประเภทนมและเนื้อสัตว์ ได้แก่ นมพร้อมดื่ม โยเกิร์ต ซีส เนื้อสัตว์ตัดแต่ง ลูกชิ้น กุนเชียง แฮม และไส้กรอกอิมัลชัน (ไส้กรอกเวียนนา แพรงค์เฟอร์เตอร์) เป็นต้น ด้วยลักษณะการผลิตที่ไม่สามารถแปรรูปได้ทันทีในกระบวนการแปรรูปไส้กรอกเนื้อหมูชำแหละบางส่วนจึงถูกนำไปแช่แข็ง (อุณหภูมิประมาณ -35 ถึง -40°C .) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาก่อนนำมาแปรรูป แต่เมื่อนำเนื้อหมูที่ผ่านการแช่แข็งมาใช้สังเกตว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของส่วนผสมไส้กรอกที่ได้มีความแตกต่างจากการแปรรูปด้วยเนื้อหมูสด ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสไส้กรอกที่ได้ ซึ่งความสดของเนื้อหมูมีความสำคัญต่อทั้งกลิ่น รสชาติ และคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอก (Leygonie *et al.*, 2012) ไส้กรอกอิมัลชันเกิดจากการผสมระหว่างโปรตีนในเนื้อสัตว์ ไขมัน และน้ำเข้าด้วยกัน (Rattanapanone, 2014) เนื้อสัมผัสที่ดีของไส้กรอกจึงเป็นผลมาจากความเสถียรในระบบอิมัลชันของส่วนผสม ได้แก่ ความสม่ำเสมอเรียบเนียน ความยืดหยุ่น เนื้อแน่นไม่ยุ่ยและไม่นิ่มเกินไป ไม่มีการแยกตัวของหยดน้ำมันออกจากไส้กรอก กระบวนการแช่แข็งเป็นเทคนิคการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ที่เป็นที่นิยม แต่การแช่แข็งมักทำให้เกิดความเสียหายแก่เนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์ เนื่องจากผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างของเนื้อเยื่อ (Mousavi *et al.*, 2007) ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นสามารถสังเกตได้โดยตรงโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่งกราด (SEM) (Russell *et al.*, 1999) การแช่แข็งส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์ ซึ่งเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันทั้งเนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อไก่ และเนื้อปลา โดยการแช่แข็ง (-5°C .) จะก่อให้เกิด

ผลึกน้ำแข็งขึ้นในเส้นใยกล้ามเนื้อ เมื่อนำเนื้อสัตว์มาทำการละลายผลึกน้ำแข็งในเส้นใยจะละลายออกมาก ซึ่งเป็นผลให้เกิดการสูญเสีย น้ำ และยังพบว่าไขมันบางส่วนหลุดออกมาพร้อมกับน้ำเหล่านั้น เป็นผลให้เนื้อสัตว์ที่ผ่านการแช่แข็งมีคุณภาพลดลง (Mousavi *et al.*, 2007) มีรายงานวิจัยในเนื้อหมูที่ผ่านการแช่แข็งเป็นระยะเวลา 45 วัน พบว่ามีปริมาณโปรตีนลดลง การแช่แข็งยังทำให้เกิดเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีน โดยทำให้เนื้อหมูมีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความยืดหยุ่นลดลง และยังมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมันที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในเนื้อหมูแช่แข็ง (Medic *et al.*, 2018) โดยการศึกษาของ Choi *et al.* (2018) ได้นำเนื้อแกะมาแช่แข็งที่อุณหภูมิ -50, -60 และ -80°ซ. พบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 เดือนเนื้อแกะมีคุณภาพลดลง โดยพบว่าเนื้อแกะแช่แข็งมีการสูญเสียจากการทำละลายน้ำแข็ง (Thawing loss) เพิ่มขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง และเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น Reddy *et al.* (1995) ศึกษาพบว่าการเก็บรักษาปลาพิงค์เพิร์ชในน้ำแข็งก่อนนำไปบดและแปรรูป ทำให้ค่าการละลายของโปรตีนลดลง (Protein solubility) ความสามารถในการเกิดอิมัลชันลดลง (Emulsion stability) ความสามารถในการจับยึดน้ำลดลงเช่นกัน (Water binding stability) คุณสมบัติดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการละลายของโปรตีน และเป็นตัวบ่งชี้ถึงการสูญเสียของโปรตีนกล้ามเนื้อของเนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นผลมาจากการจับตัวกันของโปรตีน (Aggregation) ในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง (Chantararat *et al.*, 2005)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อหมู เพื่อระบุระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -40°ซ. เพื่อนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์ร่วมกับการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อหมู นอกจากนี้ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหมูระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อหมูอื่น ๆ ได้เช่นกัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิดังกล่าวนั้น ถูกกำหนดขึ้นจาก

อุณหภูมิของการเก็บรักษาอาหารแช่แข็ง (ต่ำกว่า -18°ซ.) และเป็นอุณหภูมิที่มีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิในการเก็บรักษาเนื้อหมูของศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบ

เนื้อหมูที่ใช้เป็นส่วนส้นนอกจากร้านขายส่งเนื้อหมูอำเภออดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 10 กิโลกรัม โดยคัดเลือกเนื้อหมูสดใหม่ที่มีขนาด สี่ และน้ำหนักใกล้เคียงกัน จากนั้นนำไปล้างน้ำสะอาดและทำการตัดแต่งชิ้นส่วนเนื้อ โดยเลาะแยกเอาแต่ส่วนของเนื้อแดง นำเศษเนื้อ เอ็น และพังผืดแยกออกจากกัน ตัดแต่งส่วนของเนื้อแดงให้มีลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยให้แต่ละชิ้นมีน้ำหนักชิ้นละประมาณ 500 กรัม บรรจุใส่ถุงซิปล็อคนำไปเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง (Freezer, Binder GmbH, Germany) ที่อุณหภูมิ -40°ซ. โดยตู้แช่แข็งที่ใช้เป็นแบบที่ไม่มีอากาศไหลเวียน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับตู้แช่แข็งที่ใช้เก็บรักษาเนื้อสัตว์ในโรงงานแปรรูปทั่วไป รวมถึงที่ใช้ในศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ โดยเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทุกๆ เดือน เนื้อหมูแช่แข็งจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี โดยเปรียบเทียบกับเนื้อหมูสด ก่อนการวิเคราะห์เนื้อหมูแช่แข็ง จะถูกนำมาละลายที่อุณหภูมิ 4°ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อหมู

การวัดค่าสีของเนื้อหมูด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter, ColorFlex EZ, Hunter Associates Laboratory, USA) โดยวัดค่าสีบนผิวของเนื้อหมูบริเวณทั้งสองด้าน ด้านละ 5 จุด ค่าสีที่วัดได้บันทึกเป็นค่า L* (Lightness), a* (Redness) และ b* (Yellowness) (McGuire, 1992) การวัดเนื้อสัมผัสของเนื้อหมู โดยใช้เครื่อง Texture analyzer (Texture Profile Analysis, TPA, CT3 10K, BrookfieldD, USA) โดยประยุกต์จากวิธีของ Huidobro *et al.* (2005) โดยเตรียมตัวอย่างเนื้อหมู

ขนาด 5x5x2 ซม. ใช้หัววัดชนิดรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1 ซม. กดลงที่ชิ้นเนื้อความลึก 6 มม. ทำการทดสอบ 6 ชิ้น โดยวิเคราะห์ชิ้นละ 5 จุด โดยหัวทดสอบจะกดบนเนื้อหมูจำนวน 2 ครั้ง บันทึกลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้จากกราฟ คือ ความแข็ง (Hardness, นิวตัน (N)) ซึ่งวัดจากจุดสูงสุดที่สุดของพีคในการกดครั้งแรก ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้กราฟการกดครั้งที่สองต่อพื้นที่ใต้กราฟการกดครั้งแรก ความยืดหยุ่น (Springiness) คือ อัตราส่วนระหว่างระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ จนกระทั่งเกิดพีคของการกดครั้งที่สองและการกดครั้งแรก และ ความทนต่อการบดเคี้ยว (Chewiness index) คือ ผลคูณระหว่างความเหนียว (Gumminess) และความยืดหยุ่น

การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค (Microstructure) โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM, Model Prisma E, Thermo Scientific, USA) โดยเตรียมตัวอย่างเนื้อหมูให้มีขนาด 4x4x0.5 ซม. จากนั้นนำไปทำแห้งในสถานะแช่เยือกแข็ง โดยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dryer, Alpha 1-4 LD Plus, Christ, Germany) จากนั้นตัดตัวอย่างให้มีขนาด 1x1x0.1 ซม. นำไปวางบนแท่นอะลูมิเนียม ฉาบตัวอย่างด้วยทองคำหนา 250-300 นาโนเมตร เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำตัวอย่างไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3,000 เท่า โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อหมู

การวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH value) ด้วยวิธีของ (AOAC, 2000) โดยนำเนื้อหมูจำนวน 5 กรัม ปั่นรวมกับน้ำกลั่น 25 มล. นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง pH Meter (PHTESTR30, EUTECH, Singapore) โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) โดยนำเนื้อหมูประมาณ 5 กรัม มาใส่ในจานอะลูมิเนียม

ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน (UF450, Memmert, Germany) ที่อุณหภูมิ 105°C. เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก (%MC_{wb}) โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำจากการทำละลายน้ำแข็ง (Thawing loss) ของเนื้อหมู โดยวิธีของ Mortensen *et al.* (2006) โดยมีนำเนื้อหมูแช่แข็งจำนวน 5 กรัม มาทำการชั่งน้ำหนัก (M1) จากนั้นนำไปละลายที่อุณหภูมิ 4°C. เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นนำเนื้อหมูที่แช่แข็งน้ำหนักอีกครั้ง (M2) โดยทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ การสูญเสียน้ำของเนื้อหมูถูกนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ (% thawing loss) ดังนี้

$$\% \text{thawing loss} = \left(\frac{M1 - M2}{M1} \right) \times 100$$

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยเครื่อง Dumas combustion (5E-TCN2200, CKIC, China) (Etheridge *et al.*, 1998) โดยใช้ตัวอย่างเนื้อหมูจำนวน 250 มก. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 850°C. ไอของสารที่ได้จากการเผาไหม้จะถูกพาเข้าสู่เครื่องตรวจวัด แสดงผลเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และสามารถคำนวณเป็นปริมาณโปรตีนโดยคูณด้วยแฟกเตอร์ตัวเลข 6.25 โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยเทคนิคการสกัดแบบซอกซ์เลต (Soxhlet extraction) (AOAC, 2000) โดยใช้ตัวอย่างเนื้อหมูจำนวน 3 กรัม โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพหิตามันต์โดยใช้วิธีของ Tukey (Tukey's honestly significant difference test หรือ Tukey's HSD) ด้วยโปรแกรม SPSS 11.5 จำนวนตัวอย่างไม่น้อยกว่า 3 ซ้ำ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงค่าสี

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเนื้อหมูรายงานเป็นค่า L^* , a^* และ b^* ดังแสดงใน Table 1 การเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งที่อุณหภูมิ -40°C . มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อหมู พบว่าเนื้อหมูสดมีค่า L^* , a^* และ b^* แตกต่างจากเนื้อหมูแช่แข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื้อหมูแช่แข็งมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดงสดเป็นสีแดงที่มีความคล้ำมากขึ้นและมีสีซีดจาง โดยเนื้อหมูสดมีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 50.57, 4.16 และ 13.72 ตามลำดับ ในช่วงระยะเวลาการแช่แข็งตั้งแต่เดือนที่ 1-6 เนื้อหมูแช่แข็งมีค่า L^* เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 54.94-60.34 ค่า a^* เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 6.26-7.34 และค่า b^* เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 16.90-17.78 โดยค่า L^* ที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับเนื้อหมูแช่แข็งที่มีสีซีดจางลง ส่วนค่า a^* และ b^* ที่เพิ่มขึ้นนั้น สอดคล้องกับการเปลี่ยนโทนสีของเนื้อหมู โดยเนื้อหมูสดนั้นมีเนื้อสีแดงสด ส่วนเนื้อหมูแช่แข็งนั้นจะมีสีแดงที่มีความคล้ำกว่า โดยสังเกตจากค่า b^* ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ระยะเวลาการแช่แข็งยังสัมพันธ์กับค่า L^* หรือค่าความ

สว่างของเนื้อหมู โดยเมื่อระยะเวลาในการแช่แข็งนานขึ้นค่า L^* ก็มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน กล่าวคือเมื่อเก็บรักษาเนื้อหมูในสภาพแช่แข็งนานขึ้น ทำให้สีของเนื้อหมูนั้นมีความซีดจางมากขึ้น เนื่องจากการแช่แข็งที่ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งในโครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อ เมื่อนำเนื้อสัตว์มาทำการละลาย ผลึกน้ำแข็งในเส้นใยจะละลายออกมาซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียสี และเกิดการสูญเสียของเม็ดสีที่อยู่ในน้ำเลือดของเนื้อหมู (Kono *et al.*, 2017) นอกจากนี้การแช่แข็งในระยะเวลาที่นานขึ้น ทำให้เนื้อหมูเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำตาลและมีสีซีดลง (Aroeira *et al.*, 2017) ทั้งนี้เกิดขึ้นจากไมโอโกลบิน (Myoglobin) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ทำให้เนื้อหมูมีสีม่วงแดง (Purplish red) ในภาวะที่มีออกซิเจนจะรวมตัวกับออกซิเจนเป็นออกซีไมโอโกลบิน (Oxymyoglobin) ซึ่งทำให้เนื้อหมูมีสีแดงสด และเมื่อเก็บรักษาเนื้อหมูไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น หรือมีการสัมผัสกับอากาศนานขึ้น เนื้อหมูจะเกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเมตไมโอโกลบิน (Metmyoglobin) ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และปฏิกิริยานี้ไม่สามารถผันกลับได้ (Rattanapanone, 2014)

Table 1 Changes in color values (L^* , a^* , b^*) of pork meat during freezing storage

Storage time (month)	L^* value	a^* value	b^* value
Fresh pork	50.57±2.23 ^c	4.16±0.68 ^d	13.72±0.81 ^c
1	54.94±1.09 ^b	7.34±1.18 ^a	17.76±0.43 ^a
2	56.88±1.32 ^{ab}	6.69±1.14 ^b	16.90±0.42 ^b
3	59.74±2.20 ^a	7.02±0.48 ^{ab}	17.80±0.70 ^a
4	60.00±3.01 ^a	6.28±1.16 ^c	17.64±0.88 ^a
5	60.34±2.20 ^a	6.92±0.75 ^b	17.78±0.81 ^a
6	59.71±1.36 ^a	6.26±0.35 ^c	17.60±0.48 ^a

Data are expressed as mean values $\pm$ SD values. Mean values $\pm$ SD values with different superscripts in the same column differ significantly at $P \leq 0.05$.

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมูแช่แข็งที่อุณหภูมิ -40°C เป็นระยะเวลา 6 เดือน ดังแสดงใน Table 2 การวัดเนื้อสัมผัสของเนื้อหมู ซึ่งบันทึกเป็นค่าความแข็ง (Hardness, นิวตัน (N)) ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) ความยืดหยุ่น (Springiness) และความทนต่อการบดเคี้ยว (Chewiness index) พบว่าเนื้อหมูสดมีค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และความทนต่อการบดเคี้ยวแตกต่างจากเนื้อหมูแช่แข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันนั้นไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าความยืดหยุ่น พบว่าเนื้อหมูสดมีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 3.71 ซึ่งมากกว่าเนื้อหมูแช่แข็ง โดยค่าความยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการแช่แข็งที่นานขึ้น โดยเนื้อหมูแช่แข็งมีค่าความยืดหยุ่นอยู่ระหว่าง 0.58-1.70 สำหรับค่าความทนต่อการบดเคี้ยวที่บ่งบอกถึงความเหนียวในอาหาร หากมีค่าสูงแสดงว่าเนื้อสัมผัสของอาหารนั้นมีความเหนียวมาก พบว่าเนื้อหมูสดและเนื้อหมู

ที่แช่แข็งเป็นระยะเวลา 1-2 เดือน มีค่าความคงทนต่อการบดเคี้ยวอยู่ระหว่าง 0.58-0.68 และเนื้อหมูเมื่อผ่านการแช่แข็งตั้งแต่ 3 ถึง 6 เดือน มีค่าความคงทนต่อการบดเคี้ยวเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 1.42-3.03 เมื่อพิจารณาค่าความแข็ง พบว่าเนื้อหมูที่ผ่านการแช่แข็งเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีค่าความแข็งมากที่สุดเท่ากับ 8.88 นิวตัน และเนื้อสัมผัสของเนื้อหมูมีลักษณะแข็งมากที่สุด สอดคล้องกับการทดลองของ Choi *et al.* (2018) ที่พบว่าการแช่แข็งมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของเนื้อแกะมีความแข็งและความทนต่อการบดเคี้ยวหรือความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งความแข็งและเหนียวของเนื้อแกะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนภายหลังการแช่แข็งไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน มีสาเหตุมาจากการเกิดผลึกน้ำแข็งในโครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อ และการสูญเสียจากโครงสร้างเส้นใย (Kono *et al.*, 2017) นอกจากนี้การเสียดสีของเส้นใยไมโอซินที่เป็นผลจากผลึกน้ำแข็ง และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันยังมีส่วนทำให้เนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์มีความแข็งเพิ่มขึ้น และการอุ้มน้ำลดลง (Kennedy, 2000)

Table 2 Changes in texture profile of pork meat during freezing storage

Storage time (month)	Texture properties			
	Hardness (N)	Cohesiveness ^{ns}	Springiness index	Chewiness index
Fresh pork	4.76±0.84 ^{cd}	0.50±0.06	3.71±1.45 ^a	0.68±0.05 ^b
1	5.11±3.97 ^c	0.48±0.06	1.70±1.49 ^b	0.58±0.15 ^b
2	3.63±1.34 ^e	0.48±0.03	0.62±0.03 ^c	0.58±0.15 ^b
3	4.30±1.74 ^{de}	0.47±0.04	0.63±0.08 ^c	1.42±0.64 ^{ab}
4	8.88±2.91 ^a	0.46±0.07	0.59±0.05 ^c	3.03±1.55 ^a
5	8.55±2.55 ^{ab}	0.46±0.04	0.61±0.05 ^c	3.02±1.99 ^a
6	8.17±2.39 ^b	0.45±0.03	0.58±0.05 ^c	2.53±1.25 ^{ab}

Data are expressed as mean values ± SD values. Mean values ± SD values with different superscripts in the same column differ significantly at $P \leq 0.05$; ns = not significant ($P > 0.05$).

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาค

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางจุลภาคของเนื้อหมูสดและเนื้อหมูที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -40°C . เป็นระยะเวลา 6 เดือน เมื่อนำเนื้อหมูแช่แข็งมาละลายที่อุณหภูมิ 4°C . และนำมาวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 3,000 เท่า ดังแสดงใน Figure 1 พบว่าในภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของเนื้อหมูสด (Figure 1A) แสดงโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีเส้นใยเล็ก ๆ สานตัวกันเป็นอย่างดี ส่วนในภาพถ่ายของเนื้อหมูที่แช่แข็งเป็นระยะเวลา 1 และ 2 เดือน (Figure 1B-C) พบว่าเส้นใยเล็ก ๆ ที่สานตัวกันอยู่เริ่มลดลง และมีรูโหว่ของผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้น สำหรับภาพถ่ายของเนื้อหมูที่แช่แข็งเป็นระยะเวลา 3-6 เดือน (Figure 1D-G) นั้น ไม่พบเส้นใยเล็ก ๆ แล้ว และมีรูโหว่ของผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ขึ้น แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ

เส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อหมู ซึ่งการแช่แข็งในระยะเวลานานขึ้น จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อที่แสดงถึงการเสื่อมสภาพของเนื้อหมู ถูกสังเกตได้อย่างชัดเจนเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 เดือน โดยการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างจุลภาคนั้นสอดคล้องกับค่าความแข็งที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าความยืดหยุ่นที่มีแนวโน้มลดลง และความคงทนต่อการบิดเคี้ยวหรือความเหนียวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเนื้อหมูที่เก็บรักษาในสภาพแช่แข็งเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยการแช่แข็งนั้นจะก่อให้เกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นในเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อสัตว์ เมื่อนำเนื้อสัตว์มาทำการละลาย ผลึกน้ำแข็งในเส้นใยจะละลายออกมา ซึ่งนอกจากจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำ ยังทำให้คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์ลดลง ซึ่งเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันทั้งเนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อไก่ และเนื้อปลา (Mousavi *et al.*, 2007; Tippala *et al.*, 2021)

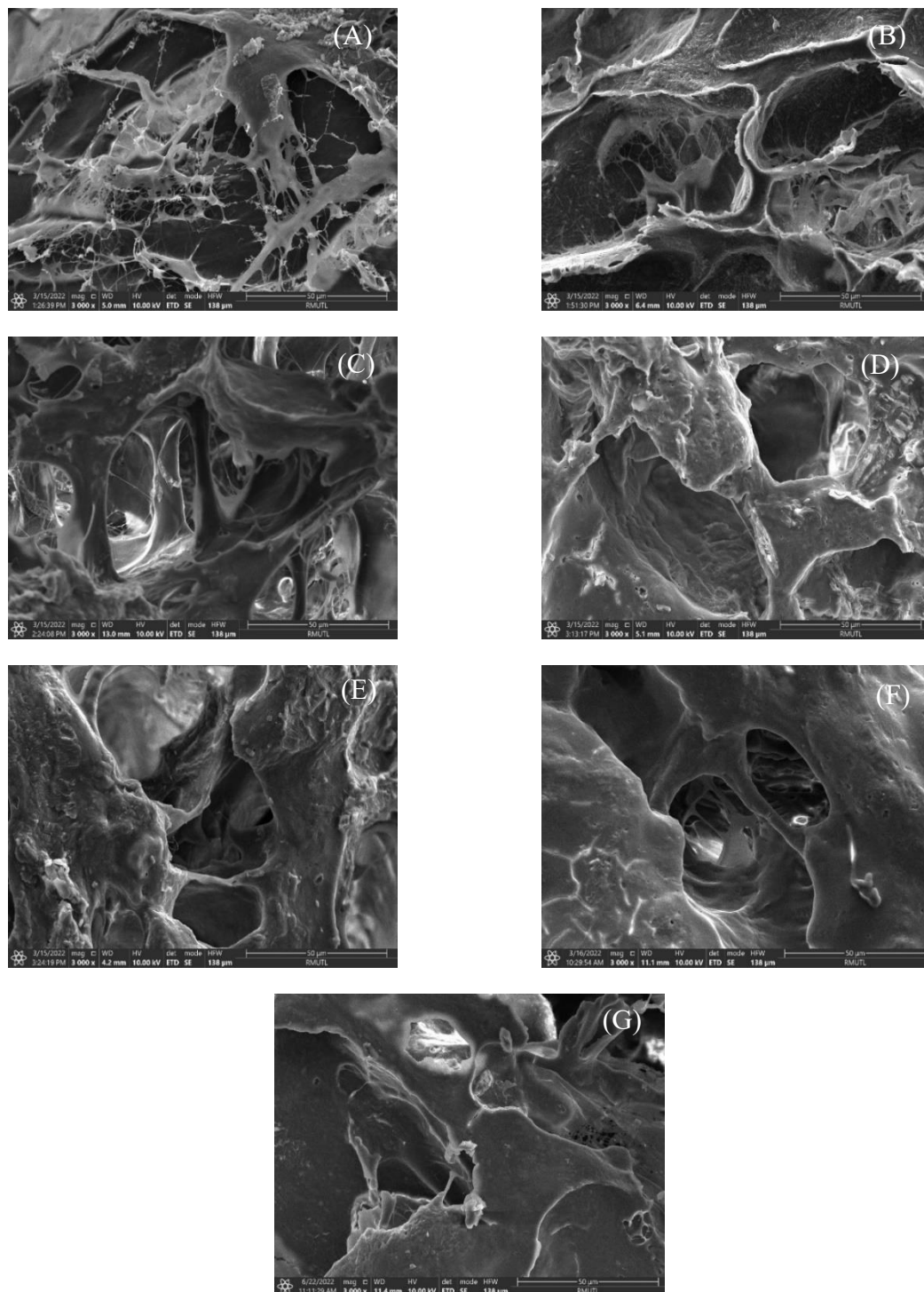


Figure 1 Microstructure of fresh pork (A) and frozen pork after storage for 1 month (B), 2 months (C), 3 months (D), 4 months (E), 5 months (F) and 6 months (G) at 3000x magnification

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่าง

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชพบว่า ค่าพีเอชของเนื้อหมูสดและเนื้อหมูที่ผ่านการแช่แข็ง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 3 ค่าพีเอชของเนื้อหมูสดมีค่าเท่ากับ 5.57 เนื้อหมูแช่แข็งเป็นระยะเวลา 1 เดือน มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเป็น 6.11 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปจนถึงเดือนที่ 4 และลดลงเล็กน้อยเหลือ 5.57 และ 5.70 ในเดือนที่ 5 และ 6 ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงระยะเวลา 4 เดือนแรก การแช่แข็งจะสามารถยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ แต่ปฏิกิริยาของเอนไซม์ยังคงดำเนินไปอย่างช้า ๆ จึงส่งผลให้เนื้อหมูเกิดการย่อยสลายตัวเอง ซึ่งทำให้ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในเดือนที่ 5 และ 6 ของการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wei *et al.* (2017) ที่ศึกษาผลของระยะเวลาแช่แข็งต่อค่าพีเอชของเนื้ออกไก่ โดยพบว่าค่าพีเอชของเนื้ออกไก่สดมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 6.09 และเมื่อผ่านการแช่แข็งเป็นระยะเวลา 8 เดือน ค่าพีเอชของเนื้ออกไกลดลงเหลือ 5.57 ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้านั้นที่แสดงให้เห็นว่าการแช่แข็งมีผลทำให้เกิดการสูญเสียของเนื้อสัตว์ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของความเข้มข้นของตัวทำละลายที่เพิ่มขึ้น ที่ส่งผลต่อการลดลงของค่าพีเอชในเนื้อสัตว์ (Wei *et al.*, 2017)

นอกจากนี้การลดลงของค่าพีเอชในเนื้อสัตว์ระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งนั้น อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของไกลโคเจนภายในกล้ามเนื้อที่ถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลกติก ซึ่งทำให้เนื้อสัตว์มีค่าพีเอชลดลงหรือมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น และยังส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำที่ลดลงของเนื้อสัตว์แช่แข็งเช่นกัน (Przybylski *et al.*, 2006) นอกจากการแช่แข็งจะทำให้โปรตีนในเนื้อสัตว์เสียสภาพธรรมชาติแล้ว ยังเป็นเหตุให้เกิดการปลดปล่อยโปรตอนไฮดรอน (H^+) อาจส่งผลให้ค่าพีเอชลดลง (Leygonie *et al.*, 2012; Ali *et al.*, 2015)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและการสูญเสียน้ำจากการทำละลายน้ำแข็ง

ความชื้นของเนื้อหมูสดและเนื้อหมูแช่แข็ง มีปริมาณอยู่ในช่วงระหว่าง 74.09-75-79 (Table 2) ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งพบว่าปริมาณความชื้นของเนื้อหมูไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง การสูญเสียน้ำจากการทำละลายน้ำแข็ง (Thawing loss) ของเนื้อหมูแช่แข็งเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 6 เดือน (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang *et al.* (2022) ที่รายงานว่าระยะเวลาการแช่แข็งที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการสูญเสียน้ำจากการทำละลายน้ำแข็งของเนื้อวัวที่เพิ่มขึ้น โดยเนื้อวัวที่แช่แข็งในระยะเวลาที่นานกว่าจะมีการสูญเสียน้ำจากการทำละลายน้ำแข็งที่สูงกว่า Choi *et al.* (2018) พบว่าเนื้อแกะแช่แข็งมีการสูญเสียน้ำจากการทำละลายน้ำแข็งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง และเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อแกะสด เนื่องจากในระหว่างการแช่แข็งจะมีการทำลายโครงสร้างเส้นใยของกล้ามเนื้อให้เกิดความเสียหาย ซึ่งสอดคล้องกับภาพถ่ายโครงสร้างทางจุลภาคที่แสดงให้เห็นรูโหว่ที่เกิดจากผลึกของน้ำแข็ง ที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจากการทำละลายน้ำแข็งของเนื้อสัตว์ในปริมาณที่สูงขึ้น (Zhang *et al.*, 2022)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนและไขมัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของเนื้อหมูสดและเนื้อหมูแช่แข็ง ดังแสดง Table 2 พบว่ามีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงระหว่าง 20.05-24.40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนในเนื้อหมูสดและเนื้อหมูแช่แข็งไม่ชัดเจน โดยผลการทดลองข้างต้นชี้ให้เห็นถึงการแช่แข็งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเส้นใยในเนื้อหมู ซึ่งการแช่แข็งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพโปรตีนเท่านั้น นอกจากนี้

เนื้อหมูที่นำมาวิเคราะห์นั้นมาจากเนื้อคนละส่วนกัน จึงอาจส่งผลทำให้มีปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน ทำให้ไม่เห็นแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนระหว่างการแช่เยือกแข็งที่ชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ Wu *et al.* (2021) ที่รายงานว่า การแช่แข็งมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนเนื้อสัตว์ลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียโครงสร้างเส้นใย การสูญเสียสภาพของโปรตีน และการรวมตัวกันของโปรตีนในระหว่างการแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้การลดลงของปริมาณโปรตีนอาจเกิดขึ้นพร้อมกับการสูญเสียน้ำในระหว่างการทำละลายเนื้อสัตว์ภายหลังการแช่เยือกแข็ง การเก็บรักษาปลาฟิงค์เพิร์ชและปลาชาตินในน้ำแข็งก่อนนำไปต้มและแปรรูป ทำให้ค่าการละลายของโปรตีนลดลง (Protein solubility) ความสามารถในการเกิดอิมัลชันลดลง (Emulsion stability) และความสามารถในการจับยืดยึดน้ำลดลงเช่นกัน (Water binding stability) (Reddy

et al., 1995) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงการสูญเสียของโปรตีนกล้ามเนื้อของเนื้อสัตว์ จากการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง (Chantararat *et al.*, 2005)

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของเนื้อหมูสดและเนื้อหมูที่ผ่านการแช่แข็ง พบว่ามีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 3 เนื้อหมูสดและเนื้อหมูแช่แข็งเป็นระยะเวลา 1 เดือน มีปริมาณไขมันเท่ากับ 1.23 และ 1.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 2 ถึง 6 เดือน เนื้อหมูแช่แข็งมีปริมาณไขมันลดลงอยู่ระหว่าง 0.69-0.25 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันที่ลดลงอย่างต่อเนื่องในเนื้อหมูแช่แข็ง เกิดจากการสลายของลิพิดในเนื้อสัตว์ ซึ่งเกิดขึ้นโดยเอนไซม์ลิเพสและฟอสโฟลิพิดของเนื้อสัตว์ (Hussein *et al.*, 2020)

Table 3 Changes in chemical properties of pork meat during freezing storage

Storage time (month)	pH	%MC _{wb} ^{ns}	Thawing loss (%)	Protein content (%)	Fat content (%)
Fresh pork	5.57±0.06 ^c	74.62±0.08	-	22.75±0.07 ^a	1.23±0.06 ^a
1	6.11±0.09 ^b	75.71±1.61	4.21±0.12 ^e	20.55±0.07 ^b	1.27±0.04 ^a
2	6.27±0.05 ^b	74.79±0.21	4.89±0.02 ^d	20.40±0.57 ^b	0.69±0.04 ^b
3	6.90±0.04 ^a	74.09±0.69	5.60±0.11 ^c	24.40±0.00 ^a	0.60±0.01 ^b
4	7.02±0.15 ^a	75.18±0.12	5.74±0.22 ^c	22.71±0.14 ^a	0.45±0.02 ^c
5	5.57±0.06 ^c	74.90±0.48	7.36±0.21 ^b	20.05±0.35 ^b	0.25±0.01 ^d
6	5.70±0.21 ^c	75.79±27.41	8.05±0.33 ^a	24.05±1.20 ^a	0.34±0.01 ^{cd}

Data are expressed as mean±SD. Mean±SD with different superscripts in the same column differ significantly at $P < 0.05$;

ns = not significant ($P > 0.05$).

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อหมู พบว่าการเก็บรักษาเนื้อหมูในสภาพแช่แข็งที่อุณหภูมิ -40°C . เป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำให้เนื้อหมูเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีที่ส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อหมู ดังนี้ ระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง เนื้อหมูมีเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดงสดเป็นสีโทนแดงที่มีความคล้ำมากขึ้นและมีสีซีดจางโดยเนื้อหมูแช่แข็งมีค่า L^* , a^* และ b^* เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อหมูสด การเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมูเปลี่ยนแปลงไป โดยเนื้อหมูแช่แข็งมีค่าความยืดหยุ่นลดลง มีค่าความคงทนต่อการบดเคี้ยวที่บ่งบอกถึงความเหนียวเพิ่มขึ้น และค่าความแข็งเพิ่มขึ้นโดยการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสจะเห็นได้อย่างชัดเจนภายหลังการแช่แข็งไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางจุลภาคค่าพีเอชของเนื้อหมูแช่แข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปจนถึงเดือนที่ 4 และลดลงเล็กน้อยหลังจากนั้น เนื้อหมูสดและเนื้อหมูแช่แข็งมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน การสูญเสียน้ำจากการทำละลายน้ำแข็งของเนื้อหมูเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา การแช่แข็ง ปริมาณโปรตีนในเนื้อหมูแช่แข็งไม่มีการเปลี่ยนแปลง ปริมาณไขมันในเนื้อหมูลดลงภายหลังการแช่แข็งเป็นเวลา 2 เดือน การนำเนื้อหมูแช่แข็งมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ไม่ควรใช้เนื้อหมูที่เก็บรักษาไว้นานเกิน 3 เดือน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านกายภาพและเคมีที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในผลงานจากโครงการวิจัยรหัสโครงการ 2301875 ซึ่งได้รับทุนงบประมาณด้านวิจัย

และนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภายใต้งบประมาณอุดหนุนโครงการวิจัย พ.ศ. 2565 จากสำนักงานคณะกรรมการวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (สกว.)

เอกสารอ้างอิง

- Ali, S., W. Zhang, N. Rajput, M. Ammar Khan, C. Li and G. Zhou. 2015. Effect of multiple freeze-thaw cycles on the quality of chicken breast meat. **Food Chemistry** 173: 808-814.
- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th Edition. Gaithersburg, Maryland: AOAC International.
- Aroeira, C.N., R.A.T. Filho, P.R. Fontes, A.L.S. Ramos, L.A.M. Gomide, M.M. Ladeira and E.M. Ramos. 2017. Effect of freezing prior to aging on myoglobin redox forms and CIE color of beef from Nellore and Aberdeen Angus cattle. **Meat Science** 125: 16-21.
- Chantararat, P., K. Kijroongrojana and M. Vittayanont. 2005. Effect of ice storage on muscle protein properties and qualities of emulsion fish sausage from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) and lizardfish (*Saurida undosquamis*). **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 27(1): 123-138.

- Choi, M.J., T. Abduzukhurov, D. Park, E. Kim and G.P. Hong. 2018. Effects of deep freezing temperature for long-term storage on quality characteristics and freshness of lamb meat. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources** 38(5): 959-969.
- Etheridge R.D., G.M. Pesti and E.H. Foster. 1998. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. **Journal of Animal Feed Science and Technology** 73: 21-28.
- Huidobro, F.R, E. Miguel, B. Blázquez and E. Onega. 2005. A comparison between two methods (Warner Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. **Meat Sci** 69(3): 527-536.
- Hussein, H.A., M.N. Salman and A.M. Jawad. 2020. Effect of freezing on chemical composition and nutritional value in meat. **Drug Invention Today** 13(2): 329-333.
- Kennedy, C.J. 2000. **Managing Frozen Foods**. Sawston: Woodhead Publishing. 304 p.
- Kono, S., M. Kon, T. Araki and Y. Sagara. 2017. Effects of relationships among freezing rate, ice crystal size and color on surface color of frozen salmon fillet. **Journal of Food Engineering** 214: 158-165.
- Leygonie, C., T.J. Britz and L.C. Hoffman. 2012. Impact of freezing and thawing on the quality of meat. **Review Meat Science** 91(2): 93-98.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective colour measurement. **HortScience** 27(12): 1254-1255.
- Medic, H., I.D. Kusec, J. Pleadin, L. Kozacinski, B. Njari, B. Hengl and G. Kusec. 2018. The impact of frozen storage duration on physical, chemical and microbiological properties of pork. **Meat Science** 140: 119-127.
- Mortensen, M., H.J. Andersen, S.B. Engelsen and H.C. Bertram. 2006. Effect of freezing temperature, thawing and cooking rate on water distribution in two pork qualities. **Meat Science** 72(1): 34-42.
- Mousavi, R., T. Miri, P.W. Cox and P.J. Fryer. 2007. Imaging food freezing using X-ray microtomography. **International Journal of Food Science and Technology** 42: 714-727.
- Przybylski, W., G. Monin, M. Koćwin-Podsiadła and E. Krzecio. 2006. Glycogen metabolism in muscle and its effects on meat quality in pigs. **Journal of Food and Nutrition Sciences** 56(3): 257-262.

- Rattanapanone, N. 2014. **Food Chemistry**. 5th Edition. Bangkok: Odeon Store Publisher. 504 p. [in Thai]
- Reddy, G.V.S., L.N. Srikar, B.K. Khuntia and N. Vinaykumar. 1995. Effect of pre-process storage in ice on the chemical characteristics of fish mince. **Journal of Food Science and Technology** 32: 315-319.
- Russell, A.B., P.E Cheney and S.D Wantling. 1999. Influence of freezing conditions on ice crystallization in ice cream. **Journal of Food Engineering** 39(2): 179-191.
- Tippala, T., N. Koomkrong and A. Kayan. 2021. Influence of freeze-thawed cycles on pork quality. **Animal Bioscience** 34(8): 1375-1381.
- Wei, R., P. Wang, M. Han, T. Chen, X. Xu and G. Zhou. 2017. Effect of freezing on electrical properties and quality of thawed chicken breast meat. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences** 30(4): 569-575.
- Wu, Z., W. Ma, Z. Xian, Q. Liu, A. Hui and W. Zhang. 2021. The impact of quick-freezing methods on the quality, moisture distribution and microstructure of prepared ground pork during storage duration. **Ultrasonics Sonochemistry** 78: 105707.
- Zhang, Y., Y.H.B. Kim, E. Puolanne and P. Ertabjerg. 2022. Role of freezing-induced myofibrillar protein denaturation in the generation of thaw loss: a review. **Meat Science** 190: 108841.

คุณลักษณะทางเคมีกายภาพและเจลแป้งเปียกของแป้งข้าวสาลีพื้นเมืองปลูกในภาคเหนือประเทศไทย

Physicochemical and Pasting Characteristics of Local Wheat Flour Grown in the Northern Thailand

พรสุดา สุริยวงศ์¹ อรวรรณ ปัญญาเพลินพิศ¹ สายบัว เข้มเพชร² สุพรรณิการ์ กล่อมจอหอ²
และนักษิณี ปัญญาใหญ่^{1*}

Pornsuda Suriyawong¹, Orawan Panyapleanpit¹, Saibua Khempet², Supannika Klomjoho²
and Naksit Panyoyai^{1*}

¹ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50330

²ภาควิชาเทคโนโลยีและพัฒนากิจการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50330

¹Department of Agro-Industry, Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50330

²Department of Agricultural Technology and Development, Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University
Chiang Mai, Thailand 50330

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

Received: August 05, 2021

Revised: March 07, 2023

Accepted: March 24, 2023

Abstract

The study was about the physicochemical and pasting characteristics of 21 local northern wheat flour varieties grown in Chiang Mai (CM), Lamphun (LP) and Mae Hong Son (MH). The objective of this research was to analyze the chemical values in percentages (crude protein, starch, and gluten), physical values (water absorption and dough hardness), and rheological values from starch pasting (peak viscosity, final viscosity, and setback viscosity). The statistical analysis was carried out using cluster analysis of physicochemical characteristics and principal component analysis (PCA) of pasting characteristics. The results showed that all samples of local wheat flour contained two macromolecule components. Gluten helped in dough structure development, and a starch gel occurred when heat starch was in excess water. The higher protein content of wheat flour caused the lower gel viscosity values. PCA revealed that starch and protein were the constituents associated with starch gel formation. Gluten was involved in a network structure formation within the dough by kneading local wheat flour in the presence of water until the dough formed an elastic and sheet-like structure. The natural combination of protein and starch affected the overall quality of local wheat flour. In the northern region, 11 local wheat varieties exhibited medium protein content (CMS2, CMS4, CMF1, CMF3, CMF4, LP2, LP3, LP5, MH1, MH3, and MH4) and four local wheat varieties showing low protein content (CMR1, CMS1, LP4, and MH2). The physicochemical and pasting characteristics of all categorized samples were not statistically different from those of the Thai industrial standard of wheat flour ($p>0.05$). None of the

local wheat flour had a flour quality comparable to that of a high protein content. The research supported future work on local wheat breeding for flour utilization in Thai food products.

Keywords: physicochemical properties, pasting, rheology, local wheat flour, the northern of Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและเจลแป็งเปียกของแป้งข้าวสาลีสายพันธุ์ภาคเหนือปลูกในเชียงใหม่ (CM) ลำพูน (LP) และแม่ฮ่องสอน (MH) จำนวนรวม 21 สายพันธุ์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ค่าทางเคมีคิดเป็นร้อยละ (โปรตีนทั้งหมด สตาร์ช กลูเตน) ค่าทางกายภาพ (การดูดซับน้ำและความแข็งแรงของแป้งโด) และค่าทางรีโอโลยีจากการเกิดเจลแป็งเปียก (ความหนืดสูงสุด ความหนืดสุดท้าย และการคืนตัว แป้ง) และวิเคราะห์สถิติด้วยการจัดกลุ่มและองค์ประกอบหลักที่สัมพันธ์ด้วยเทคนิค Principle Component Analysis (PCA) ผลการทดลองพบว่า แป้งข้าวสาลีพื้นเมืองทุกตัวอย่างมีโปรตีนกลูเตนช่วยในการสร้างโครงสร้างโด และมีสตาร์ช แป้งที่เกิดเจลแป็งเปียกได้ปริมาณโปรตีนกลูเตนในแป้งสาลีที่มากขึ้นส่งผลต่อความหนืดที่ลดลง การวิเคราะห์ PCA พบว่าสตาร์ชและโปรตีนกลูเตนเป็นองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการเกิดเจลแป็งเปียกเกี่ยวข้องกับโครงสร้างร่างแหในก้อนโด ปริมาณโปรตีนที่มากส่งผลต่อความหนืดเจลแป็งเปียกที่ลดลง กลูเตนเกี่ยวข้องกับโครงสร้างร่างแหในก้อนโดโดยการนวดผสมแป้งสาลีพื้นเมืองกับน้ำจนได้โดที่ยืดเป็นสายยาวและรีดเป็นแผ่นได้ ผลของโปรตีนกลูเตนและสตาร์ชที่ผสมกันตามธรรมชาติส่งผลต่อการจัดคุณภาพโดยรวมของแป้งสาลีพื้นเมือง แป้งข้าวสาลีสายพันธุ์ภาคเหนือมีโปรตีนปานกลางจำนวน 11 สายพันธุ์ ได้แก่ CMS2, CMS4, CMF1, CMF3, CMF4, LP2, LP3, LP5, MH1, MH3, และ MH4 และแป้งข้าวสาลีสายพันธุ์ภาคเหนือที่มีโปรตีนต่ำจำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ CMR1, CMS1, LP4, และ MH2 มีคุณภาพทางเคมีกายภาพและการเกิดเจลแป็ง

ข้าวสาลีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบกับแป้งข้าวสาลีในระดับอุตสาหกรรมไทย ($p>0.05$) แต่ยังไม่มีการศึกษาสายพันธุ์ภาคเหนือที่นำมาศึกษามีคุณภาพเทียบเท่ากับแป้งสาลีชนิดโปรตีนสูง ผลการวิจัยนี้เป็นข้อมูลส่งเสริมการปรับปรุงสายพันธุ์ข้าวสาลีพื้นเมืองเพื่อใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารไทยได้

คำสำคัญ: สมบัติเคมีกายภาพ เจลแป็งเปียก รีโอโลยี แป้งสาลีพื้นเมือง ภาคเหนือประเทศไทย

คำนำ

ข้าวสาลี (*Triticum aestivum* L.) เป็นแหล่งอาหารหนึ่งที่มีปริมาณการบริโภคทั่วโลก เช่น สถิติในปี พ.ศ. 2564–2565 รายงานประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน มีการบริโภคข้าวสาลีมากที่สุดถึง 14.85 ล้านตัน รองลงมาคือ สหภาพยุโรป และอินเดีย (Statista, 2022) ในประเทศไทยปริมาณการบริโภคข้าวสาลีเป็นรองจากข้าวเจ้า (*Oryza sativa* L. var. Indica) และข้าวเหนียว (*Oryza sativa* var. Glutinosa) และมีการนำข้าวสาลีจากต่างประเทศและปลูกในประเทศไทยส่วนหนึ่ง

การปลูกข้าวสาลีในประเทศไทยมีแหล่งปลูกในภาคเหนือบนแถบภูเขาสูง ซึ่งมีการปลูกข้าวสาลีพื้นเมืองกันมานานตั้งแต่การส่งเสริมพืชเมืองหนาวในสมัยรัชกาลที่ 9 เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารและลดการบุกกรุ๊ปำต้นน้ำของเกษตรกรบนพื้นที่สูง โดยหลังการเก็บเกี่ยวข้าวไร่ ก็จะเสริมด้วยการปลูกข้าวสาลีหลังนา เพื่อเป็นแหล่งอาหารในชุมชนและส่งเสริมการท่องเที่ยว มีศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบน วิจัยพันธุ์ข้าวสาลีเพื่อขยายพันธุ์ให้กับเกษตรกร

ในชุมชนพื้นที่สูงได้ปลูกในช่วงตุลาคมถึงพฤศจิกายน ให้ผลผลิตในเดือนธันวาคม และเริ่มการเก็บเกี่ยวมกราคม ถึงมีนาคม (Komchadluck, 2017)

ข้าวสาลีต่างประเทศมีการนำไปแปรรูปเป็นแป้ง ข้าวสาลี ที่มีลักษณะเป็นผงและมีคุณภาพแตกต่างกัน ตามปริมาณของกลูเตน (Gluten) ในข้าวสาลี ประกอบด้วยโปรตีน 2 ชนิด คือ กลูเทนิน (Glutenin) และไกลอะดลิน (Gliadin) โดยโปรตีนสองชนิดนี้เมื่ออุ้มน้ำไว้ จะเกิดลักษณะกลูเตนที่สามารถเก็บกักแก๊ส หากนวดผสม ให้เข้ากันจะเกิดลักษณะก้อนแป้งที่ยืดหยุ่นและเหนียว เรียกว่า โด (Dough) ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของผลิตภัณฑ์ ขนมอบ (Bakery)ทั้งหลาย (Ortolan and Steel, 2017)

ในทางการค้าแป้งสาลีจำแนกออกตามปริมาณ โปรตีนหยาบในแป้งสาลี ได้แก่ (1) แป้งสาลีชนิดหนัก (Hard wheat) ได้จากข้าวสาลีพันธุ์หนักที่มีโปรตีนร้อยละ 12-14 เนื้อแป้งหยาบ สีครีมเหมาะทำผลิตภัณฑ์ขนมปัง พืชชา โรตี บะหมี่ (2) แป้งสาลีชนิดเบา (Soft wheat) ได้จากข้าวสาลีพันธุ์เบาที่มีโปรตีนร้อยละ 7-9 เนื้อแป้ง ละเอียด บาง นุ่ม สีขาว ใช้ทำผลิตภัณฑ์ เช่น เค้ก ซาลาเปา และ (3) แป้งอเนกประสงค์ (All-purpose flour) เป็นแป้งที่ได้จากการผสมแป้งสาลีชนิดหนักและ แป้งสาลีชนิดเบาให้มีโปรตีนร้อยละ 10-11 สามารถนำไป ทำผลิตภัณฑ์ เช่น คุกกี้ พาย พัฟ สังขยา (Veraverbeke and Declcour, 2002)

คุณภาพและมาตรฐานแป้งสาลีของประเทศไทย ที่กำหนดไว้ เช่น มาตรฐานแป้งสาลีอเนกประสงค์ (มอก. 375-2524) กำหนดความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 ปริมาณ โปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 โดยคุณภาพของแป้งสาลี ยังกำหนดถึงคุณสมบัติในการนำไปใช้งานในเรื่อง การขึ้นฟู (Baking quality) การดูดซึมน้ำ และเวลาที่ใช้ในการ ผสมจนขึ้นเป็นก้อนโด (Thai Industrial Standards Institute, 1981)

รีโอไลยี เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่ใช้ศึกษา พฤติกรรมการไหลของวัสดุอาหาร เช่น การเกิดเจลแป้ง เปียก (Pasting) ของน้ำแป้งที่นำมาทวนขณะให้ความร้อน

เม็ดแป้งจะเกิดการดูดซับน้ำเอาไว้ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น แป้งส่วนหนึ่งจะเริ่มพองตัว ปล่อยอะไมโลสและอะไมโล เพคตินไหลออกมาทำให้เกิดความหนืดของแป้งเปียก (Pasting viscosity) และหากเพิ่มความร้อน เม็ดแป้ง จะแตกออกและเกิดความหนืดเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุด (Peak viscosity) ณ จุดนี้แป้งจะหนืดมากกลายเป็นเจล และมีพฤติกรรมการไหลแบบไดลาแทนท์ (Dilatant) หรือ เชียร์ ทิคเคนนิง (Shear thickening) ต่อจากนั้นความ หนืดของเจลแป้งจะลดลงตามเวลา หากมีการลดอุณหภูมิ เจลแป้งลงความหนืดของเจลจะเพิ่มมากขึ้น และเกิดการ คืบตัวของแป้งอย่างช้า ๆ (Short retrogradation) ณ ที่ ความหนืดสุดท้ายค่าหนึ่ง (Final viscosity) ซึ่งแป้งแต่ละชนิด เช่น แป้งสาลีมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่เฉพาะ และปริมาณขององค์ประกอบในแป้ง เช่น ปริมาณโปรตีน ส่งผลต่อความหนืดด้วย (Balet *et al.*, 2019)

การวิจัยของ Ferrari *et al.* (2014) รายงาน การศึกษารีโอไลยีแป้งข้าวสาลีจำนวน 49 สายพันธุ์ โดย ใช้การทดสอบการดูดน้ำจนเกิดโดแป้งสาลี ด้วย Farinograph และการยืดตัวของโดแป้งสาลี ด้วย Extensinograph พบว่าการดูดน้ำของแป้งจนเกิดโด ในแป้งสาลีชนิดอ่อนใช้เวลา 60 วินาที และในแป้งสาลีชนิด แข็งใช้เวลา 660 วินาที ส่วนการยืดตัวของโดแป้งสาลี ชนิดอ่อนใช้พลังงาน 0.31 ไนน์ต่อตารางเมตร ส่วนแป้ง สาลีชนิดแข็งใช้พลังงาน 1.84 ไนน์ต่อตารางเมตร โดยการ ทดสอบวิธีเดียวกันนี้กับกลูเตน พบว่ามีแนวโน้มไปทิศทาง เดียวกันในกลูเตนชนิดอ่อนและชนิดแข็ง โดยใช้พลังงาน 24 และ 142 ไนน์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ และกลูเตน มีความสัมพันธ์น้อยกับปริมาณโปรตีนรวม ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Chammek *et al.* (1988) พบว่าปริมาณ โปรตีนและกลูเตนในข้าวทริติเคลี (Triticale) ซึ่งเป็นข้าว ผสมพันธุ์กึ่งระหว่างข้าวสาลีและข้าวไรน์ไม่มีความสัมพันธ์ กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ความสัมพันธ์เชิงเส้น $r=0.018$) โดยข้าวนี้มีโปรตีนในช่วงร้อยละ 13.44-17.87 ที่ความชื้นร้อยละ 14 และปริมาณกลูเตนโดยน้ำหนักแห้ง ร้อยละ 1.26-7.02 ข้าวสายพันธุ์ GENARO 81 มีโปรตีน

และกลูเตนเหมาะสมนำไปใช้ไม่เป็นแป้งอเนกประสงค์ได้ดี (โปรตีนร้อยละ 16.83 ฐานแห้ง กลูเตนแห้งร้อยละ 6.26) ส่วนพันธุ์ YAVAROS ใช้เป็นแป้งเค้ก (โปรตีนร้อยละ 20.23 ฐานแห้ง กลูเตนแห้งร้อยละ 1.26)

ตั้งที่งานวิจัยข้าวสาลีพื้นเมืองประเทศไทยมีการศึกษาไม่แพร่หลาย รวมทั้งการศึกษาคุณภาพแป้งสาลีในประเทศไทยระบุว่าปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีอาจไม่มีความสัมพันธ์กัน งานวิจัยจึงนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแป้งข้าวสาลีพื้นเมืองสายพันธุ์ในภาคเหนือประเทศไทยในด้านโครงสร้างเม็ดแป้ง วิเคราะห์คุณภาพพื้นฐานทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ความชื้น โปรตีนทั้งหมด กลูเตนเปียก การดูดซึมน้ำ แร่ก่อก่อนโดแป้ง รวมทั้งใช้เทคนิครีโอโลยี การเกิดเจลแป้งสาลีขณะให้ความร้อนไปประกอบการจัดกลุ่มคุณภาพข้าวสาลีพื้นเมือง แล้วเปรียบเทียบกับแป้งสาลีในทางการค้าที่มีปริมาณโปรตีนระดับต่าง ๆ อธิบายผลการจัดกลุ่มด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis, PCA)

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบและสารเคมี

ข้าวสาลีจำนวน 21 ตัวอย่าง ได้จากสายพันธุ์เพาะปลูกในภาคเหนือในปีฤดูกาลเพาะปลูก พ.ศ. 2562–2563 ข้าวสาลีพื้นเมืองสายพันธุ์ภาคเหนือ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสายพันธุ์เชียงใหม่ รหัส CM จำนวน 10 สายพันธุ์ กลุ่มสายพันธุ์ลำพูน รหัส LP จำนวน 6 สายพันธุ์ และกลุ่มสายพันธุ์แม่ฮ่องสอน รหัส MH จำนวน 5 สายพันธุ์ โดยแต่ละสายพันธุ์เป็นพันธุ์ที่พัฒนาโดยศูนย์วิจัยข้าวในเขตพื้นที่ภาคเหนือ นำไปทดลองปลูกในพื้นที่เชียงใหม่ (ฝาง และสะเมิง) พื้นที่ลำพูน และพื้นที่แม่ฮ่องสอน แล้วคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่อพื้นที่และดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมมาทำการวิจัยครั้งนี้ ให้รหัสในการวิจัย คือ CMF1–CMF5 ข้าวสาลีพื้นเมืองสายพันธุ์อำเภอฝาง เชียงใหม่ และ CMS1–CMS3 ข้าวสาลีพื้นเมืองสายพันธุ์อำเภอสะเมิง เชียงใหม่ CMR1 และ CMR2 ข้าวสาลี

พื้นเมืองสายพันธุ์ผสมจากการปรับปรุงพันธุ์ เชียงใหม่ LP1–LP6 ข้าวสาลีพื้นเมืองสายพันธุ์ลำพูน และ MH1–MH5 ข้าวสาลีพื้นเมืองสายพันธุ์แม่ฮ่องสอน โดยนำเมล็ดข้าวสาลีจาก 21 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 2 กิโลกรัม มาเตรียมแป้งสาลีจากข้าวสาลีพื้นเมือง 21 สายพันธุ์ แยกจากกันก่อนนำไปวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ และการเกิดเจลแป้งเปียกต่อไป แป้งข้าวสาลีทางการค้า 2 ยี่ห้อ จาก United Flour Mill (กรุงเทพฯ) และแหลมทองสหการ (กรุงเทพฯ) ยี่ห้อหนึ่งมี 3 ตัวอย่าง ได้แก่ แป้งสาลีโปรตีนสูง แป้งสาลีอเนกประสงค์มีโปรตีนปานกลาง และแป้งสาลีโปรตีนต่ำ รวมทั้งหาค่าดัชนีตัวอย่างทางการค้า 6 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 กิโลกรัม นอกจากนี้สตาร์ชสาลี (Wheat starch) และกลูเตน (บริษัท พีทีเค โชลูชัน แอนด์ ซัพพลายส์ จำกัด กรุงเทพฯ) สารเคมีในการวิเคราะห์โปรตีน ได้แก่ กรดซัลฟิวริกเข้มข้น โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดบอริก เมทิลเรด โพแทสเซียมซัลเฟต และโซเดียมคลอไรด์ เกรดวิเคราะห์ความบริสุทธิ์มากกว่าร้อยละ 99 น้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำกลั่นเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมี

การเตรียมแป้งข้าวสาลี

เมล็ดข้าวสาลีนำมาทำความสะอาดโดยการเป่า แยกเอาส่วนที่เป็นเศษกรวด ทราเยออกไป ก่อนนำไปบดให้เป็นผงด้วยเครื่องบด (Foss Model Cyclotec 1903, USA) และร่อนด้วยเครื่องร่อนอัตโนมัติ (Octagon 200, UK) และเก็บแป้งที่อยู่บนตะแกรงขนาด 40 เมช ไว้ในถุงพลาสติกปิดสนิท จากนั้นนำไปบดในตู้อบให้แป้งสาลีทุกตัวอย่างมีความชื้นประมาณร้อยละ 10 นาน 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างในถุงพลาสติกปิดสนิทไว้ใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์โครงสร้างเม็ดแป้งข้าวสาลี

ผงแป้งสาลีนำมาเคลือบด้วยทองคำ แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Philips XL30 SEM, England) สภาวะการใช้สุญญากาศสูงที่ ความต่างศักย์ 15 กิโลโวลต์ ตำแหน่งจุดขนาด 4.5–5 ระยะส่อง 10 มิลลิเมตร กำลังขยาย 350–750 เท่า

การวิเคราะห์เคมีกายภาพแป้งข้าวสาลี

การวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธีคเจล์ดาล (Kjeldahl method) การคำนวณโปรตีนใช้ค่าตัวแปรคงที่ 5.7 (Ferrari *et al.*, 2014) ปริมาณกลูเตนเปียกทำโดยการล้างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 นาน 5 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง (AACC Method 38-12A) (Causgrove, 2004a) การดูดซึมน้ำโดยการปล่อยน้ำกลั่นลงบนแป้งสาลี (10 กรัม) แล้ววัดจนกว่าแป้งสาลีจะขึ้นรูปเป็นก้อนโดได้ บันทึกปริมาณน้ำกลั่นที่ใช้หารด้วยน้ำหนักแป้งสาลีคำนวณเป็นร้อยละ ส่วนผงแป้งสาลีนำมาวิเคราะห์ความชื้นโดยใช้ตามวิธีการของ (AACC Method 44-15A) (Causgrove, 2004b) การวิเคราะห์สตราซ์ซ์ใช้การคำนวณจากหนึ่งร้อยละโปรตีนความชื้น และเถ้า (เถ้าที่ 550°ซ.) และแรงกดตัวอย่างก้อนโดทรงกลมน้ำหนัก 10 กรัม ใช้หัววัดทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. อัตราเร็วการกดทับ 1 มม.ต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 28°ซ. ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, Stable Micro System, UK)

การวิเคราะห์รีโอโลยีน้ำแป้งข้าวสาลี

การชั่งตัวอย่างแป้ง 2 กรัมลงในกระบอก เติมน้ำกลั่นลงไปจนน้ำหนักครบ 20 กรัม นำไปทดสอบด้วยรีโอมิเตอร์ (Model Physica MCR 51, Anton Paar, Austria) ใช้หัววัดแป้ง ST24/2D-2V-2V สภาวะการทดสอบ คือ กวนให้ความร้อน 50°ซ. นาน 1 นาที เพิ่มความร้อนและกวนผสมไปจนถึง 95°ซ. อัตรา 6°ซ. ต่อนาที คงอุณหภูมิไว้ที่ 95°ซ. นาน 5 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิลงเหลือ 50°ซ. อัตรา 6°ซ. ต่อนาที และคงที่อุณหภูมิ 50°ซ. นาน 4 นาที การวิเคราะห์ผลความหนืดโดยใช้โปรแกรม

Rheoplus วิเคราะห์ค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ความหนืดที่แบ่งกลับคืนตัว (Setback) และความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) ในหน่วย มิลลิพาสคาล.วินาที (mPa.s) ตัวอย่างทำ 5 ซ้ำ รายงานค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติใช้โปรแกรมวิเคราะห์ ดังนี้ 1) สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย 2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่นัยสำคัญ 0.05 3) การวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster analysis) (Wessa, 2017) และ 4) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ด้วย RStudio version 4.1.0 (2021)

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์โครงสร้างเม็ดแป้งข้าวสาลี

สัณฐานของเม็ดแป้งข้าวสาลีพื้นเมืองภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่า เม็ดแป้งข้าวสาลีมีลักษณะ 2 แบบ คือ เป็นแบบแบนและมีความนูน (Lenticular shape) และแบบทรงกลม (Spherical shape) ที่มีขนาดเล็กกว่าแบบแรก (Figure 1A) เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสตราซ์ซ์สาลีทางการค้า (Figure 1D และ 1E) มีลักษณะรูปทรงเม็ดแป้งใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ แป้งข้าวสาลีพื้นเมืองมีองค์ประกอบโปรตีนกลูเตนที่มีลักษณะอนุภาคขรุขระ มีขนาดใหญ่และเล็กกว่าเม็ดแป้ง (Figure 1B) เมื่อเปรียบเทียบกับกลูเตนทางการค้าพบว่า มีลักษณะคล้ายกัน (Figure 1H และ 1I) คือ ไม่มีรูปทรงที่ชัดเจน

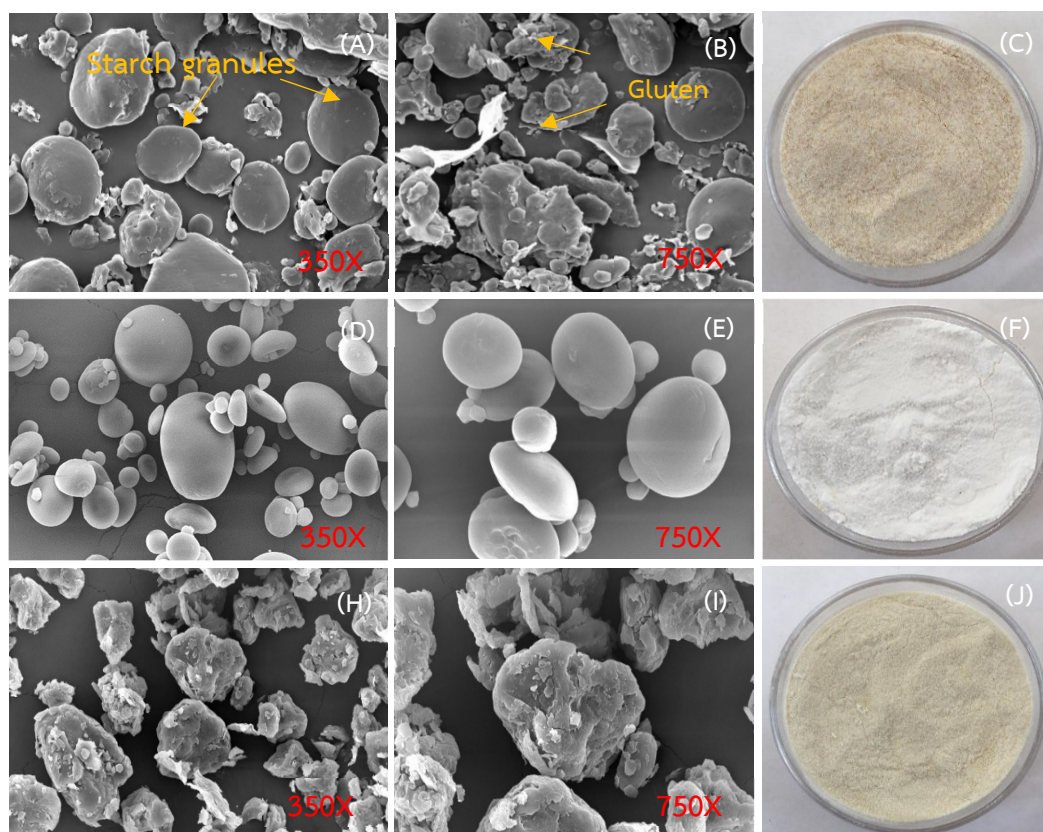


Figure 1 morphology of local wheat flour (A, B, C), Commercial wheat starch granules (D, E, F), and commercial gluten granules (H, I, J)

การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพแป้งข้าวสาลี

แป้งสาลีพื้นเมืองมีคุณภาพทางด้านเคมีที่สำคัญ คือ ปริมาณโปรตีน (Table 1) แป้งข้าวสาลี 21 ตัวอย่าง มีโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 9.42 โดยมีปริมาณโปรตีนสูงสุดที่ ร้อยละ 11.13 และต่ำสุดร้อยละ 4.75 การวิเคราะห์กลุ่ม แป้งข้าวสาลีพื้นเมืองตามปริมาณโปรตีนเปรียบเทียบกับ แป้งสาลีทางการค้า 6 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่มีโปรตีนสูง 2 ตัวอย่าง (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 13.61) โปรตีนปานกลาง (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 10.30) และโปรตีนต่ำ (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 8.64) ด้วยผลทางสถิติพบว่า แป้งข้าวสาลีพื้นเมือง ส่วนใหญ่ (14 ตัวอย่าง) จัดกลุ่มเป็นแป้งที่มีโปรตีนปานกลาง (โปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 10.29) สายพันธุ์ CF2 และสายพันธุ์ CF4 มีโปรตีนสูงสุดและต่ำสุดในกลุ่ม คือ ร้อยละ 10.34 และร้อยละ 9.28 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยโปรตีนทั้ง 14

ตัวอย่าง เท่ากับ 10.29 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างทางการค้า ($p>0.05$) และมีแป้งข้าวสาลี 4 ตัวอย่าง จัดเป็นแป้งสาลีโปรตีนต่ำ (โปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 8.63) โดยสายพันธุ์ MH3 และสายพันธุ์ CMR2 มีโปรตีนสูงสุดและต่ำสุดในกลุ่ม คือ ร้อยละ 8.91 และร้อยละ 4.75 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยโปรตีน ทั้ง 4 ตัวอย่าง เท่ากับ 8.63 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างทางการค้า ($p>0.05$) ส่วนกรณีของตัวอย่าง CMS2, MH5, LP1 แม้ว่าจะจัดเป็น กลุ่มแป้งข้าวสาลีที่มีโปรตีนสูงมีโปรตีนร้อยละ 11.08 ร้อยละ 11.12 และ 11.13 เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวสาลี 21 สายพันธุ์ แต่คุณภาพโปรตีนต่ำกว่าแป้งสาลีทางการค้า ทั้ง 2 ตัวอย่าง ที่มีโปรตีนมากกว่าร้อยละ 13 ($p\leq 0.05$) โปรตีนหลักที่พบในแป้งข้าวสาลี คือ โปรตีนกลูเตน

ที่จัดเป็นองค์ประกอบเคมีสำคัญให้แป้งสาลีมีความยืดหยุ่นและเหนียว แป้งสาลีพื้นเมืองมีกลูเตนในปริมาณประมาณร้อยละ 40 ของโปรตีนทั้งหมดในข้าวสาลี ซึ่งโปรตีนชนิดนี้มีความสามารถในการอุ้มน้ำในขณะนวดได้ จึงทำให้แป้งสาลีเกิดก้อนแป้งโดที่เป็นโครงสร้างแหขั้วซ้อน จาก Table 1 แป้งสาลีพื้นเมือง LP1 ซึ่งจัดเป็นแป้งสาลีพื้นเมืองตัวอย่างมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้สูงสุดประมาณร้อยละ 46.60 แต่อย่างน้อยกว่าแป้งสาลีทางการค้า จึงส่งผลต่อการอุ้มน้ำที่ต่ำและแรงกดก้อนโดที่ได้จากการนวดแป้งที่น้อยกว่าเช่นกัน ($p \leq 0.05$) ในขณะที่แป้งสาลีพื้นเมือง ที่มีโปรตีนปานกลางและโปรตีนต่ำมีค่าเฉลี่ยปริมาณกลูเตน การอุ้มน้ำ และแรงกดโดไม่แตกต่างจากแป้งสาลีทางการค้า ($p > 0.05$)

แป้งสาลีพื้นเมืองทุกตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์มีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 9.31 ซึ่งเป็นความชื้นที่ต่ำกว่ามาตรฐานแป้งสาลีอเนกประสงค์ของประเทศไทยที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 14 (Thai Industrial Standards Institute, 1981) เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์พวกเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้น องค์ประกอบที่เหลือในแป้งสาลีเป็นสตาρχประมาณร้อยละ 77 และแป้งสาลีพื้นเมืองนี้ให้พลังงานทั้งหมดจากการคำนวณจากโปรตีนและสตาρχโดยเฉลี่ย 308 กิโลแคลอรีต่อแป้งสาลีพื้นเมือง 100 กรัม

Table 1 summary of protein and dough characteristics obtained from 21 local wheat flour varieties comparison with two samples of commercial wheat flour

Physicochemical parameter	Crude protein (%)	Wet gluten (%)	Water absorption (%)	Compression force (N)
Hard wheat dough (N=3)				
Maximum (LP1)	11.13±0.12 ^b	46.60±0.85 ^b	56.80±0.95 ^b	0.623±0.012 ^a
Minimum (CMS2)	11.08±0.05 ^b	33.87±0.66 ^d	55.36±0.78 ^c	0.512±0.011 ^d
Average	11.12±0.22 ^b	38.77±0.44 ^c	56.12±0.66 ^b	0.543±0.015 ^c
Commercial wheat 1	13.63±0.15 ^a	64.23±0.32 ^a	64.23±0.52 ^a	0.557±0.011 ^b
Commercial wheat 2	13.60±0.12 ^a	63.60±0.14 ^a	63.66±0.19 ^a	0.556±0.014 ^b
Medium wheat dough (N=14)				
Maximum (CMF2)	10.34±0.13 ^a	35.17±0.52 ^a	57.71±0.42 ^a	0.523±0.021 ^b
Minimum (CMF4)	9.28±0.09 ^b	23.24±0.32 ^c	52.61±0.62 ^c	0.445±0.017 ^a
Average	10.29±0.14 ^a	27.32±0.24 ^b	55.47±0.55 ^b	0.478±0.024 ^a
Commercial wheat 1	10.32±0.12 ^a	27.88±0.26 ^b	55.12±0.44 ^b	0.467±0.024 ^a
Commercial wheat 2	10.28±0.03 ^a	27.32±0.31 ^b	55.33±0.16 ^b	0.479±0.021 ^a

Table 1 (Continued)

Physicochemical parameter	Crude protein (%)	Wet gluten (%)	Water absorption (%)	Compression force (N)
Soft wheat dough (N=4)				
Maximum (MH3)	8.91±0.10 ^a	30.70±0.54 ^c	55.68±0.20 ^a	0.412±0.002 ^c
Minimum (CMR2)	4.75±0.31 ^b	12.33±0.62 ^a	45.00±0.46 ^b	0.256±0.007 ^a
Average	8.63±0.17 ^a	21.33±0.63 ^b	54.33±0.76 ^a	0.330±0.032 ^b
Commercial wheat 1	8.65±0.22 ^a	21.23±0.21 ^b	55.22±0.73 ^a	0.332±0.041 ^b
Commercial wheat 2	8.63±0.21 ^a	22.33±0.27 ^b	55.33±0.88 ^a	0.326±0.012 ^b

1) Hard wheat doughs are CMS2, MH5, LP1. 2) Medium wheat doughs are CMF1-CMF5, CMS1, CMR1, LP2-LP5, MH1, MH2, and MH4. 3) Soft wheat doughs are CMS3, CMR2, MH3, LP6. 4) For each type of wheat dough, the superscript with different letters (a, b, c, d) within the same column is significantly different ($p \leq 0.05$) by using LSD test.

การวิเคราะห์รีโอโลยีน้ำแป้งข้าวสาลี

แป้งข้าวสาลีมีองค์ประกอบผสมระหว่างโปรตีนและสตาร์ช ซึ่งปริมาณสตาร์ชมีมากกว่าร้อยละ 76.27 ถึง 83.75 (Table 2) ขึ้นกับปริมาณความผันแปรโปรตีนในแป้งข้าวสาลีนั้น รีโอโลยีของสารละลายน้ำแป้งข้าวสาลีสามารถติดตามได้จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ดัง Figure 2(A) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำแป้งพร้อมการกวนผสม ความหนืดของสารละลายจะไม่เพิ่มขึ้นจนกว่าอุณหภูมิมากกว่า 60°C. เม็ดแป้งจะดูดน้ำและเกิดการพองตัวและความหนืดเพิ่มขึ้นสูงมากจนถึงความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ที่อุณหภูมิ 95°C. เมื่อคงอุณหภูมิไว้ที่ระดับสูงสุดนี้ เม็ดแป้งที่เกิดเจลสมบูรณ์มีความหนืดลดลงในขณะกวนผสม ความหนืดลดลงจากจุดสูงสุดลงมาถึงจุดต่ำสุด (Holding strength) และหากว่าเพิ่มเวลาในการกวนและลดอุณหภูมิให้ต่ำลงมาถึง 50°C. อย่างช้า ๆ ความหนืดของแป้งก็เพิ่มขึ้นอีกครั้ง จนมีความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) ที่อุณหภูมิ 50°C. และการกลับคืนตัวของโมเลกุลแป้งจากความหนืด ณ จุดต่ำสุดหลังเกิดเจลและความหนืดสุดท้าย เรียกว่า การคืนตัวของแป้งสาลีในช่วงเวลาสั้น ๆ (Setback viscosity)

ความหนืดของแป้งข้าวสาลีแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบที่มีในแป้ง โดย Figure 2 แสดงสตาร์ชข้าวสาลีบริสุทธิ์ให้เจลที่มีความหนืดมากที่สุด เจลมีความใส ส่วนกลูเตนเกิดเจลได้น้อยกว่าสตาร์ชประมาณ 5 เท่า และให้ความหนืดต่ำที่สุด แป้งสาลีตัวอย่างทางการค้าที่มีปริมาณโปรตีนทั้งหมด ที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเกิดเจลและความหนืดที่ได้แตกต่างกันด้วย โดยแป้งสาลีทางการค้าที่มีปริมาณโปรตีนมากมีแนวโน้มให้เจลแป้งที่มีความหนืดสูงสุด ความหนืดสุดท้าย และการคืนตัวของแป้งน้อยกว่าแป้งที่มีโปรตีนต่ำกว่า แนวโน้มนี้พบทั้งในแป้งสาลีทางการค้าและแป้งสาลีพื้นเมือง ลักษณะสีของเจลแป้งของแป้งสาลีตัวอย่างทางการค้ามีสีน้ำตาลของกลูเตน เช่นเดียวกับแป้งสาลีพื้นเมืองที่มีสีน้ำตาลเข้มกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะแป้งสาลีพื้นเมืองไม่ได้ผ่านกระบวนการฟอกสีแป้ง (Bleaching)

ผลการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งสาลีพื้นเมืองส่วนใหญ่ที่แสดงใน Table 2 ให้เจลแป้งเปียกมีความหนืดปานกลางจำนวน 11 ตัวอย่าง แป้งสาลีพื้นเมืองให้เจลแป้งเปียกมีความหนืดสูง 6 ตัวอย่าง และแป้งสาลีพื้นเมืองให้เจลแป้งเปียกมีความหนืดต่ำ 4 ตัวอย่าง โดยกลุ่มแป้งสาลี

พื้นเมืองที่ให้เจลแข็งเปื่อยกความหนืดปานกลางและกลุ่มแป้งสาลีพื้นเมืองที่ให้เจลแข็งเปื่อยกมีความหนืดต่ำ มีค่าเฉลี่ยปริมาณสตาร์ช ความหนืดสูงสุด ความหนืดลดลง จากจุดสูงสุดลงมาถึงจุดต่ำสุด และความหนืดสุดท้าย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแป้งสาลีทางการค้า ($p>0.05$) ยกเว้นกลุ่มแป้งสาลีพื้นเมืองที่จัดให้เป็นกลุ่มเจลที่มีความหนืดสูง (CMR2, CMS4, CMF2, MH4,

LP2, LP6) พบว่าให้เจลแข็งเปื่อยกที่ไม่มีค่าวิเคราะห์โอโลยี เหมือนกับตัวอย่างทางการค้า เช่น CMR2 มีความหนืดสูงสุด ความหนืดสุดท้าย และความหนืดลดลงจากจุดสูงสุดลงมาถึงจุดต่ำสุด เท่ากับ 1250, 1,794 และ 1,430 mPa.s ตามลำดับ ซึ่งมีค่าทั้ง 3 มากกว่าตัวอย่างทางการค้า ส่วน CMF2 มีค่าวิเคราะห์โอโลยีที่ต่ำกว่า ตัวอย่างทางการค้าเช่นกัน

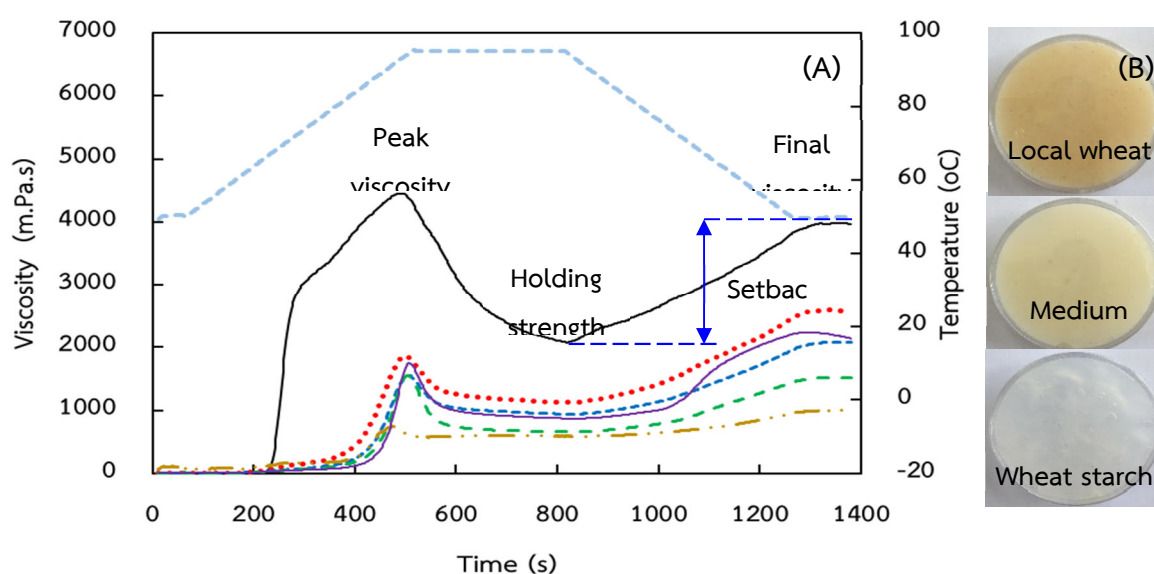


Figure 2 pasting of wheat starch gelatinization arranged successfully upwards, wheat gluten, hard wheat, medium wheat, local wheat, soft wheat, and wheat starch (A), and wheat gel characteristics (B)

Table 2 summary of pasting characteristics obtained from 21 local wheat flour varieties comparison with two samples of commercial wheat flour

Rheological parameter	Starch (%)	Peak viscosity (mPa.s)	Final viscosity (mPa.s)	Setback (mPa.s)
Hard wheat gel (N=6)				
Maximum (CMR2)	77.42±0.56 ^a	1,250±2.45 ^a	1,794±4.66 ^a	1,430±2.16 ^a
Minimum (CMF2)	72.37±0.78 ^d	740±3.26 ^d	1,033±3.15 ^d	686±3.14 ^d
Average	75.89±0.88 ^b	950±1.26 ^c	1,436±5.01 ^c	1,025±4.78 ^b
Commercial wheat 1	73.27±0.45 ^c	1,145±1.63 ^b	1,529±2.63 ^b	861±3.22 ^c
Commercial wheat 2	73.33±0.68 ^c	1,142±2.18 ^b	1,532±3.26 ^b	858±4.10 ^c
Medium-soft wheat gel (N=11)				
Maximum (CMS1)	79.22±0.78 ^a	1,698±2.16 ^a	2,116±4.15 ^a	1,636±2.16 ^a
Minimum (CMS2)	78.16±0.58 ^b	1,576±2.45 ^c	1,165±4.12 ^c	1,033±4.10 ^c
Average	78.56±0.21 ^b	1,640±3.78 ^b	1,532±3.25 ^b	1,266±3.77 ^b
Commercial wheat 1	78.18±0.32 ^b	1,635±4.15 ^b	1,522±5.16 ^b	1,249±2.12 ^b
Commercial wheat 2	78.21±0.77 ^b	1,632±4.12 ^b	1,536±3.41 ^b	1,278±1.08 ^b
Soft wheat gel (N=4)				
Maximum (CMS3)	83.75±0.56 ^a	1,912±4.12 ^a	2,142±4.78 ^a	1,616±2.45 ^a
Minimum (LP5)	79.60±0.42 ^c	1,747±3.16 ^c	1,519±3.24 ^c	1,247±2.36 ^c
Average	82.63±0.23 ^b	1,859±4.15 ^b	2,602±2.44 ^b	1,490±1.48 ^b
Commercial wheat 1	82.85±0.71 ^b	1,866±3.26 ^b	2,595±3.12 ^b	1,485±1.92 ^b
Commercial wheat 2	82.22±0.26 ^b	1,862±5.12 ^b	2,598±4.65 ^b	1,488±2.14 ^b

1) Hard wheat gels are CMR2, CMS4, CMF2, MH4, LP2, LP6. 2) Medium wheat gels are CMF3-CMF5, CMS1, CMS2, LP1, LP3, MH1-MH3, MH5. 3) Soft wheat gels are CMF1, CMR1, CMS3, LP5. 4) For each type of wheat gel samples, the superscript with different letters (a, b, c) within the same column is significantly different ($p \leq 0.05$) using LSD test.

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของแป้งสาลีพื้นเมือง

แป้งสาลีเป็นแป้งที่มีองค์ประกอบเคมีสำคัญ 2 ชนิดรวมกัน คือ โปรตีน และสตาร์ช ดังนั้นคุณสมบัติของแป้งข้าวสาลีจึงเป็นคุณลักษณะผสมระหว่างองค์ประกอบทางเคมีทั้งสอง แม้ว่าโปรตีนและสตาร์ชเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่แต่ด้วยคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและ

รีโอโลยีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การอธิบายคุณลักษณะของแป้งสาลีมีความซับซ้อนทางโครงสร้างเคมี จึงใช้การอธิบายด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก เพื่อให้เข้าใจภาพรวมของแป้งข้าวสาลีพื้นเมืองนำไปสู่การจัดกลุ่มและเทียบเคียงกับแป้งสาลีทางการค้าได้

โดย Figure 3(A) แสดงถึงองค์ประกอบหลัก 2 องค์ประกอบของแป้งข้าวสาลีพื้นเมืองที่มีคุณลักษณะทางเคมีกายภาพ และเจลแป้งเปียกอธิบายด้วยแกน PCA1 คือ องค์ประกอบที่ 1 โปรตีนกลูเตนได้ร้อยละ 46.6 ใช้ อธิบายคุณลักษณะทางเคมีกายภาพ (Table 1) ส่วนแกน PCA2 คือ องค์ประกอบที่ 2 อธิบายโดยสตาร์ชข้าวสาลี ได้ร้อยละ 29.8 และรีโอโลยีหรือการเกิดเจลแป้งเปียก (Table 2) ได้โดยภาพรวมทั้งสององค์ประกอบอธิบาย

ความสัมพันธ์ได้ร้อยละ 76.4 โดยปัจจัยที่ 1 (หรือ PCA1) ชี้ว่าโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่ให้ผลมากต่อโครงสร้างของ แป้งสาลีเมื่อมีการดูดซึมน้ำเข้าไป โดยส่งผลต่อการอุ้มน้ำ ของกลูเตนเปียกและให้โครงสร้างกลูเตนที่แข็งแรงสามารถ ต้านต่อแรงกดโดได้ ดังนั้น โปรตีนจึงเป็นองค์ประกอบที่มี ผลต่อโครงสร้างโด โดยเฉพาะกลูเตนที่แข็งแรงมากจึงต้อง ใช้แรงกดก้อนโดมากขึ้น แป้งสาลีที่มีโปรตีนสูงจึงมี โครงสร้างกลูเตนที่แข็งแรง

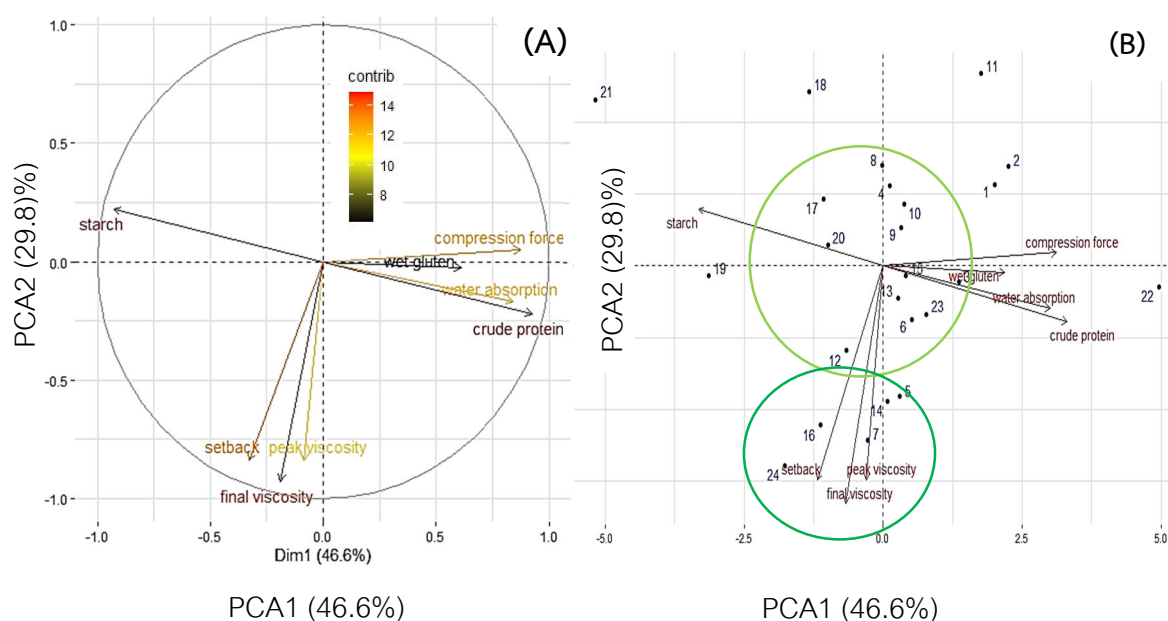


Figure 3 Principal component analysis of physicochemical and pasting characteristics obtained results from 21 local wheat flour varieties showing variance contribution (A) and cluster analysis (B)

สตาร์ชเป็นองค์ประกอบเคมีที่เกี่ยวข้องน้อยกับการดูดน้ำให้เกิดโดที่อุณหภูมิต่ำ แต่สตาร์ชมีความ เกี่ยวข้องกับการเกิดเจลแป้งที่แสดงด้วยองค์ประกอบที่ 2 (หรือ PCA2) ว่าสตาร์ชทำให้เกิดความหนืดสุดท้ายของ สารละลายน้ำแป้งเมื่อให้ความร้อนโดยเฉพาะการคืนตัว ของเจลแป้งภายหลังให้ความร้อน มุมใน Figure 3(A) โดย PCA ขององค์ประกอบสตาร์ชอยู่ชิดกับองค์ประกอบ Setback ส่วนกลูเตน มีส่วนเกี่ยวข้องในการขัดขวางการ เกิดเจลของแป้งข้าวสาลีส่งผลต่อค่าความหนืดในการเกิด

เจลสูงสุดและความหนืดของเจลสุดท้ายดังพิจารณาได้ จากค่ามุมมองค่า Crude protein ในกราฟ PCA อยู่ชิดกับ องค์ประกอบความหนืดสูงสุดมากที่สุด แล้วตามด้วย องค์ประกอบความหนืดของเจลตอนสุดท้าย ดังนั้น องค์ประกอบทางรีโอโลยีของน้ำแป้งข้าวสาลีจึงอธิบาย ด้วยองค์ประกอบโปรตีนและสตาร์ชควบคู่กัน

การกระจายของคุณลักษณะโดยรวมพิจารณา ทั้งการเกิดก้อนโดและเจลแป้งเปียกของแป้งข้าวสาลี พื้นเมืองแสดงใน Figure 3(B) พบว่าจัดแบ่งกลุ่มแป้งข้าว

สาธิตพื้นเมืองเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีการแสดงคุณลักษณะคล้ายแป้งสาธิตที่มีโปรตีนปานกลาง (หรือแป้งอเนกประสงค์ทางการค้า) มีจำนวนตัวอย่างข้าวสาธิต 11 ตัวอย่าง ได้แก่ CMS2, CMS4, CMF1, CMF3, CMF4, LP2, LP3, LP5, MH1, MH3 และ MH4 และกลุ่มที่มีการแสดงคุณลักษณะคล้ายแป้งสาธิตที่มีโปรตีนต่ำ มีจำนวนตัวอย่างข้าวสาธิต 4 ตัวอย่าง ได้แก่ CMR1, CMS1, LP4 และ MH2 ส่วนแป้งข้าวสาธิตที่มีโปรตีนสูงจากพันธุ์พื้นเมืองนั้นยังไม่มีตัวอย่างใดที่ให้คุณลักษณะทางเคมีกายภาพหรือรีโอโลยีใกล้เคียงกับแป้งข้าวสาธิตโปรตีนสูงทางการค้า

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและรีโอโลยีของแป้งข้าวสาธิตพันธุ์พื้นเมืองในภาคเหนือประเทศไทย จำนวน 21 ตัวอย่าง พบว่าองค์ประกอบเคมี 2 องค์ประกอบ คือ โปรตีนกลูเตน และสตาร์ชข้าวสาธิตมีผลต่อคุณลักษณะเคมีกายภาพ โดยกลูเตนเป็นโปรตีนหนึ่งในข้าวสาธิตที่สำคัญต่อการเกิดโครงสร้างของก้อนแป้งที่ทนต่อน้ำ มีลักษณะยืดหยุ่น เหนียว เก็บรักษาได้ดี ซึ่งเป็นโปรตีนที่เฉพาะแป้งสาธิต (Ortolan and Steel, 2017; Veraverbeke and Declercq, 2002) แม้รายงานวิจัยของ Ferrari *et al.* (2014) รายงานว่า กลูเตนในแป้งสาธิตอาจไม่ได้แปรผันตรงกับปริมาณโปรตีนทั้งหมด ดังนั้น การวิเคราะห์คุณภาพของแป้งสาธิตจึงควรรายงานกลูเตนและปริมาณโปรตีนควบคู่ ในทางอุตสาหกรรมอาหารไทยมักใช้โปรตีนทั้งหมดเป็นเกณฑ์การจัดคุณภาพและการนำแป้งสาธิตไปใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปกำหนดปริมาณโปรตีนทั้งหมดไว้ในช่วง ร้อยละ 10.5-13 เหมาะสมกับการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ

การเกิดเจลแข็งเปี้ยวของแป้งข้าวสาธิตเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบสตาร์ชแป้งที่เกิดเจลได้เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ โดยการเกิดเจลแป้งสาธิตนั้นตามธรรมชาติมีกลูเตนผสม

อยู่ด้วยทำให้เจลแข็งที่ได้มีความหนืดแตกต่างกันไป เพราะกลูเตนมีผลต่อการเกิดเจลแข็งข้าวสาธิต เมื่อเพิ่มปริมาณกลูเตนลงในสตาร์ชแป้งร้อยละ 2 ส่งผลให้ค่ารีโอโลยี ได้แก่ ความหนืดสูงสุด ความหนืดสุดท้าย และค่าการคืนตัวของแป้งลดลง (Chen *et al.*, 2010) โดยปริมาณกลูเตนแห้ง (Dry gluten) ในข้าวสาธิตพันธุ์พื้นเมืองมีค่าในช่วงร้อยละ 2.43-11.42 หากค่ากลูเตนแห้งมากกว่าร้อยละ 18 จะเกิดการแยกชั้นระหว่างสตาร์ชและโปรตีน

เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทำให้ทราบว่ากลูเตนและสตาร์ชต่างมีบทบาทในการกำหนดคุณลักษณะของแป้งข้าวสาธิต องค์ประกอบทั้งสองผสมกันมีผลต่อคุณภาพแป้งสาธิต องค์ประกอบโปรตีนกลูเตนเป็นหลักกำหนดคุณลักษณะรีโอโลยีและสตาร์ชเป็นองค์ประกอบรองที่กำหนดความหนืดของเจลในระหว่างให้ความร้อน Ferrari *et al.* (2014) ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักวิเคราะห์คุณภาพของโดแป้งข้าวสาธิตจำนวน 59 พันธุ์ พบว่าการวัดการยืดของแป้งโดสัมพันธ์กับการทดสอบการอบแป้งสาธิต (Baking) และใช้หลักการนี้ในการจัดประเภทตามความแข็งแรงของโดได้ดีในโดที่เนื้อแน่นและโดเนื้อเบา (โปรตีนสูงและโปรตีนน้อย)

การวิเคราะห์คุณภาพแป้งข้าวสาธิตพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกใน 3 จังหวัด เชียงใหม่ ลำพูน และแม่ฮ่องสอน พบว่าคุณภาพแป้งข้าวสาธิตที่ได้ เปรียบเทียบค่าปริมาณโปรตีน ค่ากลูเตนเปียก ค่าปริมาณสตาร์ช และค่าความหนืดสูงสุด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยโปรตีนในแป้งข้าวสาธิตพันธุ์พื้นเมืองที่ร้อยละ 9.42 ค่ากลูเตนเปียก ร้อยละ 25.15 ค่าปริมาณสตาร์ชร้อยละ 79.63 และค่าความหนืดสูงสุด 1,273.37 mPa.s ทั้งเป็นเพราะสายพันธุ์ข้าวสาธิตที่ศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือ ได้ปรับปรุงพันธุ์ข้าวสาธิตพื้นเมืองมาหลายรุ่นให้มีการตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศหนาวและการปลูกบนพื้นที่สูงได้ดี แม้ว่าปริมาณโปรตีนเฉลี่ยของทั้ง 21 สายพันธุ์ต่ำกว่ามาตรฐานแป้งสาธิตโปรตีนปานกลางร้อยละ 10 ดังนั้นการคัดเลือกบางสายพันธุ์ที่ให้แป้งสาธิตคุณภาพทาง

รีโอโลยีใกล้เคียงกับแป้งสาลีทางการค้า เช่น CMS1 ให้โปรตีนร้อยละ 9.86 และ MH2 ให้โปรตีนร้อยละ 10.11 ไปส่งเสริมการปลูกและใช้ประโยชน์ในพื้นที่สูงภาคเหนือ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ข้าวสาลีเป็นแหล่งอาหารสำรองที่ได้รับการส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่สูงปลูกเพื่อสร้างรายได้หลังการทำนา การวิจัยองค์ประกอบเคมีโปรตีนกลูเตนมีผลต่อการอมน้ำและโครงสร้างของก้อนโด กลูเตนยังมีผลต่อการเกิดเจลแป้งข้าวสาลีที่ให้ความร้อน แป้งข้าวสาลีพันธุ์พื้นเมืองมีคุณลักษณะที่สำคัญ คือ มีโปรตีนในระดับปานกลาง ส่งผลให้เกิดเจลแป้งที่มีความหนืดปานกลางและความหนืดต่ำ ผลวิเคราะห์เคมีกายภาพของแป้งข้าวสาลีพื้นเมืองปลูกในภาคเหนือ ประเทศไทย 3 จังหวัด เชียงใหม่ ลำพูน และแม่ฮ่องสอน จำนวน 21 สายพันธุ์ พบว่าทั้ง 3 จังหวัดมีผลผลิตข้าวสาลีที่จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับข้าวสาลีทางการค้าที่มีโปรตีนปานกลาง ดังนี้ เชียงใหม่ 5 สายพันธุ์ (CMS2, CMS4, CMF1, CMF3 และ CMF4) ลำพูน และแม่ฮ่องสอนจังหวัดละ 3 สายพันธุ์ (LP2, LP3, LP5, MH1, MH3 และ MH4) โดยค่าเคมีกายภาพ เช่น โปรตีนหยาบในช่วงร้อยละ 9.28-10.34 กลูเตนเปียกในช่วงร้อยละ 23.24-35.17 สตาร์ชในช่วงร้อยละ 78.16-79.22 และค่ารีโอโลยี เช่น ความหนืดสูงสุด 1,165-2,116 mPa.s เช่นเดียวทั้ง 3 จังหวัด มีผลผลิตข้าวสาลีที่จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับข้าวสาลีทางการค้าที่มีโปรตีนต่ำ ดังนี้ เชียงใหม่ 2 สายพันธุ์ (CMR1 และ CMS1) ลำพูนและแม่ฮ่องสอนจังหวัดละ 1 สายพันธุ์ (LP4 และ MH2) โดยค่าเคมีกายภาพ เช่น โปรตีนหยาบในช่วงร้อยละ 4.75-8.91 กลูเตนเปียกในช่วงร้อยละ 12.33-30.70 สตาร์ชในช่วงร้อยละ 79.60-83.75 และค่ารีโอโลยี เช่น ความหนืดสูงสุด 1,747-1,912 m Pa.s ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแป้งสาลีทางการค้าทั้ง 2 ตัวอย่าง ($p>0.05$) ข้อมูลพื้นฐานจากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำ

แป้งข้าวสาลีพื้นเมืองไปใช้ในแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร เพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบเกษตรในท้องถิ่น การวิจัยปรับปรุงพันธุ์ข้าวสาลีโดยเฉพาะสายพันธุ์พื้นเมืองที่ให้โปรตีนสูงมากกว่าร้อยละ 13 ยังไม่พบในการศึกษาครั้งนี้ ควรมีการศึกษาปัจจัยในการเพิ่มไนโตรเจนของข้าวสาลีพื้นเมืองในแปลงเกษตร เช่น การให้น้ำ การปรับปรุงดิน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ประจำปี พ.ศ. 2563 เรื่อง การศึกษาลักษณะทางพืชไร่ ศักยภาพการให้ผลผลิต และคุณภาพข้าวสาลีพันธุ์ดีเด่น ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- Balet, S., A. Guelpa, G. Fox and M. Manley. 2019. Rapid Visco Analyzer (RVA) as a tool for measuring starch-related physicochemical properties in cereals: a review. *Food Analytical Methods* 12: 2344-2360.
- Causgrove, P. 2004a. *AACC Method 38-12A, Wet Gluten, Dry Gluten, Water-binding Capacity and Gluten Index in Wheat and Flour Testing Methods*. Minnesota: Cereals & Grains Association. 6 p.
- _____. 2004b. *AACC Method 44-15A, Moisture-air Oven Methods in Wheat and Flour Testing Methods*. Minnesota: Cereals & Grains Association. 4 p.

- Chammek, C., P. Sawangsak and O. Naivikul. 1998. Quality of various triticale varieties grown in Thailand. **Kasetsart Journal (Natural Science)** 22(3): 193-199. [in Thai]
- Chen, J., Z. Deng, P. Wu, J. Tian and Q. Xie. 2010. Effect of gluten on pasting properties of wheat starch. **Agricultural Science in China** 9(12): 1836-1844.
- Ferrari, M.C., M.T.P.S. Clerici and Y.K. Chang. 2014. A comparative study among methods used for wheat flour analysis and for measurements of gluten properties using the Wheat Gluten Quality Analyser (WGQA). **Food Science and Technology Campinas** 34(2): 235-242.
- Komchadluck. 2017. **Growing wheat on a high land**. [Online]. Available <https://www.komchadluek.net/news/agricultural/255731> (November 8, 2022). [in Thai]
- Ortolan, F. and C.J. Steel. 2017. Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: a review. **Compressive Reviews in Food Science and Food Safety**. 16(3): 369-381.
- Statista. 2022. **Wheat consumption worldwide in 2020/2021**. [Online]. Available <https://www.statista.com/statistics/10940> (May 18, 2021).
- Thai Industrial Standards Institute. 1981. **Industrial Standards of All-purpose Wheat Flour**. Bangkok: Ministry of Industry. 5 p. [in Thai]
- Veraverbeke, W.S. and J.A. Declcour. 2002. Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. **Critical Review in Food Science and Nutrition** 42(3): 179-208.
- Wessa, P. 2017. **Hierarchical clustering (v1.0.5) in free statistics software (v1.2.1), office for research Development and Education**. [Online]. Available https://www.wessa.net/rwasp_hierarchicalcl (November 8, 2022).

การสกัดและทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสมุนไพรหนอนตายหยาก Extraction and Biological Evaluation of *Stemona collinsae* Craib

สมหมาย ปะติตังโข^{1*} และกิงแก้ว ปะติตังโข²

Sommai Patitungkho^{1*} and Kingkaew Patitungkho²

¹สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ บุรีรัมย์ 31000

²สาขาวิชาบรรณารักษศาสตร์และสารนิเทศศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ บุรีรัมย์ 31000

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Rajabhat Buriram University, Buriram, Thailand 31000

²Department of Library and Information, Faculty of Humanities and Social Sciences, Rajabhat Buriram University
Buriram, Thailand 31000

*Corresponding author: sommai.pt@bru.ac.th

Received: February 16, 2022

Revised: February 02, 2023

Accepted: March 24, 2023

Abstract

Stemona collinsae Craib is found throughout all regions of Thailand. This kind of herb possesses medical efficiency preserved with villagers' local wisdom. The purpose of this research was to extract the *Stemona collinsae* Craib herb. The total phenolics were determined with the Folin-Ciocalteu and antioxidant activities were assessed using the DPPH assays. Biological activities of crude extracts were investigated against citrus canker and to compare its effects with copper sulfate solution and *Bacillus cereus* bio-fermentation formula used for farmers. The results revealed that crude dichloromethane extract contains a maximum of total phenolics content 6.21 ± 0.83 mg/L. The DPPH radical scavenging activity of the crude dichloromethane extract showed the best efficiency at IC_{50} of 46.62 mg/L. The crude ethanol extract inhibited bacteria that caused canker disease with the best an average clear zone of $12.67.00 \pm 1.73$ mm which better than copper sulfate solution and *Bacillus cereus* bio-fermentation formula. Moreover, the crude ethanol extract also repels mealybugs, blue mealybugs and red riders of lime.

Keywords: biological evaluation, natural products extraction, *Stemona collinsae* Craib

บทคัดย่อ

หนอนตายหยาก (*Stemona collinsae* Craib) มีอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีประสิทธิภาพทางยาตามภูมิปัญญาท้องถิ่นมากมาย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์

ที่จะนำสมุนไพรหนอนตายหยากมาสกัด หาปริมาณฟีนอลิกรวม ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอส การต้านโรคแคงเกอร์ของมะนาว และเปรียบเทียบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดกับสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตและน้ำหมักชีวภาพสูตรผสม *Bacillus cereus* ที่เกษตรกรใช้

ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดหยาบไดคลอโรมีเทนมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมสูงสุด 6.21 ± 0.83 มก./ลิตร ส่วนฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค DPPH พบว่าสารสกัดหยาบไดคลอโรมีเทนมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดที่ IC_{50} เท่ากับ 46.62 มก./ลิตร สารสกัดหยาบเอทานอลออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียสาเหตุของโรคแคงเกอร์ได้ดีที่สุดด้วยค่าเฉลี่ยของเคลียร์โซน $12.67.00 \pm 1.73$ มม. และออกฤทธิ์ได้ดีกว่าสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตและน้ำหมักชีวภาพสูตรผสม *Bacillus cereus* นอกจากนี้สารสกัดหยาบเอทานอลยังสามารถออกฤทธิ์ต้านเพลี้ยแป้งเพลี้ยแป้งสีชมพูและด้านไรแดงที่เป็นศัตรูของมะนาวได้อีกด้วย

คำสำคัญ: การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ ผลผลิตภัณฑ์
ธรรมชาติการสกัด หนอนตายหยาก

คำนำ

ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติคือสิ่งที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ และแร่ธาตุ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นยา รักษาโรครวมถึงเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารบำรุงสุขภาพ เครื่องสำอาง ปัจจุบันการใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติทางการเกษตรได้รับความนิยมสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดผลดีต่อร่างกายในด้านต่าง ๆ และผู้บริโภคมีความเชื่อมั่นเนื่องจากไม่ใช้สารสังเคราะห์ จึงมีความปลอดภัยสูง สมุนไพรที่นำมาใช้จำนวนมากมีทั้งที่อยู่ในรูปของสารสกัดหยาบและสารบริสุทธิ์ นอกจากนี้ยังมีการเตรียมตำรับสมุนไพรในรูปแบบหรือลักษณะต่าง ๆ เพื่อความสะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้ เช่น ครีม แคปซูล เจล และเม็ด เป็นต้น ตลอดจนมีการวิจัยสมุนไพรหลายชนิดเกี่ยวกับการออกฤทธิ์รักษาโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับยาแผนปัจจุบัน ฤทธิ์ส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านมะเร็ง รักษาโรคเบาหวาน ชะลอความแก่ชรา เช่น ผลิตภัณฑ์แทกซอล (Taxol) สารสกัดจากสาหร่ายทะเลเพื่อใช้ต้านมะเร็งและผลิตภัณฑ์

สมุนไพรหลายชนิดใช้เป็นยาบำรุงกำลัง เสริมสร้างความแข็งแรง ได้แก่ กวาวเครือ แปะก๊วย ลูกยอ และอื่น ๆ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นเครื่องสำอางประทิ่นผิว ได้แก่ พลูและขมิ้นชัน นอกจากนี้ยังมีสมุนไพรที่ใช้เป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัสหรือกำจัดแมลงศัตรูพืช และฆ่าปรสิต (Deewatthanawong *et al.*, 2019) เช่น ดาวเรือง ขมิ้นชัน กระเทียม น้อยหน่า และทุเรียนเทศ เป็นต้น โดยสมุนไพรที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นสมุนไพรที่มีการใช้กันมาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน ดังที่ปรากฏในตำรายาพื้นบ้าน รวมทั้งเป็นสมุนไพรที่มีการรายงานในบทความวิจัยต่าง ๆ ขณะนี้มีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาและค้นหาผลิตภัณฑ์ที่สำคัญจากสมุนไพรเพิ่มมากขึ้นเพื่อนำมาใช้รักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ซึ่งนักวิจัยสามารถนำสมุนไพรไทยพัฒนาตำรับยา แคปซูลเคอราเพื่อการดูแลตนเองของผู้เข้าข่ายติดเชื้อ (Butcha *et al.*, 2022) เพื่อลดการนำเข้าของยาหรือสารเคมีจากต่างประเทศที่มีราคาแพงและให้ผลในการรักษาที่ไม่น่าพอใจ เพราะเกิดการดื้อต่อยา (Multidrug-Resistant; MDR) ในเวลาต่อมาอีกด้วย

หนอนตายหยาก เป็นพืชสมุนไพรสกุล *Stemona* วงศ์ Stemonaceae ที่ภูมิปัญญาพื้นบ้านของไทยนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ป้องกันการเกิดหนอนปลาร้า ทาแผลป้องกันการเกิดหนอน กำจัดเห็บ (Kontun, 2014) กำจัดทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงสาบอเมริกา (Charoensuk, 2017) ยับยั้งการเจริญของเชื้อราหลายชนิด ได้แก่ เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Charoensuk, 2017) ที่เป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสในพริกต้น เชื้อรา *Pythium delicense* ที่ก่อโรคในผัก เชื้อรา *Pythium parasitica* ที่เป็นสาเหตุของโรคเน่าในไม้ผลโดยเฉพาะในทุเรียน และเชื้อรา *Pythium oxysporum* ที่เป็นสาเหตุหลักของโรคเหี่ยวในไม้ดอกไม้ประดับ (Montri *et al.*, 2014) พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สเปรย์กำจัดเห็บสุนัข (*Rhipicephalus sanguineus*) ซึ่งเป็นแมลงที่พบเกาะติดแน่นอยู่ใต้ขนสุนัขทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ในสุนัข เช่น สภาวะโลหิตจาง

เกิดบาดแผลบนผิวส่งผลให้เกิดแผลติดเชื้อและโรคติดเชื้อพยาธิในเม็ดเลือดต่าง ๆ อีกหลายโรค (Kontun, 2014) สามารถออกฤทธิ์ฆ่าตัวอ่อนพยาธิตัวกลมของแพะได้ดีเท่ากับยาไอเวอร์เมคติน® (Boonkusoli *et al.*, 2022) ขับไล่และลดการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก เนื่องจากหนอนตายหายากสร้างสารทุติยภูมิสติลบินอยด์ (Stilbenoids) ซึ่งเป็นสารกลุ่มพอลิฟีนอล (Polyphenols) ที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีและมีขอบเขตในการออกฤทธิ์กว้าง (Montri *et al.*, 2014)

มะนาวเป็นพืชผักสวนครัวที่อยู่คู่คนไทยมานาน มะนาวจึงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย เป็นพืชวงศ์ Rutaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle คนไทยเรานิยมใช้มะนาวสำหรับปรุงอาหาร ส่วนชาวต่างชาตินอกจากจะใช้ปรุงอาหารแล้วยังใช้คั้นน้ำเป็นเครื่องดื่มที่นิยมกันมาก การบริโภคมะนาวยังทำให้ได้รับสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันมะเร็ง เบาหวาน ชะลอความแก่ และป้องกันโรคอื่น ๆ ในทางอุตสาหกรรมยังใช้สารสกัดน้ำมันจากผิวมะนาวเพื่อเป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอางและผสมยารักษาโรคบางชนิด มะนาวสามารถปลูกได้ทุกภาคทั่วประเทศทำรายได้ให้กับเกษตรกรไม่น้อย แต่การปลูกมะนาวกำลังประสบปัญหาการระบาดของเชื้อแบคทีเรีย (*Xanthomonas campestris* pv. *citri*) สาเหตุของโรคแคงเกอร์ และแมลงศัตรูพืชส่งผลให้พื้นที่ปลูกมะนาวลดลงมาก (Sapapporn and Thanikkun, 2013) อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังมีข้อได้เปรียบด้านความอุดมสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งเป็นที่ประจักษ์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยต้องการที่จะหาวิธีการแก้ปัญหาโรคแคงเกอร์มะนาว รวมทั้งพืชตระกูลส้มชนิดอื่น ๆ โดยการนำสมุนไพรที่มีมากในท้องถิ่นมาทำการสกัดเพื่อหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Biological activities) และการค้นหาสารต้นแบบ (Lead compound) จากสมุนไพรหนอนตายหายาก (*Stemona collinsae* Craib) เพื่อนำไปใช้ในแก้ปัญหาให้กับกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกมะนาวและพืชตระกูลส้มที่ระบาดอย่างรุนแรงอยู่ในขณะนี้

รวมทั้งศึกษาหาแนวทางการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้สารสกัดจากสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านโรคแคงเกอร์ของมะนาวให้กับชุมชน และเพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดกับสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตและน้ำหมักชีวภาพที่ผสมแบคทีเรีย *Bacillus cereus*

อุปกรณ์และสารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมดเป็นเกรดการวิเคราะห์ (AR grade): ดีพีพีเอช (DPPH; 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) ของ FlukaChemie (Germany) ฟูลิน-ซีโอคัลเซอรีเอเจนต์ (Folin-Ciocalteu reagent) กรดแกลลิก (Gallic acid) ของ Sigma-Aldrich (USA) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ของ Ajax Finechem (New Zealand) ไมโครปิเปต (Mechanical Pipettors BIOHIT) ของ Merck (Germany) เครื่องระเหยสารแบบลดความดัน (Rotary vacuum evaporator) และเครื่องอัลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer, USA)

วิธีดำเนินการวิจัย

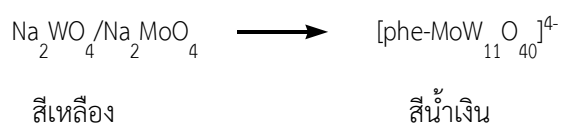
การสกัดสารสำคัญสมุนไพรหนอนตายหายาก

เก็บสมุนไพรหนอนตายหายากจากป่าชุมชนปะคำ ตำบลปะคำ อำเภอปะคำ จังหวัดบุรีรัมย์ ในครั้งนี้ใช้วิธีสำรวจแบบเป็นระบบ (Systematic sampling) โดยการวางแผนสำรวจสี่เหลี่ยม (Quadrats) ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 4 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลง 16 เมตร (Thapayai *et al.*, 2017) โดยวางแผนในพื้นที่ศึกษา 12 แปลง การสำรวจเริ่มทำในฤดูฝนในเดือนกันยายน และเก็บตัวอย่างหนอนตายหายากมาล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ ผึ่งลมจนแห้งสนิท แล้วชั่งสมุนไพรแห้งจำนวน 500 กรัม ใส่ลงในถุงผ้ามัดปากถุงให้แน่นใส่ลงในโถแก้ว สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วต่างกัน ปริมาตร 3,000 มล. ได้แก่ เฮกเซนไดคลอโรมีเทน

เอทิลแอลกอฮอล์เอทานอล และเมทานอล ตามลำดับ นำสาร
สกัดสมุนไพรที่กรองแล้วมาระเหยตัวทำลายด้วยเครื่อง
ระเหยสุญญากาศแบบหมุน และเก็บที่อุณหภูมิ 4°C.

การหาปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic compounds)

การหาปริมาณฟีนอลิกรวมโดยวิธีฟูลิน-ซีโอสต์ (Folin-Ciocalteu method) (Rutnakornpituk, 2017; Thumpala and Seanthaweek, 2018) โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้ การเตรียมสารละลายฟูลิน-ซีโอสต์เข้มข้น 0.2 โมลาร์ โดยปิเปตสารละลายฟูลิน-ซีโอสต์เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาตร 10 มล. ละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 75 กรัม/ลิตร โดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 7.5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 100 มก./ลิตร โดยชั่ง 0.0100 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. นำมาเจือจางให้มีความเข้มข้นในช่วง 10-100 มก./ลิตร เตรียมสารสกัดหนอนตายหยากเข้มข้น 50 มก./ลิตร โดยชั่งสารสกัด 0.0025 มก. ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 25 มล. ปิเปตสารละลายมาตรฐานหรือสารสกัด 0.5 มล. เติมสารละลายฟูลิน-ซีโอสต์เข้มข้น 2.5 มล. เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2.0 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้วปล่อยไว้ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร



ทดสอบการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดีพีพีเอช (DPPH method)

วิธีตีฟิฟิเชเป็นวิธีวิเคราะห์ที่ให้ความถูกต้อง
ความแม่นยำสูง ง่าย สะดวก และรวดเร็ว

(Rutnakornpituk, 2017) ขั้นตอนการวิเคราะห์เริ่มจากการเตรียมสารละลายดีพีพีเอชความเข้มข้น 100 มก./ลิตร ในสารละลายเมทานอลแล้วเตรียมสารตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน BHT ให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 25, 50 และ 100 มก./ลิตร ตามลำดับ โดยใช้ขวดสีชา 45 ขวด เพราะในแต่ละความเข้มข้นจะต้องใช้ขวดสีชาจำนวน 3 ขวด และอีก 1 ขวดเป็นขวดควบคุม รวมเป็น 46 ขวด ปิเปต 1 มล. ของสารละลายตัวอย่างและสารมาตรฐาน ในแต่ละความเข้มข้นใส่ในขวดสีชา 3 ใบ เพื่อทำการทดสอบสารตัวอย่างละ 3 ข้าง จากนั้นปิเปตสารละลายดีพีพีเอช 2 มล. ใส่ขวดสีชาในแต่ละความเข้มข้นเขย่าให้สารเข้ากัน นำขวดทั้ง 46 ขวดไปเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ (%Radical scavenging) จากสมการ

$$\% \text{Radical scavenging} = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \times 100$$

เมื่อ A_{control} เป็นค่าการดูดกลืนแสงของสารกลุ่มควบคุม
 A_{sample} เป็นค่าการดูดกลืนแสงของสารทดสอบ

การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดรากหนอน
ตายหยากต่อโรคแคงเกอร์

นำเชื้อแบคทีเรีย 1.5×10^8 CFU/มล. เกลี่ยบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยง PCA โดยใช้ห้วงเชื้อจากสต็อกลงบนจานเพาะเชื้อ เตรียมสารตัวอย่างความเข้มข้น 6.0, 8.0 และ 10.0 มก./ลิตร ปรับปริมาตรด้วยไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (Dimethyl sulfoxide; DMSO) นำแผ่นกระดาษกรอง (Paper disc) ขนาด 6 มม. วางบนแผ่นกระดาษสีเหลืองแล้วเปิดสารตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร ลงบนแผ่นกระดาษกรองในแต่ละความเข้มข้น จากนั้นนำแผ่นกระดาษกรองไปเก็บไว้ในที่ไม่มีแสงสว่างเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาวางบนเชื้อที่เตรียมไว้ ส่วนตัวควบคุม

เชิงลบ (Negative control) ใช้ไคเมทิลซัลฟอกไซด์ 20 ไมโครลิตร นำเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 30°C. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และวัดเคลียร์โซน (Laend-on *et al.*, 2019)

การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดรากหนอนตายหายากต่อโรคแคงเกอร์ในแปลงทดลอง

จากผลการทดลองตามหัวข้อข้างต้น ได้คัดเลือกสารสกัดหายากของสมุนไพรรากหนอนตายหายากที่ออกฤทธิ์อย่างจำเพาะต่อเชื้อโรคที่ดีที่สุด มาทำการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุโรคแคงเกอร์ในแปลงทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design; CRD) มีทั้งหมด 3 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น เตรียมสารสกัดที่คัดเลือกแล้วจากการทดลองให้มีความเข้มข้นที่มีปริมาณเนื้อสารสกัดเป็น 10.0 มก. ผสมสารจับใบอัตรา 2 หยดต่อน้ำ 20 มล. นำไปฉีดพ่นบนต้นมะนาวที่มีอายุ 1 ปี แต่ละต้นตามกรรมวิธีต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในช่วงเย็นในเดือนกุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม ส่วนแปลงควบคุมใช้น้ำกลั่น (Vudhivanich, 2016)

ทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพการต้านเพลี้ยแป้งเพลี้ยแป้งสีชมพูและไรแดง

นำสารสกัดรากหนอนตายหายากที่ออกฤทธิ์อย่างจำเพาะต่อเชื้อโรคที่ดีที่สุดมาทำการทดสอบฤทธิ์การต้าน

เพลี้ยแป้งในแปลงทดลอง (Deewatthanawong *et al.*, 2019) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design; CRD) มีทั้งหมด 3 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น เตรียมสารสกัดหายากแต่ละชนิดที่คัดเลือกแล้วจากการทดลองให้มีความเข้มข้นที่มีปริมาณเนื้อสารสกัดเป็น 10.0 มก. นำไปฉีดพ่นในแปลงทดลองในช่วงเย็น ส่วนในแปลงควบคุมใช้น้ำกลั่นสำหรับกรณีของเพลี้ยแป้งสีชมพูและไรแดงได้ดำเนินการทำนองเดียวกันและแยกแปลงทดลอง

ผลการวิจัย

ผลการเก็บตัวอย่างพืชสมุนไพรรากหนอนตายหายาก

จากการพิจารณาลักษณะของหนอนตายหายากทางพฤกษศาสตร์ ลักษณะลำต้น ลักษณะดอก การเรียงตัวของใบ ลักษณะหัว รวมทั้งพื้นที่ที่พบ ระบุได้ว่าเป็นชนิด *Stemona collinsae* Craib เนื่องจากเกิดตามป่าดงดิบเขา มีลักษณะลำต้นเป็นเถา ใบรูปหัวใจปลายเรียว ใบโตและยาว เส้นใบวิ่งตามยาว ประมาณ 15 เส้น มีสีเขียวอ่อน รากเป็นหัวเก็บอาหารมีลักษณะกลมยาวเฉลี่ย 50 ซม. และเป็นพวง ดอกมีเฉพาะกลีบดอกสีเขียวอ่อน มีเกสรสีชมพู ขนาดของดอกใหญ่กว่าหนอนตายหายากขนาดเล็ก (Figure 1)



Figure 1 The general characteristics of *Stemona collinsae* Craib

ผลการหาปริมาณสารฟีนอลิกรวม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวมจากสารสกัดหยาบของสมุนไพรหนอนตายหายาก โดยวิธีฟูลิน-ซิโอสต์เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิกโดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสารประกอบฟีนอลิกและสารละลายฟูลิน-ซิโอสต์ที่ประกอบด้วยโมลิบดีนัมและทังสเตน ที่อยู่ในรูปของไอออน Mo^{6+} และ W^{6+} ที่ทำให้สารละลายมีสีเหลือง เมื่อไอออนรับอิเล็กตรอนจากสารฟีนอลิกจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ

สารเชิงซ้อนฟอสโฟโมลิบเดต/ฟอสโฟทังสเตต ($[phe-MoW_{11}O_{40}]^{4+}$) ที่โลหะทั้งสองมีประจุเป็น Mo^{5+} และ W^{5+} ซึ่งมีสีน้ำเงิน (Srimoon and Niymwan, 2021) ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร พบว่าสารสกัดหยาบไคโคลโรมีเทนมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมสูงสุด 6.21 ± 0.83 มก./ลิตร รองลงมาคือ สารสกัดหยาบด้วยเอทานอล 3.07 ± 0.10 มก./ลิตร (Table 1)

Table 1 Total phenolic contents of *Stemona collinsae* Craib extracts

Samples	Concentration (mg/L)	Absorbance (765 nm)			Polyphenolic content (mg/L)			$\bar{X} \pm SD$
		No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	
Crude hexane extract	25	0.023	0.025	0.024	0.183	0.314	0.258	0.25 ± 0.06
	50	0.024	0.024	0.031	0.258	0.258	0.651	0.39 ± 0.22
	100	0.034	0.029	0.034	0.820	0.539	0.820	0.73 ± 0.16
Crude dichloromethane extract	25	0.053	0.063	0.053	1.887	2.449	1.887	2.07 ± 0.32
	50	0.079	0.079	0.077	3.348	3.348	3.235	3.10 ± 0.06
	100	0.139	0.138	0.113	6.719	6.662	5.258	6.21 ± 0.82
Crude ethylacetate extract	25	0.026	0.023	0.021	0.370	0.202	0.089	0.22 ± 0.14
	50	0.028	0.028	0.020	0.483	0.483	0.033	0.33 ± 0.26
	100	0.027	0.033	0.028	0.426	0.764	0.483	0.56 ± 0.18
Crude methanol extract	25	0.021	0.022	0.021	0.089	0.146	0.089	0.11 ± 0.03
	50	0.021	0.022	0.022	0.089	0.146	0.146	0.13 ± 0.03
	100	0.022	0.023	0.022	0.146	0.202	0.202	0.18 ± 0.03
Crude ethanol extract	25	0.062	0.061	0.063	2.393	2.337	2.449	2.39 ± 0.05
	50	0.078	0.070	0.069	3.292	2.842	2.786	2.97 ± 0.27
	100	0.073	0.076	0.073	3.011	3.179	3.011	3.07 ± 0.09

ผลการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบของรากหนอนตายหยาก จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย 5 ชนิด ดังกล่าวไว้ในวิธีวิจัย เมื่อทราบค่าการดูดกลืนแสงแล้วคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ จะทำให้ทราบค่า IC_{50} พบว่าสารสกัด

หยาบไดคลอโรมีเทนออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดด้วยค่า IC_{50} ต่ำที่สุดเท่ากับ 46.62 มก./ลิตร รองลงมาคือสารสกัดหยาบเฮกเซนมีค่า IC_{50} เท่ากับ 49.09 มก./ลิตร (Figure 2) โดยใช้สารโทรลอกซ์เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบเชิงบวก (Positive control)

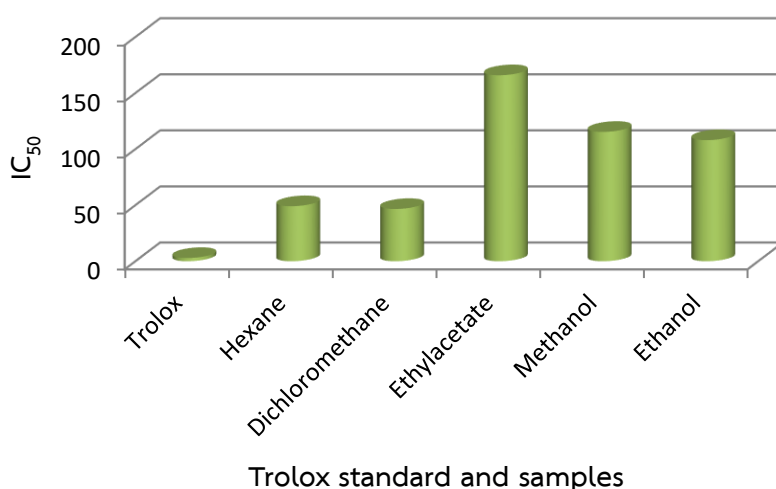


Figure 2 Comparative IC_{50} values of 5 crude extracts with Trolox standard

ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดรากหนอนตายหยากในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคแคงเกอร์ในมะนาว โดยนำสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย 5 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน

ไดคลอโรมีเทน เอทิลแอลกอฮอล์ เมทานอล และเอทานอล โดยนำสารสกัดเตรียมความเข้มข้นที่มีปริมาณเนื้อสารสกัดเป็น 6.0, 8.0 และ 10.0 มก. ตามลำดับ ซึ่งแสดงตาม Table 2

Table 2 Antibacterial activities to Citrus Canker

Samples	Concentration (mg/L)	Clear zone (mm)			$\bar{x} \pm SD$
		No.1	No.2	No.3	
Bio-fermented	6.0	7.0	7.0	8.0	7.33±0.19
water mix with	8.0	7.0	9.0	9.0	8.33±1.15
<i>Bacillus cereus</i>	10.0	10.0	9.0	10.0	9.66±0.57
Crude hexane	6.0	7.0	7.0	9.0	8.33±1.02
extract	8.0	7.0	7.0	9.0	8.33±1.02
	10.0	9.0	9.0	10.0	9.33±0.57
Crude	6.0	7.0	8.0	8.0	7.66±0.55
dichloromethane	8.0	7.0	9.0	8.0	8.00±1.00
extract	10.0	7.0	13.0	9.0	9.66±3.05
Crude	6.0	7.0	7.0	9.0	8.33±1.02
ethylacetate	8.0	7.0	7.0	9.0	8.33±1.02
extract	10.0	9.0	9.0	10.0	9.33±0.57
Crude methanol	6.0	7.0	7.0	8.0	7.33±0.19
extract	8.0	7.0	9.0	9.0	8.33±1.15
	10.0	10.0	9.0	10.0	9.67±0.57
Crude ethanol	6.0	7.0	9.0	8.0	8.00±1.00
extract	8.0	7.0	9.0	9.0	8.33±1.15
	10.0	13.0	10.0	10.0	12.67±1.73

จาก Table 2 พบว่าผลการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคแคงเกอร์ในมะนาว โดยนำสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย 5 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลแอซิเทต เมทานอล และเอทานอล เตรียมความเข้มข้นให้มีปริมาณเนื้อสารสกัดอยู่ระหว่าง 6.0, 8.0 และ 10.0 มก. ตามลำดับ เปรียบเทียบกับสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต และน้ำหมักชีวภาพสูตรผสม *Bacillus cereus* พบว่าสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด มีค่าเฉลี่ยของวงเคลียร์โซนที่ 12.67.00±1.73 มม. ซึ่งมี

ค่าเฉลี่ยของวงเคลียร์โซนมากกว่าสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต และน้ำหมักชีวภาพสูตรผสม *Bacillus cereus*

ผลการทดสอบฤทธิ์ที่แปลงทดลอง

การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดสมุนไพรหนอนตายหยากต่อโรคแคงเกอร์ เปรียบเทียบสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตและน้ำหมักชีวภาพสูตรผสม *Bacillus cereus* โดยเตรียมความเข้มข้นที่มีปริมาณเนื้อสารสกัดเป็น 10.0 มก. แล้วนำไปฉีดพ่นต้นมะนาวที่เกิดโรคแคงเกอร์ทุก ๆ 1 วัน จนครบ 2 สัปดาห์ (Table 3)

Table 3 Antibacterial activities to citrus canker in experimental plot

Samples	Concentration (mg/L)	Number of the day for spraying samples											
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Crude ethanol extract	10.0	-	-	+	+	+	+	+	+	++	++	++	++
Copper sulphate	10.0	+	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Bio-fermented water mix with <i>Bacillus cereus</i>	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- = inactive to citrus canker; + = starting active to citrus canker; ++ = antibacterial activity with 50; # = leaves and branches of citrus drying

จากผลการทดลองพบว่าสารสกัดหยาบเอทานอลออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนในวันที่ 5 ของการฉีดพ่นและออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 11 ของการฉีดพ่นสำหรับสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้ในวันที่ 3 ของการฉีดพ่น แต่วันที่ 4 เป็นต้นไปทั้งกิ่งและใบของมะนาวจะแห้งตาย ส่วนน้ำหมักชีวภาพสูตรผสม *Bacillus cereus* ไม่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *citri* ที่เป็นสาเหตุของโรคแคงเกอร์

ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพการต้านเพลี้ยแป้ง

ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดสมุนไพรหนอนตายหยาบต่อเพลี้ยแป้ง โดยเตรียมความเข้มข้นให้มีปริมาณเนื้อสารสกัดเป็น 10.0 มก. แล้วนำไปฉีดพ่นต้นมะนาวที่เกิดโรคเพลี้ยแป้ง โดยทำการทดสอบฤทธิ์ 3 ซ้ำ พบว่าเมื่อฉีดพ่นสารสกัดครั้งที่ 1 เวลาผ่านไป 1 วัน พบว่ายังมีเพลี้ยแป้งติดอยู่ตามกิ่งมะนาว แต่เมื่อฉีดพ่นสารสกัดครั้งที่ 2 พบว่าแป้งที่ติดอยู่กับเพลี้ยแป้งหลุดออก ลักษณะของเพลี้ยแป้งเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเขียวและตายไปในที่สุด

ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพการต้านเพลี้ยแป้งสีชมพู

ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหนอนตายหยาบต่อเพลี้ยแป้งสีชมพู โดยเตรียมความเข้มข้นที่มีปริมาณเนื้อสารสกัดเป็น 10.0 มก. แล้วนำไปฉีดพ่นเพลี้ยแป้งสีชมพูที่เกิดกับต้นมะนาวจำนวน 3 ซ้ำ จากการทดลองพบว่าเมื่อฉีดพ่นสารสกัดครั้งที่ 1 สังเกตผลเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ปริมาณของเพลี้ยลดลง 60 เปอร์เซ็นต์ ตัวเพลี้ยจะฝ่อตายและหลุดจากต้นมะนาว เมื่อฉีดพ่นสารสกัดครั้งที่ 2 เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ปริมาณของเพลี้ยลดลง 80 เปอร์เซ็นต์ พบเพลี้ยที่ติดตามกิ่งมะนาวน้อยมากและเมื่อฉีดพ่นสารสกัดครั้งที่ 3 สังเกตผลเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน พบว่าไม่มีเพลี้ยเหลืออยู่

ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพการต้านไรแดง

ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหนอนตายหยาบต่อไรแดง โดยใช้ความเข้มข้นที่มีปริมาณเนื้อสารสกัดเป็น 10.0 มก. ฉีดพ่นไรแดงที่เจริญเติบโตตามกิ่งมะนาวจำนวน 3 ซ้ำ พบว่าเมื่อฉีดพ่นสารสกัดครั้งที่ 1 สังเกตผลเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ปริมาณของไรแดงลดลง 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อฉีดพ่นสารสกัดครั้งที่ 2 ปริมาณของไรแดงลดลง 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อฉีดพ่นสารสกัดครั้งที่ 3 ไม่มีไรแดงเหลืออยู่ แสดงว่าสารสกัดสมุนไพรหนอนตายหยาบมีฤทธิ์ในการกำจัดไรแดงได้

วิจารณ์ผลการวิจัย

การสกัดรากหนอนตายหยากด้วยตัวทำละลายที่มีลำดับขั้วต่างกัน โดยเรียงลำดับจากตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วไปหาตัวทำละลายที่มีขั้วสูง ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลเอซิเทต เมทานอล และเอทานอล ได้ปริมาณสารสกัดหยากเฉลี่ย 0.02, 0.26, 0.08, 16.38 และ 0.45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จะเห็นว่าสารสกัดหยากด้วยเมทานอลให้ปริมาณสารสกัดหยากมากที่สุด แสดงว่าสารที่เป็นองค์ประกอบในหนอนตายหยาก

ส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มสารที่มีขั้ว (Nuntawong, 2015) และเป็นสารสตีลบินอยด์จัดอยู่ในกลุ่มพอลิฟีนอล (Mattioli *et al.*, 2020) มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์และสภาวะเครียดชีวสังเคราะห์ของสตีลบินอยด์เกิดผ่านวิถีฟีนิลโพรพานอยด์ และมีโครงสร้างหลักเป็นสตีลบินที่วงเบนซีนทั้งสองข้างมีหมู่แทนที่แตกต่างกัน สตีลบินอยด์ทำหน้าที่เป็นโครงแบบชนิดใหม่ (New scaffold) ในการพัฒนาของสารในกลุ่มนี้โดยมีสูตรโครงสร้างหลักเป็น C6-C2-C6 ซึ่งเป็นสารสตีลบิน และเมื่อสตีลบินถูกเติมหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) จะได้สารสตีลบินอยด์ (Figure 3)

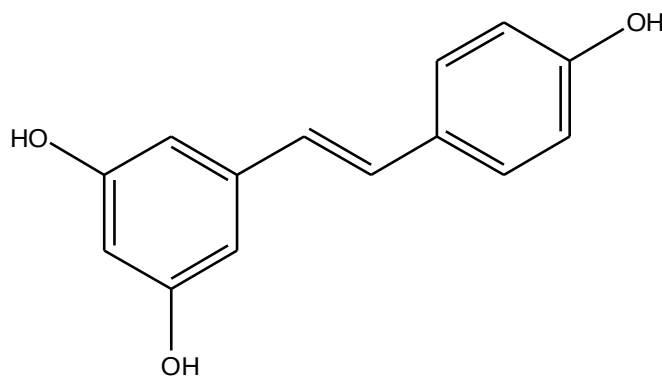


Figure 3 Basic structure of stilbenoid

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม พบว่าสารสกัดหยากไดคลอโรมีเทนมีปริมาณฟีนอลิกรวมมากที่สุด 6.21 ± 0.82 มก./ลิตร รองลงมาคือ สารสกัดหยากด้วยเอทานอล 3.07 ± 0.09 มก./ลิตร แสดงว่าองค์ประกอบของสารสกัดมีสารสตีลบินอยด์ทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ที่ดี ซึ่งสามารถเปลี่ยนไอออน Mo^{6+} และ W^{6+} จากสีเหลืองไปเป็น Mo^{5+} และ W^{5+} ที่มีน้ำเงิน (Srimoon and Niymawan, 2021) และผลการต้านอนุมูลอิสระเทคนิค DPPH พบว่าสารสกัดหยากไดคลอโรมีเทนมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุดด้วยค่า IC_{50} เท่ากับ 46.62 มก./ลิตร รองลงมาคือ สารสกัดหยากเฮกเซนมีค่า IC_{50} เท่ากับ 49.09 มก./ลิตร เนื่องจากสารสกัดหยากเหล่านี้มีองค์ประกอบของสารสตีลบินอยด์

มีหมู่ไฮดรอกซิลทำหน้าที่ในการยับยั้งการทำงานของอนุมูลอิสระ (Free radical quenching) จึงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Zujko and Witkowska, 2011) ส่วนฤทธิ์การต้านแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคแคงเกอร์ พบว่าสารสกัดหยากด้วยเอทานอลสามารถต้านแบคทีเรียได้ดีที่สุดมีค่าเฉลี่ยของเคลียร์โซน $12.67.00 \pm 1.73$ มม. โดยมีค่าเฉลี่ยมากกว่าสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตและน้ำหมักชีวภาพสูตรผสม *Bacillus cereus* ที่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้กันอยู่ สำหรับกลไกการต้านแบคทีเรียของสารสตีลบินอยด์นั้นเกิดจากสารเข้าไปรบกวนการทำงานของเซลล์เมมเบรน (Membrane-disruption effects) ยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์ม (Biofilm formation) (Li *et al.*, 2021)

นอกจากนี้สารดังกล่าวยังสามารถชักนำทำให้เกิดสภาวะเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) ทำให้สาย DNA แตก (DNA cleavage) ตลอดจนมีผลต่อสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ของแบคทีเรียส่งผลให้แบคทีเรียเสียหายและตายไปในที่สุด (Singh *et al.*, 2019) ส่วนสารคอปเปอร์ซัลเฟตใช้ควบคุมแบคทีเรียได้แต่ควรใช้ในปริมาณที่ต่ำ เนื่องจากสารนี้มีผลต่อใบและกิ่งของมะนาว โดยกลไกการออกฤทธิ์เกิดจากสารเข้าไปจับกับโปรตีนของแบคทีเรียทำให้เซลล์เสียหาย (Vincent *et al.*, 2017) สำหรับการใช้อนุพันธ์จากแบคทีเรีย *Bacillus cereus* เพื่อให้มีประสิทธิภาพต่อแบคทีเรียก่อโรคแคแวงเกอร์ได้ดีจะต้องใช้ในรูปแบบที่เป็นผง (Siwakorn and Brurane, 2016) ส่วนฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลที่มีปริมาณเนื้อสารสกัดเป็น 10.0 mg ต่อเปลือกแห้ง พบว่าสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลสามารถกำจัดเพลี้ยแป้งได้ภายใน 2 วัน และออกฤทธิ์กำจัดเพลี้ยแป้งสีชมพูในเวลา 3 วัน สำหรับฤทธิ์ของสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลต่อไรแดง พบว่าเมื่อฉีด 3 ครั้ง ทุก ๆ 3 วัน ไม่มีไรแดงหลงเหลืออยู่ที่กิ่งมะนาว ทั้งนี้เนื่องจากสารฟีนอลิกมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตและทำให้เกิดการตายไปในที่สุด (Golan *et al.*, 2017)

ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่ากลไกการกำจัดศัตรูพืช (ทั้งแบคทีเรีย เพลี้ยแป้ง และไรแดง) ของสารสกัดหยาบหนอนตายหายาก นอกจากจะเกิดผ่านกระบวนการต้านอนุมูลอิสระแล้ว ยังเกิดผ่านกลไกอื่น ๆ อีกด้วย จากผลการวิจัยนี้ทำให้ได้แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติตัวใหม่ให้กับเกษตรกรที่ปลูกมะนาวและพืชตระกูลส้มอื่น ๆ ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

สารสกัดหยาบของหนอนตายหายากมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี โดยเฉพาะสารสกัดหยาบเอทานอลสามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas*

campestris pv. *citri* ที่เป็นสาเหตุของโรคแคแวงเกอร์ได้ดีที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ยของเคลียร์โซนมากกว่ากรณีของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตและน้ำหมักชีวภาพสูตรผสม *Bacillus cereus* สำหรับการใช้อนุพันธ์จากแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ที่อยู่ในรูปของสารละลายไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคแคแวงเกอร์ ส่วนฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหยาบเอทานอลที่แปลงทดลองพบว่าออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 11 และออกฤทธิ์ต้านเพลี้ยแป้งและไรแดงตั้งแต่วันที่ 2 ขึ้นไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง ผู้อำนวยการสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย (HERP สกอ)

เอกสารอ้างอิง

- Boonkusoli, D., N. Munkham and M. Warakdee. 2022. Effects of ethanolic medicinal plant extracts on mortality of goat nematode larva. **Journal of Science and Technology Phetchabun Rajabhat University** 2(1): 50-56. [in Thai]
- Butcha, R., P. Srathong, A. Sarakshetrin, C. Sowat, P. Thepaksorn and K. Chiddee. 2022. Use of Thai herbal recipe “KERRA capsules” self-care of people infected with Corona virus 2019 (COVID-19) disease. **Thai Journal of Public Health and Health Science** 1: 220-235. [in Thai]

- Charoensuk, S. 2017. **Antimicrobial activity of Crude Extract from *Stemona tuberosa* Lour.** [Online]. Available <https://repository.Rmutr.ac.th> (December 15, 2022). [in Thai]
- Deewatthanawong, R., P. Kongchinda, P. Deewattanawong, J. Pumnuan and A. Insung. 2019. GC-MS analysis and biopesticide properties of different crude extracts of *Annona squamosa* and *Annona muricata*. **International Journal of Agricultural Technology** 15(6): 859-868.
- Golan, K., C. Sempruch, E. Górski-Drabik, P. Czerniewicz, B. Łagowska, I. Kot K. Kmiec, K. Magierowicz and B. Leszczyński. 2017. Accumulation of amino acids and phenolic compounds in biochemical plant responses to feeding of two different herbivorous arthropod pests. **Arthropod-Plant Interactions** 11: 675-682.
- Kontun, J.S. 2014. Development of dog tick spray from herbal extracts. **Agricultural Science Journal** 45(2)(Suppl.): 581-584.
- Laend-on, K., S. Patitungkho and K. Patitungkho. 2019. Physico-chemical property and biological activity of dimethyl glyoxime metal nanoparticles level. **KKU. Science Journal** 47(2): 233-242. [in Thai]
- Li, Y., X. Lin, J. Hu, J. Shuai, Y. Wei and D. He. 2021. Synthesis and biological evaluation of stilbene-based peptoid mimics against the phytopathogenic bacterium *Xanthomonas citri* pv. *citri*. **Pest Management Science** 77(1): 343-353.
- Mattio, L.M., G. Catinella, S. Dallavalle and A. Pinto. 2020. Stilbenoids: a natural arsenal against bacterial pathogens. **Antibiotics** 9: 336. [Online]. Available [doi:10.3390/antibiotics9060336](https://doi.org/10.3390/antibiotics9060336) (December 15, 2022).
- Montri, N., K. Chonnikarn and K. Pornprapa. 2014. Effect of *Stemona curtisii* Hook. f. crude extract on growth inhibition of some pathogenic fungi. **Khon Kaen Agriculture Journal** 42(suppl.3): 649-653. [in Thai]
- Nuntawong, N. 2015. **Natural Product**. Chiang Mai: Chiang Mai University. 79 p.
- Rutnakornpituk, B. 2017. **Study of Total Phenolic Compounds, Antioxidant Activity and Active compounds in Crude Extracts from *Stemona tuberosa* Lour.** Phitsanulok: Faculty of Science, Naressuan University. 47 p. [in Thai]
- Sapapporn, N. and N. Thanikkun. 2013. Bioactive compound production from isolated *Pseudomonas* sp. inhibits the citrus canker bacteria. **The Golden Teak: Science and Technology** 4(1): 77-79. [in Thai]

- Singh, D., R. Mendonsa, M. Koli, M. Subramanian and S.K. Nayak. 2019. Antibacterial activity of resveratrol structure analogues: a mechanistic evaluation of the structure-activity relationship. **Toxicology and Applied Pharmacology Journal** 367: 23-32.
- Siwakorn, N. and P. Bruranee. 2016. **Controlling in Canker disease of pummelo by medicinal plants.** [Online]. Available <https://www.doa.go.th> (December 25, 2022). [in Thai]
- Srimoon, R and S. Niymwan. 2021. Development and validation of the Folin-Ciocalteu semi-micro method for total phenolic compounds determination in Rangdaeng (*Ventilago denticulate* Willd.) extract. **Burapha Science Journal** 26(1): 378-398. [in Thai]
- Thapyai, C., K. Reuankon and T. Boonma. 2017. Species diversity of undergrowth plants in Ban Lai Pho agroforest, Bang Rakam districk, Phitsanulok. **Nakhon Phanom University Journal** 2(1): 22-34.
- Thumpala, W. and N. Seanthaweek. 2018. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant an extract of seed-under-leaf (*Phyllanthus amarus* (Schumacher)). **Khon Kaen Agriculture Journal** 46(Suppl.1): 1331-1335.
- Vincent, M., R.E. Duval, P. Hartemann and M. Engels-Deutsch. 2017. Contact killing and antimicrobial properties of copper. **Journal Applied Microbiology** 124: 1032-1046.
- Vudhivanich, S. 2016. Potential of *Chebulic myrobalan* fruit crude extract on decreasing lime canker disease virulence. **Journal of Science and Technology** 5(1): 16-28.
- Zujko, M.E. and A.M. Witkowska. 2011. Antioxidant potential and polyphenol content of selected food. **International Journal of Food Properties** 14(2): 300-308.

ผลของการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยไม่ใช้ตัวทำละลายต่อสารสำคัญบางชนิดจากใบกัญชง
ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพและยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs)

Effects of Solvent-free Microwave Extraction on the Active Substances
from Hemp Leaves of Bioactive Compounds and Inhibitions of Enzymes Relevant
to Non-communicable Diseases (NCDs)

ศรัณญา สุวรรณอังกุล¹ ปังกร ส่างสวัสดิ์² นักรบ นาคประสม³ และกาญจนา นาคประสม^{3*}
Saranya Suwanangul¹, Papungkorn Sangsawad², Nukrob Narkprasom³
and Kanjana Narkprasom^{3*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

³สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

²School of Animal Technology and Innovation, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology
Nakhon Ratchasima, Thailand 30000

³Program in Food Engineering, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: kanjana_n@mju.ac.th

Received: June 13, 2023

Revised: October 12, 2023

Accepted: November 01, 2023

Abstract

Non-communicable diseases (NCDs) pose a significant public health challenge in Thailand and globally, resulting in economic burdens and side effects from pharmaceutical treatments. To mitigate these issues, the use of plant extracts as preventive measures has gained attention. This research investigated the effects of solvent-free microwave extraction of hemp leaves on bioactive compounds. Hemp leaf extracts were obtained using microwave power settings of 150, 250 and 350 W for durations of 15 and 30 minutes. The study evaluates the antioxidant activity through assays including DPPH, FRAP, metal chelating activity, and hydroxyl radical scavenging, as well as the inhibitory effects on enzymes related to various health conditions, including ACE (hypertension), DPP-IV (type 2 diabetes), α -amylase and α -glucosidase (type 2 diabetes and obesity), and HMG-CoA reductase (hyperlipidemia). The valuable compounds in hemp leaves were extracted using microwave-assisted extraction at 350 W for 15 minutes. This extraction method yielded the highest DPPH, FRAP, and hydroxyl radical scavenging

activities, with respective EC_{50} values of 0.75, 0.39 and 1.16 mg/ml. Furthermore, it exhibited the most potent inhibitory effects on ACE, α -amylase, and α -glucosidase enzymes, with IC_{50} values of 0.35, 0.14 and 0.23 mg/ml, respectively. Furthermore, the valuable compounds extracted from hemp leaves using microwave-assisted extraction at 250 W for 30 minutes were identified as the most effective in inhibiting DPP-IV (IC_{50} =0.37 mg/ml) and HMG-CoA reductase (IC_{50} =1.18 mg/ml). This study highlights the nutritional potential of hemp leaf extracts as a promising strategy for preventing NCDs.

Keywords: solvent-free microwave extraction, hemp leaves, non-communicable diseases
bioactive compounds

บทคัดย่อ

โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) เป็นปัญหาสำคัญด้านสาธารณสุขของประเทศไทยและทั่วโลก ก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ และการใช้ยารักษาโรค NCDs ส่งผลให้เกิดอาการข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้นการใช้สารสกัดจากพืชจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่จะใช้ป้องกันการเกิดโรคเหล่านี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้คลื่นไมโครเวฟ โดยไม่ใช้ตัวทำละลายในการสกัดสารสำคัญจากใบกัญชงต่อการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ทั้งนี้ สารสกัดจากใบกัญชงถูกสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 150, 250 และ 350 วัตต์ เป็นระยะเวลา 15 และ 30 นาที เพื่อทดสอบการออกฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH, FRAP, การดักจับอนุมูลของโลหะ การกำจัดอนุมูลไฮดรอกซิล และการยับยั้งเอนไซม์ ACE (โรคความดันโลหิตสูง) เอนไซม์ DPP-IV (โรคเบาหวานชนิดที่ 2) เอนไซม์ α -amylase เอนไซม์ α -glucosidase (โรคเบาหวานชนิดที่ 2 และโรคอ้วน) และเอนไซม์ HMG-CoA reductase (ภาวะไขมันในเลือดสูง) สารสำคัญจากใบกัญชงที่สกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 350 วัตต์ เป็นเวลา 15 นาที มีประสิทธิภาพขจัดอนุมูลอิสระ DPPH, FRAP มีความสามารถในการดักจับอนุมูลของโลหะสูงที่สุด มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.75, 0.39 และ 1.16 มก./มล ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพยับยั้งเอนไซม์ ACE,

α -amylase และ α -glucosidase สูงที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.35, 0.14 และ 0.23 มก./มล ตามลำดับ นอกจากนี้ สารสำคัญจากใบกัญชงที่สกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 250 วัตต์ เป็นเวลา 30 นาที มีประสิทธิภาพยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV (IC_{50} =0.37 มก./มล.) และ HMG-CoA Reductase (IC_{50} =1.18 มก./มล.) สูงที่สุด การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบกัญชงมีศักยภาพทางโภชนเภสัชซึ่งสามารถป้องกันการสูญเสียจากโรค NCDs ได้

คำสำคัญ: การสกัดด้วยไมโครเวฟโดยไม่ใช้ตัวทำละลาย
ใบกัญชง โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ฤทธิ์ทางชีวภาพ

คำนำ

อุบัติการณ์ของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases: NCDs) เป็นปัญหาสำคัญด้านสาธารณสุขทั้งระดับโลกและระดับประเทศ และยังเป็นสาเหตุสำคัญในแง่ภาระโรคและอัตราการเสียชีวิต ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับภาระค่าใช้จ่ายสำหรับการรักษาพยาบาล และคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยและผู้ดูแล โดยมีการคาดการณ์ไว้ว่าระหว่าง พ.ศ. 2554 ถึง 2573 ต้นทุนการรักษาผู้ป่วยกลุ่มโรค NCDs จะมีมูลค่าสูงถึง 46.7 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือคิดเป็น

ประมาณ 1,401 ล้านล้านบาท สำหรับประเทศไทยโรค NCDs ก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจสูงถึงร้อยละ 2.2 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ หรือมีมูลค่าทั้งสิ้น 198,512 ล้านบาท ซึ่งเกิดจากโรค NCDs ใน 4 กลุ่มโรคหลัก ได้แก่ โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง และโรคทางเดินหายใจเรื้อรัง (Rojanapithayakorn, 2019) การเกิดโรคเหล่านี้ส่วนใหญ่มีสาเหตุจากภาวะเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) ซึ่งเกิดจากความไม่สมดุลของปฏิกิริยารีดอกซ์ในร่างกาย และในทางกลับกันภาวะโรคสามารถส่งผลให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชันที่รุนแรงขึ้น และชักนำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นซึ่งส่งผลให้การทำงานของระบบต้านอนุมูลอิสระของเซลล์ลดลง ตลอดจนซ้ำเติมให้โรคมิพัฒนาที่รุนแรงเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน (Camps *et al.*, 2014) จากสถานการณ์ข้างต้นจะเห็นได้ว่ากลุ่มโรค NCDs ยังเป็นปัญหาสุขภาพอันดับหนึ่งของประเทศไทยและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้โรค NCDs ยังเป็นโรคที่รักษาไม่หายขาด การจะทำให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายการลดโรคและลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ จึงถือว่ามีความสำคัญและท้าทายอย่างมาก

จากแนวคิดการส่งเสริมสุขภาพด้วยโภชนาการที่ดีตามหลักการอาหารเป็นยา เป็นหนึ่งในวิธีการที่สามารถป้องกันการเกิดโรคและสร้างความสมดุลของร่างกายได้ (Panutat *et al.*, 2017) การนำสารสกัดสำคัญมาใช้ประโยชน์นั้น นอกจากสายพันธุ์และกระบวนการเพาะปลูก กระบวนการสกัดและการทำให้สารสกัดมีความบริสุทธิ์ตรงต่อความต้องการนำไปใช้งานเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญ การเลือกใช้เทคโนโลยีการสกัดที่ไม่เหมาะสมทำให้ได้สารสกัดคุณภาพต่ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาพรวมของคุณภาพของสินค้า และผลิตภัณฑ์ที่นำไปประยุกต์ใช้ในเชิงอาหารเสริม อันเนื่องมาจากวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมมีการใช้ความร้อนเป็นระยะเวลานาน ซึ่งมีผลทำลายสารสำคัญที่ไม่ทนความร้อน (Thermolabile

substances) รวมทั้งส่งผลให้มีปริมาณหรือความเข้มข้นลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compound) (Kurtulbas *et al.*, 2022) ดังนั้นการเลือกใช้เทคโนโลยีการสกัดที่สำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Eco-friendly technology) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ไม่ใช้ตัวทำละลาย (Solvent-free Microwave Extraction; SFME) จึงเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่น่าสนใจ

สารประกอบพอลิฟีนอล (Polyphenol) ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสารพฤษเคมีที่พบในกัญชง (*Cannabis sativa* L.) ซึ่งช่วยทำให้อนุมูลอิสระที่สร้างความเสียหายให้แก่เซลล์และเนื้อเยื่อต่าง ๆ อยู่ในสภาพที่เป็นกลาง หยุดปฏิกิริยาถูกโซ่ของอนุมูลอิสระที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อันนำไปสู่การตายของเซลล์ และในสารสกัดจากใบกัญชงยังพบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน อนุมูลไฮดรอกซิล อนุมูลเปอร์ออกไซด์ การจับกับโลหะเหล็ก ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสเอนไซม์ (Acetylcholinesterase Enzyme; AChE) ซึ่งเกี่ยวข้องกับอาการของผู้ป่วยโรคสมองเสื่อม และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โมโนเอมีนออกซิเดส (Monoaminooxidase A; MAO-A) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีหน้าในการทำลายสารสื่อประสาทในสมอง (Casedas, 2022) จากประโยชน์และความสำคัญของสารสกัดสำคัญดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการสกัดสารสำคัญจากใบกัญชงด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมต่อการออกฤทธิ์ทางชีวภาพและการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรค NCDs เพื่อเป็นข้อมูลในการสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบกัญชงที่มีประโยชน์ในป้องกันการเกิดโรค NCDs

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดสารสำคัญจากใบกล้วยงด้วยคลีนไมโครเวฟที่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม

นำใบกล้วยงแห้ง (ใบแก่) ที่ได้จากบริษัท ซีดีเอฟ ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด แขน้ำปราศจากไอออนหรือน้ำ DI ในอัตราส่วน 1:3 โดยน้ำหนัก เป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นสะเด็ดน้ำให้พอหมาด และนำใบกล้วยงใส่ลงในโหลแก้วทนความร้อนที่มากับเครื่อง MGE สกัดสารสำคัญจากใบกล้วยงด้วยคลีนไมโครเวฟ (ETHOS X, Milestone, Italy) ด้วยเทคนิค Solvent-free extraction โดยควบคุมกำลังไฟของไมโครเวฟเท่ากับ 150, 250 และ 350 วัตต์ (W) เป็นระยะเวลา 15 และ 30 นาที (m) ตามลำดับ ทำการสกัดซ้ำ 3 รอบ โดยแต่ละรอบหยุดพักเป็นเวลาเท่ากับเวลาที่ได้รับคลีนไมโครเวฟ จากนั้นนำสารสกัดไปทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง

ทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ (สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ)

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงวิธีจาก Girgih *et al.* (2011) เตรียมสารละลาย DPPH รีเอเจนต์ โดยละลาย DPPH 0.0040 กรัม ในเมทานอล ปริมาตร 100 มล. และละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ใน 0.1 โมลาร์ของโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.0 ที่มี Triton X-100 ทดสอบการออกฤทธิ์ด้วยการปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในจานหลุม 96 หลุม จากนั้นเติมรีเอเจนต์ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับกลูตาไรโอน และใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุม สามารถคำนวณจากสมการดังนี้

$$\% \text{Inhibition} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100$$

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ดัดแปลงวิธีจาก Girgih *et al.* (2011) เตรียมสารละลาย FRAP รีเอเจนต์ โดยผสมสารละลาย 300 มิลลิโมลาร์ของ

โซเดียมอะซิเตท pH 3.6 สารละลาย 20 มิลลิโมลาร์ของเพอร์ริกคลอไรด์ และสารละลาย 10 มิลลิโมลาร์ของ TPTZ ใน 40 มิลลิโมลาร์ของกรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 10:1:1 ตามลำดับ จากนั้นเตรียมตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 40 ไมโครลิตร ลงในจานหลุม 96 หลุม จากนั้นเติมสาร 200 ไมโครลิตรของ FRAP รีเอเจนต์ จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร ที่อุณหภูมิ 37°C. โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Ferrous sulfate (ความเข้มข้น 0.0625-1 มิลลิโมลาร์)

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดักจับอนุมูลไฮดรอกซิลดัดแปลงวิธีจาก Girgih *et al.* (2011) ตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ถูกละลายด้วย 0.1 โมลาร์ของโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.4 ทดสอบการออกฤทธิ์ด้วยการปิเปตตัวอย่างปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงในจานหลุม 96 หลุม จากนั้นเติมสาร 3 มิลลิโมลาร์ของ 1,10-phenanthroline ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และ 3 มิลลิโมลาร์ของเพอร์รัสซัลเฟต ปริมาตร 50 ไมโครลิตร รวมทั้ง 0.01% Hydroperoxide ปริมาตร 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37°C. นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร และอ่านค่าการดูดกลืนแสงทุก ๆ 10 นาที จนครบ 1 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับกลูตาไรโอนและใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุม สามารถคำนวณจากสมการ ดังนี้

$$\% \text{Inhibition} = [(\Delta A/\text{min})_{\text{control}} - (\Delta A/\text{min})_{\text{sample}}] / (\Delta A/\text{min})_{\text{control}} \times 100$$

การเกิดคีเลชันของโลหะดัดแปลงวิธีจาก Girgih *et al.* (2011) ตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ถูกละลายในน้ำกลั่น ทดสอบการออกฤทธิ์ด้วยการปิเปตตัวอย่างปริมาตร 500 ไมโครลิตร ลงในจานหลุม 96 หลุม จากนั้นเติมสาร 5 มิลลิโมลาร์ของ Ferrozene ปริมาตร 50 ไมโครลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 925 ไมโครลิตร และ 2 มิลลิโมลาร์ของเพอร์สคลอไรด์ ปริมาตร 25 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที

จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 562 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับกลูตาไรโอนและใช้น้ำกลั่นเป็นตัวอย่างควบคุม คำนวณจากสมการ ดังนี้

$$\%Inhibition = [(A_{control} - A_{sample})/A_{control}] \times 100$$

ทั้งนี้การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแสดงเป็นค่า EC_{50} คือ ความเข้มข้นของตัวอย่างที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% โดยคำนวณจากกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างกับค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโรค NCDs

การยับยั้ง Angiotensin-converting enzyme (ACE) ทดสอบด้วย ACE activity assay kit เติมตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 50 มิลลิโมลาร์ ของ Tris-HCl buffer pH 7.5 ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงในจานหลุม 96 หลุม จากนั้นเติมเอนไซม์ ACE ปริมาตร 10 ไมโครลิตร และ 0.5 มิลลิโมลาร์ของ FAPGG ปริมาตร 170 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 345 นาโนเมตร โดยอ่านค่าการดูดกลืนแสงทุก ๆ 1 นาที จนครบ 30 นาที โดยเปรียบเทียบกับแคปโตพริลและใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุม คำนวณการยับยั้งจากสมการ

$$\%Inhibition = [(slop_{control} - slop_{sample})/slop_{control}] \times 100$$

การยับยั้ง Dipeptidyl peptidase-IV (DPP-IV) ทดสอบด้วย DPP-IV activity assay kit เติมตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 100 มิลลิโมลาร์ Tris-HCl buffer pH 8.0 ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงในจานหลุม 96 หลุม จากนั้นเติมเอนไซม์ DPP-IV ปริมาตร 30 ไมโครลิตร และซับสเตรท (0.75 มิลลิโมลาร์ ของ Gly-Pro-p-NA) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มที่ 37°C. เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 405 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับ Tripeptide diprotin A (Ile-Pro-Ile) และใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุม คำนวณการยับยั้งจากสมการ

$$\%Inhibition = 1 - [(A_{test\ sample} - A_{test\ sample\ blank}) / (A_{positive\ control} - A_{negative\ control})] \times 100$$

เมื่อ $A_{test\ sample}$ คือ ตัวอย่าง+ซับสเตรท+เอนไซม์ DPP-IV

$A_{test\ sample\ blank}$ คือ ตัวอย่าง+ซับสเตรท+บัฟเฟอร์

$A_{positive\ control}$ คือ บัฟเฟอร์+ซับสเตรท+เอนไซม์ DPP-IV

$A_{negative\ control}$ คือ บัฟเฟอร์+สารตั้งต้น

การยับยั้งเอนไซม์ α -amylase ดัดแปลงจากวิธีของ Awosika and Aluko (2019) ตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 0.02 โมลาร์ของโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.9 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มที่ 37°C. เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมเอนไซม์ Alpha-amylase ที่ความเข้มข้น 1 มก./มล. ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และละลายแป้ง 100 ไมโครลิตร บ่มที่ 25°C. เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมสารละลาย DNS ปริมาตร 200 ไมโครลิตร (96 มิลลิโมลาร์ของ DNS 2 โมลาร์ของ Sodium potassium tartrate tetrahydrate และ 2 โมลาร์ของ NaOH) และนำไปต้มเป็นเวลา 5 นาที เมื่อสารละลายเย็นตัวเติมน้ำกลั่น 3 มล. และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับอะคาโบสและคำนวณการยับยั้งจากสมการ

$$\%Inhibition = [A_{control} - (A_{sample} - A_{sample\ blank}) / A_{control}] \times 100$$

เมื่อ $A_{control}$ คือ เติมบัฟเฟอร์แทนตัวอย่าง

A_{sample} คือ การไม่เติมบัฟเฟอร์

$A_{sample\ blank}$ คือ การเติมบัฟเฟอร์แทนเอนไซม์

การยับยั้งเอนไซม์ α -glucosidase ดัดแปลงวิธีจาก Awosika and Aluko (2019) เตรียมเอนไซม์อย่างหยาบ (Rat intestinal acetone power) 300 มก. ละลายใน 0.9% โซเดียมคลอไรด์ปริมาตร 9 มล. จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ดูดสารละลายส่วนใสและเก็บแช่แข็งรอจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ ปิเปตตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 0.1 โมลาร์ของโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.9 ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงในจานหลุม 96 หลุม และเติมเอนไซม์อย่างหยาบ 50 ไมโครลิตร บ่มที่ 37°C. เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมซับสเตรต 5 มิลลิโมลาร์ ของ PNP-glycoside ปริมาตร 100 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร โดยอ่านค่าการดูดกลืนแสงทุก ๆ

30 วินาที จนครบ 30 นาที โดยเปรียบเทียบกับอะคาโบส และคำนวณการยับยั้งจากสมการ

$$\% \text{Inhibition} = \frac{(A_{\text{control}} - A_{\text{control blank}}) / (A_{\text{sample}} - A_{\text{sample blank}})}{\times 100}$$

เมื่อ A_{control} คือ บัฟเฟอร์+เอนไซม์+ซบสเตรต

$A_{\text{control blank}}$ คือ บัฟเฟอร์+ซบสเตรต

A_{sample} คือ ตัวอย่าง+เอนไซม์+ซบสเตรต

$A_{\text{sample blank}}$ คือ ตัวอย่าง+บัฟเฟอร์+ซบสเตรต

การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ด้วยวิธี Colorimetric โดยใช้ชุดทดสอบ HMG-CoA reductase assay kit (Sigma) ซึ่งมี HMG-CoA เป็นสารตั้งต้น และประเมินการลดลงของ NADPH โดยวัดการดูดกลืนแสงด้วย Microplate reader ที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ที่อุณหภูมิ 37°C. ซึ่งอ่านค่าทุก ๆ 1 นาที เป็นเวลา 15 นาที และใช้พราวาสแตติน (Pravastatin) เป็นสารควบคุมบวกความเข้มข้นของสารสกัดที่ทดสอบ คือ 25-100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ผลที่ได้แสดงเป็นค่าเป็นการทำงานของเอนไซม์ (Units/mg protein) และแปลงค่าการทำงานของเอนไซม์ให้เป็นร้อยละของการยับยั้ง โดยเทียบกับกลุ่มที่เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ คำนวณการยับยั้งจากสมการ

$$\% \text{Inhibition} = \frac{[(\text{slop}_{\text{control}} - \text{slop}_{\text{sample}}) / \text{slop}_{\text{control}}] \times 100}$$

ทั้งนี้การออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ต่าง ๆ แสดงด้วยค่า IC_{50} คือ ความเข้มข้นของตัวอย่างที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ 50% โดยคำนวณจากกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างกับค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเอนไซม์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 20

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลของสารสกัดสำคัญจากใบกัญชงต่อการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม (SFME) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ได้ โดยพลังงานไมโครเวฟถูกส่งตรงไปยังเซลล์พืชด้วยอันตรกิริยาระดับโมเลกุล (Molecular interaction) ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านการเปลี่ยนแปลงพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อน เมื่อน้ำในเซลล์พืชดูดซับพลังงานไมโครเวฟจะเกิดปรากฏการณ์ Superheating โดยโมเลกุลของน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในเซลล์พืชเกิดการสั่นสะเทือนและเกิดแรงดันขึ้นภายในเซลล์ทำให้เซลล์แตก จึงปล่อยสารสำคัญที่อยู่ภายในออกมา (Suede, 2017) จากการศึกษาผลของการใช้เทคนิค SFME ที่สภาวะแตกต่างกันในการสกัดสารสำคัญจากใบกัญชงที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าการใช้คลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 350 วัตต์เป็นเวลา 15 นาที ให้ค่าสูงสุดในการตรวจวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay (EC_{50} เท่ากับ 0.72 มก./มล.) FRAP assay (EC_{50} เท่ากับ 0.39 มก./มล.) และความสามารถดักจับอนุมูลของโลหะ (EC_{50} เท่ากับ 1.16 มก./มล.) โดยแตกต่างกับสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 1A-C) เมื่อใช้คลื่นไมโครเวฟพลังงานสูง จะทำให้อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ผนังเซลล์ของใบกัญชงได้รับความเสียหายและปลดปล่อยสารสำคัญที่อยู่ภายในออกมามากขึ้น อย่างไรก็ตามความร้อนที่เกินขึ้นอาจส่งผลต่อกลุ่มของสารออกฤทธิ์ โดยเฉพาะสารที่เสื่อมสภาพเมื่อได้รับความร้อนสูงหรือนานเกินไป (Tatke and Jaiswal, 2011) ดังนั้นการสกัดสารสำคัญจากใบกัญชงด้วยคลื่นไมโครเวฟพลังงาน 350 วัตต์ เป็นระยะเวลา 15 นาที จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดสารสำคัญจากใบกัญชง

ในขณะที่การสกัดสารสำคัญจากใบกล้วยงด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 150 วัตต์ เป็นเวลา 30 นาที มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลไฮดรอกซิลสูงที่สุด ด้วยค่า EC_{50} เท่ากับ 0.45 มก./มล. (Figure D) สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดใบกล้วยงคล้ายกับการสกัดพืชสมุนไพรหลายชนิด ดังการศึกษาของ Sahin *et al.* (2017) ที่ใช้เทคนิค SFME สกัดใบมะกอก เมื่อตรวจวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดของสารแต่ละชนิดแตกต่างกัน คือ ใช้กำลังไฟอยู่ในช่วง 350 วัตต์ มีประสิทธิภาพดีกว่าการสกัดกำลังไฟในช่วง 250 วัตต์ ขณะที่ Othman *et al.* (2020) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมของการใช้เทคนิค SFME ในการสกัดใบพญาขอ (*Clinacanthus nutans* (Burm.f.) Lindau) คือ ใช้กำลังไฟของไมโครเวฟ 400 วัตต์เป็นเวลา 15 นาที นอกจากนี้การแช่ตัวอย่างก่อนการสกัดยังส่งผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดเช่นกัน ซึ่งงานวิจัยมีขั้นตอนการแช่ใบกล้วยงเป็นระยะเวลา 30 นาที

ก่อนสกัดด้วยเทคนิค SFME จากการศึกษาของ Ismail-Suhaimy *et al.* (2021) พบว่าการแช่สมุนไพรในตัวทำละลายก่อนทำการสกัดด้วยเทคนิค SFME ช่วยให้การสกัดที่ได้มีปริมาณสารสำคัญเพิ่มขึ้น และ Dhobi *et al.* (2009) พบว่าการแช่ดอกมิลค์ ทิสเชิล (*Silybum marianum*) เป็นเวลา 20 นาที ก่อนสกัดสามารถเพิ่มปริมาณ Silybinin ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ อย่างไรก็ตามอนุมูลอิสระมีความสำคัญต่อกระบวนการเสื่อมของเซลล์และการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคที่เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของสมอง โรคเบาหวาน โรคกล้ามเนื้อหัวใจ และโรคหลอดเลือดหัวใจ (Lepping *et al.*, 2011) ดังนั้นการสร้างอนุมูลอิสระจำนวนมากจะก่อให้เกิดการบาดเจ็บของเซลล์ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ก่อให้เกิดพยาธิสภาพต่าง ๆ จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของสารสกัดสำคัญจากใบกล้วยงสามารถช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระและช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้ เป็นต้น

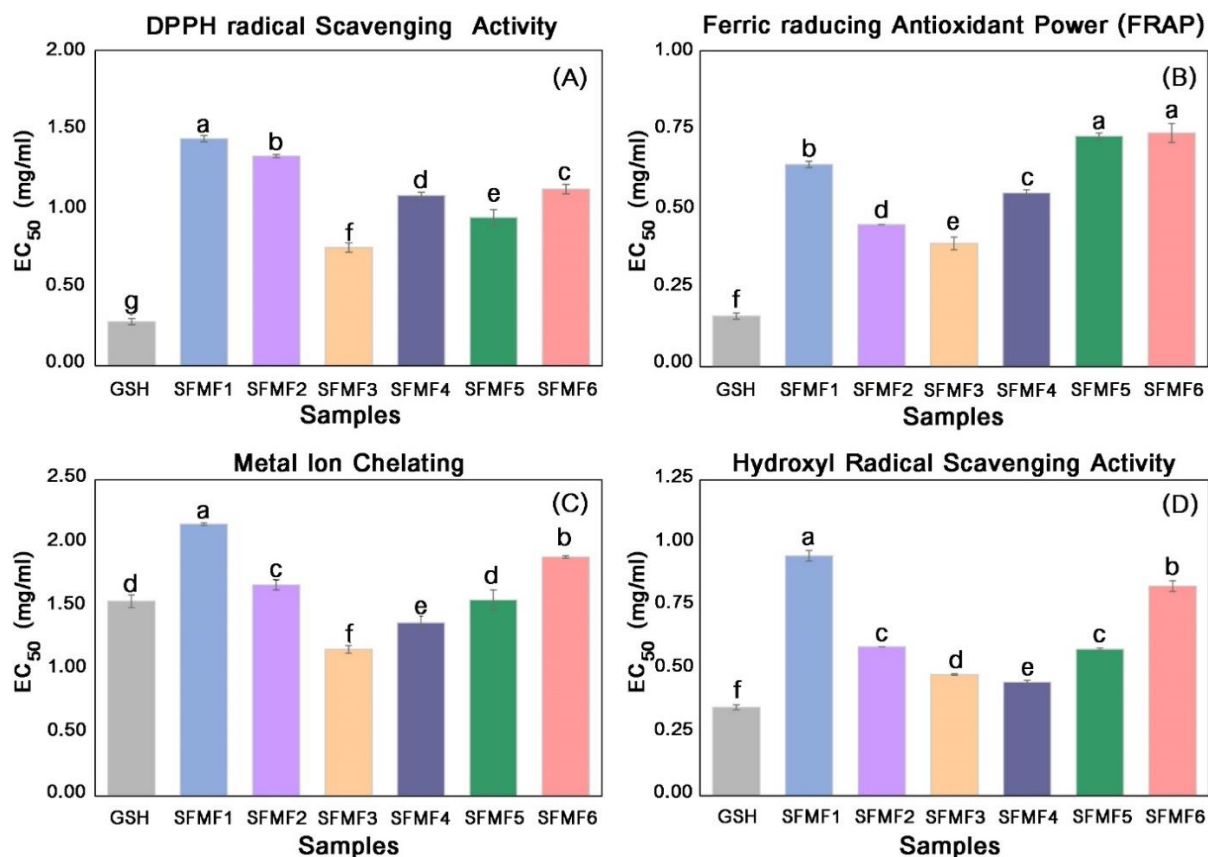


Figure 1 Antioxidant activity of hemp leaves by different extraction methods (SFME1=150 W/15 m, SFME2=250 W/15 m, SFME3=350 W/15 m, SFME4=150 W/30 m, SFME5=250 W/30 m and SFME6=350 W/30 m). (A) DPPH radical scavenging activity, (B) ferric reducing antioxidant power and (C) metal ion chelating and (D) hydroxyl radical scavenging activity. Bars (mean±standard deviation) with different letters have mean values that are significantly different at $p < 0.05$.

ผลของสารสกัดสำคัญจากใบกัญชงต่อการยับยั้งเอนไซม์ ACE

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ ACE ในสารสกัดสำคัญจากใบกัญชงด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 350 วัตต์ เป็นเวลา 15 นาที พบว่ามีฤทธิ์ยับยั้ง ACE ($IC_{50}=0.35$ มก./มล.) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดงดัง Figure 2 จากงานวิจัยของ Mun'im *et al.* (2017) พบว่าสารสกัดใบกระสัง (*Peperomia pellucida* L.) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ ACE ร้อยละ 54.73 ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 มก./มล. เมื่อใช้คลื่น

ไมโครเวฟที่ระดับพลังงานร้อยละ 30 ขณะที่ Deo *et al.* (2016) พบว่าสารสกัดจากใบมะขามป้อมที่ผ่านกระบวนการสกัดสามารถยับยั้งเอนไซม์ ACE ด้วยค่า IC_{50} เท่ากับ 0.27 มก./มล. ทั้งนี้สารสกัดจากพืชมีฤทธิ์ลดความดันโลหิตเกิดจากหลายกลไกที่สำคัญ ได้แก่ ด้านการทำงานของระบบ Renin-angiotensin ซึ่งเป็นระบบที่สำคัญในการควบคุมความดันโลหิตของร่างกาย โดยออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของ ACE ทำให้ Angiotensin I ไม่สามารถเปลี่ยนเป็น Angiotensin II และไม่เกิดการกระตุ้น Angiotensin receptor จึงลดการบีบตัวของ

หลอดเลือด (Hoe and Lam, 2005) นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดจากพืชสามารถต้านการออกฤทธิ์ของ Angiotensin II Tun endothelium-dependent pathway ซึ่งเกี่ยวกับการปลดปล่อย Nitric oxide และ Prostaglandin (Poh *et al.*, 2013) ทั้งนี้สารสกัดจากพืชยังออกฤทธิ์กระตุ้น Cholinergic receptor (Hoe and Lam, 2005) ทำงานของเอนไซม์ cyclo-oxygenase ที่เยื่อผนังหลอดเลือดทำให้ระดับ Prostaglandins

เพิ่มขึ้น (Poh *et al.*, 2013) ออกฤทธิ์ต่อ Voltage-gated calcium channels ปิดกั้นการไหลแคลเซียมเข้าสู่เซลล์ (Hoe *et al.*, 2007) เปิด Potassium channels และ กระตุ้นการหลั่ง Prostacyclin (Ng *et al.*, 2013) ลดเอนไซม์ Lactate dehydrogenase, Creatinine, Phosphate kinase และเพิ่มฤทธิ์ของ Bradykinin ซึ่งฤทธิ์ของ สารสกัดจากพืชดังกล่าวจะส่งผลให้หลอดเลือด ขยายตัวและความดันโลหิตลดลง (Poh *et al.*, 2013)

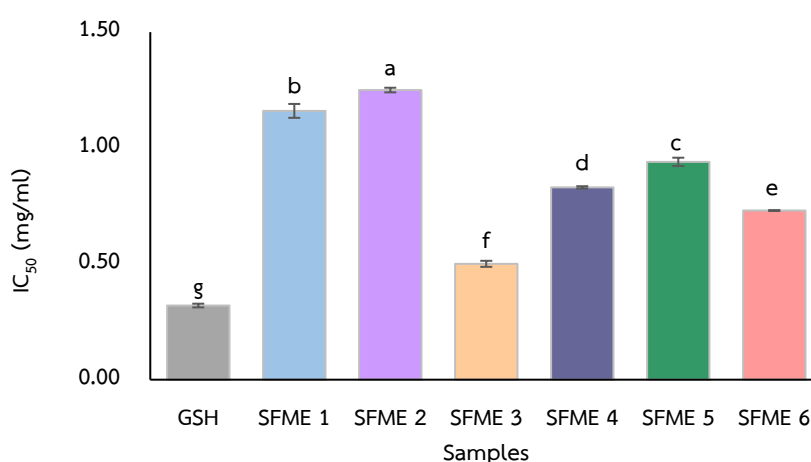


Figure 2 Angiotensin converting enzyme inhibition of hemp leaves by different extraction methods (SFME1=150 W/15 m, SFME2=250 W/15 m, SFME3=350 W/15 m, SFME4=150 W/30 m, SFME5=250 W/30 m and SFME6=350 W/30 m). Bars (mean±standard deviation) with different letters have mean values that are significantly different at $p < 0.05$.

ผลของสารสกัดใบกัญชงต่อการยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV ของสารสกัดสำคัญจากใบกัญชง พบว่าการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 250 วัตต์ เป็นเวลา 30 นาที มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV สูงที่สุด ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.37 มก./มล. รองลงมา คือ การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 350 วัตต์ เป็นเวลา 15 นาที มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.61 มก./มล. (Figure 3) ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับการออกฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV ของสารสกัดจากใบฝรั่งมีค่า

IC_{50} เท่ากับ 0.38 มก./มล. (Eidenberger *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามสารสกัดจากใบกัญชงที่สกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 250 วัตต์ เป็นเวลา 30 นาที มีประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV มากกว่าสารสกัดจากใบฝรั่ง (IC_{50} เท่ากับ 0.80 มก./มล.) (Ansari *et al.*, 2021) ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV ดังกล่าวอาจเกิดจากสารประกอบกลุ่ม flavonoids และสารประกอบในกลุ่ม Phenolics (Algariri *et al.*, 2014)

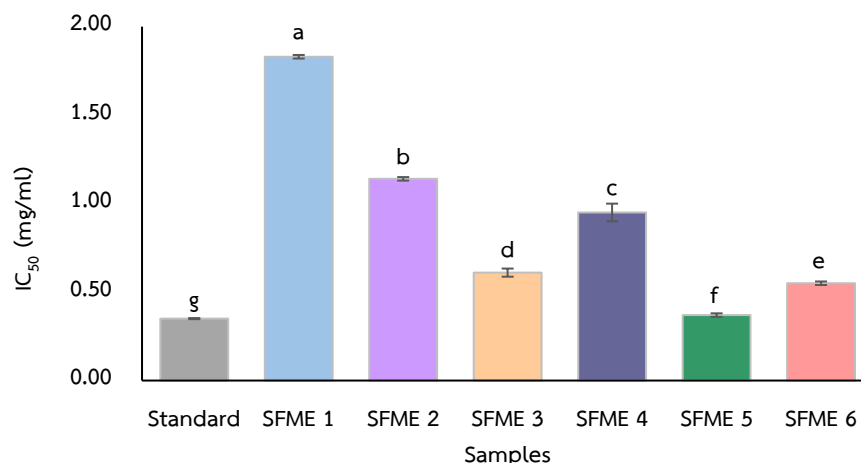


Figure 3 DPP-IV Inhibition of hemp leaves by different extraction methods (SFME1=150 W/15 m, SFME2=250 W/15 m, SFME3=350 W/15 m, SFME4=150 W/30 m, SFME5=250 W/30 m and SFME6=350 W/30 m). Bars (mean $\pm$ standard deviation) with different letters have mean values that are significantly different at $p < 0.05$.

ผลของสารสกัดใบกัญชงต่อการยับยั้งเอนไซม์

α -amylase และ α -glucosidase

ผลการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและแอลฟาไกลูโคซิเดสด้วยสารสกัดจากใบกัญชง พบว่าการสกัดใบกัญชงด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 350 วัตต์ เป็นเวลา 15 นาที สามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและแอลฟาไกลูโคซิเดสได้ดีที่สุด (IC₅₀ เท่ากับ 0.14 และ 0.23 มก./มล.) (Figure 4-5) ประสิทธิภาพของสารสกัดใบกัญชงมีผลใกล้เคียงกับสารสกัดจากฝางซึ่งมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.08 และ 0.18 มก./มล. ตามลำดับ (Chalopagorn and Klomsakul, 2017) กลไกการออกฤทธิ์ของสารสกัดต่อการลดระดับกลูโคสในพลาสมา คือ การเพิ่มความไวของ

อินซูลิน และเพิ่มการนำกลูโคสเข้าสู่เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นกลไกการลดระดับกลูโคสในพลาสมาโดยตรง (Hassan *et al.*, 2010) ในขณะที่กลไกการยับยั้งทางอ้อมของสารสกัด สามารถทำได้โดยกระตุ้นเมตาบอลิซึมของกลูโคสผ่าน Glycolytic pathway และยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์น้ำตาลกลูโคส (Gluconeogenesis) (Choi *et al.*, 2016) นอกจากนี้การค้นพบสารที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและแอลฟาไกลูโคซิเดสจากพืช เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยเบาหวาน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของอินซูลิน รวมถึงสามารถสร้างความสมดุลของระดับน้ำตาลในเลือดได้

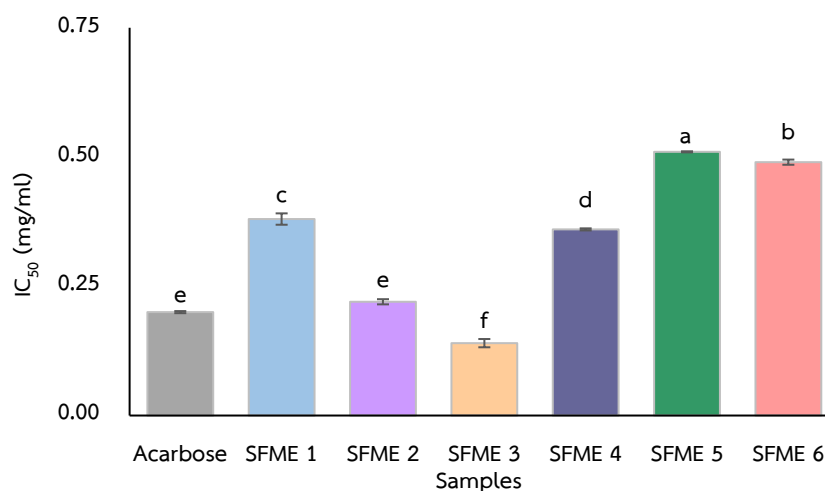


Figure 4 Alpha-amylase inhibition of hemp leaves by different extraction methods (SFME1=150 W/15 m, SFME2=250 W/15 m, SFME3=350 W/15 m, SFME4=150 W/30 m, SFME5=250 W/30 m and SFME6=350 W/30 m). Bars (mean $\pm$ standard deviation) with different letters have mean values that are significantly different at $p < 0.05$.

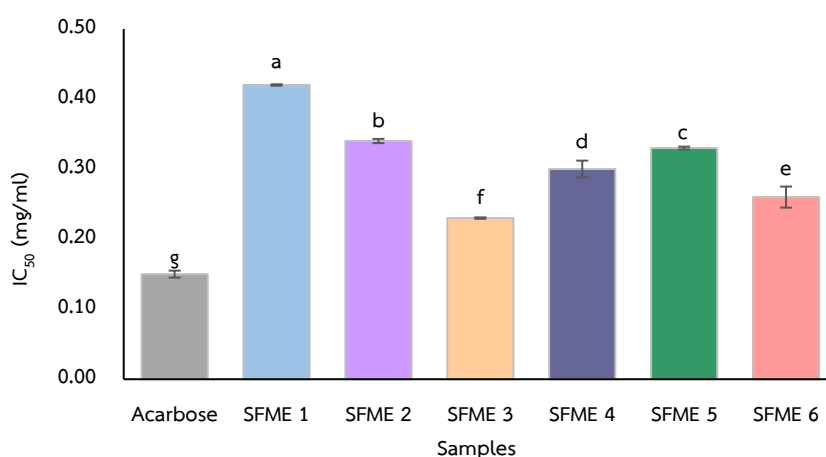


Figure 5 Alpha-glucosidase inhibition of hemp leaves by different extraction methods (SFME1=150 W/15 m, SFME2=250 W/15 m, SFME3=350 W/15 m, SFME4=150 W/30 m, SFME5=250 W/30 m and SFME6=350 W/30 m). Bars (mean $\pm$ standard deviation) with different letters have mean values that are significantly different at $p < 0.05$.

ผลของสารสกัดใบกัญชงต่อการยับยั้งเอนไซม์ HMG-CoA Reductase

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสารสกัดใบกัญชงต่อการยับยั้งเอนไซม์ HMG-CoA reductase ตามความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบ พบว่าการสกัดใบกัญชงด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ใช้กำลังไฟ 150-350 วัตต์ เป็นเวลา 15-30 นาที มีค่า IC_{50} ระหว่าง 1.18-1.22 มก./มล. ขณะที่ยาราวาสแตตินซึ่งเป็นสารควบคุมยามีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.03 มก./มล. (Figure 6) แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบกัญชงมีประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ใกล้เคียงกับ

ยามาตรฐาน แม้ว่าการศึกษานี้เป็นการทำงานของเอนไซม์ภายนอกร่างกาย (*In Vitro*) ซึ่งฤทธิ์ดังกล่าวอาจจะเหมือนหรือแตกต่างจากการศึกษาในร่างกายสัตว์ทดลองหรือมนุษย์ แต่อย่างน้อยผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบกัญชงอาจลดไขมันได้โดยยับยั้งเอนไซม์ HMG-CoA reductase ซึ่งเป็น Rate limiting step ในกระบวนการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล เช่นเดียวกับยาลดไขมันในเลือดกลุ่ม Statin ทำให้ระดับไขมันในเลือดลดลง (Hajar, 2017)

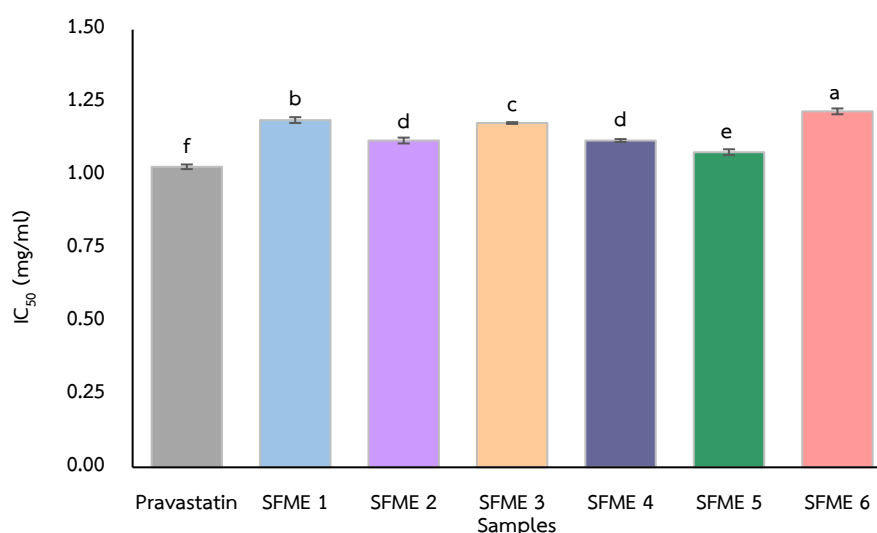


Figure 6 HMG-CoA reductase inhibition of hemp leaves by different extraction methods (SFME1=150 W/15 m, SFME2=250 W/15 m, SFME3=350 W/15 m, SFME4=150 W/30 m, SFME5=250 W/30 m and SFME6=350 W/30 m). Bars (mean $\pm$ standard deviation) with different letters have mean values that are significantly different at $p < 0.05$.

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของสารสกัดจากใบกัญชงในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า การใช้คลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 350 วัตต์ เป็นเวลา 15 นาที มีประสิทธิภาพขจัดอนุมูลอิสระ DPPH, FRAP และ

มีความสามารถในการดักจับอนุมูลของโลหะได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะการสกัดอื่น ๆ ในขณะที่การสกัดใบกัญชงด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 150 วัตต์ เป็นเวลา 30 นาที มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลไฮดรอกซิลสูงที่สุด นอกจากนี้สารสกัดจากใบกัญชงยังมีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรค NCDs

ต่าง ๆ พบว่าการสกัดใบกล้วยงด้วยคลีนไมโครเวฟกำลังไฟ 350 วัตต์ เป็นเวลา 15 นาที มีประสิทธิภาพยับยั้งเอนไซม์ ACE, α -amylase และ α -glucosidase สูงที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.35, 0.14 และ 0.23 มก./มล ตามลำดับ และการสกัดด้วยคลีนไมโครเวฟกำลังไฟ 250 วัตต์ เป็นเวลา 30 นาที มีประสิทธิภาพในยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV (IC_{50} =0.37 มก./มล.) และ HMG-CoA Reductase (IC_{50} =1.18 มก./มล.) สูงที่สุด อาจกล่าวได้ว่าสารสกัดจากใบกล้วยงสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาสูตรอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ และยังสามารถนำสารสกัดไปใช้ทดแทนยาสังเคราะห์ อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาระดับความเป็นพิษต่อเซลล์ ดังนั้นการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์จะดำเนินการในลำดับต่อไป เพื่อสร้างโอกาสในการพัฒนารักษาโรคในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ในการสนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ภายใต้ทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) รหัสโครงการ มจ.1-66-05-001 และขอขอบคุณบริษัท ซีดีเอฟ ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด บริษัท เฟิร์สลิเทค จำกัด และบริษัท ดีซีพี เวิลด์ จำกัด ตลอดจนสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับการสนับสนุนด้านสถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Algariri, K., I.J. Atangwho, K.Y. Meng, M.Z. Asmawi, A. Sadikun and V. Murugaiyah. 2014. Antihyperglycemic and toxicological evaluations of extract and fractions of *Gynura procumbens* leaves. **Tropical Life Sciences Research** 25(1): 75-93.
- Ansari, P., M.P. Hannon-Fletcher, P.R. Flatt, Y.H.A. Abdel-Wahab. 2021. Effects of 22 traditional anti-diabetic medicinal plants on DPP-IV enzyme activity and glucose homeostasis in high-fat fed obese diabetic rats. **Bioscience Reports** 41(1): BSR20203824.
- Awosika, T.O. and R.E. Aluko. 2019. Inhibition of the *In Vitro* activities of α -amylase, α -glucosidase and pancreatic lipase by yellow field pea (*Pisum sativum* L.) protein hydrolysates. **International Journal of Food Science and Technology** 54(6): 2021-2034.
- Camps, J., E. Rodríguez-Gallego, A. García-Heredia, I. Triguero, M. Riera-Borrull, A. Hernández-Aguilera, F. Luciano-Mateo, S. Fernández-Arroyo and J. Joven. 2014. Paraoxonases and chemokine (C-C Motif) ligand-2 in noncommunicable diseases. **Advances in Clinical Chemistry** 63: 247-308.

- Casedas, G., C. Moliner, F. Maggi and E. Mazzara. 2022. Evaluation of two different *Cannabis sativa* extracts as antioxidant and neuroprotective agents. **Frontiers in Pharmacology** 13(2022): 1-11. DOI:10.3389/fphar.2022.1009868.
- Chalopagorn, P. and P. Klomsakul. 2017. α -amylase and α -glucosidase inhibitory activities of *Ceasalpinia sappan*, *Ficus foveolata* and *Eurycoma longifolia* extracts. **Research Journal Phranakhon Rajabhat: Science and Technology** 12(1): 63-73.
- Choi, S.I., H.A. Lee and J.S. Han. 2016. *Gynura procumbens* extract improves insulin sensitivity and suppresses hepatic gluconeogenesis in C57BL/KsJ-db/db mice. **Nutrition Research and Practice** 10(5): 507-515.
- Deo, P., E. Hewawasam, A. Karakoulakis, D.J. Claudie, R. Nelson, B.S. Simpson, N.M. Smith and S.J. Semple. 2016. *In Vitro* inhibitory activities of selected Australian medicinal plant extracts against protein glycation, angiotensin converting enzyme (ACE) and digestive enzymes linked to type II diabetes. **BMC Complementary and Alternative Medicine** 16(1): 1-11.
- Dhobi, M., V. Mandal and S. Hemalatha. 2009. Optimization of microwave assisted extraction of bioactive flavonolignan-silybinin. **Journal of Chemical Metrology** 3(1): 13-23.
- Eidenberger, T., M. Selg and K. Krennhuber. 2013. Inhibition of dipeptidyl peptidase activity by flavonol glycosides of guava (*Psidium guajava* L.): a key to the beneficial effects of guava in type II diabetes mellitus. **Fitoterapia** 89: 74-79.
- Girgih, A.T., C.C. Udenigwe and R.E. Aluko. 2011. *In Vitro* antioxidant properties of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysate fractions. **Journal of the American Oil Chemists' Society** 88(3): 381-389.
- Hajar, R. 2017. Risk factors for coronary artery disease: historical perspectives. **Heart Views**. 18(3): 109-114.
- Hassan, Z., M.F. Yam, M. Ahmad and A.P.M. Yusof. 2010. Antidiabetic properties and mechanism of action of *Gynura procumbens* water extract in streptozotocin-induced diabetic rats. **Molecule** 15(12): 9008-9023.
- Hoe, S.Z. and S.K. Lam. 2005. Hypotensive activity of an aqueous fraction of *Gynura procumbens* and possible mechanisms of action (Hypertension, Basic 1 (H), The 69th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society). **Circulation Journal: Official Journal of the Japanese Circulation Society** 69: 348.

- Hoe, S.Z., M.Y. Kamaruddin and S.K. Lam. 2007. Inhibition of angiotensin-converting enzyme activity by a partially purified fraction of *Gynura procumbens* in spontaneously hypertensive rats. **Medical Principles and Practice** 16(3): 203-208.
- Ismail-Suhaimy, N.W., S.S.A. Gani, U.H. Zaidan, M.I.E. Halmi and P. Bawon. 2021. Optimizing conditions for microwave-assisted extraction of polyphenolic content and antioxidant activity of *Barleria lupulina* Lindl. **Plants** 10(4): 682. [Online]. Available <https://doi.org/10.3390/plants10040682>.
- Kurtulbas, E., S. Sevgen, R. Samli and S. Sahin. 2022. Microwave-assisted extraction of bioactive components from peach waste: Describing the bioactivity degradation by polynomial regression. **Biomass Conversion and Biorefinery** DOI:10.1007/s13399-022-02909-z
- Lepping, P., J. Delieu, R. Mellor, J.H.H. Williams, P.R. Hudson and C. Hunter-Lavin. 2011. Antipsychotic medication and oxidative cell stress: a systematic review. **Journal of Clinical Psychiatry** 72(3): 273-285.
- Mun'im, A., S. Nurpriantia, R. Setyaningsih and R.R. Syahdi. 2017. Optimization of microwave-assisted extraction of active compounds, antioxidant activity and angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory activity from *Peperomia pellucida* (L.) Kunth. **Journal of Young Pharmacists** 9(1):73-78.
- Ng, H.K., T.F. Poh, S.K. Lam and S.Z. Hoe. 2013. Potassium channel openers and prostacyclin play a crucial role in mediating the vasorelaxant activity of *Gynura procumbens*. **BMC Complementary and Alternative Medicine** 13: 1-11.
- Othman, S.N., A.N. Mustapa and K.H.K. Hamid. 2020. Total phenol content of *Clinacanthus nutans* Lindau (*C. nutans*) medicinal plant extracted using vacuum solvent-free microwave extraction (SFME). **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering** 736(2020): 1-9. DOI:10.1088/1757-899X/736/2/022054
- Panutat, S., C. Chuto, C. Nuntawan, A. Pumsrisawat and T. Pruksacheva. 2017. Caring for the elderly with malnutrition. **Journal of Ratchathani Innovative Health Sciences** 1: 1-13.
- Poh, T.F., H.K. Ng, S.Z. Hoe and S.K. Lam. 2013. *Gynura procumbens* causes vasodilation by inhibiting angiotensin II and enhancing bradykinin actions. **Journal of Cardiovascular Pharmacology** 61(5): 378-384.
- Rojanapithayakorn, W. 2019. Health situation and trends in Thailand, 2018-2020. **Journal of Health Science** 28(2): 185-186.

- Sahin, S., R. Samli, A.S.B. Tan, F.J. Barba, F. Chemat, G. Cravotto and J.M. Lorenzo. 2017. Solvent-free microwave-assisted extraction of polyphenols from olive tree leaves: antioxidant and antimicrobial properties. **Molecules** 22(7): 1056. DOI: 10.3390/molecules22071056.
- Suedee, A. 2017. Microwave-assisted extraction of active compounds from medicinal plants. **EAU Heritage Journal Science and Technology** 11(1): 1-14.
- Tatke, P. and Y. Jaiswal. 2011. An overview of microwave assisted extraction and its applications in herbal drug research. **Research Journal of Medicinal Plant** 5: 21-31.

**ผลกระทบอุณหภูมิและเวลาไพโรไลซิสที่มีต่อคุณสมบัติถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้
จากทางใบปาล์ม**

**Effect of Pyrolysis Temperature and Residence Time on Properties
of Biochar and Wood Vinegar from Oil Palm Frond**

นิกราน หอมดวง^{1*}, บุญยาพร แสนพรหม¹, ประภัศร รัตนไพบูลย์¹, กิตติกร สาสุจิตต์¹ และนคร ทิพย์าวงศ์²

Nigran Homdoun^{1*}, Boonyaporn Sanprom¹, Prapatsorn Rattanapaiboon¹

Kittikorn Sasujit¹ and Nakorn Tippayawong²

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiangmai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: nigranghd@gmail.com

Received: July 03, 2021

Revised: July 10, 2023

Accepted: July 15, 2023

Abstract

Palm oil production produces a lot of waste materials, particularly from oil palm fronds. Converting biomass using pyrolysis technology into charcoal and wood vinegar to increase farmer income is of great interest. This research was conducted to determine the effects of pyrolysis temperature and residence time on the chemical properties of biochar and wood vinegar from oil palm frond. The slow pyrolysis was in a temperature range of 400-700°C and lasted 60-180 min. A 5 kW electric heated reactor was used. Nitrogen was used as carrier gas with a flow rate of 5 L/min. The chemical analyses included an approximate analysis, calorific values, specific gravity, and pH with according to ASTM standards were conducted. The oil palm frond shows great potential for biochar and wood vinegar production. Increasing pyrolysis temperature and residence time led to decreasing moisture and volatile matter while the fixed carbon and ash were increased. Optimum pyrolysis temperature and residence time for biochar and wood vinegar production occurred at 450°C and 120 min, respectively. The highest proportions of biochar and wood vinegar production were 32.05 and

47.76%, respectively. The calorific value of biochar was 25.53 MJ/kg, while wood vinegar obtained had specific gravity and pH of 1.075 and 1.89, respectively. Oil palm frond can be used to produce charcoal and wood vinegar and appropriate for household fuels and agricultural applications

Keywords: slow pyrolysis, biochar, oil palm frond, wood vinegar, effect of pyrolysis temperature and residence time

บทคัดย่อ

กระบวนการปลูกปาล์มน้ำมันมีวัสดุเหลือทิ้งในปริมาณสูงโดยเฉพาะทางใบปาล์ม การเปลี่ยนรูปชีวมวลทั้งสองด้วยเทคโนโลยีไพโรไลซิสเพื่อเป็นถ่านและน้ำส้มควันไม้ เป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกร ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาไพโรไลซิสที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีของถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้จากทางใบปาล์มน้ำมัน กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้าใช้ช่วงอุณหภูมิ 400-700 °ซ. และระยะเวลา 60-180 นาที การให้ความร้อนในกระบวนการไพโรไลซิสใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ และใช้ในโตรเจนเป็นแก๊สพาที่อัตราการป้อน 5 ลิตร/นาที การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์โดยประมาณ ค่าความร้อน ความถ่วงจำเพาะ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ภายใต้มาตรฐาน ASTM ผลการทดลองพบว่า ทางใบปาล์มมีศักยภาพในการผลิตเป็นถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ การเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาไพโรไลซิสส่งผลให้สารระเหยลดลง ในขณะที่คาร์บอนคงตัวและเถ้าเพิ่มสูงขึ้น อุณหภูมิและระยะเวลาไพโรไลซิสที่เหมาะสมสูงสุดในการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้เกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 450°ซ. และ 120 นาที ตามลำดับ สัดส่วนสูงสุดในการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้คิดเป็น 32.05 และ 47.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถ่านชีวภาพให้ค่าความร้อนเฉลี่ย 25.53 เมกะจูล/กิโลกรัม ส่วนน้ำส้มควันไม้ให้ความถ่วงจำเพาะและค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1.075 และ 1.89 ตามลำดับ ทางใบปาล์มสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านและน้ำส้มควันไม้ได้

เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและงานในภาคเกษตร

คำสำคัญ: กระบวนการไพโรไลซิส ถ่านชีวภาพ ทางใบปาล์ม น้ำส้มควันไม้ ผลกระทบ อุณหภูมิและระยะเวลาไพโรไลซิส

คำนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยเมื่อเทียบกับข้าว อ้อย มันสำปะหลังและยางพารา ที่ผ่านมามีปัญหาของราคาปาล์มน้ำมันที่ตกต่ำส่งผลกระทบต่อรายได้ ค่าครองชีพ ความเป็นอยู่และความสุขของชุมชน โดยไม่มีแนวโน้มของราคาที่เพิ่มขึ้นได้ในช่วง 10-15 ปี เนื่องจากอุปสงค์และอุปทานของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มไม่สมดุลกันที่เกิดจากปัจจัยภายในและภายนอกประเทศ (Saleerut *et al.*, 2020; Wangrakdiskul and Yodpijit, 2015) การปลูกและเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในแต่ละปีจะมีการตัดแต่งกิ่งเพื่อให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉลี่ยชีวมวลที่เหลือทิ้งในกระบวนการ ได้แก่ ทางใบปาล์มและต้นปาล์มน้ำมัน โดยทางใบปาล์มจะถูกตัดแต่งออกจากต้นเฉลี่ย 14.5-20.5 เปอร์เซ็นต์ (430-720 kg/ไร่ ผลผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศ 2,897 kg/ไร่) ของน้ำหนักผลผลิต ในขณะที่ต้นปาล์มเมื่อมีการโค่นและปลูกใหม่จะมีวัสดุเหลือทิ้งที่เป็นชีวมวลเฉลี่ย 10-12 ตัน/ไร่ (Rahayu *et al.*, 2018) ซึ่งสูงกว่าชีวมวลที่ได้จากการผลิตลำไยหรือการผลิตข้าว (Thipsupawong *et al.*, 2020) สถิติข้อมูลปริมาณ

ชีวมวลทางใบปาล์มจากต้นปาล์มน้ำมันมีปริมาณ 3.64 ล้านตัน/ปี (Malithong *et al.*, 2017)

การพัฒนานำเอาทางใบปาล์มน้ำมันมาพัฒนาเป็นถ่านชีวภาพ น้ำส้มควันไม้หรือน้ำมันชีวภาพเป็นอีกประเด็นที่มีความสนใจและท้าทายต่อองค์ความรู้ด้านการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ให้สามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนการใช้เชื้อเพลิงหรือวัสดุใช้งานเพื่อการเกษตร เพื่อเพิ่มรายได้และลดค่าใช้จ่ายให้กับชุมชน กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้าเป็นเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมสำหรับการเพิ่มมูลค่าทางใบปาล์ม ที่สำคัญเทคโนโลยีนี้เกษตรกรและชุมชนส่วนใหญ่มีประสบการณ์ความคุ้นเคยและทำกันมาอย่างยาวนานหรือที่เรียกว่า การเผาถ่าน (Carbonization) ซึ่งจุดประสงค์หลัก คือ การกำจัดความชื้นและสารระเหยในชีวมวล ทำให้สัดส่วนคาร์บอนคงที่เพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุให้ค่าความร้อนเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามด้วยจุดประสงค์ที่มีความคล้ายคลึงกันและต้องการให้การแปรรูปทางใบปาล์มให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งในส่วนถ่านและน้ำส้มควันไม้หรือน้ำมันชีวภาพที่ได้ ดังนั้นการแปรรูปชีวมวลจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับตัวแปรต่าง ๆ ประกอบด้วย อุณหภูมิ และเวลาไพโรไลซิส (Claoston *et al.*, 2014) รวมถึงผลที่ได้จากกระบวนการ ได้แก่ คุณสมบัติทางเคมี ปริมาณผลผลิต ค่าความร้อน ถ่านชีวภาพ ความหนาแน่น และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้ ซึ่งผลที่ได้จะเป็นบทพิสูจน์กำหนดให้ทางใบปาล์มสามารถเป็นชีวมวลที่มีศักยภาพในการแปรรูปเพื่อการผลิตถ่านชีวภาพหรือสารชีวภาพเหลวสำหรับการเกษตร

กระบวนการไพโรไลซิสเป็นกระบวนการสลายตัวทางความร้อนของวัสดุที่อุณหภูมิสูงในสภาวะไร้ออกซิเจน (Absence of oxygen) ในช่วงอุณหภูมิ 300 ถึง 1,000°C. โดยทั่วไปกระบวนการไพโรไลซิสมี 3 ประเภท คือ กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า แบบเร็ว และแบบเร็วมาก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊ส ของเหลว ถ่าน และมีขี้เถ้าเป็นสารตกค้างจากกระบวนการ (Jahirul *et al.*, 2012) ไพโรไลซิสแก๊ส

มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน มีเทน และกลุ่มไฮโดรคาร์บอนเบา มีค่าความร้อนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.76-17.00 MJ/m³ สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ได้ (Glushkova *et al.*, 2021; Weerachanchai, 2009) ในด้านของเหลว (Liquid tar) มีส่วนประกอบหลัก คือ น้ำส้มควันไม้ น้ำมันดิน และน้ำมันชีวภาพ โดยน้ำส้มควันไม้สามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์พ่นกำจัดแมลงได้ในด้านของแข็งที่ได้เป็นถ่านสามารถนำไปใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงหรือสารปรับปรุงดิน ผลผลิตของกระบวนการขึ้นอยู่กับ ชนิดวัสดุ อัตราการให้ความร้อน อุณหภูมิ และระยะเวลาไพโรไลซิส (Tripathi *et al.*, 2016)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาไพโรไลซิสที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีของถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้จากทางใบปาล์มน้ำมัน ภายใต้กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า ผลที่ได้เกษตรกรหรือชุมชนสามารถนำไปใช้ประกอบสำหรับการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ด้วยตนเอง หรือการต่อยอดพัฒนาเป็นเทคโนโลยีสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพื่อสร้างรายได้จากวัสดุเหลือทิ้งในท้องถิ่นของตนเองอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

คุณสมบัติทางใบปาล์มและการเตรียม

Figure 1 แสดงลักษณะทางใบปาล์มที่นำมาใช้ทดลองสายพันธุ์ลูกผสม (DxP เทเนอร่า) อายุเฉลี่ย 15 ปี มีแหล่งเพาะปลูกภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อตัดทางใบปาล์มลงจากต้นดำเนินการตัดแยกเอาใบย่อยออกเหลือเพียงแต่ก้าน จากนั้นตัดก้านทางใบปาล์มเป็นท่อนให้มีความยาวเฉลี่ย 50 ซม. และนำมาตากแดดทิ้งไว้ประมาณ 10-15 วัน จากความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วง 70-80 เปอร์เซ็นต์ ให้ความชื้นลดลงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20-30 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมอลดขนาดย่อยลงให้มีขนาดความยาวและกว้างเฉลี่ย 2.5 ซม. และ

นำมาตากแห้งให้ความชื้นลดลงเฉลี่ย 15-20% และนำไปทดสอบในกระบวนการไพโรไลซิส การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีทั้งการวิเคราะห์โดยประมาณ และการวิเคราะห์แบบแยกธาตุใช้เครื่อง Macro Thermogravimetric Analysis (TGA) และ CHNS/O Analyzer ตามลำดับ จากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ตามมาตรฐาน ASTM D5865 ASTM D7582 Table 1 ค่าความร้อนเริ่มต้นทางไบโอปาล์มก่อนเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซิสมีค่าเฉลี่ย 16.96 MJ/kg ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับคุณสมบัติทางเคมีของทางไบโอปาล์มที่ปลูกในประเทศและต่างประเทศโดยมีค่าอยู่ในช่วง 11.19-18.72 MJ/kg (Shrivastava *et al.*, 2020)



Figure 1 Foliar characteristics and preparation

Table 1 Chemical properties of palm leaves

Chemical properties of palm leaves	Proximate analysis (Dry basis) (%)				Ultimate analysis (Dry basis) (%)				
	MC	VM	FC	Ash	C	H	O	N	S
This research	6.24	75.04	16.51	2.21	43.87	5.72	47.37	0.14	0.12
Homdoun <i>et al.</i> (2019)	8.69	70.31	12.72	8.68	45.39	6.68	41.43	1.61	0.08
Sulaiman <i>et al.</i> (2016)	7.15	73.20	13.99	5.65	37.70	5.58	55.83	0.35	0.53
Balasundram <i>et al.</i> (2017)	6.73	55.88	20.33	17.06	38.22	5.88	55.15	0.68	0.07

เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและอุปกรณ์การทดลอง

Figure 2 แสดงไดอะแกรมการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง โดยเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสเป็นเครื่องที่ให้ความร้อนด้วยขดลวดไฟฟ้าขนาด 5 kW ควบคุมและปรับตั้งอัตราการให้ความร้อนได้ตั้งแต่ 1-10 °ซ./นาท. ส่วนประกอบเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสประกอบ

ด้วย ฮีตเตอร์ไฟฟ้าแบบครีปตัวโอ ติดตั้งฝังในผนังห้องไพโรไลซิสทั้งหมด 3 ด้าน ภายในบุด้วยเซรามิกส์ ห้องไพโรไลซิสมีลักษณะเป็นทรงกระบอกยาวรวมประมาณ 80 ซม. ทำด้วยวัสดุสแตนเลส ติดตั้งชุดวัดอุณหภูมิด้านล่าง ภายในมีถ้วยสแตนเลสเพื่อใส่ตัวอย่างชีวมวล โดยใส่ครั้งละ 20 กรัม ต่อการทดลอง ระบบควบคุมไฟฟ้า

ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณการป้อนไฟฟ้าและควบคุมการปรับอุณหภูมิ ระบบระบายความร้อนประกอบด้วยปั้มน้ำขนาด 60 W สูบน้ำจากถังเพื่อใช้หล่อเย็นส่วนบนของห้องเผาไหม้และไหลกลับระบายความร้อนในถังขนาด 30 ลิตร สุดท้ายเป็นชุดป้อนไนโตรเจนเพื่อควบคุมอุณหภูมิและป้องกันการเกิดการเผาไหม้ระหว่างกระบวนการ อัตราการปรับ 5 ลิตร/นาที การวิเคราะห์ความชื้นใช้ตู้อบลมร้อน MEMMERT รุ่น UFB500 ขนาด 108 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิสูงสุดได้ 300°ซ. การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้ใช้เครื่องวัด Horiba รุ่น LAQUAtwin

pH-11 มีช่วงการวัดค่า 0-14 การหาน้ำหนักชีวมวลใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลแบบ 4 ตำแหน่ง ZEPER รุ่น BGB224 การวัดค่าความร้อนชีวมวลและถ่านชีวภาพใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ รุ่น ART.2060/2070 ความจุ 300 มล. ทดลองตามมาตรฐาน ASTM D2105 การทดลองศึกษาการปรับอุณหภูมิและเวลาไพโรไลซิสในช่วง 400-700°ซ. และ 60-180 นาที ตามลำดับ วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ผลผลิตกระบวนการ ค่าความร้อนถ่านชีวภาพ ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความเป็นกรด-ด่าง

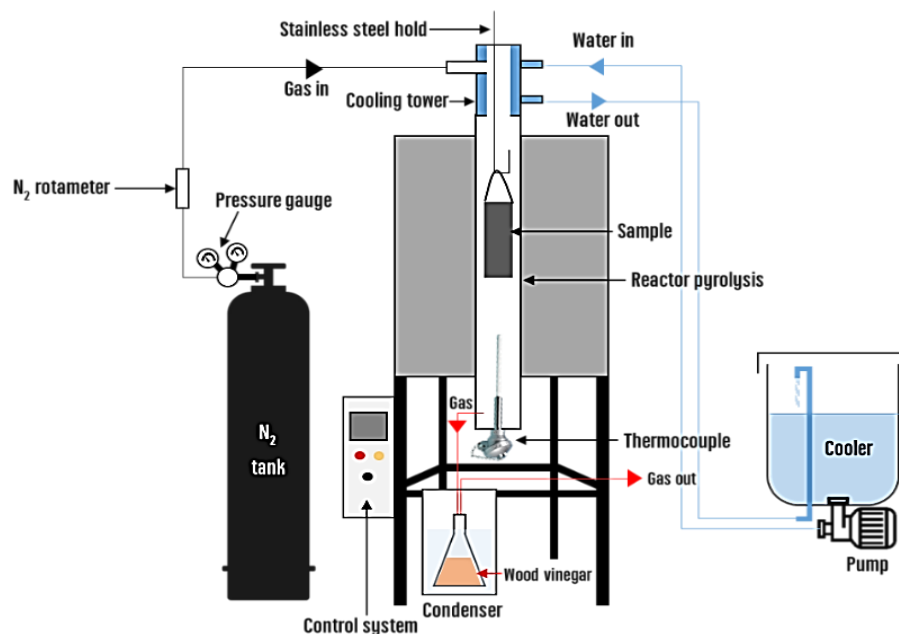


Figure 2 Biomass experimental diagram under pyrolysis process

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลกระทบอุณหภูมิไพโรไลซิสที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีถ่านชีวภาพ

Figure 3 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีสำคัญของถ่านชีวภาพเมื่อได้รับอุณหภูมิไพโรไลซิสอยู่ในช่วง 400-700°ซ. ที่ระยะเวลาไพโรไลซิสคงที่ 120 นาที

เปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางไบโอปาล์มน้ำมันเริ่มต้น ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิสทำให้ปริมาณความชื้นและสารระเหยของทางไบโอปาล์มลดลง ในขณะที่คาร์บอนคงตัวและปริมาณเถ้ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Rahman *et al.*, 2014) สัดส่วนคาร์บอนคงตัวสูงสุดและความชื้นต่ำสุดของชีวมวลไพโรไลซิสที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 700°ซ. ปริมาณคาร์บอนคงตัวและความชื้นเกิดขึ้น 77.59

และ 3.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับคาร์บอนคงตัวและความชื้นทางใบปาล์มเริ่มต้นเท่ากับ 16.16 และ 6.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในกระบวนการไพโรไลซิส การเพิ่มอุณหภูมิทำให้โครงสร้างชีวมวล ได้แก่ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน สารแทรกหรือสารระเหยสลายตัวเพิ่มสูงขึ้น ปกติที่อุณหภูมิไพโรไลซิสสูงกว่า 400°C. ปริมาณสารระเหยจะในชีวมวลจะต่ำกว่า 26 เปอร์เซ็นต์ (Palamanit *et al.*, 2019; Rahman *et al.*, 2014) ส่งผลทำให้มวลทางใบปาล์มลดลง ในขณะที่สีของทางใบปาล์มจะเปลี่ยนสีจากสีน้ำตาลเป็นสีดำและดำเข้มขึ้น (Wang and Howard, 2018) เริ่มต้นกระบวนการไพโรไลซิส ความชื้นหรือน้ำที่อยู่ในชีวมวลจะระเหยออกเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงกว่า 100°C. และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงกว่า 100°C. จนเข้าใกล้ 200°C. สารระเหยในชีวมวลจะเริ่มถูกขับออกจากชีวมวล ในช่วงนี้มวลของชีวมวลจะลดลงและ

ลักษณะสีชีวมวลเริ่มเปลี่ยนไป และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากกว่า 200°C. ขึ้นไป เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนินจะสลายตัวอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ปกติทั่วไปเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสของทางใบปาล์มจะสลายตัวอยู่ในช่วง 200-400°C. ในขณะที่ลิกนินจะสลายตัวในช่วงอุณหภูมิ 200-900°C. (Shrivastava *et al.*, 2021) การลดลงของความชื้นจะทำให้ค่าความร้อนถ่านชีวภาพเพิ่มสูงขึ้น (Demirbas, 2002) ปกติทั่วไปค่ามาตรฐานทางเคมีของถ่านชีวภาพที่มีการซื้อขายกำหนดให้ความชื้น สารระเหย และเถ้าต้องต่ำกว่า 7, 33 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่คาร์บอนคงที่ที่ต้องมากกว่า 44 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเงื่อนไขอุณหภูมิไพโรไลซิสพบว่าช่วง 400-700°C. คุณสมบัติทางเคมีผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางเคมีของถ่านชีวภาพ

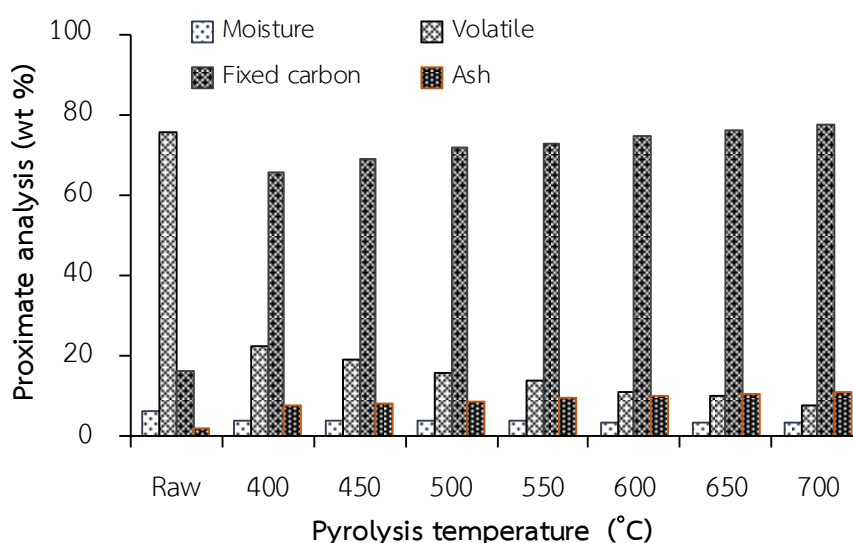


Figure 3 Effect of pyrolysis temperature on biochar properties at pyrolysis time 120 min

ผลกระทบเวลาไพโรไลซิสที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีถ่านชีวภาพ

Figure 4 แสดงผลกระทบของระยะเวลาไพโรไลซิสที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีถ่านชีวภาพทางใบปาล์มที่อุณหภูมิคงที่ 450°C. ปริมาณความชื้น สารระเหย คาร์บอนคงตัว และเถ้า มีแนวโน้มสอดคล้องกับการเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิส การเพิ่มระยะเวลาไพโรไลซิสทำให้การเปลี่ยนสภาพชีวมวลเป็นถ่านสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงการเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอนคงที่และค่าความร้อนในที่สุด (Novotny *et al.*, 2015) การเพิ่มระยะเวลา

ไพโรไลซิสมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีต่ำกว่าการเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิส เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิให้สัดส่วนการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนสูงกว่า ภายใต้อุณหภูมิ 450°C. การใช้เวลา 60, 120 และ 180 นาที ให้สัดส่วนคาร์บอนคงตัวสูงสุดเท่ากับ 63.66, 67.54 และ 70.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยสัดส่วนของคาร์บอนคงตัวที่เพิ่มขึ้นเป็นตัวแปรหลักของการเพิ่มค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Homdoun *et al.*, 2019)

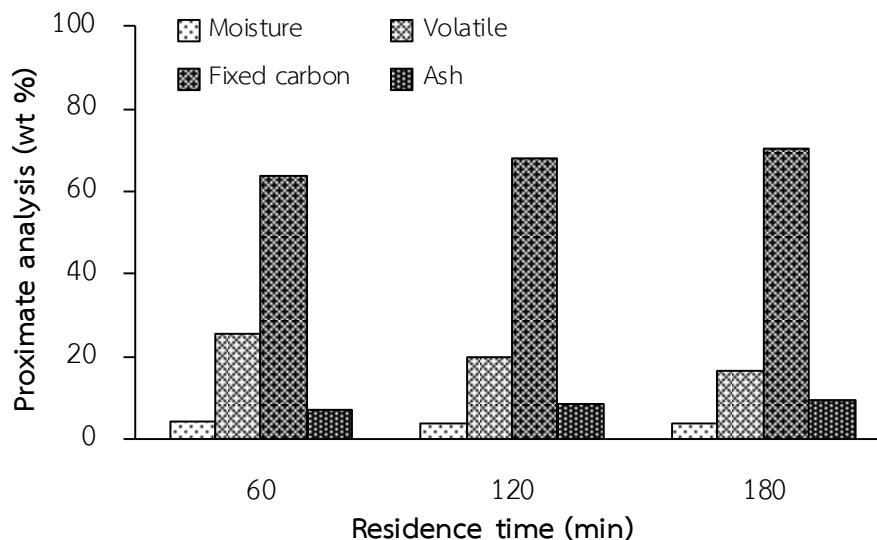


Figure 4 Effect of pyrolysis duration on biochar properties at a constant pyrolysis temperature of 450°C

ผลผลิตถ่านชีวภาพ น้ำส้มควันไม้ และไพโรไลซิสแก๊ส

ผลผลิตจากกระบวนการไพโรไลซิสทางใบปาล์มมีทั้งหมด 3 ส่วน ประกอบด้วย ถ่านชีวภาพ น้ำส้มควันไม้ หรือน้ำมันชีวภาพ และไพโรไลซิสแก๊ส Figure 5 การวิเคราะห์หาอุณหภูมิที่เหมาะสมของกระบวนการไพโรไลซิสขึ้นอยู่กับความต้องการใช้และคุณสมบัติของผลผลิตที่ได้เป็นหลัก สำหรับงานวิจัยนี้เน้นในด้านการผลิตถ่านชีวภาพจากทางใบปาล์ม เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มในครัวเรือนเป็นหลัก ส่วนการผลิตน้ำส้มควัน

ไม้เป็นผลผลิตกัญธรอง ดังนั้นค่าความร้อนและมวลถ่านชีวภาพจึงเป็นตัวแปรหลักในการพิจารณา ซึ่งค่าความร้อนที่นำมาอ้างอิงเป็นค่าที่อ้างอิงการซื้อขายตามมาตรฐานท้องตลาดเป็นหลัก (The Border Consortium, 2021) พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้มวลของถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ลดลง ในขณะที่ไพโรไลซิสแก๊สมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น การเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิสทำให้โครงสร้างชีวมวล เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนินถูกทำลาย องค์ประกอบที่เป็นของแข็งจะแปรสภาพเป็น

ไพโรไลซิสแก๊สและไหลออกจากห้องไพโรไลซิส การทำให้ไพโรไลซิสแก๊สกลับมาเป็นของเหลวทำได้ด้วยการทำให้แก๊สเกิดการควบแน่นกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Biswas and Mahanta, 2012) ที่อุณหภูมิไพโรไลซิส 400°ซ. ให้สัดส่วนถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้สูงสุด ถัดมาเป็นอุณหภูมิ 450 และ 500°ซ. ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้อุณหภูมิไพโรไลซิสสูงกว่า 500°ซ. สัดส่วนไพโรไลซิสแก๊สมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่น้ำส้มควันไม้ลดลง การเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิสทำให้อัตราการแตกตัวของโครงสร้างชีวมวลเร็วเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดสารชีวภาพที่ไม่สามารถควบแน่นได้เพิ่มสูงขึ้น (Rahman

et al., 2014) ปกติไพโรไลซิสแก๊สจากชีวมวลมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 8.00-10.66 MJ/m³ โดยมีแก๊สที่เผาไหม้หลัก คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ และมีเทน (Jesus *et al.*, 2018; Griessacher *et al.*, 2012) ส่วนไพโรไลซิสแก๊สจากพลาสติกมีค่าความร้อนสูงถึง 7.8-44.7 MJ/m³ (Cunliffe *et al.*, 2003) ดังนั้นไพโรไลซิสแก๊สที่ไม่ควบแน่นได้หรือที่เหลือจากกระบวนการ จะมีการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงป้อนกลับให้ความร้อนในกระบวนการไพโรไลซิส การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า หรือการให้ความร้อนในงานอุตสาหกรรม เป็นต้น (Kodera *et al.*, 2021)

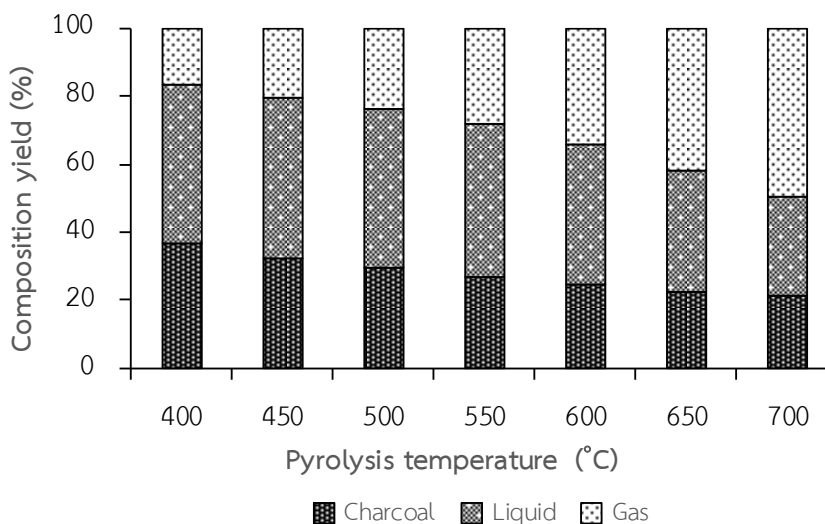


Figure 5 Biochar proportion wood vinegar and pyrolysis gas obtained from the pyrolysis process of palm leaves

ค่าความร้อนถ่านชีวภาพ

Figure 6 แสดงค่าความร้อนถ่านชีวภาพจากกระบวนการไพโรไลซิสทางไบปาล์มที่ระยะเวลาไพโรไลซิส 120 นาที โดยพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิสส่งผลให้ค่าความร้อนถ่านชีวภาพเพิ่มสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิไพโรไลซิส 700°ซ. ให้ค่าความร้อนสูงสุด 27.10 MJ/kg ในขณะที่เมื่อเทียบกับชีวมวลทางไบปาล์มตั้งต้น 16.96 MJ/kg การใช้อุณหภูมิไพโรไลซิสที่ 400-700°ซ. ทำให้ค่า

ความร้อนเพิ่มขึ้นจากชีวมวลตั้งต้น 42.10, 50.53, 53.95, 55.25, 57.72, 59.32 และ 59.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่อุณหภูมิสูงกว่า 450°ซ. ค่าความร้อนถ่านชีวภาพมีแนวโน้มคงที่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้มควรมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 6,000 cal/g หรือ 25.12 MJ/kg (Wimonrat, 2007) ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านทางไบปาล์มจะอยู่ในช่วง 450-600°ซ. อย่างไรก็ตามการเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิสที่สูงจะทำให้เกิด

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ป้อนสูงเช่นกัน ในขณะที่การใช้
อุณหภูมิไพโรไลซิสที่ต่ำเกินไปจะทำให้สารระเหยตกค้าง
หรือโครงสร้างกลุ่มลิกนินไม่สลายตัว (Tomczyk *et al.*,
2020) โดยอุณหภูมิไพโรไลซิสที่ทางไบปาล์มเริ่มมีการ

สลายตัวอย่างชัดเจนจะเกิดขึ้นในช่วง 200-450°C.
(อย่างไรก็ตามสำหรับสารระเหยที่ตกค้างในถ่านไม้ทั่วไป
ไม่ควรเกิน 25-33 เปอร์เซ็นต์ (The Border consortium,
2021; Wimonrat, 2007)

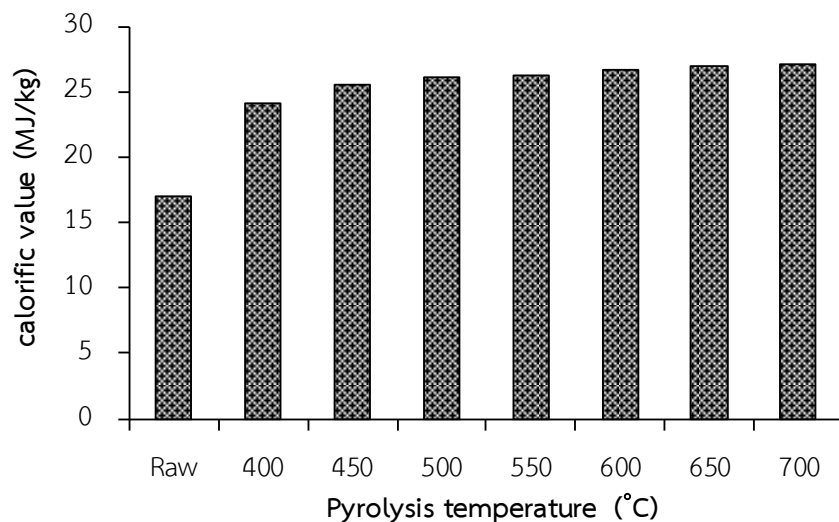


Figure 6 Heat value of biochar from palm leaves

ความถ่วงจำเพาะน้ำส้มควันไม้ (Specific gravity, SG)

Figure 7 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้ม
ควันไม้ภายใต้การปรับอุณหภูมิไพโรไลซิสที่ 400-700°C.
ที่ระยะเวลา 120 นาที การเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิสส่งผล
ให้ความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ลดต่ำลงเล็กน้อย
ที่อุณหภูมิ 400°C. ให้ค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุด 1.090 และ
ที่อุณหภูมิไพโรไลซิส 700°C. มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำสุด
ที่ 1.010 (Shrivastava *et al.*, 2021; Lu *et al.*, 2019)
อย่างไรก็ตามมาตรฐานค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้ม
ควันไม้โดยทั่วไปจะอยู่ที่ 1.0-1.3 ค่าความถ่วงจำเพาะของ
น้ำส้มควันไม้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับชนิดชีวมวล

อุณหภูมิและระยะเวลาไพโรไลซิส (Lu *et al.*, 2019) โดย
น้ำส้มควันไม้ที่มีความถ่วงจำเพาะสูงอยู่ในช่วง 2.15-2.98
จะให้ค่าความร้อนอยู่ในช่วง 12.19-22.32 MJ/kg (Feng
et al., 2005; Shrivastava *et al.*, 2021) ความสัมพันธ์
ความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่เกิดจากกระบวนการ
ไพโรไลซิสที่อุณหภูมิในช่วง 400-700°C. ที่ระยะเวลา
ไพโรไลซิส 120 นาที ของทางไบปาล์มในรูปสมการสมการ
เชิงเส้นแสดงดังสมการ และจากผลการทดลองเส้น
แนวโน้มความถ่วงจำเพาะน้ำส้มควันไม้มีแนวโน้มลดลง
เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิส

$$SG = -0.0003T + 1.1888 \quad (1)$$

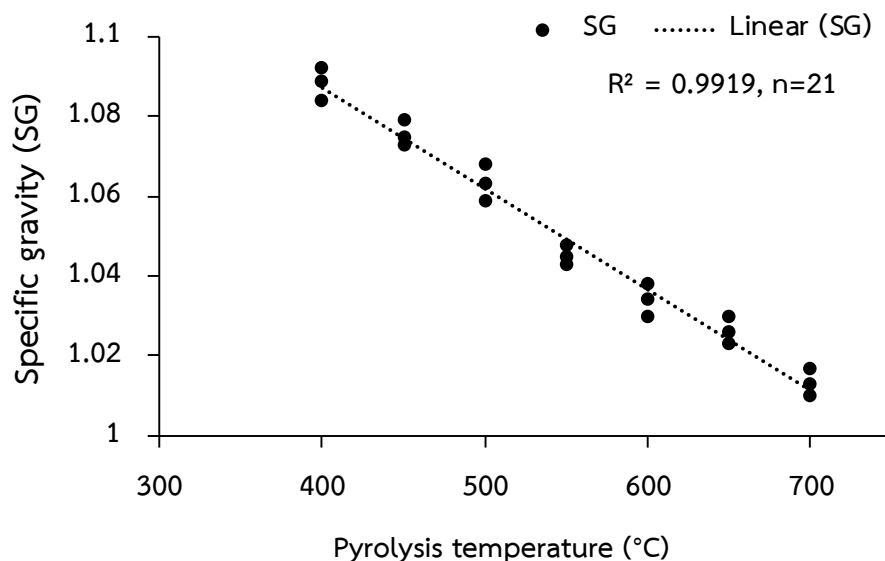


Figure 7 Effect of pyrolysis temperature adjustment on specific gravity of wood vinegar

ค่าความเป็นกรด-ด่างน้ำส้มควันไม้

การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้จากกระบวนการไพโรไลซิสทางใบปาล์ม Figure 8 การเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิสทำให้ค่าความเป็นกรดลดลงที่อุณหภูมิไพโรไลซิส 400°ซ. ให้ความเป็นกรดสูงสุด 1.80 และอุณหภูมิ 700°ซ. ให้ความเป็นกรดต่ำสุด 2.30 ความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้เกิดจากการมีส่วนประกอบของกรดอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส เช่น กรดอะซิติก กรดโฟพานิก และกรดบิวทานิก เป็นต้น ปริมาณและสัดส่วนของความเป็นกรด-ด่างสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับประเภทของชีวมวลที่นำมาเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซิส (Oramahi *et al.*, 2018) โดยปกติทั่วไปค่ามาตรฐานความเป็นกรด-ด่าง น้ำส้มควันไม้ดิบชุมชนอยู่ในช่วง 2.8-3.7 (Kwanpan and Pongsasanongkul, 2012) การลดความเป็นกรดลงสามารถดำเนินการด้วยกระบวนการเอสเตอริฟิเคชัน (Esterification process)

ซึ่งกระบวนการนี้จะได้น้ำส้มควันไม้ที่มีค่าความเป็นกรดลดลงพร้อมกับน้ำเป็นผลิตภัณฑ์หลังกระบวนการ (Prasertpong and Tippyawong, 2020) อย่างไรก็ตามการนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้งานด้านเกษตรอินทรีย์ไม่สามารถนำมาใช้ได้ทันที เนื่องจากส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้จะมีองค์ประกอบของน้ำ ทาร์ และน้ำมันเบาผสมอยู่ ดังนั้นถ้าต้องการนำไปใช้จะต้องใช้วิธี การกรอง การกลั่น หรือการปล่อยให้ตกตะกอน ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย ประหยัดค่าใช้จ่ายแต่ใช้ระยะเวลานาน (Duamkhanmanee, 2019; Theapparatt *et al.*, 2018) ความสัมพันธ์ของค่าความเป็นกรด-ด่างน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสทางใบปาล์มที่ระยะเวลาไพโรไลซิส 120 นาที ช่วงอุณหภูมิช่วง 400-700°ซ. แสดงได้ในรูปสมการสมการเชิงเส้น

$$\text{pH} = 0.0013T + 1.2889 \quad (2)$$

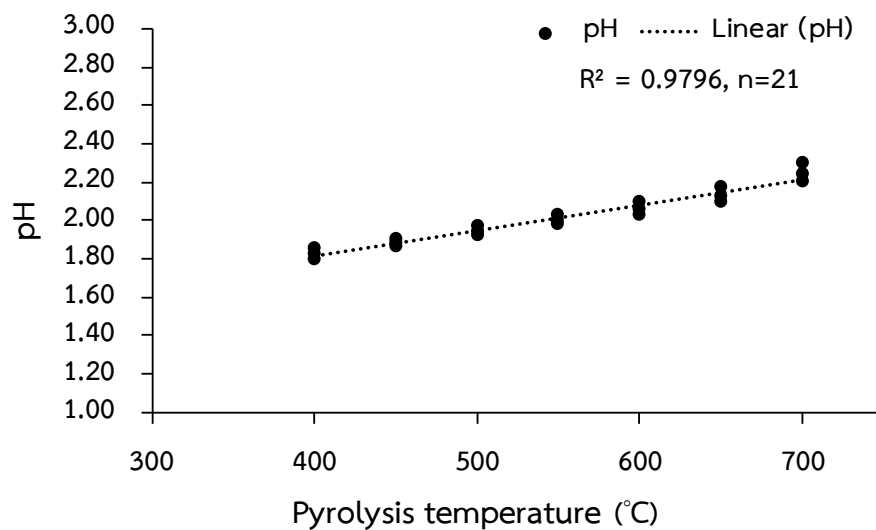


Figure 8 The effect of pyrolysis temperature adjustment on the pH of acid-base wood vinegar via palm leaf

การวิเคราะห์เงื่อนไขที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้งานกับชุมชน

ผลการทดสอบการผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ เพื่อเป็นเงื่อนไขต้นแบบให้กับเกษตรกรชาวสวนปาล์ม สำหรับการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตปาล์มน้ำมันมาเพิ่มมูลค่า ด้วยการนำไปใช้ในครัวเรือนหรือการเพิ่มรายได้ให้กับครัวเรือน ในด้านของอุณหภูมิและระยะเวลาไพโรไลซิสที่เหมาะสมสำหรับการเน้นผลิตถ่านชีวภาพอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมอยู่ที่ 450°ซ. และ 120 นาที ที่อุณหภูมิและระยะเวลาไพโรไลซิสนี้คุณสมบัติด้านค่าความร้อนถ่านชีวภาพใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน และให้ปริมาณมวลสูงสุดถัดจากการใช้อุณหภูมิไพโรไลซิส 400°ซ. การใช้อุณหภูมิที่ต่ำและระยะเวลาที่สั้นเกินไป จะทำให้คุณภาพถ่านชีวภาพต่ำกว่ามาตรฐาน อีกทั้งการกลายสภาพเป็นคาร์บอนอาจไม่เสถียร (Angin, 2013) ในทางกลับกัน การใช้อุณหภูมิไพโรไลซิสและระยะเวลายาวเกินไปจะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้และที่สำคัญปริมาณของถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ลดต่ำลงในส่วนของน้ำส้มควันไม้ที่ได้ ค่าความถ่วงจำเพาะและค่า

ความเป็นกรด-ด่างภายใต้อุณหภูมิและระยะเวลาไพโรไลซิสที่เหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองกระบวนการไพโรไลซิสทางใบปาล์มน้ำมันสรุปได้ว่า ทางใบปาล์มมีศักยภาพในการผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ การเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาไพโรไลซิสทำให้ความชื้นสารระเหยลดลง ในขณะที่คาร์บอนคงที่และเถ้ามีสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้น การใช้อุณหภูมิไพโรไลซิส 450°ซ. และระยะเวลาไพโรไลซิส 120 นาที มีความเหมาะสมสูงสุดในการผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ สัดส่วนความชื้น สารระเหย คาร์บอนคงที่และเถ้า ที่อุณหภูมิและเวลาเหมาะสมเท่ากับ 3.87, 19.90, 67.97 และ 8.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัดส่วนถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้สูงสุดคิดเป็น 32.05 และ 47.76 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นไพโรไลซิสแก๊ส ถ่านชีวภาพมีค่าความร้อนเฉลี่ยสูงสุด 25.53 MJ/kg ในส่วนค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้

ภายใต้อุณหภูมิและระยะเวลาไพโรไลซิสที่เหมาะสมเท่ากับ 1.075 และ 1.89 ในขณะที่ค่ามาตรฐานความถ่วงจำเพาะและความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 1.0-1.3 และ 2.8-3.7 ตามลำดับ ในภาพรวมทางไบโอปาล์มมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นถ่านและน้ำส้มควันไม้ได้ โดยถ่านที่ผลิตได้เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและการใช้งานในภาคเกษตรได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากถ่านจากทางไบโอปาล์มมีน้ำหนักเบากว่าถ่านไม้ทั่วไป ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมการนำเอาถ่านทางไบโอปาล์มผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งและศึกษาคุณสมบัติความเหมาะสมการใช้งานในชุมชนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน และศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อมและปัญหาภัยพิบัติหมอกควัน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนพื้นที่และเครื่องมือวิจัย ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาวิจัย (ม.จ.1-64-003) (มจ.1-64-003.2) ขอขอบคุณโครงการเพิ่มคุณภาพชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตรโดยกระบวนการเพิ่มความหนาแน่นและการอบแห้งสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และโครงการพัฒนาเชิงวิศวกรรมเตาผลิตถ่านไบโอชาร์สำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนแนวคิด บุคลากร และหลักการพัฒนางานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Angin, D. 2013. Effect of pyrolysis temperature and heating rate on biochar obtained from pyrolysis of safflower seed press cake. **Bioresource Technology** 128(1): 593-597.
- Balasundram, V., N. Ibrahim, M. Samsudin, R. Md.Kasmani, M. Hamid, R. Isha and H. Hasbullah. 2017. Thermogravimetric studies on the catalytic pyrolysis of rice husk. **Chemical Engineering Transactions** 56: 427-432.
- Biswas, A. and P. Mahanta. 2012. Design and experimental analysis of condenser for the production of bamboo vinegar. **International Journal of Applied Research in Mechanical Engineering** 2(2): 79-86.
- Claoston, N., A.W. Samsuri, M.H.A. Husni and M.S.M. Amran. 2014. Effects of pyrolysis temperature on the physicochemical properties of empty fruit bunch and rice husk biochars. **Waste Management and Research** 32(4): 331-339.
- Cunliffe, A.M., N. Jones and P.T. Williams. 2003. Pyrolysis of composite plastic waste. **Environmental Technology** 24(5): 653-663.

- Demirbas, A. 2002. Relationships between heating value and lignin, moisture, ash and extractive contents of biomass fuels. **Energy Exploration and Exploitation** 20(1): 105-111.
- Duamkhanmanee, R. 2019. **Effect of Essential Oil and Wood Vinegar to Inhibit Phytophthora Colocasiae Causing Leaf Blight of Taro (*Colocasia esculenta* (L.) schott)**. 43 p. *In* Research Report. Bangkok: Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. [in Thai]
- Feng, F., W.Y. Liu and Y.S. Chen. 2005. Study on derivatives of gambogic acid. **Journal of China Pharmaceutical University** 36(1): 302-305.
- Glushkova, D.O., G.S. Nyashinaa, R. Anandb and P.A. Strizhak. 2021. Composition of gas produced from the direct combustion and pyrolysis of biomass. **Process Safety and Environmental Protection** 156(1): 43-56.
- Griessacher, T., J. Antrekowitsch and S. Steinlechner. 2012. Charcoal from agricultural residues as alternative reducing agent in metal recycling. **Biomass and Bioenergy** 39(2012): 139-146.
- Homdoun, N., S. Kitikorn, J. Uttharuan, T. Wongsiriamnuay and N. Tippayawong. 2019. Influence of torrefaction temperature and time on the yields and properties of torrefied biomass. **Engineering and Applied Science Research** 46(2): 170-175.
- Jahirul I.M., M.G. Rasul, A.A. Chowdhury and A. Nanjappa. 2012. Biofuels production through biomass pyrolysis - a technological review. **Energies** 5(2012): 4952-5001.
- Jesus, M., A. Napoli, P.F. Trugilho, A.A. Abreu Júnior, C.L.M. Martinez and T.P. Freitas. 2018. Energy and mass balance in the pyrolysis process of eucalyptus wood. **CERNE** 24(3): 288-294.
- Kodera, Y., T. Yamamoto and E. Ishikawa. 2021. Energy-and economic-balance estimation of pyrolysis plant for fuel-gas production from plastic waste based on bench-scale plant operations. **Fuel Communications** 7(2021): 100016.
- Kwanpan, A. and C. Pongsasanongkul. 2012. **The Performance of Wood Vinegar from Incinerator Ash**. 78 p. *In* Research Report. Bangkok: Suan Sunandha Rajabhat University. [in Thai]
- Lu, X., J. Jiang, J. He, K. Sun and Y. Sun. 2019. Pyrolysis of *Cunninghamia lanceolata* waste to produce wood vinegar and its effect on the seeds germination and root growth of wheat. **BioResources** 14(4): 8002-8017.
- Malithong, A., C. Piputsitee, E. Sarobol and K. Sriroth. 2017. Zero waste management to increase efficiency in palm oil production and processing for food security in Thailand. **Walailak Journal of Science and Technology** 14(7): 589-596.

- Novotny, E.H., C.M. Branco de Freitas Maia, M. Thaís de Melo Carvalho and B.E. Madari. 2015. Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use- a critical review. **R. Bras. Ci. Solo.** 39(1): 321-344.
- Oramahi, H.A., T. Yoshimura, F. Diba, D. Setyawati and Nurhaida. 2018. Antifungal and antitermitic activities of wood vinegar from oil palm trunk. **Journal of Wood Science** 64(1): 311-317.
- Palamanit, A., P. Khongphakdi, Y. Tirawanichakul and N. Phusunti. 2019. Investigation of yields and qualities of pyrolysis products obtained from oil palm biomass using an agitated bed pyrolysis reactor. **Biofuel Research Journal** 24(2019): 1065-1079.
- Prasertpong, P. and N. Tippayawong. 2020. Upgrading biomass pyrolysis oil model compound via esterification with ethanol over a heteropoly acid. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**. [Online]. Available <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1746867> (June 14, 2021).
- Rahayu, D.E., D. Nasarani, W. Hadi and B. Wrijodirjo. 2018. Potential of Biomass Residues from Oil Palm Agroindustry in Indonesia. pp. 1-4. **In Proceedings of the 3rd Annual Applied Science and Engineering Conference 18 April 2018**. Bundung: Universitas Pendidikan (UPI).
- Rahman, A.A., N. Abdullah and F. Sulaiman. 2014. Temperature effect on the characterization of pyrolysis products from oil palm fronds. **Advances in Energy Engineering** 2(1): 14-21.
- Saleerut, S., C. Jatuporn, V. Suvanvihok and A. Wanaset. 2020. Price adjustment of oil palm and palm oil in Thailand to the world price of the palm oil market. **Asian Journal of Agriculture and Rural Development** 10(2): 690-697.
- Shrivastava, P., A. Kumar, P. Tekasakul, S.S. Lam and A. Palamanit. 2021. Comparative investigation of yield and quality of bio-oil and biochar from pyrolysis of woody and non-woody biomasses. **Energies** 14(1092): 1-23.
- Shrivastava, P., P. Khongphakdi, A. Palamanit, A. Kumar and P. Tekasakul. 2020. Investigation of physicochemical properties of oil palm biomass for evaluating potential of biofuels production via pyrolysis processes. **Biomass Conv. Bioref.** [Online]. Available <https://doi.org/10.1007/s13399-019-00596-x> (June 14, 2021).
- Sulaiman, S.A., H.S. Bamufleh, S.N.A. Tamili, M. Inayat and M.Y. Naz. 2016. Characterization of date palm fronds as a fuel for energy production. **Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia** 30(3): 465-472. DOI: 10.4314/bcse.v30i3.15

- Theapparat, Y., A. Chandumpai and D. Faroongsarng. 2018. Physicochemistry and Utilization of Wood Vinegar from Carbonization of Tropical Biomass Waste. pp. 163-183. *In* Padmini Sudarshana (Ed). **Tropical Forests-New Edition**. London: InTech Open Access Publisher.
- The Border Consortium. 2021. **Invitation to tender charcoal tender 3021-4** (additional purchase) checking charcoal quantity and quality at factory: July 2021 for Mae La Camp in Tak Province. [Online]. Available <http://www.theborderconsortium.org> (June 14, 2021).
- Thipsuppawong, T., W. Wongpanyo, B. Vichanpol and K. Inai. 2020. The study of biomass potential in electricity generation in Mae Moh district, Lampang province. **The Gold Teak: Science and Technology Journal** 7(2): 1-11.
- Tomczyk, A., Z. Sokołowska and P. Boguta. 2020. Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. **Rev Environ Sci Biotechnol**. 19(1): 191-215.
- Tripathi, M., J.N. Sahu and P. Ganesan. 2016. Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 55(2016): 467-481.
- Wang P. and B.H. Howard. 2018. Impact of thermal pretreatment temperatures on woody biomass chemical composition, physical properties and microstructure. **Energies** 11(25): 1-20.
- Wangrakdiskul, U. and N. Yodpijit. 2015. Trends analysis and future of sustainable palm oil in Thailand. **KMUTNB International Journal of Applied Science and Technology** 8(1): 21-32.
- Weerachanchai, P. 2009. **Studies of Biomass Pyrolysis and Gasification for Production**. Doctoral Dissertation. Suranaree University of Technology. 402 p.
- Wimonrat, M. 2007. **The Industrial Economy of Alternative Biomass Fuels for the Industrial Sector**. 53 p. *In* Research Report. Bangkok: Office of Development and Promotion of the Department of Primary Industries and Mines.

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร
ที่เป็นสมาชิกของมูลนิธิโครงการหลวงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย
Tea Production Practice under Good Agricultural Practice of Farmers
in The Royal Project Foundation in Chiang Mai and Chiang Rai Province

กิตติพงษ์ บุญธิ พุฒิสรรค์ เครือคำ* นครเรศ รังควัต และสายสกุล ฟองมูล
Kittipong Boonti, Phutthisun Kruekum*, Nakarate Rungkawat and Saisakul Fongmul

สาขาส่งเสริมการเกษตรและการพัฒนาชนบท คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Division of Agricultural Extension and Rural Development, Faculty of Agricultural Production

Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: rungsun14@hotmail.com

Received: February 08, 2021

Revised: August 04, 2022

Accepted: September 16, 2022

Abstract

This study was conducted to investigate: 1) socio-economic attributes of farmers; 2) practice of tea production under good agricultural practice; 3) factors effecting tea production under good agricultural practice of the farmers and 4) problems encountered and suggestions about tea production of the farmers. The sample group consisted of 153 farmer members of the Royal Project in Chiang Mai and Chiang Rai province. A set of questionnaires was used for data collection and analyzed by using descriptive statistics and multiple regression analysis.

Results of the study revealed that most of the respondents were 53 years old on average, elementary school graduates and married. They had 4 family members and 3 household workforces on average. The respondents had a yearly income earned from tea production of 49,740.79 Baht but they had household debt for 67,486.84 Baht on average. They received information about good agricultural practice 4 times a year and contacted agricultural extension twice a year on average. The respondents attended a training on good agricultural practice once a year on average and most of them did not have any social position. The respondent had an average of 7 years of experience in tea growing under good agricultural practice on average and had a high level of knowledge and skill about tea production. Factors effecting tea production under good agricultural practice of the respondents with a positive statistically significant level were a number of family member, social position and knowledge about tea production under good agricultural practice. Only the number of household workforces was found to have a negative one. For problems encountered, the following were found: 1) there are restriction in use of chemicals to prevent weeds and insects and others such as expensive price, inadequate tea

drying area, lack of skillful labors in tea processing and lack of continuity in purchasing tea products from various markets. It was suggested that body of knowledge about marketing should be supported; database on diverse sources purchasing tea products should be developed; and the tea price should be determined in advance to motivate farmers in management of the standard tea production process.

Keywords: tea production, good agricultural practice, the royal project, agricultural extension

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร 2) ศึกษาการปฏิบัติในการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร 3) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร และ 4) ศึกษาปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร โดยกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา คือ เกษตรกรผู้ผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีที่เป็นสมาชิกของมูลนิธิโครงการหลวงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย จำนวน 153 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 53 ปี จบการศึกษาสูงสุดในระดับประถมศึกษา มีสถานภาพสมรส มีรายได้จากการปลูกชาเฉลี่ย 49,740.79 บาทต่อปี มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4 คน มีจำนวนแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 3 คน และมีจำนวนหนี้สินในครัวเรือนเฉลี่ย 67,486.84 บาท ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับระบบการเพาะปลูกที่ดีเฉลี่ย 4 ครั้งต่อเดือน มีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี มีการติดต่อกับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกชาโดยเฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี มีการเข้าร่วมการอบรมระบบมาตรฐาน

การเพาะปลูกที่ดีเฉลี่ย 1 ครั้งต่อปี ส่วนใหญ่ไม่มีตำแหน่งทางสังคม มีประสบการณ์การปลูกชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีเฉลี่ย 7 ปี มีความรู้และมีการปฏิบัติในการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีอยู่ในระดับมาก โดยปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทางบวก ได้แก่ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน ตำแหน่งทางสังคม และความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดี ส่วนปัจจัยทางลบ ได้แก่ จำนวนแรงงานในครัวเรือน สำหรับปัญหาในการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรพบว่า เกิดข้อจำกัดในการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชและวัชพืชในแปลงปลูกชา เช่น สารเคมีที่สามารถใช้ได้ตามข้อกำหนดมีราคาแพง ลานที่ใช้ในการตากชาไม่มีเพียงพอ และขาดแรงงานที่มีทักษะในการแปรรูปชา รวมทั้งยังขาดความต่อเนื่องในการรับซื้อผลผลิตชาของตลาดต่าง ๆ ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่เสนอแนะว่า ควรมีการสนับสนุนองค์ความรู้ด้านการตลาด และการพัฒนาฐานข้อมูลแหล่งรับซื้อผลผลิตชาที่มีความหลากหลาย ตลอดจนควรมีการกำหนดราคาชาล่วงหน้า เพื่อให้เกษตรกรมีแรงจูงใจในการจัดการกระบวนการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีให้เป็นไปตามมาตรฐานมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การผลิตชา ระบบการเพาะปลูกที่ดี
มูลนิธิโครงการหลวง ส่งเสริมการเกษตร

คำนำ

มูลนิธิโครงการหลวง ได้เริ่มจัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2512 เพื่อช่วยเหลือชีวิตความเป็นอยู่ของราษฎรชาวเขาบนพื้นที่สูงให้มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ลดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ และป่าไม้ สิ่งที่สำคัญ คือ การปรับเปลี่ยนการปลูกฝิ่นบนพื้นที่สูงในประเทศไทยให้หมดไป ปัจจุบันมีพื้นที่ดำเนินงาน จำนวน 39 แห่ง 23 อำเภอใน 6 จังหวัดภาคเหนือตอนบน และในปัจจุบันมีการส่งเสริมอาชีพด้านการเกษตร ได้แก่ พืชผัก ไม้ผล ไม้ดอก พืชไร่ เห็ด สมุนไพร กาแฟ ปศุสัตว์ และชา เป็นต้น รวมทั้งการส่งเสริมอาชีพนอกภาคการเกษตร ได้แก่ งานหัตถกรรม และส่งเสริมให้เกษตรกรมีการรวมกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชน สหกรณ์การเกษตรในพื้นที่โครงการหลวง และกลุ่มยุวชนเกษตร เป็นต้น เพื่อเป็นการช่วยเหลือซึ่งกันและกันของสมาชิกภายในกลุ่ม และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ (Royal Project Foundation, 2012)

งานวิจัยและพัฒนาฯ มูลนิธิโครงการหลวง ได้เริ่มดำเนินการ และส่งเสริมการปลูกชาให้แก่เกษตรกรในพื้นที่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 มีหลักการพิจารณาจากแหล่งปลูกชาอัสสัมเดิมของเกษตรกร และมีสภาพแวดล้อมของพื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกชา โดยมีหลักการทำงาน คือ การค้นคว้าวิจัยเรื่องพันธุ์ชา การเกษตรกรรมในแปลงปลูก การแปรรูปใบชา และการถ่ายทอดองค์ความรู้เทคโนโลยีการผลิตชาที่ถูกต้อง และเหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ มีการพัฒนาแปลงสาธิตให้กับเกษตรกรผู้สนใจสามารถเข้ามาศึกษาเรียนรู้ และฝึกปฏิบัติ พร้อมกับการนำเทคโนโลยีการผลิต และองค์ความรู้ด้านต่าง ๆ ไปปรับใช้ในพื้นที่ของตนเองได้ จุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาศักยภาพ และทักษะในการผลิตชาของเกษตรกรให้ได้ตามคุณภาพ และการส่งเสริมการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดี

(Good Agricultural Practices: GAP) เพื่อให้ได้มาตรฐาน หรือมีระบบการทำเกษตรปลอดภัย มีการดูแลรักษา แปลงปลูก การป้องกันกำจัดศัตรูพืชแบบผสมผสาน เพื่อลดต้นทุนการผลิต และปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม โดยปัจจุบันการส่งเสริมการผลิตชาของมูลนิธิโครงการหลวงส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ความรับผิดชอบของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงในเขตจังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย

อย่างไรก็ตามปัจจุบันการเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ เช่น การเกิดภาวะภัยแล้ง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ หรือการทวีความรุนแรงของอุทกภัย หรือพายุฝน ทำให้การผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีต้องประสบกับปัญหาในกระบวนการผลิต อาทิ การระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช (Highland Research and Development Institute, 2017) การได้รับความเสียหายจากภัยธรรมชาติ ส่งผลให้คุณภาพผลผลิตไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของระบบการเพาะปลูกที่ดี ดังนั้น การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของมูลนิธิโครงการหลวงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ภายใต้คำถามวิจัย ได้แก่ ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรเป็นอย่างไร เกษตรกรผู้ปลูกชามีการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีอยู่ในระดับใด และมีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร รวมถึงเกษตรกรผู้ปลูกชามีปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะใดบ้างเกี่ยวกับการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดี จะเป็นส่วนหนึ่งสนับสนุนให้มูลนิธิโครงการหลวง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง และหน่วยงานพัฒนาด้านการเกษตรอื่น ๆ มีข้อมูลพื้นฐานเพื่อประกอบการจัดทำนโยบาย แผนงาน และโครงการต่าง ๆ ในการส่งเสริมและยกระดับศักยภาพการผลิตชาภายใต้ระบบเกษตรที่ดีแก่เกษตรกรให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับการปฏิบัติการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย ดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 โดยมีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรผู้ผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีที่เป็นสมาชิกของมูลนิธิโครงการหลวงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย จำนวน 9 แห่ง ในปีการผลิต พ.ศ. 2562-2563 จำนวน 247 คน จากนั้นทำการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่ระดับ 0.05 ได้จำนวนเกษตรกรตัวอย่างจำนวน 153 คน และทำการสุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกชา โดยการสุ่มแบบใช้ความน่าจะเป็นแบบวิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการใช้ตารางเลขสุ่มตามขนาดตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกชาที่ได้ทำการเทียบสัดส่วนในแต่ละแห่ง

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลประเภทปฐมภูมิ ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรผู้ผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดี ในปีการผลิต พ.ศ. 2562-2563 จำนวน 153 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือที่ประกอบไปด้วยข้อคำถามแบบปลายปิด และข้อคำถามแบบปลายเปิด ซึ่งมีรายละเอียดของการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้ 1) ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร 2) การปฏิบัติการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร และ 3) ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร และการปฏิบัติในการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลการปฏิบัติในการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรได้กำหนดให้เกษตรกรระบุคะแนนการปฏิบัติออกเป็น 5 ระดับ คือ 5=ปฏิบัติอยู่ในระดับมากที่สุด 4=ปฏิบัติอยู่ในระดับมาก 3=ปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง 2=ปฏิบัติอยู่ในระดับน้อย และ 1=ปฏิบัติอยู่ในระดับน้อยสุด จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและแบ่งช่วงสำหรับการพิจารณาระดับการปฏิบัติของเกษตรกร ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	ระดับการปฏิบัติ
4.51-5.00	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับมาก
2.51-3.50	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง
1.51-2.50	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับน้อย
1.00-1.50	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับน้อยสุด

2) การวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร ทำการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์พหุคูณถดถอย (Multiple Regression Analysis) ด้วยวิธีการแบบ Enter โดยมีตัวแปรอิสระทั้งหมด 15 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สูงสุด สถานภาพทางการสมรส รายได้จากการปลูกชา จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จำนวนแรงงานในครัวเรือน จำนวนหนี้สินในครัวเรือน จำนวนครั้งที่ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับระบบการเพาะปลูกที่ดี จำนวนครั้งในการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร จำนวนครั้งในการติดต่อกับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกชา จำนวนครั้งในการเข้าร่วมการอบรมระบบมาตรฐานการเพาะปลูกที่ดี

ตำแหน่งทางสังคม มีประสบการณ์การปลูกชาในระบบการเพาะปลูกที่ดี และมีความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดี และตัวแปรตาม 1 ตัวแปร คือ การปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร ซึ่งจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) (Saipatthana and Piyapimonsit, 2004) พบว่าไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดที่มีความสัมพันธ์ (r) สูงกว่า 0.80 ที่ทำให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเองสูง (Multicollinearity) และส่งผลให้เกิดการละเมิดเงื่อนไขของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Prasitratstsin, 2003)

3) การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร ด้วยวิธีการจัดกลุ่มและประเภท (Categorize and Sort)

ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ส่วนที่ 1 และ 2 ได้ใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ในการช่วยบันทึก แปลผล และวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ผลิตชา

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 53 ปี จบการศึกษาสูงสุดในระดับประถมศึกษา มีสถานภาพสมรส มีรายได้จากการปลูกชา

เฉลี่ย 49,740.79 บาทต่อปี มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4 คน มีจำนวนแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 3 คน มีจำนวนหนี้สินในครัวเรือนเฉลี่ย 67,486.84 บาท ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับระบบการเพาะปลูกที่ดีเฉลี่ย 4 ครั้งต่อเดือน มีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี มีการติดต่อกับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกชาโดยเฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี ได้เข้าร่วมการอบรมระบบมาตรฐานการเพาะปลูกที่ดีเฉลี่ย 1 ครั้งต่อปี เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีตำแหน่งทางสังคม มีประสบการณ์การปลูกชาในระบบมาตรฐานการเพาะปลูกที่ดีเฉลี่ย 7 ปี และมีความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีอยู่ในระดับมาก

การปฏิบัติในการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร

ผลการศึกษาการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรพบว่า ค่าเฉลี่ยการปฏิบัติในการผลิตชาของเกษตรกรรวมทุกด้านเท่ากับ 3.88 ซึ่งอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยการปฏิบัติมากที่สุด คือ ด้านการขนย้ายภายในแปลงและการเก็บรักษาผลิตผล ($\bar{X}=4.01$) รองลงมา ได้แก่ ด้านวัตถุดิบทรายทางการเกษตร ($\bar{X}=3.96$) ด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ($\bar{X}=3.93$) ด้านแหล่งน้ำ ($\bar{X}=3.91$) ด้านสุขลักษณะส่วนบุคคล ($\bar{X}=3.88$) ด้านการบันทึกข้อมูลและการตามสอบ ($\bar{X}=3.81$) ด้านการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว ($\bar{X}=3.78$) และด้านพื้นที่ปลูก ($\bar{X}=3.73$) ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Practice of tea production under good agricultural practice of farmers in the Royal Project Foundation in Chiang Mai and Chiang Rai province

(n=153)

Practice of tea production under good agricultural practice of farmers	$\bar{x}$	S.D.	Description
1. Water source	3.91	0.67	High
2. Planting area	3.73	0.70	High
3. Pesticides	3.96	0.66	High
4. Pre-harvest quality management	3.78	0.72	High
5. Harvesting and post-harvest management	3.93	0.67	High
6. Holding, moving produce in planting plot, and storage	4.01	0.79	High
7. Personal hygiene	3.88	0.65	High
8. Record keeping and traceability	3.81	0.72	High
Total	3.88	0.58	High

4.51-5.00 = highest, 3.51-4.50 = high, 2.51-3.50 = moderate, 1.51-2.50 = low, 1.00-1.50 = lowest

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร

ผลการวิเคราะห์การถดถอย พบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม (การปฏิบัติในการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวงจังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย) มีจำนวนทั้งหมด 4 ตัวแปร โดยแบ่งออกเป็นตัวแปรที่มีผลทางบวก 3 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน และตำแหน่งทางสังคม และความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดี ในขณะที่ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ทางสถิติในทางลบจำนวน 1 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนแรงงานในครัวเรือน โดยตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม หรือการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรได้ร้อยละ 40.2 (Table 2) โดยสามารถอธิบายและวิจารณ์ตัวแปรอิสระทั้งหมด 5 ตัวแปร ที่มีผลต่อการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรที่เป็นสมาชิก

มูลนิธิโครงการหลวงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย สามารถอธิบาย ได้ดังนี้

1. จำนวนสมาชิกในครัวเรือนสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่แล้วเกษตรกรที่มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเพิ่มขึ้น 1 คน มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีเพิ่มขึ้น 0.073 คะแนน ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนมากขึ้น เกษตรกรจึงจำเป็นต้องหารายได้เพิ่มมากขึ้นเพื่อเลี้ยงดูสมาชิกในครัวเรือน ซึ่งการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถยกระดับมูลค่าของผลผลิตชาให้สูงขึ้นได้ และที่สำคัญการมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลให้เกษตรกรสามารถมีแรงงานเพื่อใช้ในการผลิตชา ส่งผลให้เกษตรกรมีการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sagarik and Chansukree (2018) ที่ทำการศึกษาผลกระทบของปัจจัยทางเศรษฐกิจ สังคม สถาบัน และการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ภูมิอากาศต่อรายได้และรายจ่าย ในภาคการเกษตรของเกษตรกรไทย พบว่าการเพิ่มของจำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่เป็นผู้สูงอายุ ทำให้เกษตรกรจะต้องรับภาระในการดูแลสมาชิกในครอบครัวที่อยู่ในวัยสูงอายุ ส่งผลให้ครอบครัวที่มีสมาชิกมากกว่าจะมีรายจ่ายคงที่มากกว่า และมีความจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรที่เพิ่มขึ้น

2. การดำรงตำแหน่งทางสังคมสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่แล้วเกษตรกรที่มีตำแหน่งทางสังคมมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีเพิ่มขึ้น 0.260 คะแนน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการส่งเสริมการผลิตพืชผลทางการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวงยังให้ความสำคัญเกี่ยวกับการสร้างความร่วมมือกับผู้นำชุมชน หรือผู้ที่มีตำแหน่งทางสังคมเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างความเชื่อมั่น กระตุ้นหรือเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติให้แก่ประชาชนในชุมชน ดังนั้นจึงอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรผู้ผลิตชาที่ดำรงตำแหน่งทางสังคมมีการพัฒนาการปลูกชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีของตนเองให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมูลนิธิโครงการหลวง เพื่อเป็นต้นแบบเพื่อให้เกษตรกรรายอื่น ๆ เกิดการเชื่อถือและปฏิบัติตามได้ ดังสะท้อนจากการอธิบายของ Intaruccomporn (2017) เกี่ยวกับอิทธิพลของผู้นำชุมชนที่มีต่อการโน้มน้าวความนึกคิดของชาวบ้าน หรือกล่าวอีกนัยทางหนึ่งชาวบ้านมักจะทำตามผู้นำชุมชน โดยนักส่งเสริมการเกษตรสามารถใช้อิทธิพลดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างโอกาสในการส่งเสริมให้เกษตรกรยอมรับนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีทางการเกษตรได้ในอีกทางหนึ่ง

3. ความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่แล้วเกษตรกรที่มีความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีเพิ่มขึ้น 1 คะแนน มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.127 คะแนน เนื่องจากการมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีอาจช่วยให้เกษตรกรสามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดของระบบการเพาะปลูกที่ดี หรือสามารถประเมินการปฏิบัติของตนเองในการผลิตชาให้เป็นไปตามระบบการเพาะปลูกที่ดีตาม

การส่งเสริมของมูลนิธิโครงการหลวงได้อย่างถูกต้องทุกขั้นตอนมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Phuproom and Dangcham (2011) ที่ทำการศึกษาล่าสุดที่มีผลต่อการยอมรับการเกษตรที่ดีที่เหมาะสมของเกษตรกรผู้ปลูกผัก ในอำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี พบว่าเกษตรกรที่มีความรู้เรื่องระบบการจัดการคุณภาพของการเกษตรที่ดีที่เหมาะสมสำหรับพืชอาหารมากขึ้น จะทำให้เกษตรกรมีการยอมรับการเกษตรที่ดีที่เหมาะสมมากขึ้น และเช่นเดียวกับ Kanokhong *et al.* (2018) ที่กล่าวว่าเกษตรกรที่มีความรู้เกี่ยวกับวิธีการปลูกพืชระบบการเพาะปลูกที่ดี (GAP) สูง อาจเกิดการยอมรับวิธีการปลูกพืชระบบการเพาะปลูกที่ดี (GAP) และนำไปปฏิบัติสูงขึ้น

4. จำนวนแรงงานในครัวเรือนสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่แล้วเกษตรกรที่มีจำนวนแรงงานในครัวเรือนเพิ่มขึ้น 1 คน มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของการปฏิบัติการผลิตชาในระบบการเพาะปลูกที่ดีลดลง 0.079 คะแนน โดยการเพิ่มจำนวนแรงงานในครัวเรือนมากขึ้น อาจส่งผลให้การดูแลหรือควบคุมมาตรฐานการผลิตชาให้เป็นไปตามระบบการเพาะปลูกที่ดี ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการการผลิตทางการเกษตรที่มุ่งเน้นให้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ และเกิดความปลอดภัยต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภคเกิดอุปสรรคขึ้น เนื่องจากแรงงานในครัวเรือนบางส่วนอาจไม่มีประสบการณ์เข้ารับการอบรมเกี่ยวกับระบบการเพาะปลูกที่ดี จึงทำให้ขาดความรู้เกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตชาภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดี ทั้งนี้โดยส่วนใหญ่เกษตรกรผู้ผลิตชาที่เป็นสมาชิกโครงการหลวงจะเข้าฝึกอบรมด้วยตนเองในแต่ละครั้ง ดังนั้นการเพิ่มจำนวนแรงงานในการผลิตชาตามมาตรฐานระบบการเพาะปลูกที่ดี อาจต้องคำนึงถึงความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการขาดประสบการณ์เกี่ยวกับระบบการเพาะปลูกที่ดีของแรงงาน ในทางกลับกันถ้าเกษตรกรผู้ผลิตชามีการควบคุมหรือคำนึงถึงการมีทักษะและศักยภาพของแรงงานในครัวเรือนเกี่ยวกับความสามารถในการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดี หรือมีการใช้แรงงานจำนวนที่เหมาะสม ไม่มากจนเกินไป แต่แรงงานในครัวเรือนมีศักยภาพในการผลิตให้เกิดคุณภาพตาม

ระบบการเพาะปลูกที่ดี อาจส่งผลให้การปลูกชาของเกษตรกรมีแนวโน้มที่จะมีการปฏิบัติตามข้อกำหนดของระบบการเพาะปลูกที่ดีเพิ่มขึ้นในทุกขั้นตอน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pettong and Thanaphanyaratchawong (2009) ที่ทำการศึกษายอมรับการปฏิบัติตามระบบการผลิตทางการเกษตรที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับเงาะของเกษตรกร อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยกล่าวว่าจำนวนแรงงานในครัวเรือนมีความสัมพันธ์กับการยอมรับการปฏิบัติตามระบบการผลิตทางการเกษตรที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับเงาะ เนื่องจาก

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยทำให้มีพื้นที่ในการทำการเกษตรกรรมน้อย รวมถึงการมีจำนวนแรงงานจึงน้อยตามไปด้วย ส่งผลให้การปฏิบัติตามระบบการผลิตทางการเกษตรที่ถูกต้องและเหมาะสมทำได้ดีในแต่ละข้อกำหนด ซึ่งเป็นผลมาจากการที่เกษตรกรมีพื้นที่ทำการผลิตน้อย และจำนวนแรงงานมีน้อย ทำให้สามารถช่วยกันดูแล หรือเอาใจใส่ในการผลิตได้อย่างทั่วถึงเพื่อให้ได้ผลผลิตมีคุณภาพ โดยที่ไม่จำเป็นต้องมีการจ้างแรงงานในการผลิตเพิ่ม

Table 2 Factors affecting practice of tea production under good agricultural practice of farmers in the Royal Project Foundation in Chiang Mai and Chiang Rai provinces

Independent variables	Dependent variable		
	Practice of tea production under good agricultural practice of farmers		
	B	t	Sig.
1. Gender	-0.025	-0.279	0.781
2. Age	0.003	0.565	0.573
3. Education level	0.081	0.793	0.429
4. Status	-0.192	-1.579	0.117
5. Tea production income	-1.379E-6	-1.735	0.085
6. Household members	0.073	2.107	0.037*
7. Household workforce	-0.079	-2.049	0.042*
8. Debt	6.435E-7	1.570	0.119
9. Receiving information about planting in GAP system	0.002	0.204	0.839
10. Contact with agricultural extension officers	0.036	1.898	0.060
11. Training on GAP system	-0.006	-0.096	0.923
12. Community board	-0.113	-1.038	0.301
13. Social position	0.260	2.266	0.025*
14. Experience tea production in GAP system	0.007	0.614	0.540
15. Knowledge of tea production in GAP system	0.127	4.462	0.000**
$R^2 = 0.402 (40.20\%)$		$F = 5.303$	$\text{Sig. of } F = 0.000$

* Statistically significant level at 0.05 and ** Statistically significant level at 0.01

ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดี

สำหรับปัญหาในการปฏิบัติการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรมีข้อจำกัดในการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชและวัชพืชในแปลงปลูก เช่น สารเคมีที่สามารถใช้ได้ตามข้อกำหนดมีราคาแพง พื้นที่ที่ใช้เป็นลานตากชาเพื่อลดความชื้นมีไม่เพียงพอ การขาดแคลนแรงงานที่มีทักษะในการแปรรูปชา และแผนการผลิตที่ได้รับจากมูลนิธิโครงการหลวงมีจำนวนลดลง

โดยเกษตรกรส่วนใหญ่เสนอแนะว่าควรมีแผนในการเพิ่มปริมาณการผลิตชาจากมูลนิธิโครงการให้มากขึ้น และควรมีการกำหนดราคาล่วงหน้า เพื่อให้เกษตรกรมีแรงจูงใจในการปฏิบัติการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดี และมีการจัดการผลผลิตที่ดี

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มขึ้นของจำนวนสมาชิกในครัวเรือน การดำรงตำแหน่งทางสังคม และการมีความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีในระดับที่สูงขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยกระดับการปฏิบัติในการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทางกลับกันปัจจัยทางที่มีผลทำให้การปฏิบัติในการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ การเพิ่มขึ้นของจำนวนแรงงานในครัวเรือน โดยปัญหาที่มีผลกระทบต่อการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดี คือ การเกิดข้อจำกัดในการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชและวัชพืชในแปลงปลูก เช่น สารเคมีที่สามารถใช้ได้ตามข้อกำหนดมีราคาแพง พื้นที่ลานที่ใช้ในการตากชาไม่เพียงพอ การขาดแคลนแรงงานที่มีทักษะในการแปรรูปชา และแผนการผลิตที่ได้รับจากมูลนิธิ

โครงการหลวงมีจำนวนน้อยลง โดยข้อเสนอแนะของเกษตรกรในการแก้ไข คือ มูลนิธิโครงการหลวงควรมีแผนในการเพิ่มปริมาณการผลิต และมีกำหนดราคาล่วงหน้า เพื่อให้เกษตรกรมีแรงจูงใจในการจัดการการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดี ให้เป็นไปตามมาตรฐานหรือข้อกำหนดมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงในเขตจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ที่มีการส่งเสริมการผลิตชา ควรมีการดำเนินการจัดฝึกอบรมให้ความรู้ และเพิ่มทักษะเกี่ยวกับการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดี โดยให้ความสำคัญในด้านการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว และด้านพื้นที่ปลูก เช่น การอบรมเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมในประเด็นการเตรียมแปลงปลูก หรือการบำรุงดินให้มีคุณภาพตามมาตรฐานเกษตรที่ดี เป็นต้น เนื่องจากเป็นด้านที่เกษตรกรผู้ผลิตชาไม่ให้ความสำคัญปฏิบัติน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยการปฏิบัติในด้านอื่น ๆ

2. ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงในเขตจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ควรมีการจัดทำโครงการที่มุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพแรงงานทั้งจากในครัวเรือน หรือจากการจ้างเข้ามาสู่กระบวนการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีให้เกิดความเข้าใจ และมีทักษะในการปฏิบัติตามมาตรฐานที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง

3. จากผลการวิจัยพบว่าเกษตรกรที่มีตำแหน่งทางสังคมจะมีระดับการปฏิบัติการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดีเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นในการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการผลิตภายใต้ระบบการเพาะปลูกที่ดี นอกจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงจะดำเนินการส่งเสริมองค์ความรู้โดยตรงกับเกษตรกรผู้ปลูกชาแล้วนั้น ควรสร้างความร่วมมือกับเกษตรกรผู้ปลูกชาที่มีตำแหน่งทางสังคม เช่น ผู้ใหญ่บ้าน ผู้นำชุมชน หรือปราชญ์เกษตรกร เพื่อให้เป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อน

และเป็นต้นแบบสำหรับการเรียนรู้ หรือขยายผลการดำเนินการผลิตภายใต้ระบบเกษตรที่ดีไปยังเกษตรกรรายอื่น ๆ ให้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ และบุคลากรสาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและการพัฒนาชนบท คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการศึกษาวิจัย และการติดต่อประสานงานในการดำเนินงานวิจัยมาโดยตลอด รวมทั้ง ดร.อัญชัย ชมภูพวง หัวหน้าฝ่ายวิจัยและพัฒนา คุณบัณฑิต บัวมาสูง หัวหน้างานวิจัยและพัฒนาฯ และว่าที่ ร.ต.ธวัชชัย ภูมิวงศ์ หัวหน้าศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ตลอดจนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ประจำฝ่ายสถานีวิจัยและศูนย์พัฒนาโครงการหลวง มูลนิธิโครงการหลวง ที่ให้ความกรุณาช่วยเหลือคณะผู้วิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูล และที่สำคัญที่สุดขอขอบคุณเกษตรกรผู้ผลิตในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Highland Research and Development Institute. 2017. **Five-year Master Plan of Royal Project Development Center (2017-2021)**. Chiang Mai: Wanida Karnpim. 163 p. [in Thai]
- Intaruccomporn, W. 2017. **Principles of Agricultural Extension**. Documentation of Teaching Principles of Agricultural Extension. Chiang Mai: Chiangmai University. 92 p. [in Thai]
- Kanokhong, K., N. Rattanawan and P. Jeerat. 2018. Adoption of crop growing methods under the standards of good agricultural practice (GAP) of farmers, Mon Ngo Royal Project Development Center, Mae Tang District, Chiang Mai. **Journal of Agricultural Research and Extension** 36(1): 75-84. [in Thai]
- Pettong, P. and J. Thanaphanyaratchawong. 2009. Adoption of good agricultural practices for rambutan of farmers in Ban Nasan District, Surat Thani Province. **Suranaree Journal of Social Science** 3(2): 109-126. [in Thai]
- Phuproom, W. and S. Dangcham. 2011. Factors Affecting Adoption on Good Agricultural Practice of Vegetable Growers in Photharam District, Ratchaburi Province. pp. 1-11. *In Proceedings of the 1st International Conference on Agricultural Science and Technology, 21-22 July 2011*. Maha Sarakham: Rajabhat Maha Sarakham University. [in Thai]
- Prasitratsin, S. 2003. **Social Research Methodology**. Bangkok: Sam Lada. 711 p. [in Thai]
- Royal Project Foundation. 2012. **Principles and policies**. [Online]. Available http://www.royalprojectthailand.com/vision_mission (January 17, 2021). [in Thai]

Sagarik, D. and P. Chansukree. 2018. The impact of socio-economic, institutional, and climate change factors on agricultural income and expenditure of Thai farmers. **Thai Journal of Public Administration** 16(2): 57-85. [in Thai]

Saipatthana, U. and C. Piyapimonsit. 2004. Collinearity. **Parichart Journal** 17(1): 55-62. [in Thai]

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis**. 3rd. New York: Harper and Row Publication. 1130 p.

การปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังต่อการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง
ในชุมชนห้วยแคน หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา
The Adaptation of Cassava Farmers to the Outbreak of Cassava Mosaic Disease
in Huai Khaen Community, Moo 2, Non Somboon Subdistrict
Soeng Sang District, Nakhon Ratchasima Province

พิมลวรรณ เกตพันธ์^{1*} รพี ดอกไม้เทศ¹ ธำรงค์ เมฆโหรา² และนิติรัตน์ รักสัตย์¹

Pimolwan Katepan^{1*}, Rapee Dokmaithes¹, Thamrong Mekhora² and Nitirat Raksat¹

¹คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

²คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, Thailand 73140

²Faculty of Administration and Management, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520

*Corresponding author: aon400480@gmail.com

Received: August 18, 2022

Revised: July 26, 2023

Accepted: August 15, 2023

Abstract

The cassava mosaic disease has continuously caused trouble to farmers in terms of damage to their yields and farmers' incomes. The purposes of this study were to study; 1) general information and production condition of cassava farmers in Non Somboon subdistrict, 2) cassava mosaic disease impacts on cassava production, 3) cassava farmers' adaptation to the cassava mosaic disease. Mixed methods, including both qualitative and quantitative were analyzed, using questionnaire as the tool to gather the data from 103 cassava farmers in the area of Huai Khaen community, Moo 2, Non Somboon subdistrict, Soeng Sang district, Nakhon Ratchasima province. The result showed that; 1) most farmers (52.43%) were females with an average age of 51.00 years old, finished primary school. A number of family members engaged in cassava production were four people per household, the majority of farmers (63.11%) planted cassava variety Kasetsart 50, the average income was 50,340.15 Baht per household per production cycle, 2) the effect of cassava mosaic disease consisted of two aspects, they were economic effects in terms of crop damaged and product decline and social effects in terms of community conflicts and the change of occupation, 3) cassava farmers' adaptation to cassava mosaic disease consisted of 3 aspects, they were production adaptation, i.e. changes in crop maintenance and changes in planting time; occupation adaptation, i.e. planting mixed crops and changing crops; and problem-solving adaptation, i.e. changes in cassava stem management and the

source of the stem, and monitoring of cassava mosaic disease situation and forecasting the effects in advance. The multiple regression analysis revealed that farmer income would be explained by the adaptation variables 61.40%

Keywords: adaptation, Huai Khaen community, cassava, cassava mosaic disease

บทคัดย่อ

โรคใบด่างมันสำปะหลังสร้างความเดือดร้อนให้แก่เกษตรกรในด้านของความเสียหายต่อปริมาณผลผลิตและรายได้ของเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ข้อมูลพื้นฐานและสภาพการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ตำบลโนนสมบูรณ์ 2) ผลกระทบการเกิดโรคใบด่างมันสำปะหลังต่อเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง 3) การปรับตัวของเกษตรกรต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง การวิจัยแบบผสมผสานทั้งการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ชุมชนห้วยแคน หมู่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 103 ราย ผลการศึกษาพบว่า 1) กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ (ร้อยละ 52.43) เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 51.00 ปี มีการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 39.81) มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนในการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 4 คนต่อครัวเรือน เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 63.11) ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และมีรายได้เฉลี่ย 50,340.15 บาทต่อครัวเรือนต่อการอบการผลิต 2) ผลกระทบจากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังประกอบด้วย 2 ด้าน คือ ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ เกษตรกรได้รับผลกระทบในด้านของผลผลิตเสียหาย และเกษตรกรได้รับผลกระทบในด้านของปริมาณผลผลิตลดลง ส่วนผลกระทบด้านสังคม ได้แก่ เกษตรกรประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงอาชีพ และเกษตรกรประสบปัญหาการขัดแย้ง 3) การปรับตัวของเกษตรกรประกอบด้วย 3 ด้าน คือ การปรับตัวด้านการ

ผลิต ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงด้านการดูแลรักษาและการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาในการปลูกมันสำปะหลัง การปรับตัวด้านอาชีพ ได้แก่ การปลูกพืชผสมผสานและการเปลี่ยนพืชที่ปลูก และการปรับตัวในการแก้ไขปัญหา ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงในด้านของการบริหารจัดการท่อนพันธุ์และแหล่งที่มา และการเปลี่ยนแปลงในด้านของการติดตามสถานการณ์โรคใบด่าง มันสำปะหลังและการคาดการณ์ล่วงหน้า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบปกติ พบว่า รายได้ของเกษตรกรสามารถอธิบายด้วยตัวแปรจากการปรับตัวของเกษตรกรจากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังที่เกิดขึ้น โดยมีค่าประสิทธิภาพในการทำนายที่ปรับแล้วเท่ากับร้อยละ 61.40

คำสำคัญ: การปรับตัว ชุมชนห้วยแคน มันสำปะหลัง โรคใบด่างมันสำปะหลัง

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยสามารถปลูกได้ดีในสภาพแห้งแล้งของประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยสามารถผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย แต่สามารถส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 1 ของโลก (Office of Agricultural Economics, 2018) สำหรับการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังปี พ.ศ. 2564 (ม.ค.-พ.ย.) มีมูลค่าการส่งออก 110,036.79 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2563 ร้อยละ 47.05 ซึ่งมีมูลค่าการส่งออก 74,828.68 ล้านบาท โดยตลาดส่งออกสูงสุด

5 อันดับแรก ได้แก่ ประเทศจีน ญี่ปุ่น ไต้หวัน สหรัฐอเมริกา และอินโดนีเซีย (Department of International Trade Promotion, 2021)

ปัญหาในการปลูกมันสำปะหลัง มักพบปัญหาเกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลัง หรือ Cassava mosaic disease (CMD) เกิดจากเชื้อโรค Cassava mosaic virus จัดอยู่ในสกุล Begomovirus วงศ์ Geminiviridae ปัจจุบันมีรายงานทั้งหมด 10 ชนิด ซึ่งเป็นไวรัสที่พบในทวีปแอฟริกา 8 ชนิด และเป็นไวรัสที่พบในทวีปเอเชีย 2 ชนิด ได้แก่ Indian cassava mosaic virus (ICMV) พบในประเทศอินเดีย และ SriLankan cassava mosaic virus (SLCMV) พบในประเทศศรีลังกา อินเดีย เวียดนาม และกัมพูชา ซึ่งลักษณะอาการของโรคใบด่างมันสำปะหลังที่สำคัญ คือ ใบด่าง ใบหงิก เสียวรูปทรงอาการต่างมีหลายแบบ เช่น ด่างเขียวขีดสลับเขียวเข้ม ด่างเหลืองสลับเขียว ใบหงิก หรือหงิกเหลือง ใบย่อยบิดเบี้ยว หงิกงอ โค้งเสียวรูปทรง ใบอ่อนและใบที่เจริญใหม่มีขนาดเล็กลง ยอดหงิก ต้นแคระแกร็น เป็นต้น สำหรับประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2561 กรมวิชาการเกษตรรายงานว่า พบโรคใบด่างมันสำปะหลังระบาดในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี สุรินทร์ และศรีสะเกษ ต่อมาในปี พ.ศ. 2562 พบว่าต้นมันสำปะหลังแสดงอาการใบด่างที่จังหวัดสระแก้ว (Office of Agricultural Economics, 2020) ซึ่งการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังสามารถแพร่ระบาดได้โดยท่อนพันธุ์และแมลงห้ำขาวยาสูบ (*Bemisia tabaci*)

ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ทั้งสิ้น 4 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 2,500 ไร่ ประชาชนในเขตตำบลโนนสมบูรณ์ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเกษตร เช่น ทำนา ทำไร่ ทำสวน และเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น ส่วนผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง มันสำปะหลัง อ้อย และอื่น ๆ (Non Somboon Subdistrict Municipality, 2019)

จากข้อมูลของ Office of Agricultural Economics (2020) พบว่าตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดนครราชสีมา เป็นพื้นที่หนึ่งที่เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังต้องพบกับปัญหาโรคใบด่างมันสำปะหลัง นอกเหนือจากนั้น ในปี พ.ศ. 2565 ยังพบสถานการณ์การระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา ในพื้นที่ 28 อำเภอ จำนวน 76,155 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.4 ของพื้นที่ โดยพบการระบาดในหลายอำเภอ อาทิ อำเภอลำทะเมนชัย มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งสิ้น 114,366 ไร่ ประสบกับการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังทั้งสิ้น 3,822 ไร่ (Chanrangsi, 2022) ซึ่งเมื่อเกิดปัญหาดังกล่าว จึงสร้างความเดือดร้อนให้แก่เกษตรกร ในด้านของควมเสียหายต่อปริมาณผลผลิตและรายได้ของเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงในด้านเศรษฐกิจและสังคม

Rogers (1942) กล่าวว่า การปรับตัวของบุคคลนั้นซึ่งธรรมชาติและทุกคนมีประสบการณ์ โดยที่ทุกคนเป็นศูนย์กลางของประสบการณ์ต่าง ๆ รอบตัวจากการรับรู้และการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น โดยมีการประเมินผลในขณะที่ Havighurst (1953) กล่าวว่า การปรับตัวคือการที่บุคคลได้ปรับตัวเองจนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ และการพัฒนางานประจำวันของตัวเองให้ผ่านพ้นไปด้วยดี จึงอาจกล่าวได้ว่าการปรับตัวของเกษตรกรน่าจะหมายถึง การปรับตัวของเกษตรกรต่อการดำเนินกิจการเลี้ยงชีพ และการสร้างมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ภายใต้การเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ สังคม และเศรษฐกิจใหม่ ๆ เพื่อให้อยู่รอดและดำรงได้อย่างปลอดภัย ดังนั้น จึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการวิจัยเชิงผสมผสาน (Mixed methodology) ทั้งการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) ควบคู่กัน ดังแสดงใน Figure 1

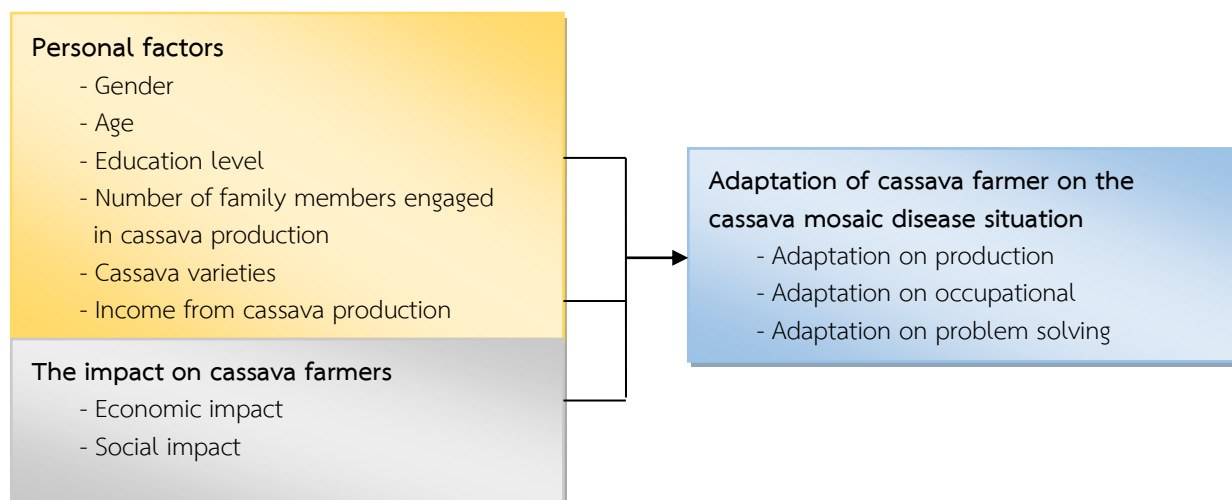


Figure 1 Research conceptual framework

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากมันสำปะหลังจัดเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่งในพื้นที่ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา (Non Somboon Subdistrict Municipality, 2019) และจากข้อมูลของ Office of Agricultural Economics (2020) พบว่า ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา เป็นพื้นที่หนึ่งที่เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังเผชิญกับปัญหาโรคใบด่างมันสำปะหลัง ทำให้ผลผลิตไม่สมบูรณ์มากที่สุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกพื้นที่ดังกล่าวในการศึกษาเกี่ยวกับการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ในการศึกษา คือ เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ชุมชนห้วยแคน หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 138 ราย

กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ชุมชนห้วยแคน หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 103 ราย โดยคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ Yamane (1967) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยคำนึงถึงคุณสมบัติที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา คือ เป็นเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ชุมชนห้วยแคน หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ และเป็นเกษตรกรที่ยินดีให้ข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกจากหัวหน้าครัวเรือนที่ปลูกมันสำปะหลังหรือตัวแทนของครัวเรือนที่มีบทบาทในการปลูกมันสำปะหลัง ในพื้นที่หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564

เครื่องมือที่ใช้ในวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structure interview) ประกอบด้วยคำถามแบบปลายปิดและปลายเปิด มีทั้งหมด 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานและสภาพการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรในสถานการณ์โรคใบด่าง ส่วนที่ 2 ผลกระทบของเกษตรกรจากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลัง และส่วนที่ 3 การปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังต่อโรคใบด่างมันสำปะหลังที่เกิดขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยนำเสนอข้อมูลในรูปตารางประกอบด้วยความเรียงแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในรูปของการแจกแจงความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) รวมทั้งการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบปกติ (Enter multiple regression analysis) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับตัวของเกษตรกรจากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังที่เกิดขึ้นกับรายได้ของเกษตรกร

ผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานและสภาพการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในสถานการณ์โรคใบด่าง

ข้อมูลพื้นฐานและสภาพการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังต่อสถานการณ์โรคใบด่าง ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรศึกษาในภาพรวมเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 52.43) และเป็นเพศชาย (ร้อยละ 47.57)

อายุของเกษตรกรโดยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 73.79) เป็นวัยแรงงานช่วงอายุระหว่าง 15-59 ปี และเป็นวัยพึ่งพิงอายุ 60 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 26.21) โดยมีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 51.00 ปี

ระดับการศึกษาสูงสุด พบว่าเกษตรกรมีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา (ร้อยละ 39.81) รองลงมา มีระดับการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ร้อยละ

21.36) มีระดับการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (ร้อยละ 17.48) ไม่เคยเรียนหนังสือ (ร้อยละ 6.80) มีระดับการศึกษาชั้นปวส. หรืออนุปริญญาหรือเทียบเท่า (ร้อยละ 5.83) มีระดับการศึกษาชั้นปวช. (ร้อยละ 4.85) และมีการศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี (ร้อยละ 3.88)

จำนวนสมาชิกในครัวเรือนในการปลูกมันสำปะหลัง พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 53.40) มีจำนวนสมาชิกในการปลูกมันสำปะหลัง 1-2 คน รองลงมา มีจำนวนสมาชิกในการปลูกมันสำปะหลัง 3-4 คน (ร้อยละ 24.27) มีจำนวนสมาชิกในการปลูกมันสำปะหลัง 5-6 คน (ร้อยละ 15.53) และมีจำนวนสมาชิกในการปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 6 คน (ร้อยละ 6.80) โดยมีจำนวนสมาชิกในการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 4 คนต่อครัวเรือน ซึ่งจากการสัมภาษณ์พบว่า เกษตรกรมีการใช้แรงงานในครัวเรือนเป็นแรงงานสำคัญในการปลูกมันสำปะหลัง ในสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังซึ่งถือเป็นการประหยัดค่าจ้างแรงงาน สำหรับเกษตรกรบางรายที่มีการจ้างแรงงานมาช่วยต้องจ่ายค่าจ้างแรงงานเป็นรายวันเท่ากับ 300 บาทต่อคนต่อวัน

พันธุ์มันสำปะหลัง พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 63.11) ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 รองลงมา ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86 (ร้อยละ 27.18) ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ร้อยละ 6.80) และปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 (ร้อยละ 2.91) ซึ่งจากการสัมภาษณ์พบว่า พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 สามารถต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลังได้ค่อนข้างสูงกว่าพันธุ์ห้วยบง 60 (Tapioca Development Institute, 2017)

รายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนจากการปลูกมันสำปะหลัง คือ 50,340.15 บาทต่อครัวเรือนต่อรอบการผลิต โดยมีรายได้เฉลี่ย 30,001-50,000 บาทต่อครัวเรือนต่อรอบการผลิต (ร้อยละ 36.89) รองลงมา มีรายได้เฉลี่ย 50,001-80,000 บาทต่อครัวเรือนต่อรอบการผลิต (ร้อยละ 32.04) มีรายได้เฉลี่ยน้อยกว่า 30,000 บาทต่อครัวเรือนต่อรอบการผลิต (ร้อยละ 19.42) และมีรายได้เฉลี่ยมากกว่า 80,000 บาทต่อครัวเรือนต่อรอบการผลิต (ร้อยละ 11.65)

ผลกระทบของเกษตรกรจากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลัง

ผลกระทบจากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกรแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ และผลกระทบด้านสังคม

ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ

ผลกระทบด้านเศรษฐกิจในภาพรวม พบว่าเกษตรกรทั้งหมด (ร้อยละ 100.00) ได้รับผลกระทบในด้านของผลผลิตทางการเกษตรเสียหายมากที่สุด รองลงมาคือ ได้รับผลกระทบในด้านของปริมาณผลผลิตลดลง (ร้อยละ 78.64) และได้รับผลกระทบในด้านของต้นทุนการผลิตสูงขึ้น (ร้อยละ 40.78)

ผลกระทบด้านสังคม

ผลกระทบด้านสังคม พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.93) ประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงอาชีพ รองลงมาประสบปัญหาการขัดแย้ง (ร้อยละ 31.07) ซึ่ง

จากการสัมภาษณ์พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงอาชีพมากที่สุด จากการที่เกษตรกรไม่มีองค์ความรู้และการแข่งขันสูง เนื่องจากเกษตรกรบางรายมีการหาอาชีพเสริมระหว่างพักการปลูกมันสำปะหลัง โดยการเปิดร้านจำหน่ายข้าวแกง ก๋วยเตี๋ยว และเครื่องดื่ม โดยมีการคิดสูตรในการทำก๋วยเตี๋ยวที่จำหน่ายเอง ในขณะที่ร้านก๋วยเตี๋ยวในพื้นที่หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์มีหลายร้าน ร้านจำหน่ายเครื่องดื่มบางร้านมีการซื้อแฟรนไชส์ เช่น ชาพะเยาอม เป็นต้น ส่งผลให้เกษตรกรบางรายที่มีการหาอาชีพเสริมระหว่างพักการปลูกมันสำปะหลัง โดยการเปิดร้านจำหน่ายข้าวแกง ก๋วยเตี๋ยว และเครื่องดื่ม ประสบกับปัญหาการแข่งขันสูง บางรายจึงต้องกับเผชิญกับสภาวะขาดทุนและต้องปิดกิจการในที่สุด เนื่องจากขาดองค์ความรู้ในการวางแผนก่อนการลงทุน เช่น การตั้งราคาจำหน่ายสินค้าและการเลือกทำเลที่ตั้งร้าน เป็นต้น ส่งผลให้เกิดปัญหาที่ตามมา คือ เกษตรกรไม่มีต้นทุนในการเปลี่ยนแปลงอาชีพ (Table 1)

Table 1 Details of economic impact and social impact

(n = 103)		
Economic impact	Frequency	Percentage
Damaged products	103	100.00
Amount of the product declined	81	78.64
Higher production cost	42	40.78
Social impact	Frequency	Percentage
Problems of career change	71	68.93
from farmers lacking knowledge and high competing for the job		
Conflicts	32	31.07

Source: Field survey data (2021)

การปรับตัวของเกษตรกรจากสถานการณ์โรคใบด่าง มันสำปะหลังที่เกิดขึ้น

การปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง
ต่อสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังในชุมชนห้วยแคน
ผู้วิจัยได้แบ่งลักษณะของการปรับตัวของเกษตรกร
ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การปรับตัวด้านการผลิต การ
ปรับตัวด้านอาชีพ และการปรับตัวในการแก้ไขปัญหา
โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การปรับตัวของเกษตรกรด้านการผลิต

การปรับตัวด้านการผลิตแบบไม่มีการ
เปลี่ยนแปลง พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 69.90)
ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราท่อนพันธุ์ที่ใช้ รองลงมาคือ
ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการปลูกมันสำปะหลัง
(ร้อยละ 64.08) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาการเพาะปลูก
มันสำปะหลัง (ร้อยละ 61.17) และไม่มีการเปลี่ยนแปลง
ด้านการดูแลรักษามันสำปะหลัง (ร้อยละ 48.54)

การปรับตัวด้านการผลิตแบบมีการเปลี่ยนแปลง
พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 51.46) มีการ
เปลี่ยนแปลงด้านการดูแลรักษามันสำปะหลัง รองลงมา
คือ มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาการเพาะปลูกมันสำปะหลัง
(ร้อยละ 38.83) มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการปลูก
มันสำปะหลัง (ร้อยละ 35.92) และมีการเปลี่ยนแปลง
อัตราการใช้ท่อนพันธุ์ (ร้อยละ 30.10)

จากการสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่าการปรับตัว
ด้านการผลิตของเกษตรกรส่วนใหญ่ คือ การเปลี่ยนแปลง
ในด้านของอัตราท่อนพันธุ์ที่ใช้ เนื่องจากโรคใบด่าง
มันสำปะหลังสามารถแพร่ระบาดได้รวดเร็วโดยท่อนพันธุ์
โดยมีแมลงหีขาวยาสูบเป็นพาหะนำโรค ตลอดจนมีการ
เปลี่ยนแปลงรูปแบบการปลูกมันสำปะหลัง เช่น การไถ
แบบยกร่อง ระยะปลูกจากปกติปลูกที่ระยะระหว่างแถว
100 ซม. ระหว่างต้น 70 ซม. เปลี่ยนเป็นปลูกที่ระยะ
ระหว่างแถว 120 ซม. ระหว่างต้น 80 ซม. เป็นต้น

การปรับตัวของเกษตรกรด้านอาชีพ

การปรับตัวด้านอาชีพแบบไม่มีการเปลี่ยนแปลง
พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 67.96) ไม่มีการ
เปลี่ยนแปลงในด้านของการหาอาชีพเสริมระหว่างพักการ
ปลูกมันสำปะหลัง รองลงมาคือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
ในด้านของการเปลี่ยนอาชีพอย่างถาวร (ร้อยละ 66.02)
ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านของการเปลี่ยนพืชที่ปลูก
(ร้อยละ 64.08) และไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านของการ
ปลูกพืชผสมผสาน (ร้อยละ 60.19)

การปรับตัวด้านอาชีพแบบมีการเปลี่ยนแปลง
พบว่าเกษตรกรมีการเปลี่ยนแปลงในด้านของการปลูกพืช
ผสมผสาน (ร้อยละ 39.81) มีการเปลี่ยนแปลงในด้านของ
การเปลี่ยนพืชที่ปลูก (ร้อยละ 35.92) มีการเปลี่ยนแปลง
ในด้านของการเปลี่ยนอาชีพอย่างถาวร (ร้อยละ 33.98)
และมีการเปลี่ยนแปลงในด้านของการหาอาชีพเสริม
ระหว่างพักการปลูกมันสำปะหลัง (ร้อยละ 32.04)

การปรับตัวของเกษตรกรในการแก้ไขปัญหา

การปรับตัวในการแก้ไขปัญหาแบบไม่มีการ
เปลี่ยนแปลง พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 58.25)
ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านของการวางแผนการ
เพาะปลูกมันสำปะหลัง รองลงมาคือ ไม่มีการ
เปลี่ยนแปลงในด้านของการติดตามสถานการณ์โรคใบด่าง
มันสำปะหลัง (ร้อยละ 56.31) และไม่มีการเปลี่ยนแปลง
ในด้านของการบริหารจัดการท่อนพันธุ์และแหล่งที่มา
(ร้อยละ 53.40)

การปรับตัวในการแก้ไขปัญหาแบบมีการ
เปลี่ยนแปลง พบว่าเกษตรกรมีการเปลี่ยนแปลงในด้าน
ของการบริหารจัดการท่อนพันธุ์และแหล่งที่มา (ร้อยละ
46.60) รองลงมาคือ มีการเปลี่ยนแปลงในด้านของการ
ติดตามสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังและการ
คาดการณ์ล่วงหน้า (ร้อยละ 43.69) และมีการ
เปลี่ยนแปลงในด้านของ การวางแผนการเพาะปลูก
มันสำปะหลัง (ร้อยละ 41.75) (Table 2)

Table 2 Adaptation of cassava farmer on the cassava mosaic disease situation

(n = 103)

Adaptation of cassava farmer on the cassava mosaic disease	Unchanged		Changed	
	Frequency	Percent	Frequency	Percent
Adaptation on production				
- Changes in cassava planting time	63	61.17	40	38.83
- Changes in cassava cultivation pattern	66	64.08	37	35.92
- Changes in quantity of cassava stem	72	69.90	31	30.10
- Changes in maintenance	50	48.54	53	51.46
Adaptation on occupation				
- Career change permanently	68	66.02	35	33.98
- Changing crops	66	64.08	37	35.92
- Planting mixed crops	62	60.19	41	39.81
- Finding a supplementary occupation during the cassava planting break	70	67.96	33	32.04
Adaptation on problem solving				
- Production planning	60	58.25	43	41.75
- Monitoring of cassava mosaic disease situation and forecasting in advance	58	56.31	45	43.69
- Management in part of stem and source of stem	55	53.40	48	46.60

Source: Field survey data (2021)

**ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับตัวของเกษตรกร
จากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังที่เกิดขึ้นกับรายได้**
จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการวิเคราะห์
การถดถอยพหุคูณแบบปกติ (Enter multiple
regression analysis) พบว่ารายได้ของเกษตรกร (Y)
สามารถอธิบายด้วยตัวแปรจากการปรับตัวของเกษตรกร

จากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังที่เกิดขึ้น โดยมีค่า
ประสิทธิภาพในการทำนายที่ปรับแล้ว (Adjusted
square) เท่ากับร้อยละ 61.40 ค่า Durbin-Watson
เท่ากับ 2.25 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์อัตโนมัติ
(Autocorrelation) (Prasithrathsint, 1997) (Table 3)

Table 3 Enter multiple regression analysis on relationship between income and variables

Variable	b	Beta	t-value
Constant	46,984.49		14.02**
Adaptation on production (X_1)	8,988.98	0.227	2.25*
Adaptation on occupation (X_2)	1,139.00	0.028	0.28
Adaptation on problem solving (X_3)	-1,576.33	-0.040	-0.41
R² = 0.798; Adjusted R² = 0.614; SEE = 200.882; F-Value = 19.447			

Source: Field survey data (2021) and calculations; Dependent Variable: Income ** $p \leq 0.01$, * $p \leq 0.05$

จาก Table 3 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการปรับตัวของเกษตรกรจากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังที่เกิดขึ้นกับรายได้ของเกษตรกรด้วยวิธี Enter ได้สมการ (3) ในรูปคะแนนดิบหรือค่าจริง ดังนี้

$$\text{Income} = 46,984.49 + 8,988.98X_1 + 1,139.00X_2 - 1,576.33X_3$$

(14.02**) (2.25*) (0.28) (-0.41) (3)

** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าในวงเล็บคือค่า t-value ของค่าสัมประสิทธิ์ โดยสามารถอธิบายผลการวิเคราะห์ ได้ดังนี้

ค่าประมาณการสัมประสิทธิ์ของการปรับตัวด้านการผลิตมีเครื่องหมายในทิศทางบวก แสดงว่าเมื่อเกษตรกรมีการปรับตัวด้านการผลิตเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซนต์ จะส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 8,988.98 บาท โดยเฉลี่ย เนื่องจากเมื่อเกษตรกรในชุมชนห้วยแคนมีการปรับตัวในด้านการผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ทั้งในส่วนของช่วงเวลา การเพาะปลูก รูปแบบการปลูก และอัตราท่อนพันธุ์ที่ใช้ ตลอดจนการดูแลรักษามันสำปะหลัง จะส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงในด้านของอัตราท่อนพันธุ์ที่ใช้และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการปลูกมันสำปะหลัง จะส่งผลให้เกษตรกรได้ผลผลิตมันสำปะหลังในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เกษตรกรจึงมีรายได้เพิ่มมากขึ้น

ค่าประมาณการสัมประสิทธิ์ของการปรับตัวด้านอาชีพมีเครื่องหมายในทิศทางบวก แสดงว่าเมื่อเกษตรกรมีการปรับตัวด้านอาชีพเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซนต์ จะส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 1,139.00 บาทโดยเฉลี่ย เนื่องจากระหว่างพักการปลูกมันสำปะหลัง เกษตรกรในชุมชนห้วยแคนจะมีการปรับตัวด้านอาชีพเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการหาอาชีพเสริมระหว่างพักการปลูกมันสำปะหลังโดยการรับจ้างทั่วไป เช่น รับจ้างปลูกข้าวโพดหวานหรือข้าวโพดอาหารสัตว์ และรับเหมาก่อสร้าง ในช่วงที่ว่างจากการทำไร่ ตลอดจนการปลูกพืชผสมผสาน หลังจากเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งโดยปกติเกษตรกรในชุมชนห้วยแคน จะปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ที่มีอายุเก็บเกี่ยว 102 วัน หลังจากเสร็จสิ้นจากการเก็บเกี่ยวข้าวโพดอาหารสัตว์จึงเริ่มเข้าสู่ฤดูกาลเพาะปลูกมันสำปะหลัง จึงส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรในชุมชนห้วยแคนเพิ่มขึ้น

ค่าประมาณการสัมประสิทธิ์ของการปรับตัวในการแก้ไขปัญหามีเครื่องหมายในทิศทางลบ แสดงว่าเมื่อเกษตรกรมีการปรับตัวในการแก้ไขปัญหาเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซนต์ จะส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรลดลง 1,576.33 บาทโดยเฉลี่ย เนื่องจากเกษตรกรในชุมชนห้วยแคนมีการปรับตัวในด้านการแก้ไขปัญหา ทั้งในส่วนของวางแผนการเพาะปลูกมันสำปะหลัง การติดตาม

สถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลัง ตลอดจนการคาดการณ์ล่วงหน้าและการจัดบริหารจัดการท่อนพันธุ์และแหล่งที่มา จึงส่งผลให้เกษตรกรต้องเผชิญกับต้นทุนในการผลิตที่เพิ่มขึ้น ซึ่งโดยปกติเกษตรกรในชุมชนห้วยแคนจะดำเนินการเพาะปลูกมันสำปะหลังก่อนฤดูฝน หากทำการเพาะปลูกในช่วงฤดูฝนจะส่งผลให้เกษตรกรจัดการกับวัชพืชได้ยาก เนื่องจากเกษตรกรใช้สารกำจัดวัชพืชแล้วหากฝนตกลงมาจะทำให้กำจัดวัชพืชได้ยาก เกษตรกรจึงเปลี่ยนรอบการเพาะปลูกมันสำปะหลังเป็นช่วงปลายฤดูฝนแทน ทำให้สามารถจัดการวัชพืชได้ง่ายขึ้น ในขณะที่บางปีฝนไม่ตกทำให้เกษตรกรไม่สามารถใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังได้ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยต้องมีปริมาณน้ำฝนที่เพียงพอ เกษตรกรบางรายจึงเปลี่ยนมาฉีดพ่นปุ๋ยทางใบแทนการใส่ปุ๋ยเม็ดส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณผลผลิตมีน้อยกว่าปีที่ฝนตกปกติเกษตรกรจึงมีรายได้ลดลง รวมทั้งหากเดิมเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง และมีการติดตามสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังตลอดจนการคาดการณ์ล่วงหน้า ทำให้เกษตรกรตระหนักว่าโรคใบด่างมันสำปะหลังเกิดจากท่อนพันธุ์และแมลงหริ่งขาวยาสูบ ส่งผลให้เกษตรกรมีการใช้ยาฆ่าแมลงกำจัดแมลงหริ่งขาวยาสูบเพิ่มขึ้น เป็นผลให้รายได้ของเกษตรกรลดลงเนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น

วิจารณ์ผลการวิจัย

การปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในชุมชนห้วยแคน หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา กรณีไม่มีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tannin and Prachonpachanuk (2014) ซึ่งพบว่าการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าวไม่มีความสัมพันธ์กับศัตรูพืชระบาดหรือมีการปรับตัวบ้างเล็กน้อย เนื่องจากโดยภาพรวมปัญหาของเกษตรกรไม่มีความสัมพันธ์กับการปรับตัวของเกษตรกร ส่วนการปรับตัวในการแก้ไขปัญหาแบบมีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thamma-apipon and

Sitthiphakdee (2017) ค้นพบว่าเกษตรกรมีการปรับตัวใน 3 ลักษณะ คือ 1) การปลูกพืชแบบผสมผสานร่วมกับมั่งคุดแทนการปลูกมั่งคุดเพียงอย่างเดียว โดยปลูกร่วมกับเงาะและทุเรียน 2) การหาอาชีพเสริมระหว่างพักการปลูกมั่งคุด แต่ยังคงประกอบอาชีพเกษตรกรรมอยู่เช่นเดิม เช่น การขับรถรับส่งนักเรียน การรับทำไม้กวาด การรับจ้างผ่าหมากและसानใบจาก ตลอดจนการค้าขายเป็นต้น และ 3) การเปลี่ยนแปลงอาชีพในระยะสั้นหากเกิดจากผลกระทบด้านเศรษฐกิจ เช่น การรับจ้างทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังต่อสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลัง: กรณีศึกษาชุมชนห้วยแคน หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ข้อมูลพื้นฐานและสภาพการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ตำบลโนนสมบูรณ์ 2) ผลกระทบของการเกิดโรคใบด่างมันสำปะหลังต่อเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง 3) การปรับตัวของเกษตรกรต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง ผลการศึกษาพบว่า 1) เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ชุมชนห้วยแคนส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง โดยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 73.79) เป็นวัยแรงงานมีช่วงอายุระหว่าง 15-59 ปี และมีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 51.00 ปี มีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนในการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 4 คนต่อครัวเรือนส่วนใหญ่ ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และมีรายได้จากการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 50,340.15 บาทต่อครัวเรือนต่อรอบการผลิต 2) ผลกระทบจากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรได้รับผลกระทบ 2 ด้าน คือ ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ ผลกระทบในด้านของผลผลิตทางการเกษตรเสียหาย และผลกระทบในด้านของปริมาณผลผลิตลดลง และ

ผลกระทบด้านสังคม ได้แก่ ปัญหาการเปลี่ยนแปลงอาชีพ และปัญหาการขัดแย้ง 3) การปรับตัวของเกษตรกรจากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังที่เกิดขึ้น แบ่งลักษณะของการปรับตัวของเกษตรกรออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การปรับตัวด้านการผลิต การปรับตัวด้านอาชีพ และการปรับตัวในการแก้ไขปัญหา เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการปรับตัวของเกษตรกรในชุมชนห้วยแคนจากสถานการณ์โรคใบด่างมันสำปะหลังที่เกิดขึ้นกับรายได้พบว่าเมื่อเกษตรกรมีการปรับตัวด้านการผลิตและการปรับตัวด้านอาชีพเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อเกษตรกรมีการปรับตัวในการแก้ไขปัญหาเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรลดลง

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในชุมชนห้วยแคน หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา ควรมีการปรับตัวในด้านการผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ทั้งในส่วนของช่วงเวลาการเพาะปลูก รูปแบบการปลูก และอัตราท่อนพันธุ์ที่ใช้ ตลอดจนการดูแลรักษามันสำปะหลัง ซึ่งจะส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงในด้านของอัตราท่อนพันธุ์ที่ใช้ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการปลูกมันสำปะหลัง และควรมีศึกษาพันธุ์มันสำปะหลังที่มีความต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลังก่อนเลือกปลูก เพื่อให้เกษตรกรได้ผลผลิตมันสำปะหลังในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและมีรายได้เพิ่มมากขึ้น

2. เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในชุมชนห้วยแคน หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา ควรมีการปรับตัวด้านอาชีพเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการหาอาชีพเสริมระหว่างพักการปลูกมันสำปะหลังโดยการรับจ้างทั่วไป เช่น รับจ้างปลูกข้าวโพดหวานหรือข้าวโพดอาหารสัตว์ และรับเหมาก่อสร้างในช่วงที่ว่างจากการทำไร่ เป็นต้น ตลอดจนการปลูกพืชผสมผสานหลังจากเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง เพื่อให้เกษตรกรในชุมชนห้วยแคนมีรายได้เพิ่มขึ้น

3. เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรมีแนวปฏิบัติและมาตรการรองรับเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรที่เป็นแบบแผนชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังชุมชนห้วยแคน หมู่ที่ 2 ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา ตลอดจนผู้ใหญ่บ้านที่กรุณาให้การสนับสนุนและให้ข้อมูลต่าง ๆ ช่วยให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Chanrangsi S. 2022. Korat speeds up control of spotted leaf disease after an outbreak was found in 28 districts. **Korat Daily** 48(2744): 14-27 September 2022. [in Thai]
- Department of International Trade Promotion. 2021. **Cassava Products**. Bangkok: Mimeographed. 2 p. [in Thai]
- Havighurst, R.J. 1953. **Human Development and Education**. Oxford: Longmans, Green. 135 p.
- Non Somboon Subdistrict Municipality. 2019. **Local Development Plan (2018-2022) Non Somboon Subdistrict Municipality, Soeng Sang District, Nakhon Ratchasima Province**. Nakhon Ratchasima Province: Mimeographed. 65 p. [in Thai]

- Office of Agricultural Economics. 2018. **The Economic Potentials of Agricultural Commodities to the ASEAN Economic Community: A Case Study of Cassava.** Bangkok: Mimeographed. 293 p. [in Thai].
- _____. 2020. **Analysis of the situation of cassava mosaic disease.** [Online]. Available <https://www.nabc.go.th/disaster/baidang>. (May 10, 2022). [in Thai]
- Prasithrathsint, S. 1997. **Multivariate Analysis Techniques for Social and Behavioral Science Research.** Bangkok: Lieng Chiang Printing House. 579 p. [in Thai].
- Rogers, C.R. 1942. **Counseling and Psychotherapy; Newer Concepts in Practice.** New York: Houghton Mifflin 450 p.
- Tannin, S. and P. Prachonpachanuk. 2014. The adaptation to the problems of farmers cultivating coconut in Thap Sakae district, Prachuap Khiri Khan province. **Journal of Social Science and Humanities** 40(1): 114-127. [in Thai]
- Tapioca Development Institute. 2017. **Characteristics, Limitations and Brief History of Cassava Varieties.** Bangkok: Mimeographed. 3 p. [in Thai]
- Thamma-apipon, S. and N. Sitthiphakdee. 2017. The adaptability of the mangosteen farmers to climate change, case study: Bok-Krai Community, Tambon Nam-Jeut, Amphoe Kra-Buri, Ranong Province. **Veridian E-Journal, Silpakorn University** 10(3): 1350-1359. [in Thai]
- Yamane, T.I. 1967. **Statistics: An Introductory Analysis.** 2nd Ed. New York: Harper and Row. 919 p.

**ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
ของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง จังหวัดอุบลราชธานี**
**Factors Affecting Climate Change Adaptation Ability
of Tilapia Cage Culture Aquaculturist in Ubon Ratchathani**

เฉลิมชนม์ วงศ์โสภา* กุลภา กุลดิลก เออวดี เปรมัชเชียร และบวร ตันรัตนพงศ์
Chalermchon Wongsopa*, Kulapa Kuldilok, Aerwadee Premashtira
and Borworn Tanrattanaphong

ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Agricultural and Resource Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author: Chalerm.wp@gmail.com

Received: February 07, 2022

Revised: August 14, 2023

Accepted: September 12, 2023

Abstract

Ubon Ratchathani is one of tilapia culture provinces and sensitive to climate change both from drought and flood. Studying the factors that influence adaptation to climate change for tilapia cage culture aquaculturists will be play a significant role to appropriately prepare for aquaculturists. Primary data were collected from 200 respondents and analysed using Tobit regression.

The study found that tilapia cage culture aquaculturists revealed a relatively high awareness and understanding towards changes in climate change. Aquaculturists were more concerned about the increasing rain and drought conditions, which would impact tilapia farming in cages. This resulted in many adaptations, such as in cases of excessive rainfall or flooding, where farmers adjusted by safely relocating the cages and consistent monitoring water quality. In case of drought, they adapted by moving the cages to areas that had high level of water and adjusting the stocking density of fish within the cages. In both cases of flooding or drought, it is observed that tilapia cage aquaculturists engaged in planning other careers to reduce risks. Regarding to the factors influencing the ability to adapt to climate change, it found that during both in rainy season or flooding and hot season or drought, factors that enhanced adaptability included the increasing age of aquaculturists, heightened perception and awareness of climate change, participation in tilapia farming training, increased concerns about changing weather conditions, and the internet access for aquaculture knowledge. Building community factor and contract farming factor only affected to adaptability in drought situation. In contrast, the factors that effected adaptability during both seasons included increasing debt, reliance on tilapia farming as a primary career.

The recommendations for tilapia cage culture aquaculturists in Ubon Ratchathani area might be to diversify livelihoods to reduce the risk associated with income and they should reduce debts to increase the ability of adaptation. Other cage culture tilapia aquaculturists might promote an increase understanding and awareness of climate change and enhance an access of the internet to increase knowledge for tilapia farming. Moreover, farmers should be supported building community networking to have the potential for adaptability.

Keywords: adaptation, adaptability, climate changes, cage culture of tilapia, Ubon Ratchathani

บทคัดย่อ

จังหวัดอุบลราชธานีเป็นหนึ่งในจังหวัดที่มีการเพาะเลี้ยงปลานิลจำนวนมาก ซึ่งได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั้งจากภัยแล้งและอุทกภัย การศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง จะมีส่วนสำคัญในการวางแผนและเตรียมการอย่างเหมาะสมต่อเกษตรกร ทั้งนี้ ข้อมูลการศึกษาได้มาจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 200 ราย โดยใช้ Tobit regression ในการวิเคราะห์

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังมีการรับรู้และเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศค่อนข้างมาก เกษตรกรมีความกังวลหากฝนตกหนักมากขึ้น และเกิดภาวะภัยแล้งมากขึ้นว่าจะส่งผลกระทบต่อ การเลี้ยงปลานิลในกระชัง ซึ่งทำให้เกิดการปรับตัวต่าง ๆ เช่น กรณีฝนตกหนักมากเกินไปหรือน้ำท่วม เกษตรกรจะปรับตัวโดยการเคลื่อนย้ายกระชังให้ปลอดภัย และปรับตัวโดยการวัดคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ กรณีแห้งแล้ง เกษตรกรจะปรับตัวโดยการเคลื่อนย้ายกระชังไปบริเวณที่มีน้ำ และปรับความหนาแน่นของการปล่อยปลาในกระชัง ทั้งนี้ไม่ว่ากรณีที่เกิดน้ำท่วมหรือแห้งแล้ง พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังจะมีการวางแผนหารายได้เสริมเพื่อลดความเสี่ยง สำหรับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

พบว่า ในช่วงของฤดูฝนหรือภาวะน้ำท่วม และในช่วง ฤดูร้อนหรือการเกิดภาวะแห้งแล้ง ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการปรับตัวเพิ่มขึ้นเหมือนกันทั้งสองช่วง ฤดูกาล ได้แก่ อายุของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง ที่เพิ่มขึ้น การรับรู้และตระหนักถึงสภาพภูมิอากาศ ที่เปลี่ยนแปลงที่มากขึ้น การเข้าอบรมการเลี้ยงปลานิล ความรู้สึกกังวลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ที่มากขึ้น การเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อความรู้ด้านการ เลี้ยงปลานิล ปัจจัยที่ต่างกันที่ส่งผลกระทบในช่วงฤดูร้อน แห้งแล้ง ได้แก่ การรวมกลุ่ม และการทำเกษตรพันธสัญญา สำหรับปัจจัยที่ส่งผลในทางตรงกันข้ามของทั้งสองฤดูกาลนั้น ไม่แตกต่างกัน ได้แก่ การมีหนี้สินที่เพิ่มขึ้น การประกอบอาชีพ เลี้ยงปลานิลเป็นหลัก

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังในจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดใกล้เคียง ควรมีการประกอบอาชีพที่หลากหลายเพื่อลด ความเสี่ยงหรือกระจายความเสี่ยงจากต้นทุนและรายได้ การลดการเป็นหนี้เพื่อเพิ่มระดับความสามารถในการปรับตัว การเพิ่มความสามารถในการปรับตัวให้กับ เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังในรายอื่น ๆ ควรมีการเพิ่มความรู้ความเข้าใจ และเพิ่มความตระหนักของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจจะส่งผลกระทบต่อ การเลี้ยงปลานิลในกระชัง การมีทักษะในการค้นหาข้อมูลด้าน การเลี้ยงปลาจากอินเทอร์เน็ตที่ทันสมัยทันต่อการเปลี่ยนแปลง รวมถึงการผลักดันให้เกษตรกรสามารถ รวมกลุ่มได้มากขึ้น

คำสำคัญ: การปรับตัว ความสามารถในการปรับตัว
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเลี้ยง
ปลานิลในกระชัง อุบลราชธานี

คำนำ

บทบาทสำคัญของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในประเทศไทยนั้น เริ่มต้นจากการส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเมื่อปี พ.ศ. 2494 เพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนราคาถูกสำหรับผู้บริโภคในชนบทที่ห่างไกล ต่อมาได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยง การผสมพันธุ์สัตว์น้ำ ทำให้ทั้งผู้เพาะเลี้ยงและผลผลิตสัตว์น้ำจืดเพิ่มขึ้น (Department of Fisheries, 2017) จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2559 ปริมาณการผลิตสัตว์น้ำจืดจากการเพาะเลี้ยงมีประมาณ 3.82 แสนตัน และกว่าร้อยละ 90 ของผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดถูกนำมาบริโภคภายในประเทศ (Department of Fisheries, 2021)

ในปัจจุบันเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังได้เผชิญความเสี่ยงจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางตรงและทางอ้อม จากการศึกษาของ Label *et al.* (2015) ของการเลี้ยงปลานิลในกระชังในพื้นที่ภาคเหนือ พบว่าจากการที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อัตราการเติบโตและประสิทธิภาพของอัตราแลกเนื้อลดลง นอกจากนั้นยังส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนในน้ำ การขาดแคลนน้ำในช่วงแล้งส่งผลให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำตื้นเกินไปและทำให้น้ำไม่ไหลเวียนซึ่งส่งผลให้น้ำเน่าเสีย ผู้เพาะเลี้ยงปลานิลไม่สามารถรักษาคุณภาพได้ซึ่งในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทยมีความเสี่ยงที่จะส่งผลกระทบในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเช่นกัน

การเตรียมการและรับมือจากความเสี่ยงภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สูงขึ้นสามารถทำได้โดยดูแลรักษาคุณภาพน้ำไม่ให้เกิดการสะสมของเสีย การบริหารจัดการน้ำทำได้โดยการใช้เครื่องเพิ่มอากาศ และการจัดการอาหารอย่างเหมาะสมโดยการปรับเวลาให้อาหารซึ่งจะสามารถช่วยให้ปลานิลปรับตัวต่อการ

เปลี่ยนแปลงได้ดียิ่งขึ้น (Kasetsart University, 2003); (Label *et al.*, 2015); (Nguyen, 2014)

การรับมือกับอุทกภัยสามารถทำได้โดยสร้างกระชังที่มีท่อนแขวนลอยน้ำที่แข็งแรงและเคลื่อนย้ายกระชังไปยังพื้นที่ที่มีความเสี่ยงน้อยกว่า หากไม่สามารถเคลื่อนย้ายหรือปรับปรุงได้ การแก้ปัญหาในระยะสั้นสามารถทำได้โดยการจับลูกเจี๊ยบหรือการย้ายปลาไปไว้ในบ่อดิน การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมความเสี่ยงสามารถช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดผลกระทบได้โดยการลดปริมาณการให้อาหาร การเปลี่ยนช่วงเวลาการปล่อยปลาลงเลี้ยง และการใช้ปูนขาวเพื่อปรับสภาพน้ำเสีย (Kasetsart University, 2003); (Label *et al.*, 2015); (Nguyen, 2014)

จากปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงปลานิลในภาพรวม ในส่วนของพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีซึ่งมีการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังจำนวนมาก เป็นจังหวัดที่มีผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังมากซึ่งในปี พ.ศ. 2563 มีเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงจำนวน 822 ราย และมีจำนวนกระชังทั้งหมด 11,281 กระชัง และมีผลผลิตประมาณ 13,450 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 478 ล้านบาท/ปี (Department of Fisheries, 2021) และได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งในรอบ 50 ปีที่ผ่านมาเกิดอุทกภัยทั้งสิ้น 24 ครั้ง (Thailand Science Research and Innovation, 2013) นอกจากนั้นจากการศึกษาของ Department of Environmental (2009) พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552 จังหวัดอุบลราชธานีเป็น 5 จังหวัดแรกที่มีพื้นที่การเกิดภัยแล้งซ้ำสูงสุด 3 ปีติดต่อกัน ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลานิล จะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังรายอื่นๆ และเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายสนับสนุนในด้านการผลักดันให้สามารถเพิ่มความสามารถในการปรับตัวได้มากขึ้นต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังจังหวัดอุบลราชธานีจำนวน 200 ราย จากประชากรจำนวนทั้งสิ้น 822 ราย ซึ่งคำนวณโดย สูตรของ Cohen (1977)

แบบจำลองการปรับตัวในฤดูฝน/น้ำท่วม

$$Yrain_i = \beta_0 + \beta_1 AGE + \beta_2 EDU + \beta_3 ACTIVEDEBT + \beta_4 COOP + \beta_5 CMAWARE + \beta_6 TRAINING + \beta_7 FARMTYPE + \beta_8 MAINOCPT + \beta_9 CMCONCERN + \beta_{10} INTACC$$

แบบจำลองการปรับตัวในฤดูร้อน/แล้ง

$$Ysummer_i = \beta_0 + \beta_1 AGE + \beta_2 EDU + \beta_3 ACTIVEDEBT + \beta_4 COOP + \beta_5 CMAWARE + \beta_6 TRAINING + \beta_7 FARMTYPE + \beta_8 MAINOCPT + \beta_9 CMCONCERN + \beta_{10} INTACC$$

โดยที่ตัวแปรที่มีความแตกต่างกันระหว่างในฤดูฝนและฤดูร้อน ได้แก่

1) ตัวแปรตาม (Y) ในแบบจำลองการปรับตัวในฤดูฝน คือ ความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง เป็นคะแนนเฉลี่ยจากการวัดคะแนนระดับความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังตามคำถามเกี่ยวกับการปรับตัวเมื่อเกิดน้ำท่วมหรือฝนตกหนัก จะมีการปรับตัวมากน้อยอย่างไรโดยมีคะแนนอยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 โดยที่ 1 คะแนนหมายถึง ไม่ปรับตัวเลย และ 5 คะแนนหมายถึง การปรับตัวมากที่สุด รวมจำนวน 13 คำถามที่จะปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว เช่น การจับลูกเจี๊ยบ การเตรียมอุปกรณ์ป้องกันน้ำท่วม การย้ายพื้นที่เลี้ยง เป็นต้น และตัวแปรตาม (Y) ในแบบจำลองการปรับตัวในฤดูร้อนจะมีคำถามเกี่ยวกับการปรับตัวเมื่อเกิดฤดูร้อนแห้งแล้ง เช่น

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังในจังหวัดอุบลราชธานีเป็นการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้แบบจำลองของโทบิต (Tobit model) โดยแบ่งแบบจำลองออกเป็น 1) แบบจำลองเมื่อปริมาณน้ำฝนสูงขึ้นหรือเกิดอุทกภัยบ่อยครั้งขึ้นในฤดูฝน 2) แบบจำลองเมื่ออุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงขึ้นหรือเกิดภัยแล้งบ่อยครั้งขึ้นในฤดูร้อน โดยมีแบบจำลองดังนี้

การเพิ่มออกซิเจนอย่างสม่ำเสมอ การตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ การปรับความหนาแน่นของลูกพันธุ์ เป็นต้น โดยใช้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากความสามารถในการปรับตัวเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ Tobit model

2) ตัวแปรอิสระจากความกังวลต่อผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate concern score; CMCONCERN) ที่มีคำถามแตกต่างกันตามการปรับตัวของฤดูฝนและฤดูร้อนอย่างละจำนวน 13 ข้อ เช่น ท่านมีความกังวลของฝนตกหนัก อากาศเย็นลง หรือเกิดอุทกภัยที่จะส่งผลต่อการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังมากน้อยเพียงใด และท่านมีความกังวลต่ออุณหภูมิที่ร้อนขึ้น หรือภัยแล้งที่จะส่งผลต่อการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ได้มีการคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนจากความสามารถในการปรับตัว โดยมีคะแนนอยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 โดยที่ 1 คะแนนหมายถึง ไม่ปรับตัวเลย และ 5

คะแนนหมายถึง การปรับตัวมากที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ Tobit model

สำหรับตัวแปรอิสระตัวอื่น ๆ ของทั้ง 2 แบบจำลองเป็นข้อมูลเดียวกัน และกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังกลุ่มเดียวกัน ทั้งนี้จะพิจารณาในช่วงการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันว่าเกษตรกรจะมีความสามารถในการปรับตัวอย่างไร โดยมีรายละเอียดดังนี้ อายุ (AGE) เป็นอายุของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง โดยวัดค่าเป็นปี และการศึกษา (Education) เป็นระดับการศึกษาสูงสุดของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง กำหนดให้หากศึกษามากกว่าระดับมัธยมปลายจะมีค่าเป็น 1 และหากน้อยกว่ามัธยมปลายจะมีค่าเป็น 0 ในส่วนของภาระหนี้สิน (Active debt) วัดโดยให้จำนวนหนี้สินที่มีอยู่มีหน่วยเป็นบาท การรวมกลุ่มของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง (COOP) กำหนดโดยหากมีการรวมกลุ่มเท่ากับ

1 และไม่มีการรวมกลุ่มเท่ากับ 0 ความตระหนักจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง (CMAWARE) วัดจากระดับคะแนน 1 ถึง 5 โดยนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในส่วนของการได้รับการอบรมด้านการเลี้ยงปลานิลในกระชัง (TRAINING) การทำเกษตรพันธะสัญญา (FARMTYPE) การเลี้ยงปลานิลในกระชังเป็นอาชีพเดียว (MAINOCPT) และการเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อความรู้การเลี้ยงปลานิล (INTACC) ใช้การวัดโดยกำหนดจาก 1 เท่ากับ 1 และไม่ใช่เท่ากับ 0

นอกจากนั้นได้มีการนำคำถามจากการวัดดัชนีความตระหนักด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (CCAI) จาก Thailand Climate Change Network (2020) มาประยุกต์ให้เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง (Table 1)

Table 1 Characteristics of aqua culturists and the measurement type

Variable	Description	Measurement type (unit)	Expected sign
Dependent			
Y	Average adaptation score	Interval scale	
Independent			
AGE	Tilapia cage culture farmer's age	Ratio scale (Years)	+/-
EDU	Farmer's education	Dummy (1=Higher than high school, 0=The rest)	+
ACTIVEDEBT	Amount of active debt	Ratio scale (THB)	+/-
COOP	Cooperated with others	Dummy (1=Yes, 2=No)	+
CMAWARE	Climate awareness score	Interval scale (Average score)	+
TRAINING	Attained to tilapia culture training	Dummy (1=Yes, 2=No)	+
FARMTYPE	Joined contracted farming	Dummy (1=Yes, 2=No)	+/-

Table 1 (Continue)

Variable	Description	Measurement type (unit)	Expected sign
MAINOCPT	Culturing tilapia as main occupation	Dummy (1=Yes, 2=No)	+/-
CMCONCERN	Climate concern score	Interval scale (Average score)	+
INTACC	Internet usage for tilapia culture	Dummy (1=Yes, 2=No)	+

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะทั่วไปของผู้เพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง จังหวัดอุบลราชธานี ส่วนใหญ่มีประสบการณ์การเลี้ยงยาวนาน อยู่ในช่วง 10-14 ปี โดยมีขนาดการเลี้ยงอยู่ที่ 16-20 กระชัง เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงส่วนใหญ่มีการรวมกลุ่มในพื้นที่ใกล้เคียงกันเพื่อช่วยเหลือกันในด้านต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนย้ายกระชังไปยังจุดที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง การช่วยกันจับปลา ตลอดจนการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน แต่ยังมีเกษตรกรที่ต้องการรวมกลุ่มแต่ไม่ทราบข้อมูลว่ามีการรวมกลุ่มกันในพื้นที่อยู่ด้วย ความรู้ในการเพาะเลี้ยงของเกษตรกรส่วนใหญ่้นั้นมาจากการสอบถามจากผู้ประกอบอาชีพเดียวกัน และเกษตรกรยังมีการเข้ารับอบรมการเพาะเลี้ยงปลานิล นอกจากนั้นการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง

มีขนาดกระชังเฉลี่ยเท่ากับ 46.33 ลบ.ม./กระชัง โดยปล่อยพันธุ์ปลากระชังละ 1,395 ตัว มีระยะเวลาเลี้ยงเฉลี่ย 4-5 เดือน โดยต้นทุนการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง 1 รุ่น เฉลี่ยเท่ากับ 62,371.59 บาท/กระชัง โดยที่ช่วงของฤดูฝนจะมีต้นทุนสูงกว่าในช่วงฤดูร้อน มีต้นทุนในการปรับตัวต่ออุทกภัยเท่ากับ 597.46 บาท/กระชัง/รุ่น ได้แก่ อุปกรณ์เสริมความแข็งแรงของกระชัง เพื่อป้องกันกระชังเสียหาย และค่าแรงงานที่ส่วนใหญ่เป็นแรงงานในครัวเรือนเพื่อเร่งการเคลื่อนย้ายกระชังออกจากกระแสน้ำ และต้นทุนในการปรับตัวต่อภัยแล้ง 875.51 บาท/กระชัง/รุ่น ซึ่งประกอบด้วย การใช้เครื่องผลิตออกซิเจน อุปกรณ์สร้างร่มเงาให้แก่กระชัง และค่าจ้างแรงงานหรือการใช้แรงงานในครัวเรือนเพื่อเคลื่อนย้ายกระชังหาร่องน้ำลึกไปกลางแม่น้ำ หรือไปปากแม่น้ำโดยใช้เรือลากกระชัง รายได้ทั้งหมดของการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังเท่ากับ 66,263.20 บาท/กระชัง/รุ่น (Table 2)

Table 2 Costs and returns on tilapia cage culture farms between rainy season and summer season (Baht/cage/cycle)

Items	Rainy season			Summer season		
	Cast	Noncash	Total	Cash	Noncash	Total
	(Baht)	(Baht)	(Baht)	(Baht)	(Baht)	(Baht)
1) Fixed cost	53.89	561.08	614.97	53.89	561.08	614.97
2) Variable cost	67,632.38	1,623.47	69,255.84	49,262.14	1,623.47	50,885.61
3) Climate change adaptation costs	16.43	581.03	597.46	23.61	851.90	875.51
4) Average size of cage (m ²)						46.33
5) Stocking rate (units)						1,395.25
6) Cycle (months)						4-5
7) Average income						66,263.20

การรับรู้และความเข้าใจ ความกังวล และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. การรับรู้และความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังส่วนใหญ่มีการรับรู้และความเข้าใจคิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.71

จากคะแนนเต็ม 5 โดยปัจจัยที่เกษตรกรมีการรับรู้และความเข้าใจที่มีค่าเฉลี่ยปานกลาง ได้แก่ กิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุสำคัญต่อภาวะโลกร้อน (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.26) และทำให้เกิดอุทกภัยและภัยแล้งบ่อย และรุนแรงมากขึ้น (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.52) (Table 3)

Table 3 Awareness and understanding of climate change of tilapia cage culture farmers in Ubon Ratchathani

Item	Mean	S.D.
1) Human activities are a significant cause of global warming.	4.26	1.38
2) Earthquake is a result of climate change.	2.81	1.75
3) Greenhouse effect affects climate change.	2.97	1.82
4) Climate change leads to the melting of polar ice caps.	4.14	1.39
5) Climate change is a global phenomenon.	4.42	1.26
6) Climate change results in increased flooding and severe droughts.	4.52	1.04

Table 3 (Continued)

Item	Mean	S.D.
7) Traveling through mass transportation systems helps reduce greenhouse gas emissions.	3.69	1.62
8) Using LED bulbs helps reduce greenhouse gas emissions compared to using general light bulbs.	3.44	1.71
9) Purchasing products with green labels contributes to reducing greenhouse gas emissions.	2.17	1.58
10) Rising temperatures result in accelerated plant growth and faster crop maturation.	2.60	1.73
11) Elderly people need to avoid hot weather to prevent health issues.	4.25	1.35
12) Climate change causes mosquitoes to grow and reproduce at a faster rate.	2.89	1.82
13) Wearing clothing made from natural fibers helps prevent worm weather with temperature reduction.	4.07	1.40
14) Building raised houses and preparing flood protection equipment are part of adaptation.	4.89	0.38
15) Information from government agencies support adaptation.	4.59	0.98
Total	3.71	0.65

2. ความกังวลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการเลี้ยงปลานิลในกระชัง เกษตรกรส่วนใหญ่มีความกังวลในภาพรวมอยู่มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.83 จาก 5 คะแนน ซึ่งปัจจัยที่เกษตรกรมีความกังวลสูง ได้แก่

ความกังวลต่อการเลี้ยงปลานิลเมื่อเกิดภัยแล้ง (คะแนนเฉลี่ยความกังวลเท่ากับ 4.75) และความกังวลเมื่อฝนตกหนักมากขึ้น (คะแนนเฉลี่ยความกังวล 4.62) (Table 4)

Table 4 Concerns about climate change impacts tilapia cage culture farms in Ubon Ratchathani

Item	Mean	S.D.
1) Heavy rainfall affects to the tilapia cage cultures.	4.62	0.97
2) Cold weather affects to the tilapia cage cultures.	3.00	1.77
3) Rising temperatures have an impact of tilapia cage cultures.	4.50	1.16
4) Drought affects to the tilapia cage cultures.	4.75	0.87
5) Flooding affects to the tilapia cage cultures.	3.27	1.70
6) Climate changes affects to life, habitat, and assets.	3.29	1.76
7) Climate changes affects to higher costs of living.	4.04	1.46
8) Climate changes affects to traveling.	3.91	1.63
9) Climate changes affects to physical health.	4.10	1.52
10) Climate changes affects to mental health.	3.83	1.64
11) Climate changes affects to water scarcity for consumption.	2.72	1.86
12) Climate changes affects to agriculture production.	4.02	1.50
Total	3.83	0.65

3. การปรับตัวในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง

3.1. การปรับตัวในกรณีที่มีฝนตกไม่ตรงตามฤดูกาล หรือฝนตกมากเกินไป เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังมีการปรับตัวโดยมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นคะแนนเท่ากับ 2.88 จากคะแนนเต็ม 5 เกษตรกรส่วนใหญ่ปรับตัวในระยะสั้นโดยการเคลื่อนย้ายกระชังหนีร่องน้ำที่มีความเชียว (อัตราการปรับตัวร้อยละ 97.50) สำหรับระยะปานกลาง เกษตรกรมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ (อัตราการปรับตัวร้อยละ 96.50) และในระยะยาว เกษตรกรมีการหารายได้เสริมจากงานด้านอื่น ๆ (อัตราการปรับตัวร้อยละ 90.00)

3.2. การปรับตัวในกรณีที่ฤดูร้อนแห้งแล้งกว่าปกติ จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังมีการปรับตัวโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.19 จาก 5 คะแนน ในระยะสั้นเกษตรกรปรับตัวโดยการเคลื่อนย้ายกระชังหาร่องน้ำลึก (อัตราการปรับตัวร้อยละ 98.50) สำหรับระยะกลางปานกลางเกษตรกรปรับตัวโดยการปรับความหนาแน่นของการปล่อยปลาลงเลี้ยงต่อกระชัง

(อัตราการปรับตัวร้อยละ 97.00) และในระยะยาว คือ การหาแหล่งรายได้เสริม (อัตราการปรับตัวร้อยละ 90.50)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง

การศึกษาแบ่งแบบจำลองออกเป็นสองส่วน เพื่อความเข้าใจในการปรับตัวของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง ได้แก่ แบบจำลองสำหรับการปรับตัวในฤดูฝน และแบบจำลองสำหรับการปรับตัวในฤดูร้อน

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในฤดูฝน

1.1 ปัจจัยที่มีผลทำให้ความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลเพิ่มขึ้น จากการวิจัยสามารถอธิบายได้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ภูมิอากาศทางบวก ได้แก่ อายุของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิล ในกระชัง (AGE) ที่เพิ่มขึ้น การรับรู้และตระหนักถึงสภาพ ภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง (CMAWARE) ที่เพิ่มขึ้น การเข้า รับการอบรมการเลี้ยงปลานิล (TRAINING) การกังวลต่อ สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง (CMCONCERN) การเข้า ใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อความรู้การเลี้ยงปลานิล (INTACC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ปัจจัยที่ส่งผลได้ดีที่สุด คือ เกษตรกรที่มีการเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อความรู้การ เลี้ยงปลานิลจะมีความสามารถในการปรับตัวเพิ่มขึ้น เท่ากับ 0.20739 คะแนน นอกจากนั้นการที่เกษตรกร เข้ารับการอบรมการเพาะเลี้ยงปลานิล (TRAINING) ที่มากกว่าจะช่วยให้เกษตรกรปฏิบัติตามแนวทางการอบรม และคำแนะนำการใช้วัตกรรมการใหม่ ๆ ส่งผลความสามารถ ในการปรับตัวที่มากกว่า 0.14194 คะแนน สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Franklin *et al.* (2014) และ Aryal *et al.* (2020) แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของระดับความรู้และ การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่มีผลต่อการเพิ่มระดับ ความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกร ในขณะอายุ ของเกษตรกร (AGE) ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อความสามารถ ปรับตัวที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Amusa and Simonyan (2017)

นอกจากนั้นการรับรู้และความกังวลต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อระดับ ความสามารถในการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือเกษตรกรที่มีการ รับรู้และความเข้าใจมากขึ้น จะสามารถเตรียมตัวรับมือได้ ดีกว่า 0.07315 คะแนน และเกษตรกรที่มีความกังวล มากกว่าจะวางแผนรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศมากขึ้นด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Aryal *et al.* (2020) และ Charles (2007) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการรับรู้และความกังวลของการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Table 2)

1.2 ปัจจัยที่มีผลทำให้ความสามารถในการ ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกร ผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังลดลง ได้แก่ การมีหนี้สิน

(ACTIVEDEBT) ที่เพิ่มขึ้น และการประกอบอาชีพเลี้ยง ปลานิลหลักของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง (MAINOCPT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังที่มีระดับหนี้สินคงค้าง ที่มากจะแสดงให้เห็นถึงภาระทางการเงินที่เกษตรกรมี ทำให้เกษตรกรมีความสามารถในการจัดหาอุปกรณ์เพื่อรับมือ ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ลดลง จะส่งผลให้ เกษตรกรมีระดับการปรับตัวลดลง และเกษตรกร ผู้เพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังเป็นอาชีพเสริมนั้นมีการ ปรับตัวอยู่แล้วจากการทำอาชีพที่หลากหลาย ทำให้ ปรับตัวได้ดีกว่าเกษตรกรที่เพาะเลี้ยงเป็นอาชีพหลัก (Solomon *et al.*, 2014) นอกจากนั้น (Table 2)

2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการปรับตัวจาก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในฤดูร้อน

2.1 ปัจจัยที่มีผลทำให้ความสามารถในการ ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของ เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังเพิ่มขึ้น ได้แก่ อายุของ เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง (AGE) เพิ่มขึ้น การ รวมกลุ่ม (COOP) การรับรู้และตระหนักถึงสภาพ ภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง (CMAWARE) การเข้ารับ การอบรมการเลี้ยงปลานิล (TRAINING) การทำเกษตร พันธุ์สัญญา (FARMTYPE) ความกังวลต่อสภาพภูมิอากาศ ที่เปลี่ยนแปลง (CMCONCERN) การเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ต เพื่อความรู้การเลี้ยงปลานิล (INTACC) อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ในฤดูร้อนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถ ในการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังมีลักษณะคล้ายคลึง กับฤดูฝน แต่มีขนาดอิทธิพลที่แตกต่างกัน โดยความรู้ และความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีผลอย่างมากต่อคะแนนความสามารถในการปรับตัว ในฤดูร้อนเท่ากับ 0.52717 คะแนน และการเข้าใช้งาน อินเทอร์เน็ตเพื่อความรู้การเลี้ยงปลานิลของเกษตรกร ยังคงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการปรับตัวของเกษตรกร โดยเกษตรกรที่ใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อการเพาะเลี้ยง

ปลานิล (INTACC) จะมีความสามารถในการปรับตัวเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.14562 คะแนน และเกษตรกรที่เคยได้รับการอบรมเพื่อการเพาะเลี้ยงปลานิล (TRAINING) จะมีระดับความสามารถในการปรับตัวเพิ่มขึ้น 0.11830 คะแนน และอายุ (AGE) ที่มากขึ้นของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังยังมีอิทธิพลในลักษณะเดียวกับความสามารถในการปรับตัวในฤดูร้อน 0.00593 คะแนน ทั้งนี้เนื่องจากอายุที่มากขึ้นอาจผ่านเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า

นอกจากนั้นแล้วการช่วยเหลือจากภายนอกยังมีส่วนสำคัญในการเพิ่มระดับความสามารถการปรับตัวการเพาะเลี้ยงปลานิลในฤดูร้อนของเกษตรกร โดยหากมีการรวมกลุ่มมากขึ้น จะทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังมีระดับความสามารถในการปรับตัวได้ดีกว่าเท่ากับ 0.14817 คะแนน จากการที่เกษตรกรสามารถเรียนรู้จากการปรับตัวของผู้ประกอบอาชีพเดียวกัน รวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้ในกลุ่ม เช่น เกษตรกรมีการใช้อุปกรณ์บางอย่างร่วมกันเพื่อลดต้นทุนการเพาะเลี้ยง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mohammed *et al.* (2014) และ Aryal *et al.* (2020) ที่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการช่วยเหลือจากภายนอกที่มีต่อการเพิ่มระดับความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกร อีกทั้งการเลี้ยงเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังแบบเกษตรพันธสัญญา

(FARMTYPE) จะเพิ่มระดับความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรเท่ากับ 0.10725 คะแนน ทั้งนี้เพราะเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังที่ทำพันธสัญญาจะได้รับความรู้ เช่น การจัดอบรม การช่วยตรวจสอบโรคปลา และให้ความช่วยเหลืออื่น ๆ จากตัวแทนของบริษัทที่เข้ามาสนับสนุนและช่วยเหลือ (Table 2)

2.2 ปัจจัยที่มีผลทำให้ความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังลดลง ได้แก่ การมีหนี้สิน (ACTIVEDEBT) การเลี้ยงปลานิลเป็นอาชีพหลัก (MAINOCPT) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหากเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังมีการประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงปลานิลเป็นอาชีพหลักโดยไม่มีอาชีพเสริม จะมีระดับความสามารถในการปรับตัวได้น้อยกว่า 0.23868 คะแนน สามารถอธิบายได้ว่าเกษตรกรที่ประกอบอาชีพเลี้ยงปลานิลเป็นอาชีพเสริมจะมีการปรับตัวได้ดีกว่า เพราะสามารถปรับตัวไปทำอาชีพอื่น ๆ ได้ตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งให้ผลในทิศทางเดียวกันกับแบบจำลองการปรับตัวในฤดูฝน และพบว่าหากเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังมีหนี้สินคงค้าง แสดงให้เห็นถึงภาระทางการเงินของเกษตรกรที่ไม่มีเงินทุนในอุปกรณ์แก้ไขภาวะแห้งแล้ง ส่งผลต่อการปรับตัวของเกษตรกรในทางที่ลดลง (Table 5)

Table 5 Factors affecting tilapia cage culture aquaculturists' adaption in rainy and summer seasons

Variables	Rainy model	Summer model
AGE	0.00596*** (0.00189)	0.00593*** 0.00181
EDU	0.02533 ^{NS} (0.05361)	-0.07946 ^{NS} (0.05801)
ACTIVEDEBT	-0.00031*** (0.00008)	-0.0003*** (0.00008)

Table 5 (Continued)

Variables	Rainy model	Summer model
COOP	0.00029 ^{NS} (0.04544)	0.14817*** (0.04278)
CMAWARE	0.07315*** (0.02518)	0.52717*** (0.16937)
TRAINING	0.14194*** (0.04311)	0.1183*** (0.04313)
FARMTYPE	-0.02383 ^{NS} (0.05666)	0.10725** (0.05379)
MAINOCP	-0.22879*** (0.04632)	-0.23868*** (0.04275)
CMCONCERN	0.04492** (0.0222)	0.00827 ^{NS} (0.17095)
INTACC	0.20739*** (0.05765)	0.14562*** (0.04796)
Constant	2.19033*** (0.17365)	2.41608*** (0.18387)
Pseudo R-squared	0.4982	0.65500

SD in the bracket and ***, **, *, and ^{NS} are significant at 1, 5, 10%, and insignificant, respectively.

สรุปผลการวิจัย

เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง จังหวัดอุบลราชธานี มีประสบการณ์เลี้ยงปลานิลในกระชัง 10-14 ปี แต่ละฟาร์มมีกระชัง 16-20 กระชัง ระยะเวลาการเลี้ยงประมาณ 4-5 เดือน มีต้นทุนในการปรับตัวสำหรับอุทกภัย 597.46 บาทต่อกระชังต่อรุ่น และต้นทุนสำหรับภัยแล้ง 875.51 บาทต่อกระชังต่อรุ่น จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีการรับรู้และเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศค่อนข้างปานกลาง โดยเข้าใจถึงสิ่งที่ทำให้เกิดภาวะการณ์เปลี่ยนแปลง เช่น

กิจกรรมของมนุษย์ส่งผลต่อภาวะโลกร้อน และทำให้เกิดอุทกภัย ภัยแล้งที่บ่อยและรุนแรงขึ้น เกษตรกรมีความกังวลหากฝนตกหนักมากขึ้น และเกิดภาวะภัยแล้งมากขึ้นว่าจะส่งผลต่อการเลี้ยงปลานิลในกระชัง ซึ่งทำให้เกิดการปรับตัวต่าง ๆ เช่น กรณีฝนตกหนักมากเกินไป หรือน้ำท่วมเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังจะปรับตัวโดยการเคลื่อนย้ายกระชังให้ปลอดภัย และปรับตัวโดยการวัดคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ กรณีแห้งแล้งเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังจะปรับตัวโดยการเคลื่อนย้ายกระชังไปบริเวณที่มีน้ำ และปรับความหนาแน่นของการปล่อยปลาในกระชัง ทั้งนี้ไม่ว่ากรณีที่เกิดน้ำท่วมหรือแห้งแล้ง พบว่า

เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังจะมีการวางแผนหารายได้เสริมเพื่อลดความเสี่ยง

สำหรับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง พบว่าในช่วงของฤดูฝนหรือภาวะน้ำท่วม และในช่วงฤดูร้อนหรือการเกิดภาวะแห้งแล้ง ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังเพิ่มขึ้นเหมือนกันทั้งสองช่วงฤดูกาล ได้แก่ อายุของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลที่มาก การรับรู้และตระหนักถึงสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง การเข้าอบรมการเลี้ยงปลานิล ความรู้สึกกังวลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ การเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อความรู้ด้านการเลี้ยงปลานิล ปัจจัยที่แตกต่างกันที่ส่งผลกระทบในช่วงฤดูร้อนแห้งแล้ง ได้แก่ การรวมกลุ่ม และการทำเกษตรพันธสัญญา สำหรับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังในทางลดลง ของทั้งสองฤดูกาลนั้นไม่แตกต่างกัน ได้แก่ การมีหนี้สินที่เพิ่มขึ้น การประกอบอาชีพเลี้ยงปลานิลเป็นหลัก

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการศึกษาทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปรับตัวของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง จากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งในฤดูฝนและฤดูร้อนที่ไม่ปกติและมีความรุนแรง ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังของเกษตรกร เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังหากประสบภาวะจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับการศึกษา สามารถที่จะนำผลการศึกษาไปปรับใช้ได้

สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังในจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดใกล้เคียง จากผลการศึกษาพบว่า ในด้านที่ทำให้ความสามารถในการปรับตัวลดลงจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ควรมีการประกอบอาชีพที่หลากหลายเพื่อลดความเสี่ยงหรือกระจายความเสี่ยงจากต้นทุนและรายได้ ไม่ทำการ

เพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังเพียงอย่างเดียว เช่น อาจเพิ่มการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่น หรือการทำเกษตรด้านอื่นเสริม นอกจากนั้นในด้านของการมีหนี้สินที่คงค้างเป็นอุปสรรคในการเพิ่มระดับความสามารถในการปรับตัว หากมีการบริหารหนี้สินให้ลดลง หรือมีการผ่อนคลายการจ่ายหนี้จากการสนับสนุนของภาครัฐ จะสามารถเพิ่มระดับความสามารถในการปรับตัวได้มากขึ้น

สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังทั่วไปในพื้นที่อื่น ๆ หากประสบกับปัญหาจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง การเพิ่มความรู้ความเข้าใจ และความตระหนักต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการอ่านข่าวเพื่อการรับข่าวสารหรือจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ที่รวดเร็วและนำมาตัดสินใจในการปรับตัวที่รวดเร็วขึ้น การรับความรู้เพิ่มขึ้นจากการเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ตที่เปิดกว้างต่าง ๆ ด้านการเลี้ยงปลานิล การเข้ารับการอบรมการเลี้ยงปลานิลในสถานการณ์ต่าง ๆ ของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างทันทั่วถึง และความกังวลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งมาจากการติดตามข้อมูลด้านการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอย่างต่อเนื่องเช่นกัน เกษตรกรมีการปรับตัวมากขึ้นเมื่อรับรู้ถึงการเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

นอกจากนั้นแล้วยังพบว่า อายุ การรวมกลุ่ม และการทำพันธสัญญาเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการปรับตัวในฤดูร้อน ซึ่งพบว่าเกษตรกรบางกลุ่มที่มีการรวมตัวกันเป็นเครือข่าย สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูล ร่วมกันแก้ไขปัญหา มีการให้ยืมอุปกรณ์ผลิตออกซิเจนต่าง ๆ ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ จึงช่วยให้เกษตรกรที่ไม่สามารถจัดหาเครื่องผลิตออกซิเจนสามารถรับมือต่อการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศในฤดูร้อนได้ดีขึ้น ส่วนในฤดูฝนการรวมกลุ่มของเกษตรกรทำให้เกษตรกรสามารถช่วยเหลือกันในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน เช่น กระแสน้ำรุนแรงหรือเกิดอุทกภัย

สำหรับภาครัฐหรือผู้นำในพื้นที่ที่สามารถสนับสนุนในด้านของสิ่งอำนวยความสะดวกด้านเทคโนโลยีสื่อสาร การสร้างระบบเครือข่ายไร้สายที่มีประสิทธิภาพ การผลักดันให้เกษตรกรรวมกลุ่ม จะทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลมีศักยภาพในการปรับตัวเพิ่มขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง จังหวัดอุบลราชธานี ผู้มีส่วนร่วมให้ข้อมูลและให้ความรู้ในงานวิจัยชิ้นนี้ ตลอดจนคณาจารย์และบุคลากร ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Amusa, T.A. and J.B. Simonyan. 2017. Ordered probit analysis of factors influencing farmers' contributions to climate change adaptation decisions in Southwest Nigeria. **Trends in Agricultural Economics** 10(1): 1-11.
- Aryal, J.P., M.L. Jat, T.B. Sapkota, D.B. Rahut M. Rai, H.S. Jat, P.C. Sharma and C. Stirling. 2020. Learning adaptation to climate change from past climate extremes: evidence from recent climate extremes in Haryana, India. **International Journal of Climate Change Strategies and Management** 12(1): 128-146.
- Charles, N. 2007. **Micro-level Analysis of Farmers' Adaptation to Climate Change in Southern Africa**. 41 p. In Research Report. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Cohen, J. 1977. **Statistical Power for the Behavioral Sciences**. 2nd Edition. New York: Academic Press. 567 p.
- Department of Environmental. 2009. **Environmental Impact Assessment from Flood and Drought by Climate Change (2008 – 2009)**. Bangkok: Department of Environmental. 162 p. [in Thai]
- Department of Fisheries. 2017. Roi Kao Chao Pra Mong. **Thai Fisheries Gazette** 5(1): 3-12. [in Thai]
- _____. 2021. **Fisheries Statistics of Thailand 2019**. Bangkok: Department of Fisheries. 80 p. [in Thai]
- Franklin, N.M., S. Gifty and A.D. Samuel. 2014. Determinants of choice of climate change adaptation strategies in Northern Ghana. **Research in Applied Economics** 6(4): 75-94.
- Kasetsart University. 2003. Flood coping advice for aquaculturists. **KU e-Magazine**. [Online]. Available <https://www.ku.ac.th/th/e-magazine/december46/agri/fish.html> (April 1, 2019). [in Thai]
- Label, L., C. Chitmanat, S. Ganjanapan M. Potapohn, N. Whangchai A. Uppanunчай, P. Label and C. Apirumanekul. 2015. **Climate Change and Aquaculture in Northern Thailand: An Assessment of Risks and Adaptation Options**. 44 p. In Research Report. Chiang Mai: Chiangmai University. [in Thai]

Mohammed, N.U., B. Wolfgang and S.E. Jason.

2014. Factors affecting farmers' adaptation strategies to environmental degradation and climate change effects: a farm level study in Bangladesh.

Climate 2(1): 223-241.

Nguyen, N.H. 2014. **Farmer's Perceptions and Strategies Towards a Changing Climate in Peri-Urban Aquaculture: A Case Study of Thanh Tri District, Hanoi, Vietnam.** Master Thesis. Chulalongkorn University. 117 p.

Solomon, B., A. Jones and A. Stephen. 2014. Determinants of adoption choices of climate change adaptation strategies in crop production by small scale farmers in some regions of Central Ethiopia. **Journal of Natural Sciences Research** 4(4): 78-93.

Thailand Climate Change Network. 2020.

Climate change awareness survey.

[Online]. Available www.tccnclimate.com/

รวมถึงเว็บไซต์/item/3170-แบบสอบถามความตระหนักรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (August 20, 2020). [in Thai]

Thailand Science Research and Innovation.

2013. **The Project of Local Communities' Flood Management in the Repeatedly Flooded Areas.** Ubon Ratchathani: Thailand Science Research and Innovation. 135 p.

[in Thai]

การประเมินคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมของชุมชนประมงชายฝั่งจังหวัดสงขลา
จากโครงการอนุรักษ์เพาะฟักลูกปู ของบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)
Evaluation of Quality of Life, Economy and Society of the Coastal Community
in Songkhla Province from the Conservation of Crab Hatchery Project
by PTT Exploration and Production Public Company Limited

บุญรัตน์ บุญรัมย์¹ และจรีวรรณ จันทร์คง^{2*}

Boonrad Boonradsamee¹ and Jareewan Chankong^{2*}

¹คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90000

²คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

¹Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, Thailand 90000

²Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Sri Thammarat, Thailand 80110

*Corresponding author: jareewan.rmutsv@gmail.com

Received: February 20, 2022

Revised: January 22, 2023

Accepted: February 28, 2023

Abstract

The objectives of this research were to evaluate the quality of life, social value, and economic value of coastal community resulting from the project that has been supported by PTT Exploration and Production Public Company Limited (PTTEP). There had 137 inshore fishermen from 9 inshore fishing communities in Muang, Singhanakhon, Sathing Phra, Krasasin, and Ranot district in Songkhla province participated as a research sample. The data were collected by using a set of questionnaire. Mean ($\bar{x}$), percentage (%), standard deviation (SD), and content analysis were employed to analyze the data. The results showed that average quantity of aquaculture production and average price of aquaculture production which were blue crab, fish and giant freshwater prawn had raised in all 3 species after being supported by PTTEP. This can increase inshore fishermen's income and their rate of return on investment (ROI). Regarding the impact assessment on quality of life, economy, society and environment, it revealed that the project contributes good impact to the environment at the highest level ($\bar{x}$ =4.28), followed by society ($\bar{x}$ =4.22), and economy ($\bar{x}$ =4.01) which were at a high level. As a result, the inshore fishermen in Songkhla province have a better overall quality of life.

Keywords: quality of life, social value, economic value, crab hatchery

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพชีวิต ประเมินมูลค่าทางสังคม และประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของชุมชนประมงชายฝั่ง ที่มีผลจากโครงการอนุรักษ์เพาะฟักลูกปูที่ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างชาวประมงที่เป็นสมาชิกในชุมชนประมงชายฝั่ง 9 ชุมชน ในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอสิงหนคร อำเภอสะทิงพระ อำเภอกระแสมั่น และอำเภอรโนด จังหวัดสงขลา จำนวน 137 ราย โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณผลผลิตสัตว์น้ำเฉลี่ยและราคาผลผลิตสัตว์น้ำเฉลี่ย ซึ่งประกอบด้วย ปูม้า ปลา และกุ้งก้ามกราม เมื่อมีโครงการที่ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ผลผลิตสัตว์น้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ชนิด ส่งผลให้ชาวประมงชายฝั่งมีรายได้เพิ่มสูงขึ้นจากเดิม ส่วนอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) ของชาวประมงเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ส่วนการประเมินผลกระทบด้านคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม พบว่าโครงการส่งผลดีด้านสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.28$) ผลดีด้านสังคมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.22$) และผลดีด้านเศรษฐกิจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.01$) ส่งผลโดยรวมให้ชาวประมงชายฝั่งในพื้นที่จังหวัดสงขลาคุณภาพชีวิตโดยรวมที่ดีขึ้น

คำสำคัญ: คุณภาพชีวิต มูลค่าทางสังคม มูลค่าทางเศรษฐกิจ การอนุรักษ์เพาะฟักลูกปู

คำนำ

ภาคใต้มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแหลม หรือคาบสมุทรที่ถูกขนาบด้วยทะเลภายนอก 2 ทะเล คือทะเลจีนใต้ และทะเลอันดามัน โดยมีฝั่งทะเลยาวถึง 2,614.40 กิโลเมตร (Fisheries Development Policy and Strategy Division, 2017) นอกจากนั้นยังมีลุ่มน้ำต่าง ๆ ที่มีความอุดมสมบูรณ์ในเรื่องทรัพยากรสัตว์น้ำ จึงทำให้เกิดอาชีพสำคัญของคนในพื้นที่ชุมชนต่าง ๆ บริเวณชายฝั่งทะเลและแถบลุ่มน้ำดังกล่าว คือ อาชีพการประมงพื้นบ้านหรือประมงชายฝั่ง พื้นที่ทะเลสาบสงขลาเป็นแหล่งทรัพยากรสำคัญของชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบ มีความหลากหลายทางชีวภาพทั้งสัตว์น้ำและพืชพรรณธรรมชาติ มีความสำคัญต่อชาวประมงในบริเวณรอบ ๆ ทะเลสาบสงขลาตลอดมา Boonprakarn *et al.* (2012) แต่ทั้งนี้พบว่าทรัพยากรสัตว์น้ำในทะเลมีปริมาณลดลงต่อเนื่อง จากการถูกจับขายอย่างรวดเร็วเกินกว่าการเจริญเติบโตใหม่ของสัตว์น้ำ ชาวประมงชายฝั่งจับผลผลิตสัตว์น้ำได้น้อยลง ส่งผลต่อรายได้ของชาวประมงชายฝั่งซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพชีวิตและเศรษฐกิจโดยรวมจากการทำประมงชายฝั่งในพื้นที่ลดลง

บริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ที่มีฐานสนับสนุนการพัฒนาปิโตรเลียม ทำเทียบเรือ และคลังสินค้า เพื่อให้บริการแก่โครงการของบริษัทและบริษัทจากภายนอกที่อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา มีการสนับสนุนงบประมาณ และสนับสนุนการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการอนุรักษ์เพาะฟักลูกปูและสัตว์น้ำ เพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล จังหวัดสงขลาโดยการส่งเสริมให้เกิดเครือข่ายการเรียนรู้เพาะฟักลูกปูในจังหวัดสงขลา และจังหวัดอื่น ๆ ในภาคใต้ เพื่อสร้างให้กลุ่มประมง ผู้ใช้ทรัพยากรมาเป็นเครือข่ายอนุรักษ์ทรัพยากร

ทางทะเล โดยได้หน่วยงานภาครัฐ และหน่วยงานปกครองท้องถิ่นจากพื้นที่ต่าง ๆ เข้ามามีส่วนรวม โดยเป็นเครือข่ายที่มีเป้าหมายเดียวกันในการอนุรักษ์ และฟื้นฟูทรัพยากรทางทะเล รวมทั้งเพื่อเป็นการประเมินผลสำเร็จของกิจกรรมและโครงการต่าง ๆ ผ่านกระบวนการวิจัย จึงได้ดำเนินการโครงการการประเมินคุณภาพชีวิต มูลค่าทางสังคม และเศรษฐกิจของชุมชน จากการสนับสนุนการพัฒนางานความรู้การอนุรักษ์แพะฟักลูกปูและสัตว์น้ำ เพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล จังหวัดสงขลา

ถึงแม้ว่าการขยายตัวของตลาดผลผลิตสัตว์น้ำ และมูลค่าต่อหน่วยของผลผลิตสัตว์น้ำอาจสูงกว่าผลผลิตทางการเกษตรด้านอื่น ๆ แต่คุณภาพชีวิตของชุมชนชาวประมงชายฝั่งอาจยังไม่ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจเนื่องจากปัญหาการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติในทะเล ชุมชนประมงชายฝั่งเผชิญกับปัญหาราคาต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น และชาวประมงชายฝั่งยังไม่ทราบถึงต้นทุนการผลิตที่แท้จริง อีกทั้งปัญหาด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ราคาขายผลผลิตสัตว์น้ำในตลาดที่ไม่มีเสถียรภาพ ส่งผลให้คาดการณ์กำไรผิดพลาด จากสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญในการประเมินคุณภาพชีวิตของคนในชุมชน เช่น ประเด็นด้านความรู้และทักษะในการประกอบอาชีพ ด้านสวัสดิการ และสุขภาพที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น และการประเมินมูลค่าทางสังคม ในด้านความสัมพันธ์ในชุมชน การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน การมีกิจกรรม และการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน รวมทั้งการประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะในเรื่องของต้นทุนผลตอบแทน กำไรที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งของคนในชุมชนที่มีผลจากโครงการที่ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท PTTEP ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถเป็นทางเลือกในการประกอบการตัดสินใจให้กับผู้ที่สนใจด้านการทำประมงชายฝั่ง และเป็นแนวทางในการพัฒนาการทำประมงชายฝั่ง ตลอดจนการสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเลต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยข้อมูลประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

ประชากร คือ จำนวนสมาชิกชาวประมงชายฝั่งที่เป็นสมาชิกชุมชนจากการสนับสนุนการพัฒนางานความรู้การอนุรักษ์แพะฟักลูกปูและสัตว์น้ำ ของบริษัท PTTEP จำนวน 320 ราย

กลุ่มตัวอย่าง จากการใช้สูตรการประมาณสัดส่วนของประชากรการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างสมาชิกชาวประมงชายฝั่งในโครงการฯ จำนวน 137 ราย Srisa-ard (2002) โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากชาวประมงชายฝั่ง 9 ชุมชน ในพื้นที่จังหวัดสงขลา ได้แก่ 1) ศูนย์การเรียนรู้แพะฟักลูกปูบ้านหัวเขา 2) กลุ่มสหกรณ์ประมงพื้นบ้านชุมชนบาลาเซาห์เก่าแสน 3) กลุ่มอนุรักษ์ชายฝั่งและฟาร์มทะเลชุมชนบ้านใหม่ (ท่าเสา) 4) ศูนย์อนุรักษ์แพะฟักลูกปูและสัตว์น้ำกลุ่มพังสาย 5) กลุ่มอนุรักษ์ฟื้นฟูสัตว์น้ำและทรัพยากรประมงชายฝั่ง บ้านวัดกระชายทะเล 6) เขตอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งบ้านชุมพล (ดีหลวง) 7) ศูนย์อนุรักษ์แพะฟักลูกปูและสัตว์น้ำกลุ่มพังเค็ม 8) กลุ่มฟื้นฟูทะเลสาบสงขลาและอนุรักษ์โลมาอิรวดี และ 9) กลุ่มธนาคารสัตว์น้ำชุมชนประมงพื้นบ้าน; บ้านเลค่าย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม (Questionnaires) ที่มีทั้งคำถามปลายปิด (Close ended question) และคำถามปลายเปิด (Open ended question) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปด้านสภาพสังคมและเศรษฐกิจของชาวประมงชายฝั่ง จังหวัดสงขลา ประกอบด้วย ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ อาชีพหลัก อาชีพรอง ภาวะหนี้สิน เป็นต้น

2. ข้อมูลต้นทุนผลตอบแทนของชาวประมงชายฝั่ง จังหวัดสงขลา ประกอบด้วย ข้อมูลตัวเลขที่เกี่ยวกับต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร และผลตอบแทนจากการทำประมงชายฝั่ง

3. ข้อมูลปัญหาและอุปสรรคในการทำประมงชายฝั่ง จังหวัดสงขลา ประกอบด้วย ข้อมูลประเด็นปัญหาและอุปสรรคในการทำประมงชายฝั่ง เช่น ประเด็นปัญหาด้านเครื่องมือจับสัตว์น้ำที่ผิดกฎหมาย และปัญหาขโมยซึ่งส่งผลกระทบต่อ การออกทะเลเพื่อหาสัตว์น้ำ รวมทั้งเรื่องสภาพอากาศแปรปรวนที่เป็นอุปสรรคในการทำประมงชายฝั่ง เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลด้านต้นทุนผลตอบแทน และการวิเคราะห์ข้อมูลผลกระทบด้านคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลด้านต้นทุนผลตอบแทน ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม มาวิเคราะห์ค่าสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป แล้วสรุปออกมาเป็นค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมทั้งอธิบายผล และวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) เพื่อแสดงให้เห็นถึงมูลค่าต้นทุนผลตอบแทนของชาวประมงชายฝั่ง โดยวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนและผลตอบแทนที่เป็นไปตามหลักทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร ทั้งนี้ต้องมีการประเมินค่าใช้จ่ายทั้งที่เป็นเงินสดและไม่เป็นเงินสด เช่น ค่าแรงงาน ค่าเสื่อมราคา (คำนวณด้วยวิธีการเส้นตรง) ให้ถูกต้องตามความเป็นจริงที่สุด รวมทั้งคำนวณหากำไรสุทธิ (รายได้รวมหักด้วยต้นทุนรวมทั้งหมด) และกำไรเหนือต้นทุนเงินสด (รายได้รวมหักด้วยต้นทุนที่เป็นเงินสดรวม) รวมทั้งอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) ซึ่งคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์จากสัดส่วนกำไรต่อต้นทุนรวมทั้งหมด

2. การวิเคราะห์ข้อมูลผลกระทบด้านคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ข้อมูลผลกระทบด้านคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม จากการสนับสนุนการพัฒนางานองค์ความรู้ การอนุรักษ์เพาะ

ปลูกและสัตว์น้ำเพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล จังหวัดสงขลา ของบริษัท PTTEP ทำการวิเคราะห์ โดยแบบประเมินคำตอบ ประยุกต์ตามแบบของ Likert scale question แต่ละคำถามมีคำตอบให้เลือกโดยกำหนดค่าน้ำหนักของการประเมิน ดังนี้ ระดับ 1 = ส่งผลกระทบน้อยที่สุด ระดับ 2 = ส่งผลกระทบน้อย ระดับ 3 = ส่งผลกระทบปานกลาง ระดับ 4 = ส่งผลกระทบมาก และระดับ 5 = ส่งผลกระทบมากที่สุด (Sukwiboon, 2009) โดยสอบถามถึงระดับผลกระทบในประเด็นต่าง ๆ ประกอบด้วย ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม จากการสนับสนุนการพัฒนางานองค์ความรู้ การอนุรักษ์เพาะปลูกและสัตว์น้ำ เพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล และนำข้อมูลจากแบบสอบถามที่ได้ มาวิเคราะห์ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยการประเมินผลกระทบใช้การแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนจากมาตรฐานส่วนประเมินค่าชนิด 5 ระดับ และใช้การแบ่งช่วงการแปลผลตามหลักของการแบ่งอันตรภาคชั้น โดยใช้ค่าสูงสุดลบด้วยค่าต่ำสุด และหารด้วยจำนวนระดับที่ศึกษา ดังนั้นความห่างของแต่ละช่วงจึงเท่ากับ 0.8 โดยสามารถแบ่งช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยดังนี้ 4.21-5.00 เท่ากับ ระดับมากที่สุด 3.41-4.20 เท่ากับ ระดับมาก 2.61-3.40 เท่ากับ ระดับปานกลาง 1.81-2.60 เท่ากับ ระดับน้อย และ 1.00-1.80 เท่ากับ ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปด้านสภาพสังคมและเศรษฐกิจของชาวประมงชายฝั่ง จังหวัดสงขลา

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลชาวประมงชายฝั่ง ซึ่งเป็นสมาชิกชุมชนจากการสนับสนุนการพัฒนางานองค์ความรู้ การอนุรักษ์เพาะปลูกและสัตว์น้ำ เพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล จังหวัดสงขลา ของบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) รอบปีการผลิต (พ.ศ. 2562-2563) พบกลุ่มตัวอย่างชาวประมง

ชายฝั่ง จำนวน 137 ราย ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 73.00 และเพศหญิง ร้อยละ 27.00 มีอายุอยู่ระหว่าง 51-60 ปี มากที่สุดร้อยละ 34.31 รองลงมาอยู่ระหว่าง 41-50 ปี ร้อยละ 27.00 มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 87.59 การศึกษาส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 66.42 มีสมาชิกในครัวเรือน 5-6 คน มากที่สุด ร้อยละ 45.26 กลุ่มตัวอย่างทำการประมงเป็นอาชีพหลัก ร้อยละ 86.14 ประเภทสัตว์น้ำที่จับมากที่สุด คือ ปลา ร้อยละ 36.60 รองลงมา คือ ปูม้า ร้อยละ 31.70 ครัวเรือนชาวประมงชายฝั่งมีหนี้สิน ร้อยละ 65.69 แหล่ง กู้ยืมจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) มากที่สุด ร้อยละ 48.89

ต้นทุนและผลตอบแทนของชาวประมงชายฝั่ง จังหวัด สงขลา แยกตามประเภทสัตว์น้ำ

จากการสำรวจข้อมูลสถานะการประมงของ ชาวประมงชายฝั่งในพื้นที่จังหวัดสงขลา รอบปีการผลิต

(พ.ศ. 2562–2563) หลังจากที่ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท PTTEP โดยพบต้นทุนและผลตอบแทนของ ชาวประมงชายฝั่งจากการประมง ปูม้า ปลา และกุ้ง ก้ามกราม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ต้นทุนและผลตอบแทนของชาวประมงชายฝั่งประเภท การประมงปูม้า

ต้นทุนและผลตอบแทนของชาวประมงชายฝั่ง ประเภทการประมงปูม้า หลังมีโครงการสนับสนุนจาก บริษัท PTTEP พบว่าชาวประมงปูม้ามีต้นทุนรวมเฉลี่ย ในการทำประมงปูม้า เท่ากับ 196,996.03 บาท/ราย/ปี ต้นทุนเงินสดเฉลี่ย เท่ากับ 114,128.24 บาท/ราย/ปี โดยมีรายได้เฉลี่ยจากการทำประมงปูม้า เท่ากับ 253,996.43 บาท/ราย/ปี มีกำไรสุทธิเฉลี่ย เท่ากับ 57,000.40 บาท/ราย/ปี และกำไรเหนือต้นทุนเงินสด เฉลี่ย เท่ากับ 139,868.19 บาท/ราย/ปี ส่งผลให้มีอัตรา ผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับ 28.93 ดังแสดง ใน Table 1

Table 1 Cost-benefit of inshore fishermen (blue crab) in Songkhla province

Item	Value in cash (Baht)	Value non-cash (Baht)	Percentage
1. Fixed costs			
1.1 Depreciation of fishing boat		6,999.17	71.97
1.2 Depreciation of equipment		910.84	9.37
1.3 Opportunity cost for capital		1,814.91	18.66
Total fixed costs		9,724.93	100.00
2. Variable costs			
2.1 Cost for fuel oil	30,916.74		16.51
2.2 Cost of fishing boat repairs	7,989.29		4.27
2.3 Cost of equipment repairs	26,190.24		13.99
2.4 Cost for ice	8,060.54		4.30
2.5 Others, such as shipping cost	203.57		0.11

Table 1 (Continued)

Item	Value in cash (Baht)	Value non-cash (Baht)	Percentage
2.6 Wages	40,767.86		21.77
2.7 Household opportunity cost		73,142.86	39.06
Total variable cost	187,271.10		100.00
Total cost	196,996.03		
Total cash cost	114,128.24		
Total revenue	253,996.43		
Net profit	57,000.40		
Profit is above cash costs	139,868.19		
Return on investment (ROI)	28.93		

Source: questionnaires and calculations

ต้นทุนและผลตอบแทนของชาวประมงชายฝั่งประเภทการประมงปลา

ต้นทุนและผลตอบแทนของชาวประมงชายฝั่งประเภทการประมงปลา หลังมีโครงการสนับสนุนจากบริษัท PTTEP พบว่าชาวประมงมีต้นทุนรวมเฉลี่ยในการทำประมงปลา เท่ากับ 188,176.72 บาท/ราย/ปี ต้นทุนเงินสดเฉลี่ย เท่ากับ 109,422.22 บาท/ราย/ปี โดย

ชาวประมงปลามีรายได้เฉลี่ยจากการทำประมงปลา เท่ากับ 226,313.65 บาท/ราย/ปี มีกำไรสุทธิเฉลี่ย เท่ากับ 38,136.94 บาท/ราย/ปี และกำไรเหนือต้นทุนเงินสดเฉลี่ย เท่ากับ 116,891.43 บาท/ราย/ปี ส่งผลให้มีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับ 20.27 ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Cost-benefit of inshore fishermen (fish) in Songkhla Province

Item	Value in cash (Baht)	Value non-cash (Baht)	Percentage
1. Fixed costs			
1.1 Depreciation of fishing boat		6,944.40	73.28
1.2 Depreciation of equipment		792.89	8.37
1.3 Opportunity cost for capital		1,738.85	18.35
Total fixed costs		9,476.15	100.00

Table 2 (Continued)

Item	Value in cash (Baht)	Value non-cash (Baht)	Percentage
2. Variable costs			
2.1 Cost for fuel oil	30,359.65		16.99
2.2 Cost of fishing boat repairs	7,219.59		4.04
2.3 Cost of equipment repairs	27,303.30		15.28
2.4 Cost for ice	7,135.46		3.99
2.5 Others, such as shipping cost	192.47		0.11
2.6 Wages	37,211.75		20.82
2.7 Household opportunity cost		69,278.35	38.77
Total variable cost	178,700.57		100.00
Total cost	188,176.72		
Total cash cost	109,422.22		
Total revenue	226,313.65		
Net profit	38,136.94		
Profit is above cash costs	116,891.43		
Return on investment (ROI)	20.27		

Source: questionnaires and calculations

ต้นทุนและผลตอบแทนของชาวประมงชายฝั่งประเภท การประมงกึ่งก้ามกราม

ต้นทุนและผลตอบแทนของชาวประมงชายฝั่ง
ประเภทการประมงกึ่งก้ามกราม หลังมีโครงการสนับสนุน
จากบริษัท PTTEP พบว่าชาวประมงกึ่งก้ามกรามมีต้นทุน
รวมเฉลี่ยในการทำประมงกึ่งก้ามกราม เท่ากับ
196,996.03 บาท/ราย/ปี ต้นทุนเงินสดเฉลี่ย เท่ากับ

114,128.24 บาท/ราย/ปี โดยชาวประมงกึ่งก้ามกราม
มีรายได้เฉลี่ยจากการทำประมงกึ่งก้ามกราม เท่ากับ
270,406.67 บาท/ราย/ปี มีกำไรสุทธิเฉลี่ย เท่ากับ
63,055.19 บาท/ราย/ปี และกำไรเหนือต้นทุนเงินสด
เฉลี่ย เท่ากับ 131,586.67 บาท/ราย/ปี ส่งผลให้มีอัตรา
ผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับ 30.41 ดังแสดง
ใน Table 3

Table 3 Cost-benefit of inshore fishermen (giant freshwater prawn) in Songkhla province

Item	Value in cash (Baht)	Value non-cash (Baht)	Percentage
1. Fixed costs			
1.1 Depreciation of fishing boat		6,999.17	71.97
1.2 Depreciation of equipment		910.84	9.37
1.3 Opportunity cost for capital		1,814.91	18.66
Total fixed costs		9,724.93	100.00
2. Variable costs			
2.1 Cost for fuel oil	30,916.74		16.51
2.2 Cost of fishing boat repairs	7,989.29		4.27
2.3 Cost of equipment repairs	26,190.24		13.99
2.4 Cost for ice	8,060.54		4.30
2.5 Others, such as shipping cost	203.57		0.11
2.6 Wages	40,767.86		21.77
2.7 Household opportunity cost		73,142.86	39.06
Total variable cost	187,271.10		100.00
Total cost	196,996.03		
Total cash cost	114,128.24		
Total revenue	270,406.67		
Net profit	63,055.19		
Profit is above cash costs	131,586.67		
Return on investment (ROI)	30.41		

Source: questionnaires and calculations

ผลกระทบด้านคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม จากการสนับสนุนการพัฒนาองค์ความรู้ การอนุรักษ์เพาะฟักลูกปูและสัตว์น้ำเพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล จังหวัดสงขลา ของบริษัท PTTEP

การประเมินผลกระทบด้านคุณภาพชีวิต

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลชาวประมงชายฝั่ง เพื่อประเมินผลกระทบด้านคุณภาพชีวิต จากการสนับสนุนการพัฒนาองค์ความรู้ การอนุรักษ์เพาะฟักลูกปู

และสัตว์น้ำเพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล จังหวัดสงขลา ของบริษัท PTTEP โดยเฉพาะในประเด็นด้านความสัมพันธ์กับคนในชุมชนหรือสังคมเพิ่มขึ้น มากที่สุดเป็นลำดับหนึ่ง ($\bar{X}$ =4.21) รองลงมาคือ ประเด็นการมีความรู้และทักษะเพิ่มขึ้น ($\bar{X}$ =4.12) และในส่วนประเด็นการมีรายได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ($\bar{X}$ =4.09) ด้านภาพรวมการวิเคราะห์ผลกระทบด้านคุณภาพชีวิต ($\bar{X}$ =4.02) อยู่ในระดับมาก ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Quality of Life Impacts of Project from Promoting Knowledge Development of Crab Hatchery and Aquaculture

Impacts	$\bar{X}$	SD	Level
- Take less time and distance for coastal fishing	3.91	0.90	high
- Increased balance between work time and family time	4.03	0.84	high
- Increased income	4.09	0.84	high
- Increased knowledge and skills	4.12	0.75	high
- Increased relationship with people in the community	4.21	0.72	highest
- Increased safety in life and property	3.93	0.79	high
- Better health	3.98	0.70	high
- Better accommodation	4.04	0.76	high
- Better welfare	3.88	0.78	high
Total	4.02	0.11	high

Source: questionnaires and calculations

การประเมินผลกระทบด้านเศรษฐกิจ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลชาวประมงชายฝั่ง เพื่อประเมินผลกระทบด้านเศรษฐกิจ จากการสนับสนุนการพัฒนาองค์ความรู้ การอนุรักษ์เพาะฟักลูกปูและสัตว์น้ำเพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล จังหวัดสงขลา ของบริษัท PTTEP พบว่าประเด็นด้านสภาพเศรษฐกิจของชุมชนดีขึ้น มีรายได้ที่เพิ่มขึ้น มากที่สุดเป็น

ลำดับหนึ่ง ($\bar{X}$ =4.19) รองลงมาคือ ประเด็นการเพิ่มโอกาสในการประกอบอาชีพประมงชายฝั่ง ($\bar{X}$ =4.12) และในส่วนประเด็นการแก้ไขปัญหาาร่วมกันในด้านผลผลิตสัตว์น้ำและด้านการตลาด ($\bar{X}$ =3.96) ด้านภาพรวมการวิเคราะห์ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ ($\bar{X}$ =4.01) อยู่ในระดับมาก ดังแสดงใน Table 5

Table 5 Economic impacts of project from promoting knowledge development of crab hatchery and aquaculture

Impacts	$\bar{X}$	SD	Level
- Increased employment in the community	3.88	0.85	high
- Reduce migration of inshore fisherman	3.88	0.92	high
- Solve problems together about production and marketing	3.96	0.88	high
- Increased opportunities for a career in inshore fishing	4.12	0.76	high
- The economic condition of the community has Improved.	4.19	0.78	high
Total	4.01	0.14	high

Source: questionnaires and calculations

การประเมินผลกระทบด้านสังคม

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลชาวประมงชายฝั่ง เพื่อประเมินผลกระทบด้านสังคม จากการสนับสนุนการพัฒนาศักยภาพ การอนุรักษ์พะยูนและสัตว์น้ำ เพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล จังหวัดสงขลา ของบริษัท PTTEP พบว่าประเด็นด้านการมองเห็น จุดมุ่งหมายในอาชีพประมงในอนาคตร่วมกัน มากที่สุด

เป็นลำดับหนึ่ง ($\bar{X}=4.30$) รองลงมาคือ ประเด็นด้าน โอกาสในการพบปะพูดคุย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกัน และกันหรือมีกิจกรรมประชุมร่วมกัน ($\bar{X}=4.23$) และใน ประเด็นด้านความสัมพันธ์ในชุมชนมากขึ้น เช่น การ นัดคุยกันมากขึ้น ร่วมคิด ร่วมตัดสินใจ และร่วมลงมือ ($\bar{X}=4.22$) ด้านภาพรวมการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสังคม ($\bar{X}=4.22$) อยู่ในระดับมากที่สุด ดังแสดงใน Table 6

Table 6 Social impacts of project from promoting knowledge development of crab hatchery and aquaculture

Impacts	$\bar{X}$	SD	Level
- More connections in the community, such as sharing ideas, making decisions, and taking action	4.22	0.82	highest
- Increased social activities such as religious ceremony	4.16	0.79	high
- Inshore fisherman see mutual benefits, both monetary and non-monetary, such as happiness, job satisfaction	4.20	0.80	high
- Exchange opinions with each other or hold meetings together	4.23	0.79	high
- Increased support in society	4.20	0.78	high
- Goals in future fishing careers together	4.30	0.75	highest
Total	4.22	0.05	highest

Source: questionnaires and calculations

การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลชาวประมงชายฝั่ง เพื่อประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม จากการสนับสนุน การพัฒนาองค์ความรู้ การอนุรักษ์พะยูนและสัตว์น้ำเพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล จังหวัดสงขลา ของบริษัท PTTEP พบว่าประเด็นในด้าน ชาวประมงและชุมชนมีความร่วมมือร่วมใจกันในการช่วย

อนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลมากขึ้น มากที่สุดเป็นลำดับหนึ่ง ($\bar{X}$ =4.42) รองลงมาคือ ประเด็น การมีทรัพยากรทางทะเลที่อุดมสมบูรณ์มากขึ้น ($\bar{X}$ =4.38) และในส่วนประเด็นการตระหนักในการใช้ ทรัพยากรธรรมชาติเท่าที่จำเป็น ($\bar{X}$ =4.26) ด้านภาพรวม การวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ($\bar{X}$ =4.28) อยู่ใน ระดับมากที่สุด ดังแสดงใน Table 7

Table 7 Environmental impacts of project from promoting knowledge development of crab hatchery and aquaculture

Impacts	$\bar{X}$	SD	Level
- More abundant marine resources	4.38	0.67	highest
- Reduced environmental problems in the community	4.04	0.91	high
- Aware of the use of natural resources sparingly	4.26	0.73	highest
- More cooperation in conserving and restoring marine natural resources	4.42	0.74	highest
Total	4.28	0.17	highest

Source: questionnaires and calculations

ปัญหาและอุปสรรคของชาวประมงชายฝั่ง จังหวัดสงขลา

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างชาวประมงชายฝั่งส่วนใหญ่มีปัญหาและอุปสรรค มากที่สุดร้อยละ 53.28 ในเรื่องเรือประมงผิดกฎหมาย การใช้วนรุน

อวนลาก และขโมย ส่งผลกระทบต่อ การออกทะเลเพื่อหาสัตว์น้ำ รองลงมาคือ ปัญหาเรื่องสภาพอากาศแปรปรวน ร้อยละ 27.87 และปัญหาอื่น ๆ เช่น ปัญหาด้านขยะในทะเล ร้อยละ 13.11 ดังแสดงใน Table 8

Table 8 Problems and obstacles of inshore fishermen

Problems and obstacles	Frequency	Percentage
- Illegal fishing boat / theft	63	53.28
- Problem of artificial coral	3	2.46
- Cost of raw materials in fishing is high	4	3.28
- Weather variability	34	27.87
- Other such as problem of marine debris	16	13.11
Total	122	100.00

Source: questionnaires and calculations

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาสัดส่วนรายได้ และอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนชาวประมงชายฝั่งในพื้นที่จังหวัดสงขลา ที่เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์เพาะฟักลูกปู และสัตว์น้ำ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากบริษัท ปตท.สำรวจ

และผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) พบว่าชาวประมงปูม้า ชาวประมงปลา และชาวประมงกุ้งก้ามกรามมีสัดส่วนรายได้ที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้การทำประมงชายฝั่งจับสัตว์น้ำแต่ละประเภทมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับระดับราคาผลผลิตสัตว์น้ำในตลาด และการบริหารจัดการต้นทุนทั้งในส่วนของต้นทุน

คงที่ และต้นทุนผันแปร ทั้งในส่วนของค่าแรงงาน ค่า น้ำมันเชื้อเพลิง ตลอดจนค่าเครื่องมือและอุปกรณ์ประมง ทั้งนี้จากการศึกษาในส่วนของคุณทุนผลตอบแทนของ ชาวประมงชายฝั่งในอดีต พบว่าการทำประมงชายฝั่งตาม วิถีชาวบ้าน ส่งผลให้มีทั้งกำไร และขาดทุน จากการศึกษา งานในอดีตของ Wungchamnon (2004) ซึ่งทำการ วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการทำประมง พื้นบ้าน หรือประมงชายฝั่ง บริเวณอ่าวบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อปี พ.ศ. 2547 พบว่า ชาวประมงพื้นบ้านที่ทำการประมงจับปลา หูมิก และปู มีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนที่แตกต่างกันออกไป ตามแต่ละประเภทของผลผลิตสัตว์น้ำ โดยการวิเคราะห์ อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน พบว่าการทำประมง พื้นบ้านมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนทั้งที่เป็นบวก และลบ คือ ชาวประมงพื้นบ้านมีทั้งผลประกอบการที่ได้ กำไรและขาดทุน เช่น การประมงปูมีอัตราผลตอบแทน จากการลงทุนเท่ากับ -2.34 แต่ในขณะที่ประมงปลา หูมิก มีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ 11.47 การทำ ลอบหูก มีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ 26.28 ตามลำดับ และถึงแม้ว่าการทำประมงพื้นบ้านบาง ประเภทยังประสบกับภาวะขาดทุน แต่ชาวประมงพื้นบ้าน ส่วนใหญ่ไม่ต้องการเปลี่ยนอาชีพการทำประมง โดยมี เหตุผลว่า มีความรู้ความชำนาญในอาชีพการทำประมง และพอใจในความเป็นอยู่ในอาชีพการทำประมง

ดังนั้นการวางแผนการผลิต และการบริหารจัดการ ต้นทุน ตลอดจนการได้รับการสนับสนุนส่งเสริม จากหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนจะส่งผลต่อการทำ ประมงอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ในส่วนของการวิเคราะห์ ต้นทุน การทำประมงปู ของ Niumnut and Purisumpun (2014) ที่ทำการประเมิน คุณค่าทางเศรษฐกิจของสัตว์น้ำเป้าหมายแต่ละชนิดที่มี ต่อชุมชน อ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยพบว่า ต้นทุนในการทำประมงปูมีสัดส่วนที่แตกต่างกันออกไป ตามแต่ละชนิด ของปูที่ต้องจับ และประเภทของเครื่องมือ ที่ใช้ในการจับ จากการสำรวจพบว่า ต้นทุนในการทำ

ประมงปูมาด้วยลอบปู ประมงปูมาด้วยอวนปู ประมง ปูทะเล มีต้นทุนมากที่สุดเป็นต้นทุนค่าวัสดุในการทำ ประมง ในขณะที่การทำประมงปูแสมมีต้นทุนสูงสุด คือ ค่าจ้างแรงงาน ด้านรายได้ส่วนใหญ่จะเป็นรายได้ที่เกิด จากการขายปูทั้งตัว นอกจากนั้นยังมีรายได้จากการขาย เฉพาะเนื้อปู และรายได้จากการจับสัตว์น้ำอื่น ๆ ซึ่งเป็น ผลพลอยได้จากการทำประมง และทั้งนี้ยังสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Chankong *et al.* (2022) ซึ่งทำการ วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนสัตว์น้ำเศรษฐกิจของ ชุมชนประมงชายฝั่ง จังหวัดตรัง โดยพบว่าชาวประมง ชายฝั่งมีรายได้รวมเฉลี่ยต่อปีสูงสุดจากการทำประมงปูมา รองลงมาคือ กุ้งแชบ๊วย โดยต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อปีในการ ทำประมงชายฝั่ง ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่และต้นทุน ผันแปร สำหรับต้นทุนผันแปรที่สำคัญในการทำประมง ชายฝั่ง ประกอบด้วย ค่าแรงงาน ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง และ ค่าซ่อมแซมเครื่องมือและอุปกรณ์ประมง ดังนั้นการ ส่งเสริมในการทำประมงชายฝั่งควรสนับสนุนในส่วน ของ การพัฒนาองค์ความรู้ทั้งด้านการผลิต การบริหาร จัดการต้นทุนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งรูปแบบ การจัดจำหน่ายผลผลิตสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลตอบแทน แก่ชาวประมงชายฝั่ง

ส่วนการประเมินผลกระทบด้านคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม จากการสนับสนุนการ พัฒนาการองค์ความรู้ การอนุรักษ์เพาะฟักลูกปูและสัตว์น้ำ เพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล จังหวัดสงขลา ของบริษัท PTTEP พบว่าโครงการส่งผลดีด้านสิ่งแวดล้อม ($\bar{X}$ =4.28) อยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะในประเด็น ด้านชาวประมงและชุมชนมีความร่วมมือร่วมใจกันในการ ช่วยอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลมากขึ้น มากที่สุดเป็นลำดับหนึ่ง ($\bar{X}$ =4.42) รองลงมาคือ ผลดีด้าน สังคม ($\bar{X}$ =4.22) อยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะในประเด็น ด้านมองเห็นจุดมุ่งหมายในอาชีพประมงในอนาคตร่วมกัน มากที่สุดเป็นลำดับหนึ่ง ($\bar{X}$ =4.30) ส่วนดีด้านคุณภาพชีวิต ($\bar{X}$ =4.02) อยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะในประเด็นด้าน ความสัมพันธ์กับคนในชุมชนหรือสังคมเพิ่มขึ้นมากที่สุด

เป็นลำดับหนึ่ง ($\bar{X}=4.21$) และผลดีด้านเศรษฐกิจ ($\bar{X}=4.01$) อยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะในประเด็นด้านสภาพเศรษฐกิจของชุมชนดีขึ้น มีรายได้ที่เพิ่มขึ้น มากที่สุดเป็นลำดับหนึ่ง ($\bar{X}=4.19$) จากการส่งเสริมและสนับสนุนพัฒนาองค์ความรู้ ด้านการอนุรักษ์เพาะปลูกปุ๋ย และสัตว์น้ำ เพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล จังหวัดสงขลา ของบริษัท PTTEP ซึ่งส่งผลโดยรวมให้ชาวประมงชายฝั่งในพื้นที่จังหวัดสงขลา มีคุณภาพชีวิตโดยรวมที่ดีขึ้น ทั้งนี้พบว่างานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและยกระดับคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม โดยส่งเสริมกระบวนการที่ทำให้เกิดการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน ซึ่งเน้นหนักในด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนนั้น ๆ เช่นงานวิจัยของ Damrongchai (2018) ทำการศึกษาถึงการพัฒนาชุมชนที่ยั่งยืน โดยศึกษาถึงปัจจัยสำคัญในการนำไปสู่การพัฒนาชุมชน และการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืน ซึ่งพบว่า จุดเริ่มต้นของการเกิดกระบวนการที่นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนมี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การมีผู้นำที่ดีและเข้มแข็ง 2) การมีแนวทางแก้ไขปัญหา และแนวความคิดในการพัฒนาที่เหมาะสม 3) การมีรูปแบบการสื่อสารเพื่อการพัฒนาที่มีประสิทธิภาพ และ 4) การมีความใส่ใจและมุ่งมั่นกับการบริหารจัดการทรัพยากรในพื้นที่อย่างยั่งยืน รวมทั้งงานศึกษาของ Promjun (2021) ที่ทำการศึกษาการจัดการเศรษฐกิจโดยการมีส่วนร่วมของประมงพื้นบ้าน ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยการนำแนวคิดกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ไม่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมาปรับใช้ในการจัดการทรัพยากรประมง ทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านสังคม เช่น การรวมตัวเป็นกลุ่มประมงท้องถิ่นและกลุ่มองค์กรชุมชนชายฝั่งเพื่อเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน 2) ด้านทรัพยากร การให้ความสำคัญในการฟื้นฟูทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง และ 3) ด้านเศรษฐกิจ ส่งเสริมการแปรรูปผลผลิตสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มมูลค่า รวมทั้งการจัดการการท่องเที่ยว และสร้างรายได้บนฐานของทรัพยากรอย่างเหมาะสม สมดุล และยั่งยืน

ด้านปัญหาและอุปสรรคในการทำประมงของสมาชิกชุมชนประมงชายฝั่งในพื้นที่ จังหวัดสงขลา พบว่าชาวประมงชายฝั่งมีปัญหาเรื่องเรือประมงพาณิชย์/เครื่องมืออุปกรณ์ผิดกฎหมาย มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 53.28 รองลงมาคือ ปัญหาลมมรสุมส่งผลต่อการออกทะเลของชาวประมงชายฝั่ง คิดเป็นร้อยละ 27.87 และปัญหาอื่น ๆ เช่น ปัญหาด้านขยะในทะเล ร่องน้ำตื้นส่งผลต่อการทำประมงชายฝั่ง คิดเป็นร้อยละ 13.11 ตามลำดับ ซึ่งปัญหาที่กล่าวมาเหล่านี้เป็นปัญหาที่ชาวประมงชายฝั่งมักประสบ ดังเช่นการศึกษาของ Sirichai-Ekawat (2014) ซึ่งกล่าวถึงปัญหาและอุปสรรคของการทำประมงไทย ในลักษณะเดียวกัน เช่น ปัญหาการใช้เครื่องมือประมงทำลายล้างนานาชนิด เช่น อวนรุน อวนลาก เรือไฟปั่น ปลากระตัก และการระเบิดปลา ปัญหาต้นทุนการผลิตสูงขึ้นอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะราคาน้ำมันดีเซล ปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรประมง จำนวนเรือประมงที่มากกว่าจำนวนทรัพยากร ตลอดจนการทำลายป่าชายเลน ปะการัง หาดทะเล ซึ่งเป็นแหล่งเพาะฟักสัตว์น้ำตามธรรมชาติ เมื่อสัตว์น้ำลดลงชาวประมงจับสัตว์น้ำได้น้อยลง ส่งผลให้รายได้ของชาวประมงลดลง

สรุปผลการวิจัย

การประเมินคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของชุมชนประมงชายฝั่งจังหวัดสงขลา ที่มีผลจากโครงการอนุรักษ์เพาะปลูกปุ๋ยที่ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) พบว่าชาวประมงชายฝั่งในพื้นที่จังหวัดสงขลาส่วนใหญ่ประกอบอาชีพชาวประมงเป็นหลัก โดยจับสัตว์น้ำหลัก ได้แก่ ปลา ปูม้า และกุ้งก้ามกราม ทั้งนี้พบว่าเมื่อบริษัท PTTEP เข้าไปสนับสนุนโครงการพัฒนาองค์ความรู้การอนุรักษ์เพาะปลูกปุ๋ยและสัตว์น้ำ เพื่อสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางทะเล ส่งผลให้ชาวประมงปูม้า ชาวประมงปลา และชาวประมงกุ้งก้ามกราม มีรายได้รวมเฉลี่ยต่อปีเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีกำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปีเพิ่มขึ้น

และอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) ของชาวประมงเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยสัดส่วนรายได้ที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดจากปริมาณผลผลิตสัตว์น้ำในทะเลเพิ่มมากขึ้นเป็นผลสืบเนื่องจากการส่งเสริมการอนุรักษ์พะยูนและปลากุญแจ และสัตว์น้ำ ตลอดจนการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการผลิต การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการส่งเสริมการรวมกลุ่มของชาวประมงชายฝั่งในพื้นที่จังหวัดสงขลา สำหรับการประเมินผลกระทบด้านคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม พบว่าโครงการส่งผลดีด้านสิ่งแวดล้อม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.28$) ผลดีด้านสังคมในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.22$) และผลดีด้านเศรษฐกิจ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.01$) ส่งผลโดยรวมให้ชาวประมงชายฝั่งในพื้นที่จังหวัดสงขลาคุณภาพชีวิตโดยรวมที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ต่อชาวประมงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ชาวประมงชายฝั่งควรติดตามข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับโครงการอบรม สัมมนา ตลอดจนการรวมกลุ่มเพื่อการวางแผนการผลิตและการจัดจำหน่าย โดยการเตรียมแผนรองรับในการป้องกันความผันผวนและความเสี่ยงด้านการผลิตในอนาคต ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระดับรายได้ ตลอดจนการวางแผนเรื่องของต้นทุนการผลิตที่มีแนวโน้มและทิศทางของราคาที่จะเพิ่มสูงขึ้น

2. ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความแปรปรวน รวมทั้งภัยธรรมชาติ เป็นอีกหนึ่งปัจจัยเสี่ยงของชาวประมงชายฝั่ง ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการประกอบอาชีพ ดังนั้นควรมีการจัดทำระบบเตือนภัย ตลอดจนการส่งเสริมองค์ความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเพื่อให้การวางแผนการทำประมงชายฝั่งมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. การสนับสนุนส่งเสริมของหน่วยงานภาครัฐ และเอกชน เพื่อการพัฒนาองค์ความรู้ในด้านกระบวนการผลิตสัตว์น้ำ ควรคำนึงถึงการสร้างความยั่งยืนแก่ทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่ง โดยเน้นกระบวนการ

มีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรประมงชายฝั่ง เช่น การสนับสนุนการรวมกลุ่มเป็นองค์กรชุมชนประมงชายฝั่งที่เข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรทางทะเล เช่น การทำบ้านปลา ธนาคารปูม้า และการทำเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์น้ำ รวมทั้งการสร้างจิตสำนึกให้กับสมาชิกของชุมชน และบุคคลภายนอกในการอนุรักษ์ ห่วงแหนทรัพยากร และเล็งเห็นถึงความสำคัญของทรัพยากรชายฝั่งที่มีต่อคนในชุมชน เพื่อความยั่งยืนของการทำประมงชายฝั่งในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณชาวประมงชายฝั่ง พื้นที่จังหวัดสงขลา ทุกท่านที่อนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการธุรกิจ และคณะกรรมการศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนบุคลากร และทรัพยากรอื่น ๆ สำหรับการวิจัยตลอดโครงการ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุก ๆ ท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์พิจารณาเครื่องมือการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย จนโครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สุดท้ายขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) สำหรับการดำเนินโครงการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Boonprakarn, K., W. Dhammsaccakarn, A. Chantawong, J. Sangkapan and P. Chomthong. 2012. **Small-scale fishermen's negotiation tactics in a time of scarcity in Songkhla lake.** [Online]. Available <http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2016/15041> (July 19, 2020). [in Thai]

- Chankong, J., J. Romyen, B. Boonradsamee, W. Thavaroj, S. Chaipetch and A. Songrak. 2022. Cost and benefit analysis of economic aquatic animals of inshore fishing in Trang province. **Journal of Agricultural Research and Extension** 39(1): 150-164. [in Thai]
- Damrongchai, N. 2018. A model for sustainable development in Thai Communities under the Sufficiency Economy Concept. **Sukhothai Thammathirat Open University Journal** 31(1): 92-107. [in Thai]
- Fisheries Development Policy and Strategy Division, Department of Fisheries. 2017. **Fisheries Statistic**. [Online]. Available <https://www.fisheries.go.th/strategy-stat/> (June 10, 2019). [in Thai]
- Niumnut, N. and R. Purisumpun. 2014. **Supply Chain of Aquatic Animals from Ao Ban Don (Ban DonBay): Case Study of Blue Crab, Black Crab and Mangrove Crab**. In Research Report. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). 93 p. [in Thai]
- Promjun, P. 2021. Blue economy management by participation of artisanal fisheries in Ban Pak Nam Tha Muang village, Wang sub-district, Tha Chana district, Suratthani province. **Journal of MCU Nakhondhat** 8(10): 30-43. [in Thai]
- Sirichai-Ekawat, W. 2014. **Facts, problems, obstacles and solutions to the entire system of Thai marine fisheries**. [Online]. Available <https://thaipublica.org/wp-content/uploads/2015/07/> (June 10, 2020). [in Thai]
- Srisa-ard, B. 2002. **Preliminary Research**. 7th ed. Bangkok: Suviriyasan. 171 p. [in Thai]
- Sukwiboon, T. 2009. **Considerations for Creating a Rating Scale for Research**. [Online]. <http://www.ms.src.ku.ac.th> (January 15, 2020). [in Thai]
- Wungchamnon, V. 2004. **Rate of Returns of Traditional Fishing in Bangsaphan Bay Prachuapkirikhan**. Master Thesis. Srinakharinwirot University. 198 p. [in Thai]

การวิเคราะห์ความเป็นได้ในการลงทุนเพื่อประกอบการตัดสินใจในการปลูกพืชในจังหวัดราชบุรี Feasibility Analyses to Support the Decision Making on Crops Planting in Ratchaburi Province

กษมา ศิริสมบุญ* และจันทนา สัจวรโยธิน

Kasama Sirisomboon* and Chantana Sangvornyotin

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม 73000
Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakhon Pathom, Thailand 73000

*Corresponding author:sirisomboon_k@su.ac.th

Abstract

Received: June 07, 2022

Revised: January 23, 2023

Accepted: February 28, 2023

The objectives of this research were to observe initial, plantation and labor costs, as well as analyze payback period, internal rate of return by using a discount rate and a rate of return of 20%, profitability and sensitivity for growing long bean, chinda chili, pineapple and longan at a plantation area of 10 rais adjacent to a water source in Ratchaburi province. According to the study results, the net present values for the planting of four crops were all positive, which the longan planting earned the highest value at 2,275,142 Baht. Moreover, growing longan had the highest profit index of 11 with the longest payback period (5 years and 3 months) and highest investment cost. Growing pineapple had the lowest initial cost because it needed less agricultural equipment and did not require water supply systems. This crop had the highest internal rate of return, however the first return would be waited for a year. The value of the investment costs for growing long bean and chinda chili were in between the growing of pineapple and longan. By growing both crops, farmers earned more consistently and quickly than other crops, since they had a quite short harvest period (of about 3 months). Considering the sensitivity by increasing the cost by 20%, it was found that the investments of growing long bean and chinda chili were unlikely to be invested, while planting pineapple and longan still had the satisfactory yields.

Keywords: long bean, chinda chili, pineapple, longan, net present value, internal rate of return, sensitivity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเก็บข้อมูล ต้นทุนเริ่มต้น ต้นทุนการปลูกพืชและแรงงาน ตลอดจนวิเคราะห์ระยะเวลาต้นทุน อัตราผลตอบแทนภายในความสามารถในการทำกำไร และความอ่อนไหวของการปลูกถั่วฝักยาว พริกจินดา สับปะรด และลำไย โดยใช้อัตราคิดลดและอัตราผลตอบแทนที่ร้อยละ 20 เพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจลงทุน ในพื้นที่เพาะปลูก 10 ไร่ที่อยู่ติดแหล่งน้ำของจังหวัดราชบุรี จากการศึกษาพบว่า การปลูกพืชทั้ง 4 ชนิด มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก โดยการปลูกลำไยให้ค่าสูงสุดที่ 2,275,142 บาท นอกจากนี้ลำไยเป็นพืชที่มีดัชนีกำไรสูงสุดเท่ากับ 11 แต่มีระยะเวลาต้นทุนที่ค่อนข้างนาน (5 ปี 3 เดือน) และมีเงินลงทุนสูงที่สุด การปลูกสับปะรดมีต้นทุนเริ่มต้นต่ำที่สุด เนื่องจากไม่ต้องวางระบบน้ำและมีอุปกรณ์ทางการเกษตรน้อย และเป็นพืชที่มีผลตอบแทนภายในสูงที่สุด แต่ผลตอบแทนครั้งแรกจะต้องรอ 1 ปี ในขณะที่การปลูกถั่วฝักยาวและพริกจินดามีต้นทุนอยู่ระหว่างการปลูกสับปะรดและลำไย โดยการปลูกพืชทั้งสองชนิดนี้ทำให้เกษตรกรมีรายได้สม่ำเสมอและรวดเร็วกว่าพืชชนิดอื่น เนื่องจากมีระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ค่อนข้างเร็ว (ประมาณ 3 เดือน) เมื่อพิจารณาจากความอ่อนไหวในกรณีที่ต้นทุนเพิ่มขึ้น 20% พบว่าการลงทุนการปลูกถั่วฝักยาวและพริกจินดาไม่น่าลงทุน ในขณะที่การปลูกสับปะรดและลำไยยังให้ผลตอบแทนที่น่าพอใจ

คำสำคัญ: ถั่วฝักยาว พริกจินดา สับปะรด ลำไย
การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายใน
ความอ่อนไหว

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการบริโภคและส่งออกข้าว พืชผัก ผลไม้ ทั้งในรูปแบบสด แปรรูป แช่เย็น แช่แข็ง บรรจุกระป๋อง และน้ำผลไม้ เป็นจำนวนมาก ใน 11 เดือนของปี พ.ศ. 2564 (ม.ค.-พ.ย.) การส่งออกผักและผลไม้ของไทยมีแนวโน้มขยายตัวสูงขึ้น โดยผักและผลไม้ไทยครองส่วนแบ่งในตลาดจีนได้เป็นอันดับหนึ่ง นอกเหนือจากความนิยมในผักและผลไม้ของไทย ความเชื่อมั่นในคุณภาพและมาตรฐาน ยังได้เครื่องมือสำคัญที่ช่วยสร้างความได้เปรียบและขยายโอกาสทางการค้า (Manager Online, 2021) จากข้อมูลดังกล่าวทำให้หลายภาคส่วนของประเทศได้ให้ความสำคัญในการส่งเสริม เพื่อเพิ่มผลผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีที่นำมาใช้สำหรับการเกษตร รวมถึงส่งเสริมการเรียนรู้ให้แก่เกษตรกร

จังหวัดราชบุรีเป็นหนึ่งในจังหวัดที่ให้ความสำคัญในการผลิตสินค้าเกษตรกรรม โดยมีวิสัยทัศน์ในการพัฒนาจังหวัด คือ “ผู้นำเกษตรปลอดภัย มุ่งให้เป็นเมืองน่าอยู่ พัฒนาการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ และเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์” และเป็นจังหวัดที่ประชากรประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพหลัก โดยทางจังหวัดมีนโยบายในการส่งเสริมภาคการเกษตรในหลายด้าน อาทิเช่น มาตรการส่งเสริมความเป็นอยู่ของประชาชนผู้มีรายได้น้อย มาตรการการลดขนาดเล็กรัฐบาล มาตรการช่วยเหลือผู้ประสบภัยแล้ง และมาตรการเพิ่มขีดความสามารถภาคการเกษตร ซึ่งให้การสนับสนุนการกระตุ้นเศรษฐกิจ ส่งผลให้เศรษฐกิจในจังหวัดขยายตัวร้อยละ 5.3 ทั้งทางด้านอุปสงค์และอุปทาน แต่อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยสนับสนุนทางเศรษฐกิจในปี พ.ศ. 2559 ยังพบว่า หนี้ครัวเรือนภาคเกษตรยังเป็นปัญหาต่อเกษตรกร อันเนื่องมาจากภัยแล้ง ราคาสินค้าเกษตรที่ขายได้ลดลง และทำให้เกษตรกรมีรายได้ที่ลดลง (Ratchaburi Province, 2020)

การเกษตรในจังหวัดราชบุรีมีความหลากหลายค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีภูมิประเทศที่แตกต่างกันใน 4 ลักษณะ ได้แก่ 1) พื้นที่ภูเขาสูง มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นบริเวณที่อุดมไปด้วยป่าดิบดินมีสภาพเนื้อดินค่อนข้างเป็นดินทรายมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 2) พื้นที่ราบสูงบริเวณตั้งแต่ทางทิศตะวันออกมาจนถึงตอนกลางของจังหวัด พื้นที่ในแถบดังกล่าวมีลักษณะเป็นดินปนทราย แม่น้ำชีและลำห้วยไหลผ่านในหลายพื้นที่จึงมีความเหมาะสมในการปลูกพืชไร่ 3) พื้นที่ราบลุ่มบริเวณสองฝั่งแม่น้ำแม่กลอง ทางทิศตะวันออกของจังหวัด พื้นที่มีสภาพเป็นดินร่วนและดินร่วนเหนียวที่เหมาะสมกับการปลูกข้าวและพืชผักและ 4) พื้นที่ราบลุ่มต่ำบริเวณตะวันออกของจังหวัด ซึ่งอยู่ในบริเวณที่ติดกับแม่น้ำแม่กลอง บริเวณนี้มีลักษณะเป็นคูน้ำที่เชื่อมต่อกับแม่น้ำแม่กลอง มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว เหมาะกับการทำนา และสามารถยกกร่องเพื่อปลูกพืชสวนและพืชผัก

จากการรวบรวมข้อมูลและการศึกษาเบื้องต้นพบว่า นอกจากการพิจารณาการปลูกพืชของเกษตรกรจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านกายภาพ เช่น ฤดูกาล พื้นที่ ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ ช่วงอายุในการเก็บเกี่ยว และความเชี่ยวชาญในการปลูกแล้ว อีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการตัดสินใจ คือ ผลตอบแทนในการลงทุน โดยเกษตรกรบางรายตัดสินใจปลูกพืชจากการคาดผลผลิตในปีที่ผ่านมา เมื่อพบว่าปลูกพืชชนิดใดได้กำไรสูงจะลงทุนปลูกพืชชนิดนั้น โดยเป็นการปลูกพืชแบบตาม ๆ กัน ทำให้ผลผลิตที่ได้ล้นตลาดมีราคาตกต่ำและทำให้ผลตอบแทนในการลงทุนที่ได้น้อยลง ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เกษตรกรไทยส่วนมากขาดความรู้ในเรื่องของการคิดต้นทุนและผลตอบแทน แต่จะสนใจในเรื่องของรายได้เป็นหลัก ทำให้ไม่ทราบว่าธุรกิจที่ทำได้กำไรหรือขาดทุน และบางรายอาจเกิดภาวะการณ์ขาดทุน สำหรับการวิเคราะห์การลงทุนในงานวิจัยนี้ได้เลือกผักและผลไม้จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วฝักยาว พริกจินดา สับปะรด และลำไย เพื่อเป็นตัวแทนในลักษณะที่แตกต่างกันของเกษตรกรในด้านความสามารถในการลงทุน ความสามารถในการรอ

ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต ความสามารถในการดูแลรักษาพืช และเป็นพืชที่กำลังได้รับความนิยมปลูกในหลากหลายพื้นที่ของจังหวัดราชบุรี โดยข้อมูลด้านต้นทุนและรายได้ที่ใช้ในการคำนวณ นำมาจากรฐานข้อมูลและการสอบถามเชิงลึกจากเกษตรกรในจังหวัดราชบุรี เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในผลตอบแทนการลงทุน นอกจากนี้ทางผู้วิจัยยังได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะที่เหมาะสมของผู้ประกอบการที่จะลงทุนในการปลูกพืชแต่ละชนิดอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

แหล่งข้อมูลในการวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกพืช 4 ชนิด คือ ถั่วฝักยาว พริกจินดา สับปะรด และลำไย ในจังหวัดราชบุรี โดยมีการสอบถามถึงอุปกรณ์ทางการเกษตรที่ใช้ วิธีการปลูกและดูแลรักษาพืช ข้อมูลราคาและปริมาณเมล็ดพันธุ์ ปุ๋ยและสารอาหารที่ใช้ในการบำรุงพืช ค่าแรงงานในการบำรุงรักษา เก็บเกี่ยวและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยเกษตรกรกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้มีความชำนาญในการปลูกพืชแต่ละชนิดที่ยินยอมให้ข้อมูลจำนวน 20 ราย และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ โดยตัดข้อมูลที่มีความเบี่ยงเบนจากกลุ่มประชากร ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อราคาต้นทุนในการเพาะปลูก ซึ่งเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว เช่น ข้อมูลในช่วงที่ฝนแล้ง ปริมาณผลผลิตเสียหายเนื่องจากสภาพอากาศ แผลงศัตรูพืช เป็นต้น จากนั้นได้นำข้อมูลประมาณค่าเฉลี่ยมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป และ 2) แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถได้จากการสอบถาม ข้อมูลในส่วนนี้ได้มาจากการค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ บทความ เอกสารงานวิจัย รายงานวิทยานิพนธ์ และสถิติต่าง ๆ เช่น ข้อมูลอัตราคิดลด อัตราผลตอบแทน อัตราเงินเฟ้อ ราคารับซื้อผลผลิตแต่ละชนิด เป็นต้น

แบบสอบถาม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) สำหรับสอบถามข้อมูลโดยทั่วไปของเกษตรกรและแบบปลายเปิด (Open-ended) โดยแบบสอบถามที่สร้างและพัฒนาแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) ศึกษาลักษณะเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกพืช 2) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกพืช 3) ศึกษาข้อมูลด้านต้นทุนการปลูกพืชและค่าแรงงาน และ 4) ปัญหาและอุปสรรคในการปลูกพืชทั้ง 4 ชนิด รวมทั้งข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของเกษตรกร

จากการสัมภาษณ์ในเบื้องต้นผ่านแบบสอบถามพบว่า พื้นที่เกษตรกรรมที่ทำการสอบถามมีความหลากหลายในด้านปริมาณเนื้อที่ทำการเกษตร ส่งผลให้รายได้ รายจ่ายและผลตอบแทนของเกษตรกรแต่ละรายมีความแตกต่างกันในเชิงปริมาณตามขนาดของพื้นที่ เพื่อให้การวิเคราะห์ผลตอบแทนสามารถเปรียบเทียบกันได้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดแบบแปลนการวางระบบน้ำและอุปกรณ์ทางการเกษตรที่ใช้ บนพื้นฐานการออกแบบและคำนวณของการปลูกพืชแต่ละชนิดที่ดำเนินการจากเกษตรกรผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบสอบถาม บนพื้นที่เพาะปลูกใกล้แหล่งน้ำจำนวน 10 ไร่ ขนาดไร่ละ 40x40 ตารางเมตร เพื่อใช้ในการคำนวณต้นทุนคงที่ ในส่วนของค่าใช้จ่ายผันแปรที่เกิดขึ้นจากการทำการเกษตรในปีที่ 1 ของโครงการ นำมาจากการสอบถามข้อมูลจากเกษตรกรที่ทำการปลูกพืชแต่ละชนิด นำมาวิเคราะห์และคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสำหรับพื้นที่เพาะปลูก 10 ไร่ บนสมมุติฐานที่ว่า เกษตรกรมีที่ดินเป็นของตนเอง

การวิเคราะห์ข้อมูลด้านผลตอบแทน

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) เป็นระยะเวลาที่แสดงว่า โครงการที่ลงทุนไปแล้วจะคืนทุนหรือไม่ และใช้ระยะเวลาเท่าใดกำไรจึงจะชดเชยต้นทุนที่ได้ลงทุนไป โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ}}{\text{เงินรับสุทธิต่อปี}} \quad (1)$$

การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของโครงการในรูปตัวเงินหรือผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไปหรือต้นทุนของโครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราคิดลด (r, Discount rate)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

กำหนดให้

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

B_t = มูลค่าผลประโยชน์ในปีที่ t

C_t = ต้นทุนการผลิตในปีที่ t

t = ปีของการดำเนินโครงการ ปีที่ 0, 1, 2, 3, ..., n

n = อายุของโครงการปีที่ n

r = อัตราคิดลดซึ่งกำหนดให้เท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคารหรืออัตราส่วนลด

$(1+r)^t$ = ตัวส่วนรวม (Discount Factor) ที่เกิดขึ้นปีที่ t

การวิเคราะห์ อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ ค่าอัตราคิดลด (r) ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ ถ้า r ที่ได้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ถือว่าน่าลงทุน

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \left[\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} + C_0 \right] = 0 \quad (3)$$

กำหนดให้

r = ผลตอบแทนภายในทางการเงินของโครงการ

B_t = มูลค่าผลประโยชน์ในปีที่ t

C_t = ต้นทุนในปีที่ t

C_0 = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก

t = ปีของการดำเนินโครงการ ปีที่ 0,1,2,3,...,n

n = อายุของโครงการปีที่ n

r = อัตราคิดลดซึ่งกำหนดให้เท่ากับอัตรา

ดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคารหรืออัตราส่วนลด

$(1+r)^t$ = ตัวส่วนรวม (Discount Factor) ที่เกิดขึ้น
ปีที่ t

การวิเคราะห์ดัชนีกำไร (Profitability Index: PI) อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดเข้าสุทธิ กับกระแสเงินสดจ่ายลงทุนครั้งแรก หากมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ามีกระแสเงินสดเข้ามากกว่าเงินลงทุนเริ่มแรก

$$PI = \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันกระแสเงินสดเข้า}}{\text{มูลค่าปัจจุบันกระแสเงินสดออก}} \quad (4)$$

โดยการคำนวณของงานวิจัยนี้ใช้อัตราคิดลดและอัตราผลตอบแทนเท่ากับร้อยละ 20 ในการคำนวณ NPV และ IRR

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การวิเคราะห์ต้นทุน

เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การลงทุนของการปลูกพืชทั้ง 4 ชนิด ที่มีระยะเวลาในการปลูกและเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน ได้กำหนดระยะเวลาโครงการ 20 ปี ตามอายุของการปลูกต้นลำไย จากการสอบถามการเพาะปลูกของพืชทั้ง 4 ชนิด พบว่า 1) ถั่วฝักยาว ใช้ระยะเวลาปลูกจนถึงสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว 3 เดือน ในการปลูกแต่ละรอบสามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด 16 ครั้ง โดยเก็บวันเว้นวันหรือ 2-3 วัน เก็บ 1 ครั้ง 2) พริกจินดา ใช้ระยะเวลาปลูกจนถึงสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว 6 เดือน ในการปลูกแต่ละรอบสามารถเก็บเกี่ยวได้ 20 ครั้ง โดยจะเก็บ

5-7 วันต่อครั้ง 3) สับปะรด ใช้ระยะเวลาปลูกจนถึงสิ้นสุดการเก็บเกี่ยวในแต่ละรอบ 4 ปี โดยใช้ระยะเวลาการปลูกในปีที่ 1 และเก็บเกี่ยวได้ปีละ 1 ครั้ง ในปี 2, 3 และ 4 ดังนั้น ในระยะเวลาโครงการ 20 ปี จะต้องทำการปลูกทั้งสิ้น 5 ครั้ง คือ ในปี 1, 5, 9, 13 และ 17 และมีการเก็บเกี่ยวทั้งสิ้น 15 ครั้ง 4) ลำไย ใช้ระยะเวลาปลูกจนถึงสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว 20 ปี โดยจะเก็บเกี่ยวครั้งแรกได้ในปีที่ 3 และเก็บเกี่ยวได้ปีละ 1 ครั้ง ดังนั้นสามารถเก็บเกี่ยวต่อได้อีก 17 ครั้ง รวมทั้งหมด 18 ครั้ง

Table 1 แสดงรายละเอียดค่าใช้จ่ายในส่วนต้นทุนเริ่มต้น (Initial cost) ที่ใช้ในการปลูกในปีแรกของการลงทุนปลูกพืช 4 ชนิด ในส่วนวัสดุอุปกรณ์สำหรับการวางระบบน้ำทางการเกษตรและอุปกรณ์ทางการเกษตร ได้แก่ เครื่องพ่นยาแบบสะพายหลัง ถังผสมยา เครื่องยนต์ปั้มน้ำ ท่อพีวีซี ท่อพีอี ข้อต่อตรงลด ข้อต่อตรง ข้อต่อสามทาง ท่อคูตุน้ำ เข็มฉีดรดท่อ บอลวาล์ว ฝาครอบพีวีซี ฝาครอบพีอี ลูกยาง หัวฉีดสเปรย์ เป็นต้น จาก Table 1 พบว่าต้นทุนแรกเริ่มในการปลูกถั่วฝักยาว พริกจินดา สับปะรดและลำไย มีมูลค่า 202,299, 119,632, 11,960 และ 279,632 บาท ตามลำดับ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะมีการลงทุนอีกครั้งเนื่องจากหมดอายุการใช้งานในปีที่ 6, 11 และ 15 ตามลำดับ และค่าใช้จ่ายตั้งแต่ปีที่ 2 ขึ้นไป จะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อที่ 1.13% ซึ่งได้จากการคำนวณค่าเฉลี่ย 5 ปีย้อนหลัง (พ.ศ. 2559-2563) (Bank of Thailand, 2020)

จากข้อมูลใน Table 1 พบว่าลำไยมีต้นทุนเริ่มต้นที่สุด เนื่องจากต้องมีการติดสแลนเพื่อคลุมต้นลำไย เพื่อช่วยป้องกันแมลงในขณะที่ต้นอ่อนและออกดอก รวมถึงเพื่อป้องกันค้างคามากินผลทำให้พืชผลเสียหาย ในขณะที่ถั่วฝักยาวมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าพริกจินดา เนื่องจากต้องมีค้างเพื่อให้ถั่วฝักยาวเลื้อย ในขณะที่สับปะรดมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด 11,960 บาท เนื่องจากไม่ต้องเดินท่อน้ำทางการเกษตร

Table 1 Initial cost at the first year for growing of long bean, chinda chili, pineapple, longan for a plantation area of 10 rais

Item	Long bean	Chinda chili	Pineapple	Longan
Initial cost (1st year)				
Motorized knapsack sprayer	4,260	4,260	4,260	4,260
IBC drum	7,700	7,700	7,700	7,700
Water pump	4,617	4,617	-	4,617
PVC pipes /PE pipes 20 mm	56,189	56,189	-	56,189
Pipe connecting	23,533	46,866	-	46,866
Pergola net, bamboo, HDPE rope	106,000	-	-	-
Slan	-	-	-	160,000
Total initial cost	202,299	119,632	11,960	279,632

Table 2 Plantation and labor costs at the 1st and 6th year for growing of long bean, chinda chili, pineapple, longan in a plantation area of 10 rais

Item	Long bean		Chinda chili		Pineapple		Longan	
	1 st year	6 th year	1 st year	6 th year	1 st year	6 th year	1 st year	6 th year
Plantation cost								
Plant/seeds cost	57,600	60,248	38,000	40,196	91,000	-	100,000	-
Organic/chemical fertilizers	159,800	167,146	98,100	103,769	32,900	34,801	6,800	132,436
Flower accelerator	-	-	-	-	550	582	-	63,467
Herbicide	498	521	3,200	3,385	3,650	3,861	500	529
Fuel oil	13,684	14,313	6,842	7,237	1,710	1,809	1,710	1,809
Total plantation cost	231,582	242,228	146,142	154,587	129,810	41,053	109,010	198,241
Labor cost								
Soil preparation wages	20,000	20,919	10,000	10,578	10,000	-	10,000	-
Planting wages	12,000	12,552	10,000	10,578	17,500	-	10,000	-
Fertilizing wages	12,000	12,552	18,000	19,040	4,500	4,760	30,000	31,734
Flower accelerating	-	-	-	-	1,500	1,587	-	10,578
Weeding wages	6,000	6,276	6,000	6,347	1,500	1,587	10,000	10,578
Harvest wages	320,000	334,711	160,000	169,247	-	12,552	-	370,227
Total labor cost	370,000	387,010	204,000	215,790	35,000	20,486	60,000	423,117
Total variable cost	601,582	629,238	350,142	370,377	164,810	61,539	169,010	621,358

จาก Table 2 แสดงรายละเอียดต้นทุนผันแปรในส่วนค่าใช้จ่ายในการปลูกพืช (Plantation cost) และค่าแรง (Labor cost) ที่ใช้ในการปลูกและดูแลรักษาที่เกิดขึ้นในปีที่ 1 ของโครงการ โดยต้นทุนในส่วนนี้ต้องจ่ายเพิ่มขึ้นในทุกปีตามอัตราเงินเฟ้อ 1.13% ตั้งแต่ปีที่ 2 จนถึงสิ้นสุดโครงการ

ต้นทุนผันแปรในปีแรกของการปลูกถั่วฝักยาวจะประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) ต้นทุนการเพาะปลูก ประกอบด้วย ค่าเมล็ดพันธุ์กระป๋องละ 500 กรัม จำนวน 60 กระป๋อง โดยใน 1 ปี มีทำการปลูกทั้งหมด 4 รอบ รวมเป็นเงิน 57,600 บาท การใส่ปุ๋ยมีการทำปีละ 4 รอบ โดยใช้ปุ๋ยคอกกระสอบละ 20 กิโลกรัม 340 กระสอบ และปุ๋ยเคมี สูตร 12-24-12 กระสอบละ 50 กิโลกรัม จำนวน 170 กระสอบ รวมเป็นเงิน 159,800 บาท ค่าสารกำจัดวัชพืช 498 บาท ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 100 ลิตร ต่อรอบการปลูกรวมเป็นเงิน 13,684 บาท และ 2) ต้นทุนด้านค่าแรงงานจะประกอบไปด้วย ค่าแรงในการไถพรวนดินเพื่อเตรียมพร้อมในการปลูก 20,000 บาท ค่าแรงในการปลูก 12,000 บาท ค่าแรงใส่ปุ๋ย 12,000 บาท ค่าแรงกำจัดวัชพืช 6,000 บาท และค่าแรงเก็บเกี่ยวตลอดปี 320,000 บาท

ต้นทุนผันแปรในปีแรกของการปลูกพริกจินดา ประกอบด้วย 1) ต้นทุนการเพาะปลูกเป็น ค่าเมล็ดพันธุ์กระป๋องละ 50 กรัม จำนวน 20 กระป๋อง โดยใน 1 ปี ทำการปลูกทั้งหมด 2 รอบ รวมเป็นเงิน 38,000 บาท การใส่ปุ๋ยปีละ 2 รอบ ใช้ปุ๋ยคอกกระสอบละ 20 กิโลกรัม จำนวน 340 กระสอบ และปุ๋ยเคมี สูตร 12-24-12 กระสอบละ 50 กิโลกรัม จำนวน 170 กระสอบ ปุ๋ยสูตร 46-0-0 กระสอบละ 50 กิโลกรัม จำนวน 2 กระสอบ ปุ๋ยสูตร 15-15-15 กระสอบละ 50 กิโลกรัม จำนวน 10 กระสอบ รวมเป็นเงิน 98,100 บาท ค่าสารกำจัดวัชพืช ปีละ 2 รอบเป็นเงิน 3,200 บาท ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 100 ลิตร 6,842 บาท และ 2) ต้นทุนด้านค่าแรงงาน ประกอบด้วย ค่าแรงในการไถพรวนดินเพื่อเตรียมพร้อมในการปลูก 10,000 บาท ค่าแรงในการปลูก 10,000 บาท

ค่าแรงใส่ปุ๋ย 18,000 บาท ค่าแรงกำจัดวัชพืช 6,000 บาท และค่าแรงเก็บเกี่ยวตลอดปี 160,000 บาท

ต้นทุนผันแปรในปีแรกของการปลูกสับปะรด ประกอบด้วย 1) ต้นทุนด้านการเพาะปลูกประกอบด้วย ค่าพันธุ์พืช ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้หน่อของสับปะรดในการปลูกเนื่องจากต้นมีความทนทานต่อโรค มีระยะเวลาปลูก 14-18 เดือน และสามารถปลูกได้ทั้งปี สำหรับพื้นที่ 10 ไร่ จะใช้หน่อพันธุ์ปัตตาเวีย 70,000 หน่อ หน่อละ 1.30 บาท รวมเป็นเงิน 91,000 บาท ค่าปุ๋ยคอกกระสอบละ 20 กิโลกรัม 340 กระสอบ ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 กระสอบละ 50 กิโลกรัม จำนวน 20 กระสอบ ปุ๋ยสูตร 13-13-21 กระสอบละ 50 กิโลกรัม จำนวน 10 กระสอบ ปุ๋ยสูตร 0-0-60 กระสอบละ 50 กิโลกรัม จำนวน 20 กระสอบ รวมเป็นเงิน 32,900 บาท ค่าสารบังคับดอก ใช้แก๊สแคลเซียมคาร์ไบด์ 10 กิโลกรัม 550 บาท ค่าสารกำจัดวัชพืชโบมาซิล 80% จำนวน 5 กิโลกรัม เป็นเงิน 3,650 บาท ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเบนซิน 95 จำนวน 50 ลิตร รวมเป็นเงิน 1,710 บาท และ 2) ต้นทุนด้านค่าแรงงาน ประกอบด้วย ค่าแรงในการไถพรวนดินเพื่อเตรียมพร้อมในการปลูก 10,000 บาท ค่าแรงในการปลูก 17,500 บาท ค่าแรงใส่ปุ๋ย 4,500 บาท ค่าแรงใส่สารบังคับดอก 1,500 บาท และค่าแรงกำจัดวัชพืช 1,500 บาท

ต้นทุนผันแปรในปีแรกของการปลูกลำไย ประกอบด้วย 1) ต้นทุนด้านการเพาะปลูก ประกอบด้วย ค่าพันธุ์พืช ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้ต้นอ่อน ในการเพาะปลูกในการปลูกลำไย 10 ไร่ จะใช้ต้นพันธุ์อีดอ 2,000 ต้น ต้นละ 50 บาท รวมเป็นเงิน 100,000 บาท ค่าปุ๋ยคอกใช้ 340 กระสอบ กระสอบละ 20 กิโลกรัม รวมเป็นเงิน 6,800 บาท ในปี 1-2 จะไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี เนื่องจากต้นอ่อนมีความอ่อนไหวกับสารเคมี ค่าสารกำจัดวัชพืชอะบาเม็กดิน จำนวน 2 ลิตร 500 บาท ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ใช้เบนซิน 95 จำนวน 50 ลิตร รวมเป็นเงิน 1,710 บาท และ 2) ต้นทุนด้านค่าแรงงาน ประกอบด้วย ค่าแรงในการไถพรวนดินเพื่อเตรียมพร้อมในการปลูก 10,000 บาท ค่าแรงในการ

ปลูก 10,000 บาท ค่าแรงใส่ปุ๋ยปีละ 3 รอบเป็นเงิน 30,000 บาท และค่าแรงกำจัดวัชพืช 10,000 บาท

เพื่อพิจารณาต้นทุนผันแปรในปีที่ 1 จาก Table 1 สามารถสรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายสำหรับต้นกล้าลำไย (Plant cost) สูงที่สุดที่ประมาณ 100,000 บาท มีการปลูกเพียงครั้งเดียวในปีแรก ในขณะที่ถั่วฝักยาวจะมีค่าใช้จ่ายผันแปรรวม (Total variable cost) 601,582 บาท ซึ่งสูงที่สุดเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น ๆ เนื่องจากการเป็นพืชที่ให้ผลผลิตเร็ว จึงต้องมีการดูแล ใส่ปุ๋ย และเตรียมดินบ่อยครั้ง รวมถึงมีการเก็บเกี่ยวค่อนข้างบ่อยทำให้ค่าแรงในส่วนเก็บเกี่ยวมีราคาสูง ในขณะที่สับปะรดมีค่าใช้จ่ายผันแปรรวม 164,810 บาท ซึ่งต่ำที่สุด เนื่องจากการดูแลรักษาที่ต่ำที่สุด ไม่ต้องรดน้ำ ใส่ปุ๋ยจำนวนน้อย และในปีแรกยังไม่มีค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวผลผลิต

เมื่อพิจารณาต้นทุนผันแปรในปีที่ 6 จาก Table 1 ของการดำเนินการปลูกพืช 4 ชนิด พบว่าค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกถั่วฝักยาวมีค่าสูงที่สุด 629,238 บาท รองลงมาเป็นลำไย 621,358 บาท พริกจินดา 350,142 บาท และสับปะรด 164,810 บาท โดยที่ค่าใช้จ่ายในส่วนของการปลูกถั่วฝักยาวและพริกจินดาจะมีมูลค่าสูงกว่าในปีแรก เนื่องจากผลของอัตราเงินเฟ้อตามที่กำหนด ในส่วนของสับปะรดจะมีค่าใช้จ่ายผันแปรรวม 61,539 บาท ต่ำกว่าในปีแรกของการปลูกที่มีค่าใช้จ่าย 164,810 บาท เนื่องจากเป็นปีที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตจึงไม่มีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการปลูกต้นกล้า เมื่อพิจารณาการปลูกลำไย พบว่า ปีที่ 6 ของการปลูกจะมีค่าเพิ่มจากปีแรกอย่างมาก จากเดิม 169,010 บาท เป็น 621,358 บาท อันเป็นผลเนื่องจากค่าใช้จ่ายในส่วนของการเร่งดอก ใส่ปุ๋ยเร่งและบำรุงผลผลิต รวมไปจนถึงค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว

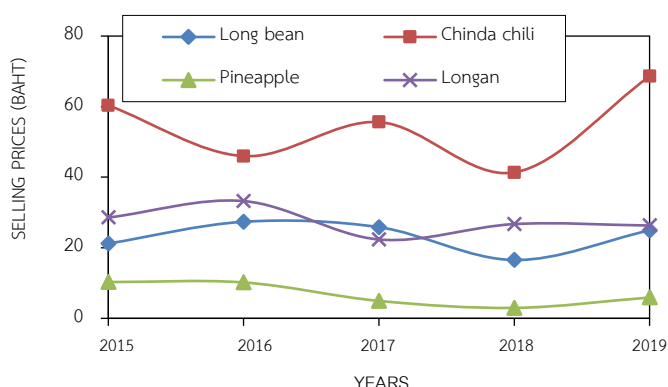


Figure 1 Selling prices of long bean, chinda chili, pineapple, longan from 2015 to 2019

การวิเคราะห์รายได้

ในการวิเคราะห์หาราคารับซื้อของเกษตรกรนำตัวเลขมาจากราคาขายย้อนหลัง 5 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2558–2562 (Office of Agricultural Economics, 2015–2019) โดยมีราคาขายเฉลี่ยของถั่วฝักยาว เท่ากับ 23.18 บาทต่อกิโลกรัม ราคาขายเฉลี่ยของพริกจินดา เท่ากับ 54.38 บาทต่อกิโลกรัม ราคาขายเฉลี่ยของสับปะรด เท่ากับ 6.86 บาทต่อกิโลกรัม ราคาขายเฉลี่ยของลำไย เท่ากับ 27.44 บาทต่อกิโลกรัม ดังแสดงใน Figure 1

Table 3 แสดงปริมาณผลผลิต ราคาขายต่อกิโลกรัม รายได้จากการขายและกำไรสุทธิในการลงทุนของการปลูกถั่วฝักยาว พริกจินดา สับปะรด และลำไย ในปีแรก และปีที่ 6 ของการลงทุน ตามลำดับ ข้อมูลใน Table 3 แสดงปริมาณผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ 10 ไร่ โดยจำนวนผลผลิตของพืชแต่ละชนิดได้มาจากการสอบถามเกษตรกรในจังหวัดราชบุรี (ในพื้นที่อื่นอาจมีจำนวนผลผลิตที่แตกต่างกันออกไป) ในส่วนของราคาขายในปีที่ 1 คำนวณจาก ข้อมูลของสำนักงาน

เศรษฐกิจการเกษตรโดยใช้ราคาขายเฉลี่ย 5 ปีย้อนหลัง ดังแสดงใน Figure 1 โดยรายได้สุทธิที่เกิดขึ้นในแต่ละปี คำนวณจากปริมาณผลผลิต (ในปริมาณคงที่ดังแสดงในตาราง) และราคาขาย สำหรับราคาขายในปีที่ 2-20 จะมีราคาเพิ่มขึ้นจากการคำนวณใช้อัตราเงินเฟ้อที่ 1.13% จาก Table 3 พบว่าการปลูกสับปะรดและลำไยจะไม่มี

ผลตอบแทนในปีแรกของการปลูก โดยสับปะรดจะมีรายได้อีกครั้งเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตในปีที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ในขณะที่ลำไยมีผลผลิตและมีรายได้จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อเนื่องจากปีที่ 3 ไปจนถึงสิ้นสุดโครงการในปีที่ 20

Table 3 Return for planting of long bean, chinda chili, pineapple, longan at the 1st and 6th year

Item	Long bean		Chinda chili		Pineapple		Longan	
	1 st year	6 th year	1 st year	6 th year	1 st year	6 th year	1 st year	6 th year
Output (kg)	38,400	38,400	10,000	10,000	-	60,000	-	50,000
Selling price (Baht/kg)	23.18	24.52	54.38	57.52	6.86	7.26	27.44	29.02
Cash inflow (Baht)	890,112.00	941,552.83	543,820.00	575,248.12	-	435,386.94	-	1,451,184.04
Cash outflow (Baht)	642,535.68	679,615.83	369,895.68	391,246.96	167,202.50	64,065.66	220,764.18	676,035.54
Net profit (Baht)	247,576.32	261,937.00	173,924.32	184,001.17	-167,202.50	371,321.28	-220,764.18	775,148.50

Table 4 Payback period, net present value, internal rate of return, profitability index for planting of long bean, chinda chili, pineapple, longan

Analysis	Long bean	Chinda chili	Pineapple	Longan
PB (year/month)	2Y7M	2Y2M	2Y	5Y3M
NPV (Baht)	630,639	523,637	789,569	2,275,142
IRR (%)	40	48	69	45
PI	2	2	6	11

การวิเคราะห์ผลตอบแทน

จาก Table 4 แสดงการวิเคราะห์ผลตอบแทนในรูปแบบของระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) ดัชนีกำไร (Profitability index: PI) ของการลงทุนปลูกพืชทั้ง 4 ชนิด จาก Table 4 พบว่า ระยะเวลาคืนทุนของการปลูกถั่วฝักยาว พริกจินดาและสับปะรดเท่ากับ 2 ปี 7

เดือน 2 ปี 2 เดือน และ 2 ปี ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกลำไยมีระยะเวลานานที่สุด คือ 5 ปี 3 เดือน ในส่วนมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการปลูกพืชทั้ง 4 ชนิด มีค่าเป็นบวกทั้งหมดโดยการปลูกลำไยมีค่าสูงที่สุด 2,275,142 บาท รองลงมาเป็นสับปะรด ถั่วฝักยาว และพริกจินดา แต่จากข้อมูลอัตราผลตอบแทนภายในพบว่า การปลูกสับปะรดให้ค่าสูงที่สุดถึง 69% ในขณะที่รองลงมาเป็นพริกจินดา ลำไย การปลูกถั่วฝักยาว มีค่าที่ 48, 45 และ 40%

ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบดัชนีกำไรพบว่า ลำไยมีค่าสูงกว่าการปลูกพืชชนิดอื่นมาก คือ มีค่าเท่ากับ 11 ในขณะที่การปลูกพริกจินดาและถั่วฝักยาว มีค่าเท่ากับ 2 และการปลูกสับปะรดมีค่าเท่ากับ 6 เมื่อพิจารณาถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการลงทุนและผลตอบแทนในการปลูกพืช 4 ชนิดสามารถสรุปลักษณะของผู้ประกอบการได้ดังนี้

ถั่วฝักยาวและพริกจะเหมาะกับเกษตรกรที่ต้องการผลตอบแทนเร็ว สับปะรดจะเหมาะกับเกษตรกรมีต้นทุนรวมน้อยและไม่ต้องการใช้เวลาในการดูแลรักษามาก ในขณะที่ลำไยจะเหมาะกับเกษตรกรมีความสามารถในการรอคอยผลผลิตและต้องการผลตอบแทนสูง

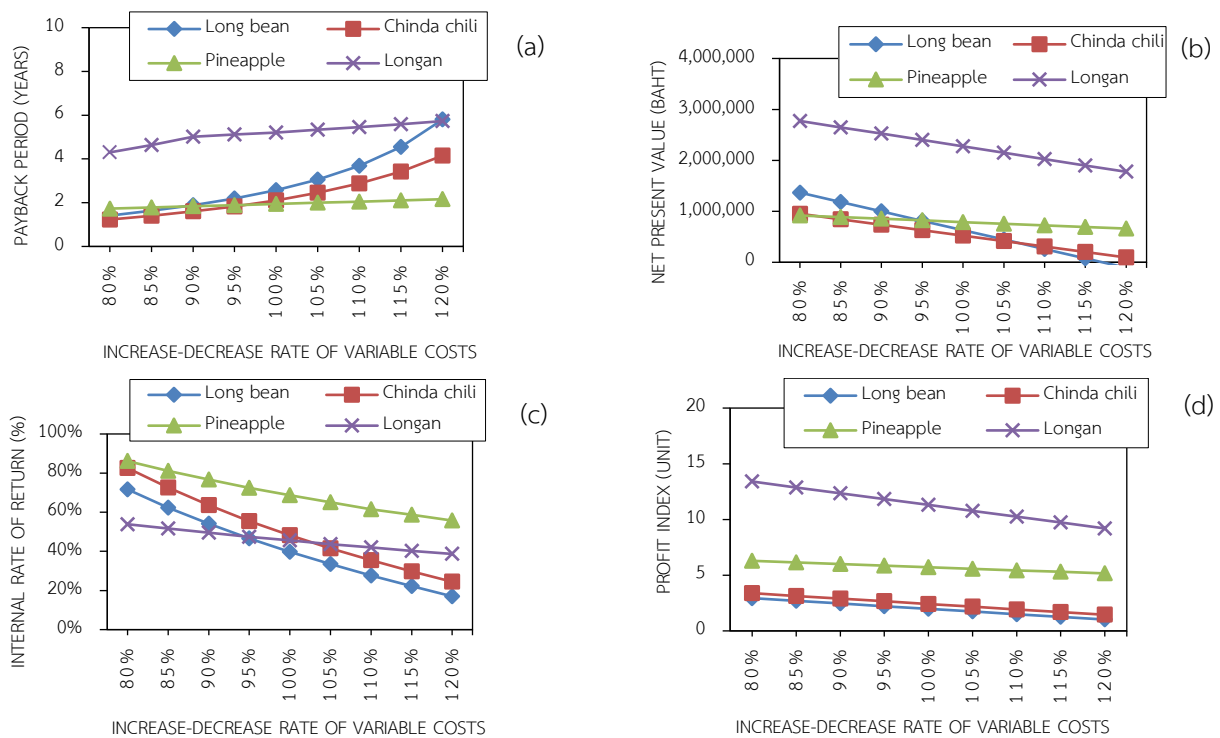


Figure 2 Sensitivity analysis of (a) payback period, (b) net present value, (c) internal rate of return and (d) profitability index for growing of long bean, chinda chili, pineapple and longan at the different rate of variable costs

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

จาก Figure 2 แสดงรายละเอียดผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในกรณีที่รายได้คงที่ และเกิดการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นประเด็นหลักที่มีผลต่อผลตอบแทนในการลงทุน จากการวิเคราะห์พบว่า เมื่อต้นทุนผันแปรต่ำลง (พิจารณาค่า $\times$ ที่ต่ำกว่า 100%) จะส่งผลให้การปลูกพืชทั้ง 4

ชนิด มีผลตอบแทนในการลงทุนมากขึ้น ในทางกลับกัน เมื่อต้นทุนมากขึ้น (พิจารณาค่า $\times$ ที่สูงกว่า 100%) จะส่งผลให้ผลตอบแทนในการลงทุนน้อยลง เมื่อพิจารณากรณีที่ต้นทุนผันแปรเพิ่มขึ้น 20% พบว่าการปลูกถั่วฝักยาวและพริกจินดามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบและอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าต่ำกว่า 20% ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงต้นทุนผันแปรส่งผลต่อระยะเวลาในการ

ลงทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และดัชนีกำไร ของการปลูก สับปะรดค่อนข้างน้อยเนื่องจากการลงทุนผันแปรในการ ปลูกสับปะรดมีระดับต่ำกว่าพืชชนิดอื่นค่อนข้างมาก

จาก Figure 3 แสดงรายละเอียดผลการวิเคราะห์ ความอ่อนไหวของโครงการในกรณีที่ต้นทุนเริ่มต้นและ ต้นทุนผันแปรคงที่แต่มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของรายได้ อันอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิต หรือราคาซื้อขาย จากการวิเคราะห์พบว่า รายได้ที่ลดลง จะส่งผลอย่างมากต่อระยะเวลาในการลงทุนเมื่อปลูก ถั่วฝักยาวและพริกจินดาเมื่อเทียบกับการปลูกลำไย

และสับปะรด โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิของทั้งปลูกถั่วฝักยาว และพริกจินดามีค่าติดลบเมื่อมีรายได้ลดลงประมาณ 15% ในขณะที่การปลูกสับปะรดและลำไยยังสามารถมี มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกถึงแม้รายได้ลดลงไป 20% เมื่อพิจารณาผลกระทบของรายได้ที่ส่งผลต่ออัตรา ผลตอบแทนภายในเมื่อพิจารณาจากความลาดชันของ เส้นกราฟ พบว่าการเปลี่ยนแปลงรายได้ส่งผลต่ออัตรา ผลตอบแทนภายในการปลูกลำไยในอัตราที่ต่ำกว่าในกรณี ของการปลูกพืชชนิดอื่น ๆ

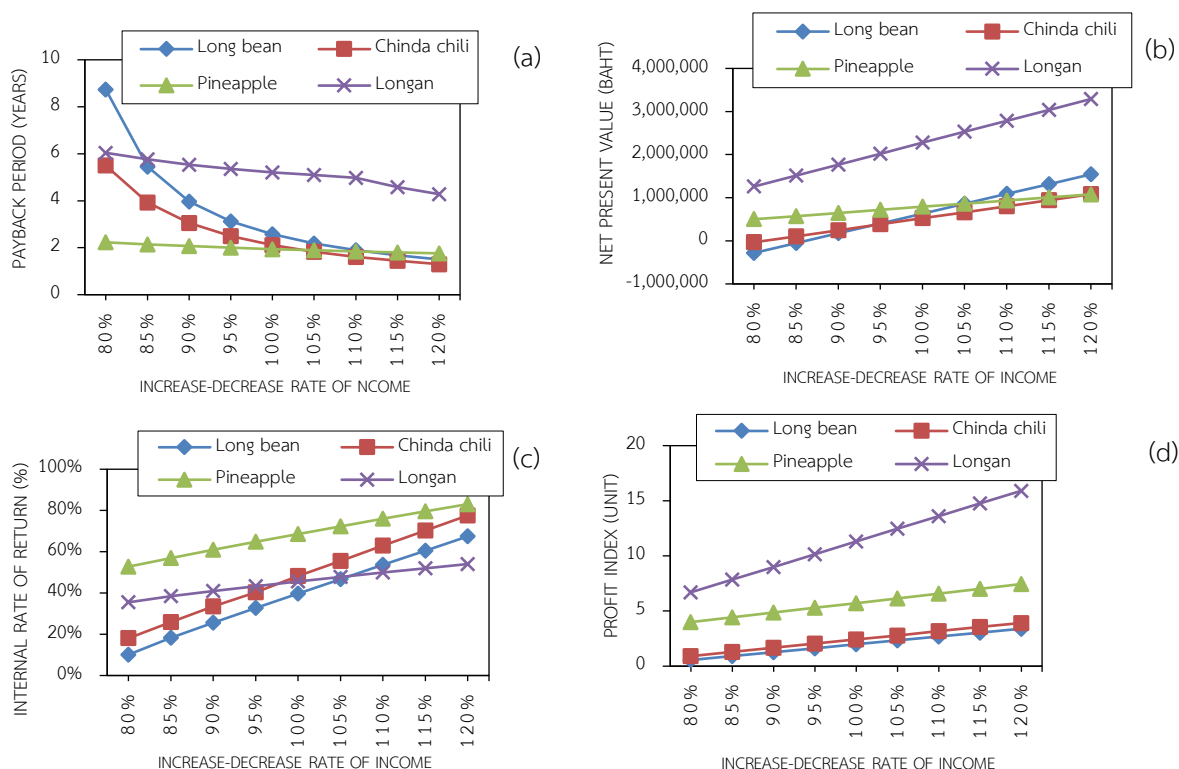


Figure 3 Sensitivity analysis of (a) payback period, (b) net present value, (c) internal rate of return and (d) profitability index for growing of long bean, chinda chili, pineapple and longan at the different rate of income

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกพืช ทั้ง 4 ชนิด ในจังหวัดราชบุรี พบว่าการปลูกสับปะรดเป็นพืชที่มีการลงทุนต่ำที่สุด และระยะเวลาในการคืนทุนสั้นที่สุด เนื่องจากไม่ต้องวางระบบน้ำ และมีอุปกรณ์ทางการเกษตรน้อย จึงเหมาะกับเกษตรกรที่มีเงินลงทุนน้อยแล้วยังไม่ต้องการเงินคืนภายในปีแรก ในขณะที่การปลูกกล้วยให้ค่าดัชนีกำไรสูงที่สุด แต่มีระยะเวลาในการคืนทุนนานที่สุด เพราะเป็นพืชยืนต้นซึ่งปลูกครั้งเดียวในปีแรกแต่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในปีที่ 3 ถึงปีที่ 20 สำหรับการปลูกกล้วยและพริกจินดา เหมาะกับเกษตรกรที่ต้องการสภาพคล่องทางการเงิน เนื่องจากกล้วยและพริกจินดา มีระยะเวลาปลูกและเก็บเกี่ยวสั้น พืชทั้งสองชนิดนี้จะทำเงินกลับมาสู่เกษตรกรได้เร็วกว่าพืชชนิดอื่น และมีรายได้ค่อนข้างสม่ำเสมอ เนื่องจากพืชดังกล่าวสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายรอบในการปลูกแต่ละครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณศศิธร สุคนธาพันธ์ และคุณอนันดา ท้าวโคตร สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนการวิจัยเอื้อเพื่อสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกอันเป็นประโยชน์ จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Bank of Thailand. 2020. **Thai macroeconomic indicators**. [Online]. Available <https://www.bot.or.th> (December 16, 2020). [in Thai]
- Manager Online. 2021. **Thai vegetables-fruits dominate the Chinese market, it champions vegetables-durians, fruit champions, trade-industry transportation**. [Online]. Available <https://mgronline.com/business/detail/9640000127708> (February 8, 2022). [in Thai]
- Office of Agricultural Economics. 2015-2019. **Agricultural Statistics of Thailand**. Ministry of Agriculture and Cooperatives. [Online]. Available <http://www.oae.go.th/view> (December 18, 2021). [in Thai]
- Ratchaburi Province. 2020. **General information. Ratchaburi Provincial Office Ratchaburi City Hall Ratchaburi**. [Online]. Available <http://www.ratchaburi.go.th/datass/ratchaburi.pdf> (February 8, 2022). [in Thai]

**ห่วงโซ่อุปทานและการเพิ่มมูลค่าของน้อยหน่าผลสดพันธุ์เพชรปากช่อง
ของอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา**
**Supply Chain and Value Added on Custard Apple ‘Phetch Pakchong’
in Pak Chong District, Nakhon Ratchasima Province**

เจียรไน กิจไทยสงค์¹ ชัชวาล วงศ์วัฒนกิจ² และสุรัสวดี อรุณวารกรณ์^{3*}
Jiaranai Kitthaisong¹, Chatchawan Wongwattanakit² and Surawadee Arunwarakorn^{3*}

¹สาขาวิชาเกษตรเขตร้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

²คณะกรรมการบริการและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต ภูเก็ต 83120

³ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹Program in Tropical Agriculture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

²Faculty of Hospitality and Tourism, Prince of Songkla University, Phuket, Thailand 83120

³Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author: suratwadee.a@ku.th

Received: May 04, 2021

Revised: May 28, 2023

Accepted: June 19, 2023

Abstract

This study was mixed methods research using an in-depth interview with five farmers who grew custard apple ‘Phetch Pakchong’, in Pak Chong District, Nakhon Ratchasima Province, using snowball sampling. It aimed to study structure of the supply chain, operational process, cost and cost reduction method for ‘Petch Pakchong’ farmers. In addition, online questionnaires collected data from 101 undergraduate students in Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bang Khen Campus in order to find the ways to add value to custard apple. The findings were; 1) the structure of supply chain included suppliers, farmers, and distribution channels within domestic and international consumers, 2) process operations were production factors providing, planting, maintenance, harvest, and distribution, 3) the average total cost of ‘Phet Pakchong’ was 13,726.70 Baht/year/rai, 4) inner packaging that can add value from normal plastic bags are clear top paper box with value added 32.23 Baht/kg value and 5) specific individual packaging that can add value from regular fresh custard apple were full-effect mesh foam wrapping and branding with value added 10.90 Baht/piece. Finally, the individual package of mesh foam units with different colors had no statistically different effect on the price. The farmers can use the results to reduce costs and increase the value of ‘Petch Pakchong’ in the future.

Keywords: cost analysis, custard apple, supply chain, value added

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 5 สวน ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบอ้างอิงด้วยบุคคล และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อศึกษาโครงสร้างห่วงโซ่อุปทาน กระบวนการดำเนินงาน ต้นทุน และวิธีการลดต้นทุนของเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง นอกจากนี้ยังมีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามออนไลน์ โดยสุ่มตัวอย่างจากนิตยสารระดับปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จำนวน 101 ราย เพื่อศึกษาและหาวิธีการเพิ่มมูลค่าน้อยหน่าผลสด จากการศึกษาพบว่า 1) โครงสร้างของห่วงโซ่อุปทาน ประกอบด้วยซัพพลายเออร์ เกษตรกร และช่องทางการจัดจำหน่ายที่หลากหลายทั้งในและต่างประเทศ 2) กระบวนการดำเนินงาน ได้แก่ เตรียมปัจจัยพื้นฐาน ปลูกซ่อมแซม ดูแลรักษา เก็บเกี่ยว และจัดจำหน่าย 3) ต้นทุนรวมโดยเฉลี่ยของการปลูกน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง เท่ากับ 13,726.70 บาท/ปี/ไร่ 4) รูปแบบบรรจุภัณฑ์ชั้นในที่สามารถเพิ่มมูลค่าจากถุงพลาสติกหิ้วปกติได้สูงสุด ได้แก่ กล่องทึบด้านบนใส เพิ่มมูลค่า 32.23 บาท/กิโลกรัม 5) รูปแบบบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยที่สามารถเพิ่มมูลค่าจากน้อยหน่าผลสดปกติได้สูงสุด ได้แก่ การห่อโฟมตาข่ายแบบเต็มผลและติดตราสินค้า เพิ่มมูลค่า 10.90 บาท/ผล และบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบโฟมตาข่ายที่สีแตกต่างกัน (สีเหลือง ขาว และแดง) มีผลต่อราคาที่ยอมรับได้ของน้อยหน่าผลสดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปใช้ในการลดต้นทุนและเพิ่มมูลค่าของน้อยหน่าผลสดพันธุ์เพชรปากช่องได้ต่อไป

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ต้นทุน น้อยหน่า
ห่วงโซ่อุปทาน การเพิ่มมูลค่า

คำนำ

จังหวัดนครราชสีมา ถือเป็นแหล่งผลิตน้อยหน่าคุณภาพดี และมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่อำเภอปากช่อง เนื่องจากอำเภอปากช่องมีดินชุดปากช่อง ซึ่งมีความเหมาะสมในการปลูกน้อยหน่ามากที่สุด (Pianpumepong *et al.*, 2015) โดยปี พ.ศ. 2563 อำเภอปากช่องมีพื้นที่ปลูกน้อยหน่าทั้งหมดจำนวน 12,246.95 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 94.75 ของพื้นที่ปลูกน้อยหน่าทั้งหมดในจังหวัดนครราชสีมา (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2020)

น้อยหน่าพันธุ์ที่นิยมปลูกมากในอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ น้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง ซึ่งได้มีการปรับปรุงพันธุ์โดยสถานีวิจัยปากช่อง สถาบันอินทรีจันทร์สถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คุณสมบัติเด่นของพันธุ์คือ ลักษณะร่องตาตื้น มีผลขนาดใหญ่ เนื้อมาก เมล็ดน้อย ให้ผลผลิตสูง และให้ผลดก และสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรในอำเภอปากช่องนิยมปลูกน้อยหน่าพันธุ์นี้ เนื่องจากมีราคาจำหน่ายที่สูงกว่าน้อยหน่าพันธุ์หนึ่งและพันธุ์ฝ้าย (Decha *et al.*, 2018) โดยปัจจุบันน้อยหน่าเพชรปากช่องราคาจำหน่ายกิโลกรัมละ 47.50 บาท ในขณะที่น้อยหน่าพันธุ์หนึ่งและพันธุ์ฝ้ายราคาจำหน่ายเฉลี่ยกิโลกรัมละ 36.25 บาท (TalaadThai, 2021)

ทั้งนี้การพัฒนาห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของสินค้าเกษตรมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยให้ลดต้นทุนรวมให้ต่ำที่สุด สร้างความพอใจสูงสุดให้ผู้บริโภค และเกิดความได้เปรียบเชิงการแข่งขันแบบยั่งยืนให้กับเกษตรกร (The Office of SMEs Promotion, 2019) รวมทั้งการจัดการห่วงโซ่อุปทานตั้งแต่การจัดหาปัจจัยการผลิต เครื่องมือทางการเกษตร อุปกรณ์ทางการชลประทาน และเครื่องอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ตลอดจนการเก็บรักษาสินค้า การแปรรูป บรรจุภัณฑ์ และกิจกรรมในการกระจายสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อการลดต้นทุนและเพิ่มมูลค่าของผลไม้ในประเทศไทย (Sungkaew, 2016)

ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาห่วงโซ่อุปทาน การวิเคราะห์ต้นทุน และการเพิ่มมูลค่าของนอຍหน้าในอำเภอปากช่องมากนัก มีเพียงการศึกษาด้านต้นทุนและผลตอบแทนเล็กน้อย ยังไม่เกิดการบูรณาการความรู้ตลอดห่วงโซ่อุปทาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างห่วงโซ่อุปทาน กระบวนการดำเนินงาน การวิเคราะห์ต้นทุนรายกิจกรรม และการเพิ่มมูลค่านอຍหน้าผลสด ของเกษตรกรผู้ปลูกนอຍหน้าพันธุ์เพชรปากช่อง ณ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อนำไปสู่การพัฒนาศักยภาพเชิงการแข่งขันของเกษตรกรไทยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods research) โดยใช้รูปแบบการวิจัยทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การวิจัยเชิงคุณภาพเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับตัวแทนของเกษตรกรผู้ปลูกนอຍหน้าพันธุ์เพชรปากช่อง จำนวน 5 สวน จากเกษตรกรผู้ปลูกนอຍหน้าพันธุ์เพชรปากช่องที่ยินดีให้ข้อมูลต้นทุนการปลูกนอຍหน้าพันธุ์เพชรปากช่อง ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบอ้างอิงด้วยบุคคลและผู้เชี่ยวชาญ (Snowball sampling) โดยเริ่มต้นจากครอบครัวของนิสิตที่เป็นผู้ปลูกนอຍหน้าพันธุ์เพชรปากช่อง ในอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีพื้นที่ปลูกรวมกันประมาณ 540 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 4.17 ของพื้นที่ปลูกในจังหวัดนครราชสีมา (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2020) ซึ่งข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ (1) โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานของนอຍหน้าพันธุ์เพชรปากช่องที่จำหน่ายของเกษตรกร อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา (2) ขั้นตอนการดำเนินงานของเกษตรกรตลอดกระบวนการ ตั้งแต่การปลูกจนถึงการจัดจำหน่าย

โดยใช้แผนภาพผังงาน และ (3) การวิเคราะห์ต้นทุนรายกิจกรรมตลอดกระบวนการผลิตของเกษตรกร

ส่วนที่ 2 การวิจัยเชิงปริมาณเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามออนไลน์เกี่ยวกับการเพิ่มมูลค่านอຍหน้าผลสดด้วยบรรจุภัณฑ์ ซึ่งผู้ศึกษาพัฒนาขึ้นเอง ประกอบด้วย (1) บรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย (Individual packaging) (2) บรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบโฟมตาข่ายสีต่าง ๆ (3) บรรจุภัณฑ์ชั้นใน (Inner packaging) โดยประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นิสิตระดับปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จำนวน 1,534 คน ซึ่งเป็นผู้บริโภครุ่นใหม่ที่มีความรู้ทางด้านสินค้าเกษตร โดยมีผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 101 คน คิดเป็นร้อยละ 6.58 ระหว่างวันที่ 23 กันยายน ถึง 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 โดยตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามด้านความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 2 คน และด้านความเที่ยงตรง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างของนิสิตคณะอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 12 คน ได้ค่า Reliability statistics ของ Cronbach's Alpha เท่ากับ 0.906 จึงเหมาะสมที่จะนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ด้วยสถิติพรรณนา สถิติทดสอบ t-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ในโปรแกรม Statistical Package for the Social Science

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการศึกษาโครงสร้างของห่วงโซ่อุปทานนอຍหน้าผลสดพันธุ์เพชรปากช่อง

จากการศึกษาพบว่า โครงสร้างของห่วงโซ่อุปทานนอຍหน้าผลสดพันธุ์เพชรปากช่อง เริ่มต้นที่เกษตรกรผู้ปลูกนอຍหน้าพันธุ์เพชรปากช่อง โดยมี

ซัพพลายเออร์หลัก 3 ส่วน ได้แก่ (1) ผู้จำหน่ายต้นพันธุ์ (2) ผู้จำหน่ายเคมีภัณฑ์ และ (3) ผู้จำหน่ายวัสดุและอุปกรณ์ เช่น ถังห่อ บรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์ตัดแต่ง อะไหล่ เป็นต้น จากนั้นเกษตรกรจะเป็นผู้ดำเนินการปลูก ดูแลรักษา เก็บเกี่ยว และจัดจำหน่าย ซึ่งการจำหน่ายน้อยหน้าผลสดของเกษตรกรอำเภอปากช่องมีหลากหลายช่องทาง ได้แก่ (1) การจำหน่ายตรงให้กับผู้รวบรวมหรือพ่อค้าคนกลาง ผู้ค้าส่ง ผู้ค้าปลีก หรือผู้บริโภค

ภายในประเทศ และ (2) การจำหน่ายตามช่องทางของกลไกตลาด โดยเริ่มต้นที่เกษตรกรจำหน่ายให้กับผู้รวบรวมหรือพ่อค้าคนกลาง แล้วกระจายสู่ผู้ค้าส่ง ผู้ค้าปลีก และผู้บริโภคในประเทศ ตามลำดับ ซึ่งการจำหน่ายให้กับผู้รวบรวมหรือพ่อค้าคนกลางยังสามารถขยายตลาดเข้าสู่ผู้ประกอบการส่งออก และผู้บริโภคในต่างประเทศ ได้อีกด้วย สามารถเขียนโครงสร้างของห่วงโซ่อุปทานได้ตาม Figure 1

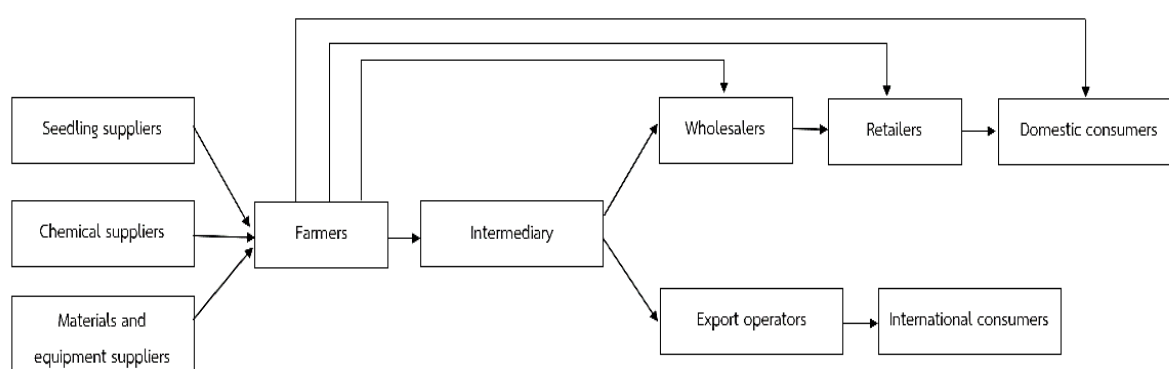


Figure 1 Structure of the custard apple ‘Phetch Pakchong’ supply chain

จาก Figure 1 พบว่า เกษตรกรสามารถลดต้นทุนจากฝั่งซัพพลายเออร์ได้ โดยการปลูกต้นพันธุ์ด้วยตนเอง ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ด้วยตนเอง ผลิตยากำจัดวัชพืชหรือแมลงด้วยภูมิปัญญาพื้นบ้าน ใช้วัสดุและอุปกรณ์ด้วยความคุ้มค่า อาทิ การใช้ซ้ำ การเก็บรักษาที่มีประสิทธิภาพ เพื่อยืดอายุการใช้งานของวัสดุและอุปกรณ์ ทั้งนี้สามารถดำเนินการได้ตามองค์ความรู้และปัจจัยพื้นฐานที่เกษตรกรแต่ละรายมี รวมถึงการสร้างและส่งเสริมองค์ความรู้ผ่านนโยบายและการดำเนินงานของภาครัฐได้ต่อไป สำหรับฝั่งลูกค้าพบว่า การดำเนินการรวบรวมผลผลิตด้วยตนเองหรือกลุ่มของเกษตรกร แล้วจำหน่ายให้ถึงมือผู้ค้าส่ง หรือผู้ค้าปลีก หรือลูกค้าภายในประเทศ หรือผู้ส่งออก สามารถเพิ่มมูลค่าและอำนาจการต่อรองราคา

ของเกษตรกรได้มากขึ้น นอกจากนี้การจัดการการไหลของน้อยหน้าพันธุ์เพชรปากช่องในห่วงโซ่อุปทานได้อย่างมีประสิทธิภาพจะส่งผลต่อต้นทุนรวมและขีดความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรได้

ส่วนที่ 2 ผลการศึกษากระบวนการดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน้าพันธุ์เพชรปากช่อง

การดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน้าพันธุ์เพชรปากช่อง เริ่มต้นโดยการเตรียมหาที่ดินที่เหมาะสม โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ต้องมีการระบายน้ำดี น้ำไม่ท่วมขัง เตรียมดินพันธุ์ และเตรียมแปลงปลูก เมื่อปลูกต้นพันธุ์เรียบร้อยแล้ว ในช่วง 3 ปีแรกของการปลูก เกษตรกรจะซ่อมแซมต้นพันธุ์ที่เสียหายหรือตาย โดยพิจารณาจากร้อยละของการเจริญเติบโต เพื่อเป็นการ

ใช้พื้นที่ให้คุ้มค่าและได้ผลผลิตเต็มพื้นที่ ในขณะเดียวกันเกษตรกรจะดูแลบำรุงรักษา อาทิ ใส่ปุ๋ย ฉีดยาปราบศัตรูพืช ตัดหญ้า ถากโคน จนต้นน้อยหน่าสามารถให้ผลผลิตได้

เมื่อต้นน้อยหน่าอายุประมาณ 2 ปี เกษตรกรจะตัดแต่งกิ่งเพื่อให้ต้นน้อยหน่ามีผลผลิต จากนั้นเกษตรกรจะสังเกตการให้ผลผลิตของต้น หากมีผลออกมาเกษตรกรห่อผลน้อยหน่าเป็นรายผล เพื่อป้องกันแมลง ป้องกันความเสียหาย และดูแลรักษาผิวของน้อยหน่าให้น่ารับประทาน และเมื่อผลผลิตได้ขนาดตามที่ต้องการหรือประมาณ 4 เดือนหลังจากตัดแต่งกิ่ง เกษตรกรเก็บเกี่ยวและนำไปจำหน่ายต่อไป

ทั้งนี้ หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตเรียบร้อยแล้ว เกษตรกรจะดูแลและบำรุงรักษาต้นน้อยหน่า เพื่อให้ต้นน้อยหน่าให้ผลผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งต้นน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่องโดยส่วนใหญ่ให้ผลผลิตได้จนถึงปีที่ 10 หลังจากนั้นเกษตรกรจะพิจารณาว่า ต้นน้อยหน่ายังสามารถให้ผลผลิตได้หรือไม่ หรือยังคุ้มค่าที่จะเก็บต้นน้อยหน่าไว้หรือไม่ หากไม่สามารถให้ผลผลิตได้หรือไม่คุ้มค่า เกษตรกรจะดำเนินการโค่นต้น ก็จะถือว่าสิ้นสุดกระบวนการดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง สามารถเขียนแผนภาพกระบวนการดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่องได้ตาม Figure 2

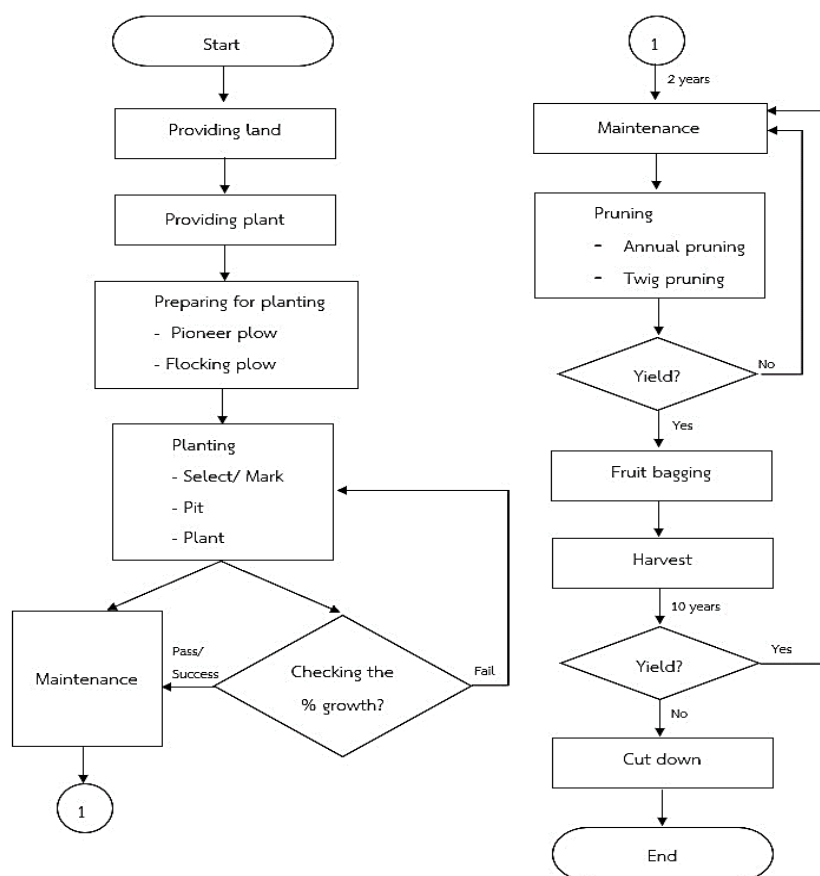


Figure 2 Process operations in custard apple ‘Phetch Pakchong’ for farmers at Pak Chong district

ส่วนที่ 3 ผลการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนรายกิจกรรม

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับเกษตรกรผู้ปลูก
น้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง จำนวน 5 สวน ในอำเภอ

ปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยคำนวณจากกิจกรรม
ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 10 ปี ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยต้นทุนราย
กิจกรรม (Table 1)

Table 1 The results of activity-based cost analysis

Item	Year										Total cost (Baht/rai)
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
1. Land cost	1,600	1,600	2,680	2,680	3,180	3,180	3,180	3,500	3,500	3,500	28,600
2. Seedling cost	2,125	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2,131
3. Planting plot cost	700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	700
3.1 Pioneer plow cost	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.2 Flocking plow cost	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4. Plant cost	345	3	0	0	0	0	0	0	0	0	348
4.1 Selecting/markling cost	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.2 Pit and plant cost	208	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
5. Fertilization cost	2,868	2,608	2,830	4,038	4,059	4,156	4,108	4,178	4,178	4,178	37,201
5.1 Soil chemical fertilizers cost	724	809	891	981	994	1,009	982	982	982	982	
5.2 Foliar chemical fertilizers cost	1,350	1,350	1,490	2,394	2,402	2,484	2,464	2,533	2,533	2,533	
5.3 Manure cost	794	449	449	663	663	663	663	663	663	663	
6. Pruning cost	47	86	371	657	1,102	1,368	1,633	1,739	1,804	1,850	10,655
6.1 Yearly pruning cost	47	86	194	303	411	500	588	677	725	754	
6.2 Sculpting cost	0	0	177	354	691	868	1,045	1,062	1,079	1,096	
7. Fruit wrapping cost	0	0	513	788	3,092	3,303	6,206	7,297	6,855	6,483	34,536
7.1 Wrapping material cost	0	0	376	514	1,693	2,121	3,959	5,062	4,620	4,180	
7.2 Wrapping labor cost	0	0	137	274	1,399	1,182	2,247	2,235	2,235	2,303	
8. Harvest cost	0	0	187	771	1,321	1,761	2,146	2,940	2,940	3,058	15,123
8.1 Labor cost	0	0	182	744	1,290	1,711	2,089	2,877	2,877	2,998	
8.2 Transportation cost	0	0	5	27	31	51	57	63	63	60	
9. Cleaning the plots cost	242	567	703	986	807	902	916	885	925	1,041	7,973
9.1 Pesticide chemical cost	0	0	0	46	46	20	0	0	0	0	
9.1.1 Labor cost	0	120	120	149	59	42	30	0	0	0	
9.2 Lawn mowing cost	112	112	129	122	164	168	179	128	128	205	
9.2.1 Fuel cost	52	52	49	45	67	68	70	48	48	80	
9.2.2 Labor cost	60	60	80	77	97	100	109	80	80	125	
9.3 Whittle grass cost	130	215	335	548	508	642	648	728	768	808	
9.4 Plow cost	0	460	460	460	290	290	290	260	260	260	
Total cost (Baht per rai)	7,927	4,869	7,285	9,920	60	14,670	18,189	20,538	20,201	20,109	137,267

จากตารางสรุปผลการวิเคราะห์ต้นทุนรายกิจกรรมโดยเฉลี่ยข้างต้น พบว่าต้นทุนรวมโดยเฉลี่ยของการปลูกน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง เท่ากับ 13,726.70 บาท/ไร่/ปี (รายได้เฉลี่ยโดยประมาณ เท่ากับ 55,000 บาท/ไร่/ปี) (เฉลี่ยตั้งแต่ปีที่ 3-10) และเมื่อพิจารณาแยกตามรายกิจกรรม สามารถจำแนกต้นทุนได้เป็น 2 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 ช่วงยังไม่ได้ผลผลิต (เริ่มต้น – ปีที่ 3) ต้นทุนเฉลี่ย เท่ากับ 6,693.67 บาท/ไร่/ปี

ช่วงที่ 2 ช่วงให้ผลผลิต (ปีที่ 4 – ปีที่ 10) ต้นทุนเฉลี่ยเท่ากับ 16,741 บาท/ไร่/ปี

สำหรับต้นทุนรายกิจกรรมตลอดกระบวนการในระยะเวลา 10 ปี พบว่าต้นทุนสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่

อันดับที่ 1 คือ ต้นทุนการใส่ปุ๋ย มีค่าเท่ากับ 37,201.36 บาท/ไร่/10 ปี

อันดับที่ 2 คือ ต้นทุนการห่อผล มีค่าเท่ากับ 34,536.20 บาท/ไร่/10 ปี

อันดับที่ 3 คือ ต้นทุนการเช่าที่ดิน มีค่าเท่ากับ 28,600.00 บาท/ไร่/10 ปี

ส่วนที่ 4 ผลการศึกษาการเพิ่มมูลค่าน้อยหน่าผลสด

ผลการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มมูลค่าน้อยหน่าผลสด จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามออนไลน์กับนิสิตระดับปริญญาตรี คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 101 คน ระหว่างวันที่ 23 กันยายน ถึง 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 จำแนกเป็นเพศชายร้อยละ 26.7 และเพศหญิงร้อยละ 73.3 โดยแบ่งผลการศึกษา ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การเพิ่มมูลค่าของน้อยหน่าผลสด โดยรูปแบบบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการศึกษาราคาเฉลี่ยที่รับได้ของน้อยหน่าผลสด กรณีไม่มีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยและมีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบต่าง ๆ จำนวน 5 รูปแบบ โดยมีการตั้งสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H0: ราคาเฉลี่ยที่รับได้เมื่อหักต้นทุนบรรจุภัณฑ์ของน้อยหน่าผลสดกรณีไม่มีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย ไม่แตกต่างกับการมีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย

H1: ราคาเฉลี่ยที่รับได้เมื่อหักต้นทุนบรรจุภัณฑ์ของน้อยหน่าผลสดกรณีไม่มีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย แตกต่างกับการมีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย ได้ผลการศึกษาตาม Table 2

Table 2 The results of a comparison of custard apple of the average acceptable price minus cost difference between no packaging and with packaging

Individual packaging	Average acceptable price (Baht/piece)	Cost of individual packaging* (Baht/piece)	Average acceptable price minus cost		Value added (Baht/piece)
			(Baht/piece)	p-value of t-test	
1) None	14	-	14	-	-
2) Branding logo	18	0	17*	0.0306	3
3) Half-wrapping with mesh foam without branding logo	19	0	19*	0.0016	5
4) Half-wrapping with mesh foam and branding logo	23	1	23*	0.0000	9
5) Full-wrapping with mesh foam without branding logo	21	0	21*	0.0000	7
6) Full-wrapping with mesh foam and branding logo	26	1	25*	0.0000	11

*individual packaging price from SC Paper-pack Co., Ltd. (2021)

จาก Table 2 พบว่า กรณีไม่มีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย ราคาเฉลี่ยที่รับได้ของน้อยหน้าผลสดเท่ากับ 14.07 บาท/ผล ในขณะที่มีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยสามารถเพิ่มมูลค่าได้ตามลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 การห่อโฟมตาข่ายแบบเต็มผลและติดตราสินค้า มูลค่าเพิ่มขึ้น 10.90 บาท/ผล

ลำดับที่ 2 การห่อโฟมตาข่ายแบบครึ่งผลและติดตราสินค้า มูลค่าเพิ่มขึ้น 8.79 บาท/ผล

ลำดับที่ 3 การห่อโฟมตาข่ายแบบเต็มผลแต่ไม่ติดตราสินค้า มูลค่าเพิ่มขึ้น 6.78 บาท/ผล

ลำดับที่ 4 การห่อโฟมตาข่ายแบบครึ่งผลแต่ไม่ติดตราสินค้า มูลค่าเพิ่มขึ้น 4.67 บาท/ผล

ลำดับที่ 5 การติดตราสินค้าเพียงอย่างเดียว มูลค่าเพิ่มขึ้น 3.15 บาท/ผล

และเมื่อทดสอบความแตกต่างของราคาเฉลี่ยที่รับได้เมื่อหักต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ กรณีไม่มีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยและมีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบต่าง ๆ

ด้วยสถิติทดสอบ t-test พบว่าราคาเฉลี่ยที่รับได้ของบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยทุกรูปแบบกับไม่มีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ $\alpha=0.05$) นั้นหมายความว่า บรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยมีผลต่อการเพิ่มมูลค่าของน้อยหน้าผลสด

ส่วนที่ 2 การเพิ่มมูลค่าของน้อยหน้าผลสด โดยรูปแบบบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบเดียวกัน (โฟมตาข่าย) แต่สีของบรรจุภัณฑ์มีความแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการศึกษาราคาน้อยหน้าผลสดที่ยอมรับได้ในบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบโฟมตาข่าย 3 สี โดยมีการตั้งสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H0: ราคาเฉลี่ยที่รับได้เมื่อหักต้นทุนบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบโฟมตาข่ายแต่ละสีไม่แตกต่างกัน

H1: ราคาเฉลี่ยที่รับได้เมื่อหักต้นทุนบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบโฟมตาข่ายแต่ละสีแตกต่างกัน ได้ผลการศึกษาตาม Table 3

Table 3 The results of a comparison of custard apple of the average acceptable price minus cost differences for colored mesh foam individual packaging units

Colored of mesh foam units	Average acceptable price (Baht/piece)	Cost of mesh foam* (Baht/piece)	Average acceptable price minus cost (Baht/piece)	p-value of ANOVA
1) Yellow	25	0.50	24	0.6152
2) White	24	0.24	24	
3) Red	23	0.27	22	

* individual packaging price from <https://www.scpaperpack.co.th>

จาก Table 3 พบว่า บรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบโฟมตาข่ายสีต่าง ๆ มีราคาเฉลี่ยที่รับได้เมื่อหักต้นทุนแล้ว ตามลำดับ ดังนี้ (1) สีเหลือง 24.36 บาท/ผล (2) สีขาว 24.12 บาท/ผล และ (3) สีแดง 22.37 บาท/ผล

และเมื่อทดสอบความแตกต่างของราคาเฉลี่ยที่รับได้เมื่อหักต้นทุนบรรจุภัณฑ์ ของบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบโฟมตาข่าย ด้วยสถิติทดสอบ ANOVA พบว่า

ราคาเฉลี่ยที่รับได้เมื่อหักต้นทุนบรรจุภัณฑ์ของบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบโฟมตาข่ายสีต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ที่ $\alpha=0.05$) นั้นหมายความว่า บรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบโฟมตาข่ายแต่ละสีมีผลต่อการเพิ่มมูลค่าของน้อยหน้าผลสดไม่แตกต่างกัน

ส่วนที่ 3 การเพิ่มมูลค่าของน้อยหน้าผลสด โดยรูปแบบบรรจุภัณฑ์ชั้นในที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการศึกษา

ราคาน้อยหน้าผลสดที่ยอมรับได้ ในบรรจุภัณฑ์ชั้นใน 5 รูปแบบ ได้แก่ ถุงพลาสติก กล่องกระดาษทึบ กล่องกระดาษด้านบนใส กล่องกระดาษด้านหน้าใสและมีหูหิ้ว และชะลอม โดยมีการตั้งสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H0: ราคาเฉลี่ยที่รับได้เมื่อหักต้นทุนบรรจุภัณฑ์ของน้อยหน้าผลสดกรณีไม่มีบรรจุภัณฑ์ชั้นในไม่แตกต่างกับการมีบรรจุภัณฑ์ชั้นในแบบต่างๆ

H1: ราคาเฉลี่ยที่รับได้เมื่อหักต้นทุนบรรจุภัณฑ์ของน้อยหน้าผลสดกรณีไม่มีบรรจุภัณฑ์ชั้นในแตกต่างกับการมีบรรจุภัณฑ์ชั้นในแบบต่าง ๆ ได้ผลการศึกษิตตาม Table 4

Table 4 The results of a comparison of custard apple of the acceptable price minus cost difference between with inner packaging plastic bags and other packaging

Inner Packaging	Average acceptable price (Baht/kg)	Cost of inner packaging* (Baht/piece)	Average acceptable price minus cost		Value added (Baht/kg)
			(Baht/kg)	p-value of t-test	
1) Plastic bags	62	0	-	-	61
2) Paper box	91	14	16*	0.0038	77
3) Clear top paper box	108	15	32*	0.0001	94
4) Front paper box with handle	106	15	29*	0.0000	91
5) Round bamboo basket wicker craft	98	20	17*	0.0066	78

* inner packaging price (Idopackage, 2021)

จาก Table 4 พบว่า ราคาที่รับได้เฉลี่ยของน้อยหน้าผลสดที่บรรจุในถุงพลาสติก อยู่ที่ 61.35 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่มีบรรจุภัณฑ์ชั้นในแบบต่าง ๆ สามารถเพิ่มมูลค่าได้ตามลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 กล่องกระดาษทึบด้านบนใส มูลค่าเพิ่มขึ้น 32.23 บาท/กิโลกรัม

ลำดับที่ 2 กล่องกระดาษทึบด้านหน้าใสและมีหูหิ้ว มูลค่าเพิ่มขึ้น 29.34 บาท/กิโลกรัม

ลำดับที่ 3 ชะลอม มูลค่าเพิ่มขึ้น 16.74 บาท/กิโลกรัม

ลำดับที่ 4 กล่องกระดาษทึบ มูลค่าเพิ่มขึ้น 16.00 บาท/กิโลกรัม

และเมื่อทดสอบความแตกต่างของราคาเฉลี่ยที่รับได้ กรณีมีบรรจุภัณฑ์ชั้นในด้วยสถิติทดสอบ t-test พบว่า ราคาเฉลี่ยที่รับได้ของบรรจุภัณฑ์ชั้นในแบบถุงพลาสติกกับกล่องกระดาษทึบ กล่องกระดาษด้านบนใส กล่องกระดาษด้านหน้าใสและมีหูหิ้ว และชะลอม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ $\alpha=0.05$) นั้นหมายความว่า บรรจุภัณฑ์ชั้นในแบบ ถุงพลาสติก กล่องกระดาษทึบ กล่องกระดาษด้านบนใส กล่องกระดาษ

ด้านหน้าใบและมีหูหิ้ว และชะลอม มีผลต่อการเพิ่มมูลค่าของน้อยหน่าผลสด

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาโครงสร้างของห่วงโซ่อุปทานน้อยหน่าในครั้งนี้ พบว่ามีความสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาศักยภาพการผลิตและการตลาดน้อยหน่าในจังหวัดนครราชสีมา (Ekkarat, 2015) แต่ผลการศึกษาครั้งนี้พบเพิ่มเติมว่า ปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน่าในจังหวัดนครราชสีมาได้ส่งออกน้อยหน่าผลสดไปยังต่างประเทศด้วย

การวิเคราะห์ต้นทุนรายกิจกรรมที่ศึกษาได้พบว่าต้นทุนส่วนใหญ่จะอยู่ที่ ค่าปุ๋ย และแรงงาน เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Decha *et al.* (2018) ดังนั้นจึงควรศึกษาวิธีลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินกิจกรรมในแปลงปลูกตลอดกระบวนการรวมทั้งเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนกับ Decha *et al.* (2018) พบเพิ่มเติมว่าเทคโนโลยีจะส่งผลโดยตรงต่อต้นทุน กล่าวคือ ต้นทุนโดยรวมของเกษตรกรเพิ่มขึ้น แต่การรายงานของ Ministry of Agriculture and Cooperatives (2020) พบว่า การใช้เทคโนโลยีและเครื่องจักรกลทางการเกษตรจะสามารถช่วยลดต้นทุนและเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตรได้ รวมทั้งเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนกับ Decha *et al.* (2018) พบเพิ่มเติมว่าเทคโนโลยีส่งผลโดยตรงต่อต้นทุน กล่าวคือ ต้นทุนโดยรวมของเกษตรกรเพิ่มขึ้น แต่การรายงานของ Ministry of Agriculture and Cooperatives (2020) พบว่า การใช้เทคโนโลยีและเครื่องจักรกลทางการเกษตรสามารถช่วยลดต้นทุนและเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตรได้

การเพิ่มมูลค่าสามารถดำเนินการได้หลากหลายรูปแบบ แต่การศึกษานี้เป็นการทดสอบการเพิ่มมูลค่าด้วยบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบได้ทันทีภายใต้งบประมาณที่จำกัด โดยไม่ต้องรอฤดูกาลหรือพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาใหม่ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษา

ของ Khodifad *et al.* (2016) พบว่าสามารถแปรรูปน้อยหน่าเพื่อเพิ่มมูลค่าได้

สรุปผลการวิจัย

โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานของเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน่า อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีซัพพลายเออร์หลัก 3 ส่วนประกอบด้วย ผู้จำหน่ายต้นพันธุ์ ผู้จำหน่ายเคมีภัณฑ์ และผู้จำหน่ายวัสดุและอุปกรณ์ โดยมีเกษตรกรเป็นผู้ดำเนินการปลูก ดูแลรักษา เก็บเกี่ยว และจัดจำหน่าย ซึ่งช่องทางการจัดจำหน่ายในประเทศมีหลากหลายช่องทาง ได้แก่ การจำหน่ายตรงให้กับผู้รวบรวม ผู้ค้าส่ง ผู้ค้าปลีก หรือผู้บริโภคภายในประเทศโดยตรง ในขณะที่การจัดจำหน่ายในต่างประเทศจะดำเนินการผ่านผู้รวบรวม เพื่อส่งต่อไปยังผู้ประกอบการส่งออกจนถึงมือผู้บริโภคในต่างประเทศ

ขั้นตอนการดำเนินงานของเกษตรกรตลอดกระบวนการ พบว่าการดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง เริ่มต้นจากการจัดหาที่ดิน การจัดซื้อต้นพันธุ์ การเตรียมแปลงปลูก การปลูกต้นพันธุ์ หลังจากการปลูกจะดูแลและบำรุงรักษา ในขณะเดียวกันจะสังเกตการเจริญเติบโตของต้นน้อยหน่าด้วย หากมีต้นที่เจริญเติบโตไม่ปกติหรือไม่เจริญเติบโต เกษตรกรจะทำการปลูกซ่อมแซม เพื่อเป็นการใช้พื้นที่ให้คุ้มค่าและได้ผลผลิตเต็มพื้นที่ จนกระทั่งต้นน้อยหน่าอายุประมาณ 3 ปี เกษตรกรจะตัดแต่งกิ่ง เพื่อให้ต้นออกดอกและติดผล หลังจากนั้นประมาณ 4 เดือน เกษตรกรจะดำเนินการห่อผลน้อยหน่ารายผล เพื่อป้องกันแมลง ความเสียหาย และดูแลรักษาผิวของน้อยหน่าให้น่ารับประทาน และอีก 1 เดือน เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวและนำไปจำหน่ายต่อไป ทั้งนี้ต้นน้อยหน่ามีอายุโดยเฉลี่ย 10 ปี ภายหลังจากเก็บเกี่ยวในปีที่ 10 เกษตรกรจะเริ่มพิจารณาว่า ต้นน้อยหน่ายังสามารถให้ผลผลิตหรือยังคุ้มค่าที่จะเก็บต้นน้อยหน่าไว้หรือไม่ หากยังสามารถให้ผลผลิตได้ จะดูแลและบำรุงรักษาต้นน้อยหน่า รวมถึงตัดแต่งกิ่งเพื่อให้ต้น

น้อยหน้าให้ผลผลิตอย่างต่อเนื่อง แต่หากไม่สามารถให้ผลผลิตได้หรือไม่คุ้มค่า จะดำเนินการโค่นต้น ก็จะถือว่าสิ้นสุดกระบวนการดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน้าพันธุ์เพชรปากช่อง

ต้นทุนรายกิจกรรมตลอดกระบวนการผลิตของเกษตรกร พบว่าต้นทุนรวมโดยเฉลี่ยของการปลูกน้อยหน้าพันธุ์เพชรปากช่อง เท่ากับ 13,726.70 บาท/ไร่/ปี โดยต้นทุนสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ต้นทุนการใส่ปุ๋ย เท่ากับ 37,201.36 บาท/ไร่/10 ปี ต้นทุนการห่อผล เท่ากับ 34,536.20 บาท/ไร่/10 ปี และต้นทุนการเช่าที่ดิน เท่ากับ 28,600.00 บาท/ไร่/10 ปี ตามลำดับ

การเพิ่มมูลค่าน้อยหน้าผลสดพันธุ์เพชรปากช่องด้วยบรรจุภัณฑ์ พบว่า (1) การเพิ่มมูลค่าด้วยการเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์ มีผลต่อราคาที่ได้รับของผู้ตอบแบบสอบถามโดยเมื่อเปรียบเทียบราคาที่ได้รับสำหรับบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบต่าง ๆ กับไม่มีบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย ได้ผลการเพิ่มมูลค่าจากมากไปน้อย 3 อันดับแรก ได้แก่ การห่อโฟมตาข่ายแบบเต็มผลและติดตราสินค้าเพิ่มมูลค่าได้ 10.90 บาท/ผล การห่อโฟมตาข่ายแบบครึ่งผลและติดตราสินค้าเพิ่มมูลค่าได้ 8.79 บาท/ผล และการห่อโฟมตาข่ายแบบเต็มผลแต่ไม่ติดตราสินค้าเพิ่มมูลค่าได้ 6.78 บาท/ผล ตามลำดับ (2) การเพิ่มมูลค่าด้วยบรรจุภัณฑ์ชั้นในแบบต่าง ๆ กับบรรจุภัณฑ์ชั้นในแบบถุงพลาสติกพบว่าให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน โดยรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่สามารถเพิ่มมูลค่าได้มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ กล่องทึบด้านบนใสเพิ่มมูลค่าได้ 32.23 บาท/กิโลกรัม กล่องทึบด้านหน้าใสและมีหูหิ้วเพิ่มมูลค่าได้ 29.34 บาท/กิโลกรัม และชะลอมเพิ่มมูลค่าได้ 16.74 บาท/กิโลกรัม (3) การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างราคาที่ได้รับของบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบโฟมตาข่ายสีต่าง ๆ พบว่าโฟมตาข่ายสีเหลือง สีขาว และสีแดง มีราคาที่ได้รับได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นหากเกษตรกรต้องการเปลี่ยนแปลงบรรจุภัณฑ์ควรเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยแบบการห่อโฟมตาข่ายแบบเต็มผลและ

ติดตราสินค้า และบรรจุภัณฑ์ชั้นในแบบกล่องทึบด้านบนใส เนื่องจากสามารถเพิ่มมูลค่าสูงสุด ส่วนโฟมตาข่ายสามารถเลือกใช้ได้ทั้งสามสีดังกล่าว เนื่องจากมีราคาที่รับได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการวางแผนเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพด้านต่าง ๆ ให้กับเกษตรกร อาทิ ระเบียบข้อบังคับด้านการค้าและการส่งออก ตลอดจนบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งออก เพื่อเพิ่มความสามารถให้เกษตรกรไทยสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

2. ควรศึกษาวิธีลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินกิจกรรมในแปลงปลูกตลอดกระบวนการรวมถึงศึกษาและเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน เพื่อเพิ่มมูลค่าของน้อยหน้าผลสดให้มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าแก่การลงทุน เช่น เทคโนโลยีการให้น้ำ เทคโนโลยีการเกษตรแม่นยำ การใช้เครื่องคัดแยกขนาดก่อนจำหน่าย เป็นต้น

3. ควรศึกษาและพัฒนารูปแบบการเพิ่มมูลค่าที่เหมาะสม เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสและพัฒนาศักยภาพด้านการแข่งขันให้กับเกษตรกรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ทีมวิจัยขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน้าพันธุ์เพชรปากช่อง ของอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา สำหรับความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลเป็นอย่างดี ขอขอบคุณสาขาวิชาเกษตรเขตร้อน คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัยและภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการสนับสนุนสิ่งอำนวยความสะดวกในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Cooperative Promotion Department. 2017.

Agricultural machinery for value-added of agricultural product.

[Online]. Available <https://www.cpd.go.th/cpdth2560/component/k2/item/3633#> (March 29, 2021). [in Thai]

Decha, J., T. Kongsila and S. Rangsihaht. 2018.

Factors affecting opinion of farmers towards custard apple cultivation in Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province. **Journal of Vocational and Technical Education** 8(15): 10-17.

[in Thai]

Design365days. 2017. **Packaging types.**

[Online]. Available <https://www.design365days.com/> (December 21, 2021). [in Thai]

Ekkarat, E. 2015. The study of production and

marketing potential of sugar apple in Nakhon Ratchasima province. **Journal of Business Administration, the Association of Private Higher Education Institutions of Thailand** 4(2): 62-76. [in Thai]

Idopackage. 2021. **Paper box prices.** [Online].

Available <https://www.idopackage.com/category/2830/> (March 8, 2021). [in Thai]

Khodifad, B.C., K. Navneet, D. Vyas, S. Neeraj and

P. Manjeet. 2016. Pre and post-harvest practices, processing and value addition of custard apple. **International Journal of Food and Fermentation Technology** 6(2): 219-231.

Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2020.

Report of farmer registration in Nakhon Ratchasima province (custard apple growers).

[Online]. Available <http://www.khorat.doae.go.th/web/index.php/2014-11-27-04-36-03> (October 1, 2022). [in Thai]

Pianpumepong, P., N. Rarai and P. Jannok. 2015.

Application of edible chitosan film for post-harvest shelf Life of *Annana Squamosa* Linn. petch pakchong variety. **RMUTI Journal Science and Technology** 8(3): 19-31. [in Thai]

Sc Paper-pack Co., Ltd. 2021. Packaging prices.

[Online]. Available <https://www.scpaperpack.ac.th> (March 8, 2021). [in Thai]

Sungkaew, P. 2016. **Management on Chain**

Value of Fruit: The Case of Khao Kho District Phetchabun Province.

Master Thesis. National Institute of Development Administration. 144 p. [in Thai]

TalaadThai. 2021. **Custard apple price.**

[Online]. Available <https://talaadthai.com/product-search/result?q> (February 17, 2021). [in Thai]

The Office of SMEs Promotion. 2019. **The**

supply chain of agricultural product.

[Online]. Available https://www.sme.go.th/upload/mod_download/download-20181005092317.pdf (October 1, 2022). [in Thai]

**การประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนสำหรับ
โครงการ“แกน้อย” กรีนโปรดักส์ผลิตภัณฑ์สินค้าจากกลุ่มชาติพันธุ์
Assessment of Social Return on Investment for the Project
of “Kae Noi” Green Products from Ethnic Groups**

ขจรอรุณ พงศ์วิริทธิ์ธร^{1,3} กมลทิพย์ คำใจ^{2*} วิภาวี ศรีคะ² วิไลพร ไชโย² และวลัยลักษณ์ พันธุ์¹

Kajornatthapol Pongwiritthon¹, Kamolthip Kamchai^{2*}, Wipawee Srika²

Wilaiporn Chaiyo² and Walailak Panturee¹

¹คณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น ตาก 63000

²คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

³คณะไอคิวอาร์เอ บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยจีโอมาติกา มาเลเซีย

¹Business Administration Program, Faculty of Business Administration, Northern College, Tak, Thailand 63000

²Faculty of Management Sciences, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50300

³IQRA Business School, University of Geomatika, Malaysia.

*Corresponding author: tok2029@gmail.com

Received: November 01, 2022

Revised: May 30, 2023

Accepted: June 19, 2023

Abstract

The objective of this study was to evaluate the social return on investment (SROI) for the "Kae Noi" green products project involving ethnic groups. The sample size of 60 was determined using a non-probability sampling method, initially employing the quota sampling technique. Subsequently, convenience sampling and purposive sampling techniques were utilized to select participants who voluntarily provided information and participated in the project. The researchers analyzed the outcomes using outcome mapping, considering inputs, activities, outputs, and the results. The data underwent analysis, encompassing the calculation of deadweight, attribution (other contributing factors affecting achievement), and the drop-off rate. Additionally, the financial proxy of the actual results was determined to calculate the social return on investment (SROI) ratio. The study's results were categorized into two aspects. Firstly, the economic aspect included income from agricultural occupations, income from processing agricultural products, and the reduction of social costs. It also encompassed family expenses invested in agriculture and the reduction of household debt through year-round production planning for agricultural products. Secondly, the educational social aspect involved professionalism and knowledge in processed products, agricultural product processing, and social culture. Regarding the social return on investment (SROI) of the project, the results indicated that stakeholders valued the investment at 2,388,913.04 Baht, while the monetized outcome value according to stakeholders was

2,565,869.57 Baht. The total investment outcome value amounted to 2,436,050.29 Baht, resulting in a net outcome value (SROI) of 176,956.53 Baht. Hence, for every 1 Baht invested in the project, a social benefit valued at 1.07 Baht can be generated. Consequently, it can be concluded that the project generates significant value beneficial to society and is worth the investment in the operating budget.

Keywords: social returns on investment, ethnic groups

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนสำหรับโครงการ “แกนน้อย” กรีนโปรดักส์ ผลิตภัณฑ์สินค้าจากกลุ่มชาติพันธุ์ การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น โดยเริ่มต้นด้วยเทคนิคการกำหนดระบบโควตา จำนวน 60 คน ใช้เทคนิคสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวกและวิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยต้องสมัครใจในการให้ข้อมูลและเข้าร่วมโครงการ โดยการวิเคราะห์แผนที่ผลลัพธ์ ประกอบด้วย ปัจจัยนำเข้า กิจกรรม ผลผลิต และการหาข้อสรุปเป็นผลลัพธ์การวิเคราะห์ข้อมูลผลลัพธ์ส่วนเกินโดยให้ค่านวนน้ำหนักการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมที่เกิดขึ้น (Deadweight) ปัจจัยสนับสนุนอื่นที่มีผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ (Attribution) และอัตราการลดลงหรือคงที่ของผลสัมฤทธิ์ (Drop-off) แล้วหามูลค่าตัวแทนทางการเงิน (Financial proxy) ของผลลัพธ์ที่แท้จริง เพื่อคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (SROI) ผลการศึกษาจำแนกเป็นสองด้าน พบว่า (1) ด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ รายได้จากการประกอบอาชีพเกษตรกรรม รายได้จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลผลิตการเกษตร และลดค่าใช้จ่ายด้านสังคม ค่าใช้จ่ายของครอบครัวลงทุนในการเกษตร ลดหนี้สินครัวเรือนจากการวางแผนการผลิตรอบปีผลผลิตการเกษตร (2) ด้านสังคม การศึกษา ได้แก่ การมีวิชาชีพและความรู้ในการทำผลิตภัณฑ์แปรรูป และการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร สังคมวัฒนธรรม ซึ่งผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน

(SROI) ของโครงการฯ มูลค่าการลงทุนตามกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย จำนวน 2,388,913.04 บาท กับมูลค่าผลลัพธ์ตามกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 2,565,869.57 บาท มูลค่าผลลัพธ์การลงทุนทั้งสิ้น 2,436,050.29 บาท มูลค่าผลลัพธ์สุทธิ (SROI) 176,956.53 บาท ทั้งนี้ทุก 1 บาท ที่ลงทุนในโครงการฯ สามารถสร้างประโยชน์ทางสังคมด้วยมูลค่า 1.07 บาท สรุปได้ว่า โครงการฯ สร้างคุณค่าที่เป็นประโยชน์ต่อสังคม และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในงบประมาณที่ดำเนินการ

คำสำคัญ: ผลตอบแทนทางสังคม กลุ่มชาติพันธุ์

คำนำ

ในปี พ.ศ. 2564 รัฐบาลได้มีแผนการพัฒนาเขตเศรษฐกิจพิเศษ ได้ประกาศพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจพิเศษทั้ง 4 ภาค และให้นำเรื่องการกำหนดพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจพิเศษ ให้ขับเคลื่อนการดำเนินงานตามองค์ประกอบของการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษในการพัฒนา ได้แก่ 1) การให้สิทธิประโยชน์และการอำนวยความสะดวกการลงทุน 2) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน 3) การพัฒนาห่วงโซ่การผลิตและบริการ 4) การพัฒนาแรงงานและสนับสนุนผู้ประกอบการ และ 5) การวิจัยและพัฒนาและการถ่ายทอดเทคโนโลยี ระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคเหนือ โดยกำหนดให้พื้นที่จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน และจังหวัดลำปาง เป็นระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคเหนือ หรือ Northern Economic Corridor: NEC-Creative LANNA เพื่ อ

ยกระดับให้เป็นพื้นที่ลงทุนด้านการพัฒนา ให้เป็นฐานเศรษฐกิจสร้างสรรค์หลักของประเทศอย่างยั่งยืนในอนาคตต่อไป โดยในพื้นที่ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่ที่อยู่ในแผนพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคเหนือ ซึ่งเป็นกลุ่มชาติพันธุ์ชาวเขาหลากหลาย โดยเฉพาะชุมชนแกนน้อยที่มีกลุ่มเกษตรกรชุมชนแกนน้อย สหกรณ์โครงการหลวงแกนน้อยและโครงการหลวงแกนน้อยเป็นแหล่งใหญ่ที่สุดของเคพกูสเบอร์รี่ (โทงเทงฝรั่ง) ในประเทศไทย และผลผลิตทางเกษตรอื่น ๆ เช่น ไ้คลีฟเขียวและแดง อาโวคาโด เป็นต้น

หลายปีที่ผ่านมาผลการดำเนินงานของสหกรณ์และโครงการหลวงแกนน้อย เป็นการส่งเสริมสนับสนุนแหล่งทรัพยากรที่ใช้ในการเกษตรและสร้างเสริมรายได้ให้กับกลุ่มสมาชิก ทำให้เกิดการดำเนินงานแบบรวมกลุ่มของเกษตรกร โดยการดำเนินงานของสหกรณ์มีความเข้มแข็งและมีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นนั้น ได้มีการให้กลุ่มสมาชิกในพื้นที่ที่มีความกินดีอยู่ดีมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น (Kae Noi Royal Project Cooperative, 2020) สถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) สมาชิกและเกษตรกรได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมด้านสังคมและคุณภาพชีวิตจากระบบเศรษฐกิจเนื่องจากการปฏิบัติตามมาตรการต่าง ๆ เพื่อลดได้นำไปสู่ปัญหาการเคลื่อนย้ายปัจจัยการผลิตสินค้าเกษตรและอาหารที่ต้องชะลอตัวรวมทั้งปริมาณความต้องการของผู้บริโภคลดลง ส่งผลให้สินค้าเกษตรส่วนเกินในระบบอาหารก่อให้เกิดปัญหาด้านรายได้ของครัวเรือนลดลงและหากสถานการณ์ขยายตัวจะทำให้ครัวเรือนขาดสภาพคล่องโดยเฉพาะครัวเรือนหรือมีรายได้รายวัน เนื่องจากการถดถอยของเศรษฐกิจและธุรกิจภาคเอกชนที่เลิกจ้างพนักงาน และลดความต้องการพนักงานและแรงงาน (Committee on Agriculture and Cooperatives, 2021) เป็นเหตุผลนำไปสู่การยื่นเสนอขอทุนจากหน่วยขับเคลื่อนนวัตกรรมเพื่อสังคมประจำพื้นที่ภาคเหนือตอนบน 1 (SID-N1) ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ผ่านศูนย์การ

ถ่ายทอดองค์ความรู้ นวัตกรรมเทคโนโลยี ภูมิปัญญาท้องถิ่น (กิจการเพื่อสังคม) โดยได้รับทุนสนับสนุนจากหน่วยงานดังกล่าว ซึ่งได้ดำเนินงานเกี่ยวกับส่งเสริมสนับสนุน และให้ความช่วยเหลือในการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าให้มีคุณภาพและคุณค่า/มูลค่ามากขึ้น

การสร้างตราสินค้า บรรลุภัณฑ์ มาตรฐานและระบบตลาดดิจิทัลผลิตภัณฑ์แปรรูปและระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการในการสร้างแพลตฟอร์ม ซึ่งหน่วยงานในการสนับสนุนทุนการดำเนินโครงการเป็นหน่วยงานภาครัฐ องค์กร (มหาชน) ที่จำเป็นต้องการทราบถึงการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคม เป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อให้สามารถวัดผลประโยชน์ของโครงการต่าง ๆ ที่มีคุณค่าต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม และเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลตอบแทนทางสังคม สำหรับการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนวิจัยและนวัตกรรม ตลอดจนการประเมินผลลัพธ์และผลกระทบของผลงานวิจัย สามารถนำไปประกอบการตัดสินใจให้ทุนวิจัยได้ ดังนั้นการประเมินผลตอบแทนจากการลงทุน (Social Return on Investment: SROI) เป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับชุมชน คนที่อาศัยอยู่ในชุมชนและสังคม ที่เป็นผลมาจากการดำเนินโครงการทางสังคมของภาครัฐ ภาคเอกชน ตลอดจนภาควิชาการและภาคการกุศลที่ดำเนินกิจกรรมหรือโครงการทางสังคม การประเมินผลลัพธ์ทางสังคม ช่วยสร้างความยั่งยืนแก่องค์กร ด้วยการยกระดับการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลการดำเนินงาน และช่วยให้มองเห็นคุณค่าของผลลัพธ์ทางสังคมที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมหรือโครงการเพื่อสังคม ตลอดจนสร้างกลไกการมีส่วนร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อการปรับปรุงพัฒนานโยบายขององค์กรและสร้างประโยชน์มากกว่าเดิมในอนาคต เนื่องจากกิจกรรมหรือโครงการเพื่อสังคมมุ่งดำเนินการเพื่อสร้าง “ผลกระทบทางสังคม (Social impact)” เช่น “ลดความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา” “ลดความยากจน” “ลดขยะ”

หรือ “พัฒนาเศรษฐกิจชุมชน” เป็นต้น ที่เกิดจากโครงการบริการวิชาการแก่สังคมของสถาบันอุดมศึกษา จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนางานด้านบริการวิชาการแก่สังคมและชุมชน ซึ่งจะช่วยให้องค์กรได้ทราบถึงคุณค่าทางสังคมที่เกิดขึ้น จากการให้เงินสนับสนุนในการจัดทำโครงการฯ ผ่านองค์กรที่ได้รับการคัดเลือกในการช่วยเหลือสังคมได้อย่างชัดเจนว่างานที่ได้ทำไปนั้นตรงกับความต้องการของสังคมหรือไม่เพียงใด บรรลุพันธกิจมากน้อยเพียงใด และควรปรับปรุงแก้ไขตรงไหนอย่างไรบ้าง อันจะนำไปสู่การบริหารจัดการทรัพยากรที่มีคุณค่าและเหมาะสม ตลอดจนการพัฒนากลยุทธ์ให้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและการแข่งขันของสังคมโลก (Schlten *et al.*, 2006)

ดังนั้นเพื่อให้โครงการฯ ที่ดำเนินการสามารถแสดงให้เห็นถึงคุณค่าทางสังคมหรือผลลัพธ์ทางสังคมทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ต่อผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากการดำเนินโครงการฯ เพื่อให้เห็นว่าการลงทุนในการดำเนินโครงการฯ ดังกล่าว สร้างผลลัพธ์อันเป็นคุณค่าหรือผลกระทบทางสังคมเชิงบวกได้อย่างแท้จริง และได้สร้างประโยชน์แก่สังคมที่คุ้มค่าจากข้อมูลตัวเลขที่ประจักษ์ ด้วยเหตุนี้การประเมินผลลัพธ์และผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนของโครงการฯ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อตรวจสอบถึงคุณค่าทางสังคมของโครงการ รวมถึงการใช้ข้อมูลที่ได้จากการประเมินในการตัดสินใจเกี่ยวกับโครงการและการพัฒนางานบริการวิชาการแก่สังคมขององค์กรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ศึกษาวิเคราะห์ผลการคำนวณผลตอบแทนทางสังคม (SROI) จากข้อมูลเชิงปริมาณจากสอบถามข้อมูลของกลุ่มเกษตรกร เกี่ยวกับการผลิตถัณฑ์ การแปรรูป การจัดการบริหารการตลาด การจัดการการเงินและบัญชีระบบสารสนเทศ ส่วนข้อมูล

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกของการเปลี่ยนแปลง (Providing insights fir change) จากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องกับโครงการในประเด็นดังนี้ การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment: SROI) (Joyce and MacFarlane, 2001)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพืชผักและผลไม้ ที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์การเกษตรโครงการหลวงแก่งน้อย เป็นกลุ่มชาติพันธุ์ ได้แก่ กะเหรี่ยง ม้ง ลาหู่ ไทใหญ่ จำนวน 14 หมู่บ้าน ในตำบลแม่นะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีสมาชิกทั้งหมด 147 ราย คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น เริ่มต้นด้วยการกำหนดระบบโควตา จำนวน 60 ราย โดยใช้เทคนิคสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงพื้นที่และแบบความสะดวก ซึ่งผู้เข้าร่วมโครงการฯ ต้องให้ความสมัครใจในการให้ข้อมูล เพื่อที่จะสะท้อนให้เห็นถึงความต้องการในการส่งเสริม สนับสนุน และให้ความช่วยเหลือผู้ขาดแคลนทุนทรัพย์และผู้ด้อยโอกาส ให้ได้รับการศึกษาหรือพัฒนา เพื่อให้มีความรู้ความสามารถในการประกอบอาชีพตามความถนัด และมีศักยภาพที่จะพึ่งพาตนเองในการดำรงชีวิตได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview) เป็นเครื่องมือในดำเนินโครงการฯ โดยข้อคำถามที่ใช้วัดตัวแปรและเนื้อหาต่าง ๆ ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมเพื่อให้ตรงประเด็นและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในการวัดตัวแปร ซึ่งการประเมินผลตอบแทนทางสังคมนี้มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ ดังเช่น ต้องใช้ทักษะการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SROI CALCULATOR (National Innovation Agency, Thailand, 2020) การเงินและการบัญชีขั้นพื้นฐานในการจัดการประเมินผลตอบแทนทางสังคม (SROI) นอกจากนี้การสร้างตัวแทนทางการเงินเพื่อนำมาแปลงค่า การหามูลค่าปัจจุบัน การกำหนดอัตราผลตอบแทน การกำหนดค่าของทุนและผลลัพธ์ต้องอาศัยการสร้างสมมุติฐาน ต้องอาศัยความ

ระมัดระวังค่อนข้างมาก ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขได้กำหนดอัตราการคิดลด 3.50% โดยการคำนวณเพื่อแปลผลของ SROI

การวัดผลตอบแทนทางสังคมการลงทุน (SROI) เป็นมูลค่าทางการเงินโดยประเมินจากขั้นตอนการวิเคราะห์ SROI ทั้ง 6 ขั้นตอน คือ 1) กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการ 2) การลงทุนในการดำเนินโครงการ 3) ผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลง 4) การคำนวณมูลค่าผลลัพธ์ 5) การปรับมูลค่าของผลลัพธ์ 6) จัดทำรายงานโครงการ (National Innovation Agency, Thailand, 2020) การแปลความหมาย ได้แก่ 1) ผลตอบแทนทางสังคม (SROI) มากกว่า 1 หมายถึง มีมูลค่าทางสังคมเพิ่มขึ้นคุ้มค่าแก่การดำเนินกิจกรรม 2) ผลตอบแทนทางสังคม (SROI) เท่ากับ 1 หมายถึง ผลการดำเนินกิจกรรมไม่สร้างผลประโยชน์/ผลตอบแทน 3) ผลตอบแทนทางสังคม (SROI) น้อยกว่า 1 หมายถึง ผลการดำเนินกิจกรรมไม่ก่อให้เกิดผลตอบแทน

การรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากสอบถามข้อมูลของกลุ่มเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตภัณฑ์ การแปรรูป การจัดการบริหารการตลาด การจัดการการเงินและบัญชีระบบสารสนเทศและข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกของการเปลี่ยนแปลง (Providing insights for change) จากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องกับโครงการ โดยผ่านกิจกรรมของโครงการ ซึ่งมีการศึกษาใช้เกณฑ์การประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการดำเนินงานสำหรับทุนพัฒนาอาชีพและนวัตกรรมที่ใช้ชุมชนเป็นฐาน: ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการสถาบันการเงินชุมชน

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการวิจัยและพัฒนา รูปแบบการประเมินผ่านกิจกรรมของโครงการ ดังนี้ 1) การประชุมเชิงปฏิบัติการในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการประเมินโครงการฯ ตามรูปแบบการประเมินที่ได้พัฒนาขึ้น 2) การสนทนา โดยการจัดให้มีการสนทนากลุ่ม กลุ่มละ 6-10 คน และตามกลุ่มของผู้เข้าร่วมโครงการที่รวมกลุ่มกัน ซึ่งคณะผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสนทนา (Moderator) ในการตั้งประเด็นการสนทนา

และผู้ช่วยนักวิจัยเป็นผู้บันทึกการสนทนา พร้อมทั้งตั้งประเด็นการสนทนาเสริมโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) ในลักษณะการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ที่ผู้วิจัยได้สร้างประเด็นการสัมภาษณ์ตามกรอบการประเมินตามหลักความสมดุลสามเสาหลัก ได้แก่ ผลลัพธ์ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม โดยผู้ช่วยนักวิจัยเป็นผู้ดำเนินการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลเป็นรายบุคคล 3) การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินผลลัพธ์ทางสังคมจากการดำเนินโครงการฯ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา สรุปผลเป็นแผนที่ผลลัพธ์ ได้แก่ ปัจจัยนำเข้า กระบวนการกิจกรรม ผลผลิต และผลลัพธ์ที่เกิดจากการดำเนินโครงการฯ 4) การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนโครงการฯ (SROI) โดยการคำนวณหาอัตราส่วนผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าการลงทุนในงบประมาณโครงการฯ ทุก 1 บาทที่ใช้ไป ทำให้คณะดำเนินโครงการได้ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกแล้วนำมาตรวจสอบความครบถ้วนของเนื้อหาว่าครอบคลุมทุกวัตถุประสงค์หรือไม่ ก่อนนำมาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยนำข้อมูลจากเอกสารการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสังเกตแบบมีส่วนร่วมมาตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูล โดยจำแนกตามวัตถุประสงค์ประเด็นการศึกษาสังเคราะห์เพื่อให้ได้ภาพรวมภายใต้แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของการดำเนินโครงการแบบองค์รวม สรุปผลการศึกษาและนำเสนอผลการศึกษาโดยการพรรณนาความ การวัดผลตอบแทนทางสังคมการลงทุน (SROI) เป็นมูลค่าทางการเงินโดยประเมินจากขั้นตอนการวิเคราะห์ SROI ในแต่ละขั้นได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการ (Stakeholder) ดังนี้ 1) S1 ผู้ได้รับประโยชน์ ได้แก่ กลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพืชผัก ผลไม้ จำนวน 60 ราย ที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์การเกษตรโครงการหลวงแก้งน้อย โครงการหน่วยขับเคลื่อน

นวัตกรรมเพื่อสังคม (Social Innovation Driving Unit) ประจำพื้นที่ภาคเหนือตอนบน 1 และศูนย์ถ่ายทอดองค์ความรู้ นวัตกรรมเทคโนโลยี ภูมิปัญญาท้องถิ่น (กิจการเพื่อสังคม) 2) S2 ผู้ดำเนินโครงการหลัก ได้แก่ โครงการหน่วยขับเคลื่อนนวัตกรรมเพื่อสังคม (Social Innovation Driving Unit) ประจำพื้นที่ภาคเหนือตอนบน 1 และศูนย์ถ่ายทอดองค์ความรู้ นวัตกรรมเทคโนโลยี ภูมิปัญญาท้องถิ่น (กิจการเพื่อสังคม) 3) S3 บุคคล/กลุ่มผู้ให้ทุนสนับสนุน (โดยตรง) ได้แก่ โครงการหน่วยขับเคลื่อนนวัตกรรมเพื่อสังคม (Social Innovation Driving Unit) ประจำพื้นที่ภาคเหนือตอนบน 1 และสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (สนช.) NIA และศูนย์ถ่ายทอดองค์ความรู้ นวัตกรรมเทคโนโลยี ภูมิปัญญาท้องถิ่น (กิจการเพื่อ

สังคม) 4) S4 บุคคล/กลุ่มที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ (โดยอ้อม) ได้แก่ เยาวชนและลูกหลานโครงการหลวงแก่งน้อย ผู้ประกอบการชุมชนแก่งน้อย โรงเรียนโครงการหลวงบ้านแก่งน้อย คณะวิทยาการจัดการ และคณะเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สหกรณ์การเกษตรโครงการหลวงแก่งน้อย โครงการหลวงแก่งน้อยและปราชญ์ชาวบ้าน

ขั้นตอนที่ 2 การลงทุนในการดำเนินโครงการ (Input) โดยแยกตามปัจจัยนำเข้า/ทรัพยากร มูลค่า (บาท/ปี)ที่ดำเนินโครงการ) ดัง Table 1

ขั้นตอนที่ 3 ผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลง (Outcome) ได้แก่ มิติผลลัพธ์ ผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลงตัวชี้วัด ดัง Table 2

Table 1 Investment in Project Implementation (Inputs)

Stakeholder	Inputs/Resources	Value (Baht/Year of Project Implementation)
S1: Beneficiary	Total Value	458,630.87
The target group comprises 60 vegetable and fruit growers who are members of the Kae Noi Royal Project Agricultural Cooperative, Social Innovation Driving Unit of Northern Thailand 1, and the Information Center of Knowledge, Local Wisdom, and Community Innovation (Social Enterprise)	- Involvement in operational activities, including materials, equipment, resources, inputs, travel, and other related expenses.	373,225.87
	- Compensation for professionals, volunteers, and coordination of operations and travel for speakers	85,405.00
S2: Main project operator	Total Value	676,858.08
The Social Innovation Driving Unit of Northern Thailand 1 and the Information Center of Knowledge, Local Wisdom, and Community Innovation (Social Enterprise)	Allocation of budget, funds, and donations for support	676,858.08

Table 1 (Continue)

Stakeholder	Inputs/Resources	Value (Baht/Year of Project Implementation)
S3: Individuals/groups sponsorship (direct)	Total Value	330,000.00
The Social Innovation Driving Unit of Northern Thailand 1, National Innovation Agency, and the Information Center of Knowledge, Local Wisdom, and Community Innovation (Social Enterprise)	Allocation of budget, funds, and donations for professional compensation, volunteering, and coordination of operations and travel for speakers	330,000.00
S4: Other related individuals/groups (indirect)	Total Value	36,000.00
The youth and children of Kae Noi Royal Project, Kae Noi community entrepreneurs, Ban Kae Noi Royal Project School, Faculty of Management Sciences and Faculty of Agricultural Technology at Chiang Mai Rajabhat University, Faculty of Agricultural Production at Maejo University, Kae Noi Royal Project Agricultural Cooperative, Kae Noi Royal Project, and the village philosophers	Involvement in operational activities, including expenses for meetings and participation in activities, such as materials, equipment, resources, inputs, travel, etc.	36,000.00
Total investment value in project implementation (Inputs)		1,501,488.95

Table 2 Stakeholder outcomes, outcome dimensions, change outcomes, and indicators

Stakeholder	Dimension of outcome	Outcome of change	Indicators
S1: Beneficiary			
The target group comprises 60 vegetable and fruit growers who are members of the Kae Noi Royal Project Agricultural Cooperative, Social Innovation Driving Unit of Northern Thailand 1, and the Information Center of Knowledge, Local Wisdom, and Community Innovation (Social Enterprise).	Skills/ Innovation	Acquire advanced skills and knowledge in the utilization of innovation	1. Enhancing product processing as follows: 1.1 Creating product models to add value, resulting in higher quality and premium value for fruits and vegetables from ethnic groups, for 5 new products 1.2 Designing packaging for 5 new premium products of fruits and vegetables from ethnic groups 1.3 Developing brands, packaging, and standards for processed fruits and vegetables from ethnic groups encompassing 4 products/brand/piece/design 1.4 Facilitating career and income opportunities for 20 individuals 1.5 Establishing an online marketing system 2. Advancing skills and knowledge in innovative product processing
	Economy/ Finance	Managing expenses, costs, and resources for changing activities related to management, production, and operations	1. The expenses/costs/resources incurred for managing/producing/operating changing activities result in reducing agricultural costs on chemical fertilizers 2. Creating product models to add value, resulting in higher quality and premium value for fruits and vegetables from ethnic groups, for 5 new products 3. Mitigating household debt issues and achieving a 5% reduction in debt for 20 individuals

Table 2 (Continued)

Stakeholder	Dimension of Outcome	Outcome of Change	Indicators
	Economy/ Finance	Managing expenses, costs, and resources for changing activities related to management, production, and operations	1. The expenses/costs/resources incurred for managing/producing/operating changing activities result in reducing agricultural costs on chemical fertilizers. 2. Creating product models to add value, resulting in higher quality and premium value for fruits and vegetables from ethnic groups, for 5 new products 3. Mitigating household debt issues and achieving a 5% reduction in debt for 20 individuals
	Society/ Relationship	Foster connections among individuals, groups, communities, and organizations.	1. Expanding business opportunities and network partnerships, as well as engaging in activities or cooperation projects with various agencies for a minimum of 2-3 projects 2. Assessing the level of change in relationships among communities, groups, individuals, and organizations 3. Identifying changes in the presence of network partners and opportunities linked to agricultural investment behavior projects
S2: Main project operator			
The Social Innovation Driving Unit of Northern Thailand 1 and the Information Center of Knowledge, Local Wisdom, and Community Innovation (Social Enterprise)	Society/ Relationship	Foster connections among individuals, groups, communities, and organizations.	Evaluating the extent of changes in relationships among communities, groups, individuals, and organizations, particularly in the context of community development and problem-solving participation
	Skills/ Innovation	Acquiring new skills and knowledge that facilitate further development and expansion through innovative endeavors.	1. Quantifying the number of new innovations arising from the projects 2. Processing products, which encompass: 2.1 Creating product models to add value, resulting in higher quality and increased value (premium) for fruits and vegetables from ethnic groups, for 5 new products 2.2 Implementing an online marketing system

Table 2 (Continued)

Stakeholder	Dimension of Outcome	Outcome of Change	Indicators
S3: Individuals/groups sponsorship (direct)			
The Social Innovation Driving Unit of Northern Thailand 1, National Innovation Agency, and the Information Center of Knowledge, Local Wisdom, and Community Innovation (Social Enterprise)	Society/ Relationship	Expanding business opportunities by broadening network partnerships, activities, or collaborative projects with diverse agencies	1. Assessing the extent of change in network partners and opportunities associated with the projects. 2. Collaborating on community development, social change, and production planning in conjunction with other agencies
	Skills/ Innovation	Attain productivity, innovation, and effective models that result in the successful execution of operations	1. The quantity of work/knowledge/innovation/new pilot models generated 2. Information systems for financial institution management and online marketing 3. The count of new innovations relevant to the projects.
S4: Other related individuals/groups (indirect)			
The youth and children of Kae Noi Royal Project, Kae Noi community entrepreneurs, Ban Kae Noi Royal Project School, Faculty of Management Sciences and Faculty of Agricultural Technology at Chiang Mai Rajabhat University, Faculty of Agricultural Production at Maejo University, Kae Noi Royal Project Agricultural Cooperative, Kae Noi Royal Project, and the village philosophers.	Society/ Relationship	Expanding business opportunities by extending network partnerships, activities, or cooperative projects with various agencies	1. The extent of change in network partners and opportunities associated with the projects 2. The shift in agricultural investment behavior
	Skills/ Innovation	Acquiring new skills and knowledge that drive further development and expansion through innovative endeavors	1. The quantity of new innovations associated with the projects 2. Information systems for managing financial institutions and online marketing

ขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 5 การคำนวณมูลค่าผลลัพธ์ (Valuation) และการปรับมูลค่าของผลลัพธ์ (Impact adjustment) ได้แก่ การคำนวณมูลค่าผลลัพธ์

(Valuation) ผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลง ประเภท ความสำคัญ มูลค่าผลลัพธ์และทิศทางผลลัพธ์ ดัง Table 3

Table 3 Calculating the Outcome Valuation and Impact Adjustment

Calculating the outcome valuation	Outcome of change	Type	Importance	Outcome valuation	Direction of outcomes
S1: Beneficiary				1,068,774.29	Stable
1. Acquire advanced skills and knowledge in the utilization of innovation	2. Attain productivity, innovation, and effective models that drive operational success 3. Manage income, budget, and resources for changing activities in management, production, and operations.	Monetary Value	51.45	549,884.37	Stable
1. Expand business opportunities by extending network partnerships, activities, or cooperative projects with diverse agencies	2. Foster connections among individuals, groups, communities, and organizations	Monetary Value	48.55	518,889.92	Stable
S2: Main project operator				646,138.00	Stable
1. Attain productivity, innovation, and models that lead to operational success.	2. Manage income, budget, and resources for changing activities related to management, production, and operations.	Monetary Value	100.00	646,138.00	Stable
S3: Individuals/groups sponsorship (direct)				646,138.00	Stable
1. Attain productivity, innovation, and effective models that drive operational success.	2. Acquire further skills and knowledge in the utilization of innovation 3. Achieve productivity, innovation, and effective models that contribute to operational success. 4. Manage income, budget, and resources for changing activities in production and operations	Monetary Value	100.00	646,138.00	Stable

Table 3 (Continued)

Calculating the Outcome Valuation	Outcome of change	Type	Importance	Outcome valuation	Direction of outcomes
S4: Other related individuals/groups (indirect)				75,000.00	Stable
1. Enhance business opportunities that impact sales, turnover, and employment prospects.		Monetary value	100.00	75,000.00	Stable
2. Acquire advanced skills and knowledge in innovation techniques					
3. Foster productivity, innovation, and effective models to achieve operational success					
Total outcomes				2,436,050.29	Stable

ผลการประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนสำหรับโครงการ “แกนน้อย” กรีนโปรดักส์ผลิตภัณฑ์สินค้าจากกลุ่มชาติพันธุ์ มีมูลค่าผลลัพธ์เท่ากับ 2,436,050.29 บาท เป็นผลตอบแทนด้านเศรษฐกิจเท่ากับ 1,811,165.92 บาท (ร้อยละ 74.35) ผลตอบแทนด้านสังคมเท่ากับ 549,884.37 บาท (ร้อยละ 22.57) และผลตอบแทนด้านสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 75,000.00 บาท (ร้อยละ 3.08) โดยมีอัตราส่วนผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนของโครงการฯ มีมูลค่าการลงทุนตามกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเท่ากับ 2,388,913.04 บาท กับมูลค่าผลลัพธ์ตามกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเท่ากับ 2,565,869.57

บาท มูลค่าผลลัพธ์การลงทุนทั้งสิ้นเท่ากับ 2,436,050.29 บาท มูลค่าผลลัพธ์สุทธิ (SROI) เท่ากับ 176,956.53 บาท ทั้งนี้ ทุก 1 บาท ที่ลงทุนในโครงการฯสามารถสร้างประโยชน์ทางสังคมด้วยมูลค่าเท่ากับ 1.07 บาท ซึ่งการที่ SROI ผลลัพธ์เท่ากับ 1 ถือว่าโครงการมีคุณภาพ และแสดงว่าการดำเนินงานโครงการบรรลุวัตถุประสงค์ และมีประสิทธิผล นอกจากนี้อัตราผลตอบแทนการลงทุนจะผันแปรตามจำนวนของผู้เข้าร่วมโครงการฯ และระยะเวลาที่เปลี่ยนไป นั่นหมายถึง ผลประโยชน์หรือมูลค่าทางการเงินของสังคมที่จะเพิ่มมากขึ้นต่อไปในอนาคตด้วย ดังภาพ Figure 1

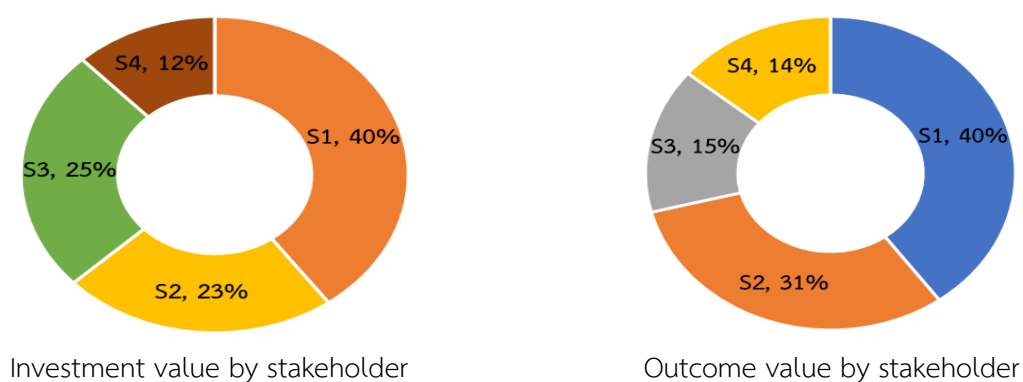


Figure 1 The results of the calculation of the social return on investment ratio from the project's investment Source: National Innovation Agency: SROI Calculator

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนสำหรับโครงการ“แกน้อย” กรีนโปรดักส์ผลิตภัณฑ์สินค้าจากกลุ่มชาติพันธุ์ มีมูลค่าผลลัพธ์เท่ากับ 2,436,050.29 บาท เป็นผลตอบแทนด้านเศรษฐกิจเท่ากับ 1,811,165.92 บาท (ร้อยละ 74.35) ผลตอบแทนด้านสังคมเท่ากับ 549,884.37 บาท (ร้อยละ 22.57) และผลตอบแทนด้านสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 75,000.00 บาท (ร้อยละ 3.08) มีข้อจำกัดในการประเมินมูลค่าจากผลตอบแทนที่เกิดขึ้นในความรู้สึก ทักษะความรู้ ความร่วมมือและความสามัคคีที่เพิ่มขึ้นของชุมชน ไม่สามารถตีเป็นมูลค่าทางการเงิน (Financial proxy) ได้ จึงทำให้ผลตอบแทนทางสังคมมีสัดส่วนที่น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Vallaey (2014) ที่กล่าวถึงความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กรต่าง ๆ นั้น ว่าองค์กรทุกภาคส่วนจะต้องมีบทบาทในการสร้างการเปลี่ยนแปลงทางสังคม โดยการสนับสนุนบุคลากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในสาขาวิชาชีพในการดำเนินกิจกรรมช่วยเหลือและสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงแก่สังคม โดยมุ่งตอบสนองต่อความต้องการของสังคม และก่อให้เกิดคุณค่าหรือผลกระทบทางสังคมทั้งด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม รวมถึงด้านสิ่งแวดล้อม และ Cambero and Sowlati (2014) ได้กล่าวไว้ว่า ถึงมนุษย์กลุ่มจะอยู่รวมกลุ่มเพื่อความอยู่รอดและทำให้เกิดการดำรงชีวิตที่มีคุณภาพ ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับกลุ่มและกระบวนการกลุ่มนั้นเกี่ยวข้องกับการแสดงความสัมพันธ์ของมนุษย์ในท้องถิ่นหรือชุมชน

สรุปได้ว่าโครงการได้มีการพัฒนาและสร้างสรรค์สิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและชุมชน ทั้งนี้การสร้างสรรค์ต่าง ๆ เกี่ยวข้องกับการใช้ภูมิปัญญาอันทรงคุณค่าที่มีอยู่ในท้องถิ่น มาสร้างเป็นมรดกทางสังคมที่ดีงาม โดยสร้างการเรียนรู้ระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยการติดตามตรวจสอบร่วมกันเกี่ยวกับผลการดำเนินการที่เกิดขึ้นแก่ชุมชนหลังจากการดำเนินโครงการ ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม หรือด้านสิ่งแวดล้อม การประเมิน

ผลลัพธ์ทางสังคมนอกจากจะเป็นกลยุทธ์ที่ช่วยให้ทราบถึงผลการดำเนินโครงการแล้ว ยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการตัดสินใจเกี่ยวกับโครงการที่ได้ดำเนินการที่ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการในการวัดประเมินผล

อัตราส่วนผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนของโครงการฯ มีมูลค่าการลงทุนตามกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเท่ากับ 2,388,913.04 บาท กับมูลค่าผลลัพธ์ตามกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเท่ากับ 2,565,869.57 บาท มูลค่าผลลัพธ์การลงทุนทั้งสิ้นเท่ากับ 2,436,050.29 บาท มูลค่าผลลัพธ์สุทธิ (SROI) เท่ากับ 176,956.53 บาท ทั้งนี้ ทุก 1 บาท ที่ลงทุนในโครงการฯสามารถสร้างประโยชน์ทางสังคมด้วยมูลค่าเท่ากับ 1.07 บาท ซึ่งสอดคล้องกับ Pongwiritthon *et al.* (2022) ที่ได้กล่าวว่า ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (SROI) ของโครงการฯ มีมูลค่าผลลัพธ์สุทธิ อัตราส่วนผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนที่มากกว่า 1 บาทนั้น หมายความว่า การลงทุนทุก 1 บาทของโครงการฯ สามารถสร้างประโยชน์ทางสังคมตามอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน สรุปได้ว่า โครงการฯ สร้างคุณค่าที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมและมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในงบประมาณที่ดำเนินการ

สรุปผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานของโครงการฯ ที่สร้างประโยชน์ต่อสังคมและมีความคุ้มค่าในการลงทุนดำเนินโครงการในครั้งนี้ ตามหลักการโครงการที่มีลักษณะการประกอบภารกิจกรรมทางสังคม ถือว่าโครงการประสบความสำเร็จในด้านของการวางแผนกลยุทธ์ สามารถจัดกิจกรรมที่ตอบโจทย์ความต้องการของชุมชนและหน่วยงานที่สนับสนุนในการสร้างผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ช่วงเริ่มโครงการ เนื่องจากกิจกรรมทางสังคมเป็นโครงการที่ลงทุนโดยไม่หวังผลกำไรตอบแทนกลับมายังโครงการแต่ต้องการให้เกิดผลลัพธ์ทางสังคมมากกว่าหรือเท่ากับเงินที่ลงทุนไป โดยการประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนจึงเป็นเครื่องมือในการประเมินค่า เพื่อวางแผน

โครงการในอนาคตหรือทบทวนโครงการในอดีต SROI คือ การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระหว่าง การวิเคราะห์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกผลลัพธ์ (Outcomes) การสร้างแผนที่ผลลัพธ์ (Outcome mapping) การเลือกมูลค่าตัวแทนทางการเงิน (Financial proxies) และสัดส่วนความเป็นเจ้าของผลงาน (Attribution proportion) สามารถทำได้ผ่านกลไก 3Ms ซึ่งได้แก่ การวัดผล (Measure) การบริหารจัดการ (Manage) และการขยายผลลัพธ์ (Maximize) ตลอดจนทำให้ความสามารถในการทำกำไรขององค์กรธุรกิจที่มีแนวทางการดำเนินงานแบบยั่งยืน (Eccles and Krzus, 2010)

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ต่อกลุ่มเป้าหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) ผลลัพธ์และผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนที่ประเมินได้เป็นการคำนวณและประเมินเฉพาะข้อมูลที่สามารถวัดค่าได้และเป็นมูลค่าที่ได้ ณ ช่วงเวลาที่ทำการประเมินหรือมูลค่าปัจจุบันเท่านั้น ยังมีมูลค่าที่เกิดจากโครงการ เช่น ความสุขและภาคภูมิใจในตนเอง ความอบอุ่นของครอบครัว และการได้รับการยอมรับในชุมชน เป็นต้น ที่ไม่สามารถวัดได้และไม่ได้นำมาคำนวณรวมถึงมูลค่าที่จะเกิดขึ้นในอนาคตหรือในระยะยาว ผู้ดำเนินโครงการหรือผู้มีอำนาจตัดสินใจต้องงานบริการวิชาการ ควรใช้ผลการประเมินนี้ร่วมกับรายงานเชิงคุณภาพอื่น ๆ ของโครงการในการพิจารณาเกี่ยวกับผลการดำเนินโครงการ

2) การประเมินผลลัพธ์และผลตอบแทนทางสังคมนี้ เป็นเครื่องมือการจัดการที่มุ่งให้เกิดการมีส่วนร่วม และการเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อส่งเสริมการร่วมมือกันระหว่างชุมชนกับหน่วยงานที่ดำเนินโครงการใน การตรวจสอบผลการดำเนินการและการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืนร่วมกัน คณะผู้ดำเนินโครงการนอกจากจะใช้มูลค่าหรืออัตราส่วนผลตอบแทนของโครงการในการจัดทำรายงาน ควรมุ่งเน้น

การสื่อสารต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วนในการแสวงหาความร่วมมือเพื่อพัฒนาโครงการให้สร้างมูลค่าหรือคุณค่าต่อสังคมอย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรโครงการหลวงแกนน้อย ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการทำโครงการในครั้งนี้ และการสนับสนุนโดยหน่วยขับเคลื่อนนวัตกรรมเพื่อสังคมประจำพื้นที่ภาคเหนือตอนบน 1 (SID-N1) ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ปี 2565 ซึ่งโครงการได้ผ่านคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ หมายเลขรับรอง IRBCMRU 2022/123.21.06 วันที่รับรอง 27 มิถุนายน พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

- Cambero, C. and T. Sowlati. 2014. Assessment and optimization of forest biomass supply chains from economic, social and environmental perspectives-a review of literature. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 36(1): 62-73.
- Committee on Agriculture and Cooperatives. 2021. **Impacts on the Thai Economy from Coronavirus Disease (COVID-19) and Recommendations for Driving the Development of the Agricultural Sector under the National Strategic Plan According to the Situation.** Bangkok: Secretariat of the Senate. 15 p.

- Eccles, R.G., and M. Krzus, 2010. **One Report: Integrated Reporting for a Sustainable Strategy**. New York: John Wiley and Sons, Inc. 256 p.
- Joyce, S.A., and M. MacFarlane. 2001. **Social Impact Assessment in the Mining Industry: Current Situation and Future Directions**. London: Mining, Minerals and Sustainable Development. 28 p.
- Kae Noi Royal Project Cooperative. 2020. **Annual Report Year 2020**. Chiang Mai: Kae Noi Royal Project Cooperative. 43 p. [in Thai]
- National Innovation Agency, Thailand. 2020. **SROI CALCULATOR**. [Online]. Available <https://sroi-calculator.nia.or.th> (October 25, 2022).
- Pongwiritthon K., K. Kamchai and W. Panturee 2022. Social return on investment assessment from operations of community-based innovation and career development fund: information systems for managing community financial institutions. **Res Militaris** 12(2): 1174-1184.
- Schlten, P., J. Nicholls, S. Olsen and B. Galimidi. 2006. **Social Return on Investment: A Guide to SROI Analysis**. Amstele Veen: Lenthe publishers. 118 p.
- Vallaes, F. 2014. **University Social Responsibility: A Mature and Responsible Definition**. pp. 88-96. *In* GUNI Report 2014 n°5 Higher Education in The World. Springfield: Global University.

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ โดยเริ่มฉบับที่ 1 ในเดือนมกราคม ฉบับที่ 2 ในเดือนพฤษภาคม และฉบับที่ 3 ในเดือนกันยายน มีจุดประสงค์หลักเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตรทั่วประเทศ โดยมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-ISSN 2630-0206) สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตร เรื่องที่จ่าตีพิมพ์ในวารสาร 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 ครอบคลุม 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 นอกจากก่อความเสียหายกับข้าวปลูกทั้งชนิด Japonica และ Indica (*Oryza sativa*) พันธุ์ต่างๆ แล้ว Thawat (2001) ยังพบว่า ทำความเสียหายได้กับข้าวไร่และข้าวป่าต่างๆ.....”
- (2) **อุปกรณ์และวิธีการ/วิธีดำเนินการวิจัย** อธิบายเครื่องมือ พร้อมระบุวิธีการวิจัย วิธีการเก็บข้อมูล ระยะเวลาและปีที่ทำการวิจัย รวมทั้งวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ให้บรรยายโดยสรุปและไม่จำเป็นต้องระบุวิธีการที่เป็นที่รู้จักทั่วไป
- (3) **ผลการวิจัย** ไม่จำเป็นต้องแสดงวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่ให้เสนอในรูปแบบของตาราง และรูปภาพโดยสรุปหลังจากวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว ทั้งนี้ **คำอธิบายและรายละเอียดต่าง ๆ ของตารางและรูปภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น** โดยมีความชัดเจน กระจ่าง และมีหมายเลขกำกับด้านบนของตารางและด้านล่างของรูปภาพ และเมื่ออ้างถึงในเนื้อหาให้ใช้เป็นคำว่า Table และ Figure
- (4) **การวิจารณ์ผล การสรุปผล และข้อเสนอแนะ** ควรวิจารณ์ผลการวิจัยพร้อมทั้งสรุปประเด็น และสาระสำคัญของงานวิจัย หรือให้ข้อเสนอแนะบนพื้นฐานของผลการวิจัย

หมายเหตุ: หน่วยวัดตามระบบต่างๆ ให้ใช้ตัวย่อตามมาตรฐานในการเขียนที่กำหนดไว้ เช่น เซนติเมตร = ซม. ตารางเมตร = ตร.ม. มิลลิกรัมต่อกรัม = มก./กก. แต่ถ้าเป็นหน่วยวัดที่มีพยางค์เดียวให้ใช้คำเต็มตามปกติ เช่น เมตร กรัม ลิตร

7. **กิตติกรรมประกาศ** เพื่อแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิจัย
8. **เอกสารอ้างอิง** รายชื่อเอกสารที่ใช้เป็นหลักในการค้นคว้าวิจัยและมีการอ้างอิงถึงในเนื้อหา ต้องแสดงเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น กรณีที่อ้างอิงจากเอกสารภาษาไทยหรือภาษาอื่นๆ ให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ โดยมีวงเล็บกำกับท้ายเอกสาร [in Thai] หรือภาษาอื่นๆ 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 นอกจากก่อความเสียหายกับ ข้าวปลูกทั้งชนิด Japonica และ Indica (*Oryza sativa*) พันธุ์ต่างๆ แล้ว Thawat (2001) ยังพบว่า ทำความเสียหายให้กับข้าวไร่และข้าวป่าต่างๆ.....”

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 J. Sci. Technol.* 27(1): 91-100. [in Thai]

Nadeem, M.Y. and M. Ibrahim. 2002. Phosphorus management in wheat-rice cropping system. *Pak. J. Soil Sci.* 21(4): 21-23.

Chowdhury, M.A.H., R. Begum, M.R. Kabit and H.M. Zakir. 2002. Plant and animal residue decomposition and transformation of S and P in soil. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 5(7): 736-739.

2. หนังสือ

2.1 ผู้เขียนคนเดียวหรือหลายคน

ชื่อผู้แต่งคนที่ 1./ผู้แต่งคนที่ 2/และผู้แต่งคนสุดท้าย./ปีที่พิมพ์./ชื่อหนังสือ./ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)./สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์./
จำนวนหน้า.

Peyachoknagu, S. 2000. *Pan Thu Vis Sa Wa Kum*. Bangkok: Kasetsart University Press. 256 p. [in Thai]

Aksornkoae, S. 1999. *Ecology and Management of Mangroves*. Bangkok: Kasetsart University Press. 198 p.

Rajeshwar, K. and J.G. Ibanez. 1997. *Environmental Electrochemistry*. San Diego: Academic Press. 327 p.

2.2 บทหนึ่งในหนังสือ

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่พิมพ์./ชื่อบทความ./น./เลขหน้าที่ปรากฏเรื่อง./ใน/ชื่อผู้รับผิดชอบ./ชื่อหนังสือ./รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี).
//ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)./สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์.

Hill, S.E. 1996. Emultions. pp. 153-185. *In* Hall, G.M. (ed.). *Methods of Testing Protein Functionality*. London: Chapman & Hall.

Jacober, L.F. and A.G. Rand. 1982. Biochemical of Seafood. pp. 347-365. *In* Martin, R.E., G.J. Flick, C.E. Hebard and D.R. Ward (eds.). *Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products*. Westport: AVI Inc.

2.3 หนังสือที่มีผู้รับผิดชอบในหน้าที่เป็นผู้รวบรวม ผู้เรียบเรียง หรือบรรณาธิการ

ชื่อผู้รับผิดชอบ./ (หน้าที่รับผิดชอบ)/ ปีที่พิมพ์./ชื่อเรื่อง./ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)./สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์./จำนวนหน้า.

Tosirichok, K. (Editor). 1994. *Karn Rak Sa Doi Sa Moon Pri*. 1st. Bangkok: Mayik Publisher. 172 p. [in Thai]

Byrappa, K. and M. Yoshimura. (eds.). 2001. *Handbook of Hydrothermal Technology*. New Jersey: Noyes Publication. 854 p.

3. เอกสารอื่นๆ

3.1 วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง./ปีที่พิมพ์./ชื่อวิทยานิพนธ์./ระดับของวิทยานิพนธ์./ชื่อสถาบันการศึกษา./จำนวนหน้า.

Soitongcome, P. 1987. **Tannin Extraction from Rhizophora's Bark for Retanning.** Master Thesis.

Kasetsart University. 113 p. [in Thai]

Saiklao, W. 2002. **Adaptive Bandwidth Allocation Control for Virtual Paths in Broadband Networks.**

Doctoral Dissertation. Georgia Institute of Technology. 86 p.

3.2 รายงานการประชุมวิชาการ รายงานการสัมมนา ปาฐกถา รายงานประจำปี

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่พิมพ์./ชื่อบทความ./น./เลขหน้าที่ปรากฏเรื่อง./ใน/ชื่อการประชุม./รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)./ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)./สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

Summadee, P. and B. Leenanon. 2013. Production of Probiotic Kefir Product. p. 109-116 *In Proceedings of the 12th MJU Annual Conference (Poster).* Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Coates, J. 2013. Clinical Trial for Canine Degenerative Myelopathy. pp. 29-31. *In Proceedings of ACVIM Specialty Symposium (Pre-forum) 12-15 June 2013.* Seattle: American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM).

3.3 รายงานผลการวิจัย

ชื่อผู้เขียนงานวิจัย./ปีที่พิมพ์./ชื่องานวิจัย./จำนวนหน้า./ใน/รายงานผลการวิจัย./สถานที่พิมพ์:ชื่อหน่วยงาน.

Pooprompan, P., K. Duangsong and R. Sribaopern. 2001. **DNA fingerprinting of Thai native orchid**

Vanda coerulea. 62 p. *In Research Report.* Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Theraumpon, N. 2003. **Automatic Classification of White Blood Cells in Bone Marrow Images.** 74 p. *In Research Report.* Chiang Mai: Chiang Mai University.

3.4 บทความจากวารสาร

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่ตีพิมพ์./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./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. Doi:/xxxxxxxxxxxxx

Rodcharoen, E., N.L. Bruce and P. Pholpunthin. 2017. *Cirolana phuketensis*, a new species of marine isopod (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) from the Andaman sea coast of Thailand. **ZooKeys** 695(2): 1-17.

DOI: 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. Olfs. 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 2 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. **Pak. J. Bio. Sci.** 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. DOI: 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://thaijo.org/index.php/MJUJN/index> or <http://www.jare.mju.ac.th>

การส่งต้นฉบับ การตรวจสอบเบื้องต้น และการแก้ไข

1) ส่งไฟล์ต้นฉบับ ให้มีรายละเอียดครบตรงตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ และส่งพร้อมใบลงทะเบียนวารสาร โดยส่งผ่านระบบ ThaiJo ของวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร หรือลิ้งค์ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index> เท่านั้น

2) กองบรรณาธิการจะพิจารณาบทความในเบื้องต้น ในกรณีที่ต้องแก้ไขจะแจ้งให้เจ้าของบทความทำการแก้ไข ก่อนนำส่งต่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาในลำดับต่อไป 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. Piyanch Niamsup Asst. Prof. Teerapong Sawangpanyangkura	Chiang Mai University Chiang Mai University Chiang Mai University Chiang Mai University Kasetsart University Kasetsart University Khon Kaen University Srinakharinrajwiroj 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. Ampar Sansai	Ms. Rungsima Ampawan Ms. Ranrana Kayun
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 Fax: +66-53-87-3418
E-mail: Mju_journal@maejo.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. 41 No. 1 January – April 2024

ISSN 2985-0118 (Online)

Disorders of the Pistillate Flower on Blooming In-season and Pre-season Crops of “E-Daw” and “Puangthong” Longan (<i>Dimocarpus longan</i> Lour.) Winai Wiriyi-Alongkorn and Watcharin Jantawan.....	1-12
Effects of Microbial Consortium 1 (MC1) Fertilizer and Organic Stimulants on Growth, 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP) Accumulation and Antioxidant Activity of Fragrant Rice Somkid Deejing, Wasin Charentantanakul, Varaporn Sangthong, Supathida Aumthong and Rungthip Kawaree.....	13-28
Genotype by Environment Interaction and Stability for Kernel Sweetness and Yield of 5 Sweet Corn Cultivars Jiraporn Withano, Supaporn Ieamkheng, Rusama Marubodee and Pramote Pornsuriya.....	29-41
Genetic Diversity Assessment of Physical and Chemical Traits of 100 Heirloom “Khai Nao” Pumpkin Varieties Chanulak Khanobdee, Pattharaporn Srisamatthakarn, Chaiwat Pongsukhumakul and Pornpana Jinawong.....	42-51
Suitable Density of Morning Glory together with the Nile Tilapia Culture in an Aquaponics System Channan Khwunsakun.....	52-64
The Culture of Rice-field Crabs, <i>Esantheiphusa dugasti</i> by Using Eggshells Powder as Feed Supplement to Improve the Growth Performance and Survival Rate Viritta Atthasan, Adithepchaikarn Pachanawan, Jirawan Khamthorn and Anawat Phalee.....	65-73
Effects of <i>Barleria prionitis</i> Leaves Powder Supplementation in Diet on Production Performances, Carcass Quality and Blood Lipid in Broilers Janjira Tohwankaew and Piphat Chanartaeparporn.....	74-81
Development of Tetra Primer Amplification Refractory Mutation System Polymerase Chain Reaction (ARMS - PCR) for the Detection of Thyroglobulin (TG5) SNP in Cross Breed Wagyu Kittari Nakket, Natteewan Udomsil, Sujitra Khampang and Mariena Ketudat-Cairns.....	82-90
The Effect of Freezing Storage Duration on Physical and Chemical Properties of Pork Meat Subongkoj Topaiboul, Aekarin Inpramoon, Malaiporn Wongkaew Rattiyakorn Chattanon and Warawan Shimbhanao.....	91-103
Physicochemical and Pasting Characteristics of Local Wheat Flour Grown in the Northern Thailand Pornsuda Suriyawong, Orawan Panyapleamjit, Saibua Khempet, Supannika Klomjoho and Naksit Panyoyai.....	104-117
Extraction and Biological Evaluation of <i>Stemona collinsae</i> Craib Somma Patitungkho and Kingkaew Patitungkho.....	118-130
Effects of Solvent-free Microwave Extraction on the Active Substances from Hemp Leaves of Bioactive Compounds and Inhibitions of Enzymes Relevant to Non-communicable Diseases (NCDs) Saranya Suwanangul, Papungkorn Sangsawad, Nukrob Narkprasom and Kanjana Narkprasom.....	131-146
Effect of Pyrolysis Temperature and Residence Time on Properties of Biochar and Wood Vinegar from Oil Palm Frond Nigran Homdoug, Boonyaporn Sanprom, Prapatsorn Rattanapaiboon Kittikorn Sasujit and Nakorn Tippayawong.....	147-161
Tea Production Practice under Good Agricultural Practice of Farmers in The Royal Project Foundation in Chiang Mai and Chiang Rai Province Kittipong Boonti, Phutthisun Kruekum, Nakarate Rungkawat and Saisakul Fongmul.....	162-172
The Adaptation of Cassava Farmers to the Outbreak of Cassava Mosaic Disease in Huai Khaen Community, Moo 2, Non Somboon Subdistrict Soeng, Sang District, Nakhon Ratchasima Province Pimolwan Katepan, Rapee Dokmaithes, Thamrong Mekhora and Nitirat Raksat.....	173-184
Factors Affecting Climate Change Adaptation Ability of Tilapia Cage Culture Aquaculturist in Ubon Ratchathani Chalermchon Wongsopa, Kulapa Kuldilok, Aerwadee Premasathira and Borworn Tanrattanaphong.....	185-199
Evaluation of Quality of Life, Economy and Society of the Coastal Community in Songkhla Province from the Conservation of Crab Hatchery Project by PTT Exploration and Production Public Company Limited Boonrad Boonradsamee and Jareewan Chankong.....	200-215
Feasibility Analyses to Support the Decision Making on Crops Planting in Ratchaburi Province Kasama Sirisomboon and Chantana Sangvorniyotin.....	216-227
Supply Chain and Value Added on Custard Apple ‘Phetch Pakchong’ in Pak Chong District, Nakhon Ratchasima Province Jiananai Kittaisong, Chatchawan Wongwattanakit and Surawadee Arunwarakorn.....	228-239
Assessment of Social Return on Investment for the Project of “Kae Noi” Green Products from Ethnic Groups Kajornathapol Pongwirithon, Kamolthip Kamchai, Wipawee Srika Wilaiporn Chaiyo and Walailak Panturee.....	240-254

AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION