



วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

สำหรับวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีที่ 40 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2566

ISSN 2985-0118 (Online)

ผลของขนาดเมล็ดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้า <i>Coffea arabica</i> L. ธีรานนท์ ปาสุธรรม วิษณุภาส สังพาสี เนตรนภา อินสูล จุฑามาศ อางนาเสียว สุธีระ เหมอ็อก จักรพงษ์ กางโสภา และกฤษณะ ทองศรี.....	1-11
การเสริมธาตุเหล็กและสังกะสีของผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ หทัย คงสุข อังอร่า เพ็งหนู และจุฑามาศ แก้วมโน.....	12-23
บทบาทของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโตของพืชภายใต้สภาวะเครียดจากความแล้ง ชนิษฐา สมตระกูล และวราภรณ์ อูยอ้าย.....	24-36
การประเมินปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ หทัยรัตน์ อุ่นแก้ว นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ กอบกลาง อารีศรีสม วิภาดา ใหม่เพย และภาวิณี อารีศรีสม.....	37-46
การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของมะกอก (<i>Bridelia ovata</i> Decne.) ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและเครื่องหมายโมเลกุล ISSR นันท์ชัญญา พัชรพิริยา ปรัชติ ดิษฐกิจ บุญพริกา นันทา และพิเชฐ บุญญติ.....	47-57
ผลของสารเคลือบผิวจากเปลือกเสาวรสและสารสกัดจากเกล็ดปลาต่อการเก็บรักษาสตรอเบอรี่ ศิวดล แจ่มจำรัส ศิริพลอย ยอดอาจ ศิริพร โพธิ์ชนา และอนุชรี สิงห์พันธ์.....	58-70
สภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป. ลาว) Thanousinh Kandeewee พลัด ศักดิ์คะทิษฐ์ กังสดาล กนกพงษ์ และสายสกุล ฟองมูล.....	71-80
ความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน Chicken Growth Hormone (cGH) ในไก่แดงสุราษฎร์ ที่เขตอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี จิรวัฒน์ มาลา ศรีทิพย์ สุภาโส และพิชญานิภา พงษ์พานิช.....	81-90
ผลของอาหารมีชีวิตและอิทธิพลของแสงต่อการรอดตายของลูกกิ้งมั่งกรเลน (<i>Panulirus polyphagus</i> Herbst, 1793) ธนกร แหยมพันธ์ ศรีขวัญ ประกอบไวยกิจ อนุรักษ์ สุขดารา และวาสนา อากะรัตน์.....	91-102
ผลของแคลเซียมต่อการจับตัวตกตะกอนน้ำย่อยหีบสักด ดวงฤดี วัชภูมิใหญ่ อนุทิน ปัทมะสุวรรณ จักรพล สุนทรวรรณาส กล้านรงค์ ศรีรอด และประมุข ภระมุกสุสธิตย์.....	103-116
การยกระดับการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมจากยางก้อนถ้วย GAP ปรีดีเปรม พัดกุล และบุญชา สมบุญสุข.....	117-129
การคาดการณ์ปริมาณไม้สักโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 บริเวณสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี วีระภาส คุณรัตน์ศิริ และชุตินา เถิงล้อม.....	130-145
กระบวนการและเงื่อนไขความสำเร็จในการพัฒนาเป็นสมาร์ฟาร์มเมอร์ของเกษตรกรในจังหวัดนครปฐม พรรณวิภา โชคพิกุลทอง และนพพร จันทรนาชู.....	146-157
การรับรู้และการตัดสินใจในการเลือกปัจจัยของการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตร ของเกษตรกรตำบลโลก อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ เพชรรัตน์ พรหมทา นิตพัฒน์ พัฒนัตถชัย ต่อตระกูล เหมียดนอก นันทา สมเป็น และสุวรรณิ์ สุมศิริ.....	158-171
ความคิดเห็นต่อการพึ่งพาหนี้ในชุมชนของเกษตรกรในระบบชลประทานขนาดเล็กในจังหวัดเชียงใหม่ จุฑาทิพย์ เอลิมผล ภักธสุดา จบแล้ว และรุจ ศิริสุลักษณ์.....	172-183
ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติในการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือนของเกษตรกรในเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว Khanthavanh Phlasaboud พุฒิสรรค์ เครือคำ สายสกุล ฟองมูล และปิยะ พละปัญญา.....	184-194
การประยุกต์ใช้ข้อมูลต้นทุนฐานกิจกรรมในการบวนการผลิตเคฟไคเดอร์รี่ เพื่อระบุจุดคุ้มทุนและแนวทางการพัฒนากลุ่มสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก่งน้อยให้ยั่งยืน วิไลพร ไชโย วิภาวี ศรีระ กมลทิพย์ คำใจ จอจรรณพ พงศ์วิริทธิ์ธร และสกลวัฒน์ เศวตรัตน์กุล.....	195-209
การพัฒนากลยุทธ์การสื่อสารการตลาดและตราสินค้าเพื่อขับเคลื่อนความต้องการ ผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของกลุ่มผู้บริโภค บุหงา ชัยสุวรรณ.....	210-223
อัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังโหลเพื่อการพัฒนาการท่องเที่ยวในอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช รัตนา อุ่นจันทร์ จาริพร เพชรชิต สาธิต บัวขาว และนภัสวรรณ เลี่ยมนิมิตร.....	224-235
ผลกระทบของสังคมสูงวัยต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทย ณฐกานต์ บุญอาษา และวิชญ์ อรรถวานิช.....	236-253

AgriBRESTSEASTARON

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 พุทธานนท์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์	ดร.ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ดร. ปิยะนุช เนียมทรัพย์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพงษ์ สว่างปัญญากร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ฝ่ายจัดทำวารสารฯ	นางทิพย์สุดา ปุกมณี	นางสาวรังสิมา อัมพวัน
	นางสาวอัมภา สันทราย	นางสาวรัฐธนา ขยัน
ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่	นายปริญญา เพียรอุตสาห์	
จัดทำโดย	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/MJUJN/index	

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร เป็นวารสารทางวิชาการของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่งานวิจัยและบทความทางวิชาการด้านการเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ โดยมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปวารสารทางอิเล็กทรอนิกส์ (E-ISSN 2630-0206) สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตร

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ปีที่ 40 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2566) ฉบับนี้เป็นฉบับที่ 2 ของปี พ.ศ. 2566 ซึ่งถือได้ว่าเป็นช่วงฤดูกาลเพาะปลูกพืชหลายชนิด ในหลายพื้นที่ยังคงประสบปัญหาฝนทิ้งช่วง ส่งผลต่อการรอดตายและการเจริญเติบโต แต่ก็ยังเป็นช่วงที่ผลไม้อันสำคัญ ๆ ทางเศรษฐกิจเริ่มทยอยให้ผลผลิตสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรได้ชื่นใจพอควร อาทิเช่น อะโวคาโด ทูเรียน มังคุด เงาะ ลำไย กระท้อน มะละกอ ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ภัยพิบัติทางวิทยาศาสตร์และนักวิชาการได้คาดการณ์ถึงปรากฏการณ์เอลนีโญที่จะมาถึงในเร็ว ๆ นี้ ที่จะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรของไทยลดต่ำลง ตามข้อมูลสถิติหากเกิดเอลนีโญเกิดขึ้นต่อเนื่อง ดังนั้น เกษตรกรทั้งในเขตและนอกเขตชลประทาน จะต้องมีการวางแผนเตรียมตัวรับมือกับภัยแล้งที่อาจรุนแรงและยาวนาน ในส่วนของนักวิชาการและนักวิจัย ยังคงต้องมุ่งมั่นศึกษาวิจัยการผลิตและส่งเสริมวิชาการเกษตร ภายใต้การเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องทั้งในส่วนของภัยแล้ง ปรากฏการณ์เอลนีโญ และบริบทของสังคมสูงวัยด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม ส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง เพื่อตอบโจทย์ตามความต้องการของประเทศ

วารสารวิจัย ฯ ฉบับนี้ ท่านจะได้พบกับบทความวิจัยที่น่าสนใจจากหลากหลายประเด็นและหลากหลายพื้นที่ทั่วประเทศ มีบทความวิจัยทั้งในส่วนของการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพระดับพันธุกรรม การผลิตพืช บทบาทของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชภายใต้สภาวะเครียดจากความแล้ง การจัดการธาตุอาหารพืชในระบบไฮโดรโพนิคส์ การใช้ประโยชน์จากสารประกอบในพืช บทความวิจัยทางด้านปศุสัตว์และสัตว์น้ำ การส่งเสริมการเกษตร ผลกระทบของสังคมสูงวัยต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร และผลงานศึกษาวิจัยจากสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เป็นต้น

ท้ายนี้ วารสารวิจัย ฯ หวังว่าท่านผู้อ่านจะได้รับความรู้ ได้แนวคิดในการต่อยอดศึกษาวิจัย เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านการเกษตรให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นต่อไป แล้วพบกันใหม่ในฉบับสุดท้ายของปี ครับ

ด้วยรักและเคารพ



รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง

บรรณาธิการวารสารวิจัย ฯ

ผลของขนาดเมล็ดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้า *Coffea arabica* L.
Effect of Seed Size on Germination and Seedling Growth
of Arabica Coffee *Coffea arabica* L.

ธีรานนท์ ปาสุธรรม¹ วิชญ์ภาส สังพาลี^{1*} เนตรนภา อินสลุต¹ จุฑามาศ อัจฉนาเสียว¹ สุธีระ เหมฮัก¹
จักรพงษ์ กางโสภา¹ และกฤษณะ ทองศรี²

Teeranon Pasutham¹, Witchaphart Sungpalee^{1*}, Nednapa Insalud¹, Chuthamat Atnaseo¹
Sutheera Hermhuk¹, Jakkrapong Kangsopa¹ and Krissana Thongsri²

¹คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²อุทยานหลวงราชพฤกษ์ กลุ่มงานวิชาการและการเรียนรู้ เชียงใหม่ 50100

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

²Royal Park Rajapruek, Academic and Learning Division, Chiang Mai, Thailand 50100

*Corresponding author: sci.ocu@gmail.com

Abstract

Received: February 25, 2022

Revised: December 02, 2022

Accepted: January 20, 2023

Selection of arabica coffee seeds before seeding is a method that could be recommended to farmers for use in arabica coffee seedling productions. It has been observed that different seed sizes affect germination and seedling growth but this has not been reported in arabica coffee. Therefore, the effect of seed size and growth of arabica coffee seedling was studied. Six hundred coffee cherries were collected from coffee trees within each of the four plots under the canopy of natural forest using purposive sampling method and sizes of coffee cherries were measured. Then, seeds were divided into 3 size categories according to weight, which were large (>2.21 g), medium ($1.43 - <2.21$ g), and small (<1.43 g). In addition, coffee seeds were also categorized according to the ministry of agriculture and cooperatives grades using seed width as a criterion and resulted in 7 grades. Graded coffee seeds were then germinated under greenhouse condition and seedling growth was monitored over time. The results showed that differences among seed sizes either according to weight or width did not affect seed germination, germination index, mean germination time and seedling growth. Therefore, this implied that smaller seeds, which do not meet standard and were sold as cheap beans, can be used in coffee seedling production. This can greatly reduce production costs for the seed business, as well as allow for an efficient use of arabica coffee seeds.

Keywords: seed size, germination, growth, coffee seedling

บทคัดย่อ

การคัดเลือกขนาดเมล็ดพันธุ์กาแฟอาราบิก้า ก่อนนำไปเพาะเมล็ด เป็นวิธีที่อาจนำไปใช้เป็นแนวทาง ในการผลิตกล้ากาแฟอาราบิก้าให้กับเกษตรกร โดยมีการ ตั้งข้อสังเกตว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดแตกต่างกันส่งผลต่อ การงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้า แต่ยังไม่พบ รายงานในพืชกาแฟอาราบิก้า ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษา ผลของขนาดเมล็ดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของ ต้นกล้ากาแฟอาราบิก้า โดยสุ่มเก็บผลกาแฟเชอร์รี่ที่ปลูก ภายใต้อาณาเขตป่าธรรมชาติแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 4 แปลง แปลงละ 600 เมล็ด มาชั่ง น้ำหนักและวัดขนาดของผลกาแฟเชอร์รี่ แล้วทำการแบ่ง ขนาดเมล็ดโดยใช้น้ำหนักเมล็ดเป็นเกณฑ์ แบ่งได้เป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดใหญ่ หรือน้ำหนักเมล็ด >2.21 กรัม ขนาดกลาง น้ำหนักเมล็ด $1.43 - <2.21$ กรัม และขนาดเล็ก น้ำหนักเมล็ด <1.43 กรัม นอกจากนี้เมล็ดกาแฟ ทั้งหมดยังถูกแบ่งเกรดตามกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยใช้ความกว้างของเมล็ดเป็นเกณฑ์ แบ่งได้เป็น 7 เกรด จากนั้นนำเมล็ดไปเพาะทดสอบการงอกในโรงเรือน และ ติดตามการเจริญเติบโต ผลการวิจัยพบว่า ความแตกต่าง ระหว่างขนาดเมล็ดพันธุ์ทั้งน้ำหนักหรือความกว้าง ไม่ ส่งผลต่อการงอก ดัชนีการงอก วันงอกเฉลี่ยของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้า ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ทำ ให้ได้เห็นว่าเมล็ดกาแฟอาราบิก้าขนาดเล็กที่ถูกขายเป็น เมล็ดตกเกรดราคาถูก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการ เป็นเมล็ดพันธุ์ได้ ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียรวมถึงลด ต้นทุนในทางธุรกิจเมล็ดพันธุ์ได้อย่างมาก และเป็นการใช้ ประโยชน์จากเมล็ดกาแฟให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

คำสำคัญ: ขนาดเมล็ด การงอก การเจริญเติบโต ต้นกล้ากาแฟ

คำนำ

วิธีการขยายพันธุ์กาแฟอาราบิก้าโดยใช้เมล็ด เป็นวิธีที่ง่าย สามารถผลิตต้นกล้าได้จำนวนมาก ต้นกล้า ที่ได้มีความสมบูรณ์แข็งแรงและสามารถปรับตัวกับ สภาพแวดล้อมได้ดี อีกทั้งยังใช้ต้นทุนต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับ การขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เช่น การตอนกิ่ง การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ที่ต้องอาศัยประสบการณ์ ความรู้ ความชำนาญในการขยายพันธุ์ (Department of Agriculture, 2019; Wattanaphut, 1999) การขยายพันธุ์โดยใช้ เมล็ดพันธุ์นั้น การงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เป็นองค์ประกอบของคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่สำคัญที่สุด หากเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพโดยเริ่มตั้งแต่มีอัตราการงอกและความแข็งแรงสูง ประกอบกับกรรมวิธีการ ผลิตกล้าที่ได้มาตรฐาน อาจเป็นการเพิ่มโอกาสในการ ผลิตกล้าให้ประสบความสำเร็จเพิ่มมากขึ้น และทำให้ลด ระยะเวลาในการผลิตกล้าให้สั้นลงรวมถึงช่วยลดต้นทุนใน การผลิตได้ สำหรับการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ถูกควบคุมด้วยหลายปัจจัย ซึ่งขนาดของเมล็ดพันธุ์ เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่เป็นตัวบ่งชี้ทางกายภาพที่มีผลต่อ คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ทั้งในด้านการช่วยส่งเสริมการงอก และเพิ่มความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ รวมถึงการ เจริญเติบโตของต้นกล้า (Chacon *et al.*, 1998; Samreen and Shaukat, 2000; Wetchakama and Khaengkhan, 2018) อย่างไรก็ตามในเมล็ดพันธุ์พืชบางชนิดขนาดเมล็ด ไม่ได้ส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์แต่อย่างใด (Paz *et al.*, 1999) ขณะเดียวกันขนาดของเมล็ดกาแฟอาราบิก้า นั้น มีลักษณะที่ผันแปรตามสภาพพื้นที่ปลูกที่มีความ แตกต่างกันในหลายปัจจัย ทั้งภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน หรือรูปแบบการปลูก (Muschler, 2001; Romero-Alvarado *et al.*, 2002; Moraris *et al.*, 2006)

ดังนั้นการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์กาแฟอาราบิก้า โดยใช้ขนาดของเมล็ดเป็นเกณฑ์การพิจารณาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทำได้ง่าย ไม่ต้องอาศัยเครื่องมือที่ซับซ้อน และอาจช่วยให้การขยายพันธุ์กาแฟอาราบิก้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังไม่พบรายงานการศึกษาในเมล็ดพันธุ์กาแฟอาราบิก้า ดังนั้นการศึกษานี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดเมล็ดต่อการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้า และเป็นแนวทางในการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์กาแฟอาราบิก้าให้กับผู้ที่สนใจ

อุปกรณ์และวิธีการ

แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์กาแฟอาราบิก้าที่นำมาศึกษา

เก็บรวบรวมเมล็ดพันธุ์จากพื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิก้าใต้เรือนยอดป่าธรรมชาติ ในพื้นที่โครงการฟาร์มตัวอย่างในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ บ้านขุนแตะ ตำบลดอยแก้ว อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,200 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 22°C. ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 95.80% ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1,000-1,500 มม. (Office of the Conservation Area Management 16, 2014)

สถานที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษายาใต้สภาพโรงเรือน สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ตำแหน่งพิกัด 18°53'38.9"N 99°01'00.2"E ความสูงจากระดับน้ำทะเล 320 เมตร

วิธีการ

1) สุ่มเก็บผลกาแฟเชอร์รี่ ด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกสุ่มเก็บเฉพาะผลกาแฟเชอร์รี่ที่กระจายอยู่ในแปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าใต้เรือนยอดป่าธรรมชาติ จำนวน 4 แปลง แปลงละ 600 เมล็ด หรือรวมทั้งหมด 2,400 ผล มาชั่งน้ำหนัก (กรัม) และวัดขนาดความกว้าง ความยาว ความหนา (มม.) แล้วจัดเรียงผลกาแฟเชอร์รี่ลงในถาดหลุม โดยเขียนชื่อรหัสกำกับไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดผสมรวมกัน

2) นำข้อมูลน้ำหนักของผลกาแฟเชอร์รี่ทั้งหมด 2,400 ผล มาแบ่งขนาดตามน้ำหนักของผลเชอร์รี่ (ประเภทที่ 1) โดยใช้สูตรการหาอันตรายภาคชั้น แบ่งเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดใหญ่ (น้ำหนักผลเชอร์รี่ มากกว่า 2.21 กรัม) ขนาดกลาง (น้ำหนักผลเชอร์รี่ 1.43-2.20 กรัม) และขนาดเล็ก (น้ำหนักผลเชอร์รี่ น้อยกว่า 1.43 กรัม)

3) นำข้อมูลความกว้างของผลกาแฟเชอร์รี่จากข้อมูลชุดเดิม มาแปลงค่าเป็นความกว้างของเมล็ดกาแฟกลา โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อของผลกาแฟเชอร์รี่จากการแปรรูป จากการศึกษาของ Sualeh and Dawid (2014) มาประยุกต์ใช้เป็นสูตรการแปลงค่า ดังสูตร

$$= \frac{\text{ความกว้างของเมล็ดกาแฟกลา}}{\text{ความกว้างของผลกาแฟเชอร์รี่}} = \left[\frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่ออกในแต่ละวัน} \times 100}{47.35} \right]$$

จากนั้นนำค่าความกว้างของเมล็ดกาแฟกลา ดังกล่าว มาแบ่งขนาดตามกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ประเภทที่ 2) โดยใช้เกณฑ์ตามประกาศของปี พ.ศ. 2561 ที่กำหนดให้ขนาดของเมล็ดกาแฟกลา เมล็ดเกรด 1 ขนาด ≥ 7.14 มม. เมล็ดเกรด 2 ขนาด 7.13-6.75 มม. เมล็ดเกรด 3 ขนาด 6.74-6.35 มม. เมล็ดเกรด 4 ขนาด 6.34-5.95 มม. เมล็ดเกรด 5 ขนาด 5.94-5.56 มม. เมล็ดเกรด 6 ขนาด 5.55-4.76 มม. และเมล็ดเกรด 7 ขนาด < 4.76 มม. ตามลำดับ

Table 1 Number samples of arabica coffee seed after divided into 2 types

Seed sizes		Plot			
		1	2	3	4
Type 1	Large	100	21	25	40
	Medium	767	266	374	807
	Small	96	153	60	100
Type 2	1	84	24	16	29
	2	174	48	45	77
	3	321	92	147	291
	4	187	90	119	265
	5	52	95	53	137
	6	5	26	11	10
	7	0	0	0	0

Seed size type 1 large seed means weight of cherry coffee is >2.21 g; medium seed is 1.43–2.20 g and small seed is <1.43 g; seed size type 2 grade 1 width of parchment coffee is ≥ 7.14 mm; grade 2 is 7.14–6.75 mm; grade 3 is 6.74–6.35 mm; grade 4 is 6.34–5.95 mm; grade 5 is 5.94–5.56 mm; grade 6 is 5.55–4.76 mm and grade 7 is <4.76 mm.

จากการแบ่งขนาดเมล็ดกาแฟอาราบิก้าเป็น 2 ประเภท พบว่าเมล็ดแต่ละขนาดมีส่วนของจำนวนเมล็ดที่ไม่เท่ากัน (Table 1) ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงนำเมล็ดทั้งหมดมาทำการศึกษา โดยนำผลกาแฟเชอร์รี่ทั้งหมดมาแปรรูปเป็นเมล็ดกาแฟสำหรับเตรียมเพาะเมล็ดพันธุ์ โดยการแกะเปลือกเชอร์รี่ออก ใช้ใยขัดสังเคราะห์ขัดเมือกที่หุ้มเมล็ดกาแฟออก จากนั้นล้างทำความสะอาดเมล็ดด้วยน้ำสะอาด แล้วนำเมล็ดมาผึ่งในที่ร่มที่อุณหภูมิห้องเพื่อลดความชื้นในเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน

4) เตรียมแปลงเพาะเมล็ดกาแฟขนาด 1×3 เมตร รองพื้นด้วยผ้าทอป้องกันวัชพืช (pp ground) ใช้ทรายละเอียดผสมแกลบดำเป็นวัสดุเพาะ อัตราส่วน 1:1 จากนั้นจะห่มสำหรับหยอดเมล็ดโดยมีระยะห่างของหลุม 5×5 ซม. แต่ละหลุมลึก 1 ซม.

5) นำเมล็ดกาแฟที่เตรียมไว้วางลงในหลุม ในลักษณะคว่ำส่วนที่เรียบของเมล็ดลง แล้วกลบหลุมด้วยวัสดุเพาะเดิมหนา 1 ซม. รดน้ำทุกเช้า-เย็น

6) เมื่อเมล็ดงอกจนอยู่ในระยะปักฝัเสื้อ ทำการถอนย้ายกล้าลงปลูกในถุงเพาะขนาด 3×9 นิ้ว โดยระวังไม่ให้รากได้รับการกระทบกระเทือนและคงอระหว่างย้ายปลูก ใช้วัสดุปลูก คือ ดินดำ ขุยมะพร้าว แกลบดำ อัตราส่วน 2:1:1 รดน้ำทุกเช้า-เย็น

การบันทึกข้อมูล

เก็บบันทึกข้อมูลการงอกทุกวัน เป็นระยะเวลา 120 วัน หลังเพาะเมล็ด หรือจนกว่าเมล็ดที่เพาะจะมีการงอกที่สิ้นสุดแล้ว เพื่อกำหนดหาค่าความงอก (%) ดัชนีการงอก และวันงอกเฉลี่ย (วัน) โดยใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

1) ความงอก (%) อ้างอิงจาก ISTA (1979)

$$\text{ความงอก (\%)} = \left[\frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะทั้งหมด}} \right] \times 100$$

2) ดัชนีการงอก อ้างอิงจากวิธีการของ Powell *et al.* (2000)

$$\text{ดัชนีการงอก} = \sum \left[\frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนวันที่นับครั้งแรก}} + \dots + \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนวันที่นับครั้งสุดท้าย}} \right] \times 100$$

3) วันงอกเฉลี่ย (วัน) อ้างอิงจากวิธีการของ Powell *et al.* (2000)

$$\text{วันงอกเฉลี่ย (วัน)} = \sum \left[\frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก} \times \text{จำนวนวันที่เพาะ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}} \right] \times 100$$

จากนั้นสุ่มถอนตัวอย่างกล้ากาแฟที่เพาะด้วยเมล็ดพันธุ์ขนาดหรือเกรดต่าง ๆ ขนาดละ 20 ต้น ที่อายุ 225 วัน หลังเพาะเมล็ด หรือเหมาะสมต่อการย้ายปลูกลงแปลงตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร มาประเมินความสูงต้น (ซม.) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอราก (มม.) จำนวนใบ ความยาวราก (ซม.) และทำการอบตัวอย่างโดยแยกส่วนลำต้น ราก และใบ ที่อุณหภูมิ 72°C. 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ เพื่อประเมินการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนต่าง ๆ (กรัม) จำนวนตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบการงอกของผลกาแฟเชอร์รือาราบิก้า ด้านความงอก (%) ดัชนีการงอก วันงอกเฉลี่ย (วัน) รวมถึงการเจริญเติบโตของต้นกล้าด้านลักษณะความสูงต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอราก จำนวนใบ ความยาวราก น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักแห้งราก และน้ำหนักแห้งใบ โดยวิธี One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P < 0.05$) ด้วยวิธี

Fisher's Least-Significant Different (LSD) ด้วยโปรแกรม R

ผลการวิจัย

ความงอก ดัชนีการงอก และวันงอกเฉลี่ยของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่เพาะด้วยเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดแตกต่างกัน

ผลการทดสอบการงอกของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่เพาะด้วยเมล็ดพันธุ์ที่มีน้ำหนักผลเชอร์รี่แตกต่างกัน (ประเภทที่ 1) พบว่าผลเชอร์รี่ที่มีขนาดใหญ่ หรือมีน้ำหนักผลมากกว่า 2.21 กรัม มีความงอก (%) ดัชนีการงอก และวันงอกเฉลี่ย (วัน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P -value = 0.931, 0.926 และ 0.173 ตามลำดับ) กับผลเชอร์รี่ขนาดปานกลาง และขนาดเล็ก หรือน้ำหนักผลตั้งแต่ 1.43-2.20 กรัม และน้ำหนักผลน้อยกว่า 1.43 กรัม ตามลำดับ ที่อายุ 120 วันหลังเพาะเมล็ด หรือช่วงที่สิ้นสุดการประเมินการงอกของเมล็ดพันธุ์ (Table 2) เมื่อทดสอบการงอกของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่เพาะด้วยเมล็ดพันธุ์ที่แบ่งขนาดเมล็ดตามเกรดของ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยใช้ความกว้างของเมล็ด กะลาเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง (ประเภทที่ 2) พบว่าเมล็ด กาแฟแต่ละเกรดมีความงอก (%) ดัชนีการงอก และวัน งอกเฉลี่ย (วัน) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value = 0.793, 0.905 และ 0.531 ตามลำดับ) (Table 3)

Table 2 Germination (%), germination index and mean germination time (day) of arabica coffee seed from different seed weights (Type 1) at 120 days after seeding

Seed size	Germination (%)	Germination index	Mean germination time (day)
Large	75.26±12.95	1.49±0.18	51±6.00
Medium	68.01±6.36	1.55±0.19	48±2.00
Small	72.49±14.73	1.64±0.38	46±4.00
F-test	ns	ns	ns
P-value	0.931	0.926	0.173

mean ± standard deviation, ns = not statistically significant (p-value>0.05)

Table 3 Germination (%), germination index and mean germination time (day) of arabica coffee seed at seeding categorized according to the ministry of agriculture and cooperatives grades using seed width as a criterion (Type 2) at 120 days after seeding

Grade	Germination (%)	Germination index	Mean germination time (day)
1	77.23±18.86	1.67±0.41	49±4
2	68.28±12.74	1.52±0.38	48±6
3	65.16±5.38	1.39±0.18	50±4
4	71.67±8.5	1.62±0.19	46±2
5	68.77±11.63	1.51±0.27	48±1
6	73.02±19.97	1.54±0.56	50±8
F-test	ns	ns	ns
P-value	0.793	0.905	0.531

mean ± standard deviation, ns = not statistically significant (p-value>0.05)

การเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้าที่เกิดจากเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดแตกต่างกัน

จากการประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้า ที่เกิดจากเมล็ดพันธุ์ที่มีน้ำหนักผลเชอร์รี่แตกต่างกัน (ประเภทที่ 1) ที่อายุกล้า 255 วันหลังเพาะเมล็ด ซึ่งเป็นระยะต้นกล้าที่เหมาะสมสำหรับย้ายปลูกหรือจำหน่าย ตามคำแนะนำของกรมส่งเสริมการเกษตรพบว่าต้นกล้าที่เกิดจากเมล็ดขนาดกลางและขนาดใหญ่ หรือน้ำหนักผลตั้งแต่ 1.43-2.20 กรัม และน้ำหนักผลมากกว่า 2.21 กรัม มีการสะสมน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าต้นกล้าที่เกิดเมล็ดขนาดเล็ก หรือน้ำหนักผลน้อยกว่า 1.43 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่า ต้นกล้าที่เกิดจากเมล็ดขนาดกลางยังมีการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนของใบมากที่สุด

ขณะที่ลักษณะความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางคอราก จำนวนใบ ความยาวราก และน้ำหนักแห้งรากของต้นกล้าที่เกิดจากเมล็ดพันธุ์ที่มีน้ำหนักผลเชอร์รี่แตกต่างกันทั้ง 3 ขนาดนั้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value = 0.72, 0.61, 0.451, 0.454, และ 0.51 ตามลำดับ) (Table 4) และจากการประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้า ที่เกิดจากเมล็ดพันธุ์ที่แบ่งขนาดเมล็ดตามเกรดของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยใช้ความกว้างของเมล็ดกะลาเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง (ประเภทที่ 2) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกลักษณะ (P-value = 0.243, 0.369, 0.797, 0.769, 0.54, 0.334 และ 0.36 ตามลำดับ) (Table 5)

Table 4 Shoot length, root collar diameter, number of leaf, root length, shoot dry weight, root dry weight, and leaf dry weight of arabica coffee seedling with different seed weights (Type 1) at 255 days after seeding

Characteristics	Seed size			F-test	P-value
	Large	Medium	Small		
Shoot length (cm)	50.44±5.31	50.7±1.92	48.21±4.15	ns	0.72
Root collar diameter (mm)	5.55±0.31	5.42±0.48	5.21±0.71	ns	0.61
Number of Leaf (no.)	20	19	20	ns	0.45
Root length (cm)	29.08±3.17	29.68±2.25	28.00±2.33	ns	0.45
Shoot dry weight (g)	5.90±1.04a	5.98±0.61a	4.69±0.60b	**	0.009
Root dry weight (g)	6.76±1.81	7.17±1.34	5.67±1.12	ns	0.51
Leaf dry weight (g)	9.99±2.60b	13.17±1.80a	11.74±1.73ab	*	0.049

mean±standard deviation, ** = statistically significant (p-value>0.01)

Table 5 Shoot length, root collar diameter, number of leaf, root length, shoot dry weight, root dry weight and leaf dry weight of arabica coffee seedling at seeding categorized according to the ministry of agriculture and cooperatives grades using seed width as a criterion (Type 2) at 255 days after seeding

Characteristics	Grade						F-test	P-value
	1	2	3	4	5	6		
Shoot length (cm)	49.64±4.69	51.44±4.53	52.73±4.48	50.03±3.47	49.64±5.13	51.44±3.61	ns	0.24
Root collar diameter (mm)	4.98±0.6	5.75±0.56	5.5±0.54	5.37±0.64	4.98±0.77	5.75±0.75	ns	0.37
Number of Leaf (no.)	19	20	20	19	19	20	ns	0.80
Root length (cm)	29.39±3.77	30.57±5.06	28.31±2.74	29.29±3.61	29.39±2.98	30.57±3.87	ns	0.77
Shoot dry weight (g)	5.18±1.72	6.24±1.39	6.29±1.51	5.63±0.63	5.18±1.73	6.24±0.88	ns	0.54
Root dry weight (g)	5.29±2.65	7.92±2.12	7.34±3.23	6.92±1.20	5.29±1.89	7.92±1.28	ns	0.33
Leaf dry weight (g)	10.16±3.42	13.04±3.28	13.51±3.32	13.33±2.00	10.16±2.30	13.04±2.70	ns	0.36

mean±standard deviation, ns = not statistically significant (p-value>0.05)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาการงอกของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่เพาะด้วยเมล็ดพันธุ์ที่มีน้ำหนักของผลเชอร์รี่ และความกว้างของเมล็ดกลีบที่แตกต่างกัน พบว่าการงอกของเมล็ดกาแฟอาราบิก้า นั้นแม้ว่าจะมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ก็มีแนวโน้มที่จะผันแปรไปตามน้ำหนักของผลเชอร์รี่ โดยเฉพาะความเร็วในการงอกของเมล็ด ซึ่งผลเชอร์รี่ที่มีน้ำหนักเบา มีแนวโน้มการงอกเร็วกว่าผลเชอร์รี่ที่มีน้ำหนักมาก โดย Souza and Fagundes (2014) ได้อธิบายว่า ขนาดเมล็ดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนาของเปลือกเมล็ด และอัตราส่วนพื้นที่ผิวสัมผัสกับปริมาตรความชื้น ส่งผลให้เมล็ดขนาดเล็กดูดซึมน้ำได้ดีกว่า เนื่องจากมีชั้นเคลือบของเมล็ดที่บาง และยังมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับความชื้นที่มาก ทำให้น้ำและก๊าซออกซิเจนสามารถซึมผ่านเข้าไปข้างในเมล็ดจนถึงระดับที่เมล็ดเริ่มต้นกระบวนการงอกได้เร็ว เช่นเดียวกับการงอกของเมล็ดกาแฟที่มีขนาดใหญ่มีความงอกไม่แตกต่างจากเมล็ดกาแฟที่มีขนาดเล็ก แต่แตกต่างจากการศึกษาในเมล็ดพืชชนิดอื่นที่พบว่า เมล็ดขนาดใหญ่มีความงอกเร็วกว่าเนื่องจากมีอาหารสะสมที่จำเป็นสำหรับการงอกของเมล็ดมากกว่า (Sakhamula and Siri, 2011; Diaz *et al.*, 2015; Mtambalika *et al.*, 2014; Samreen and Shaukat 2000; Chacon *et al.*, 1998) ดังมีการศึกษาของ Paz *et al.* (1999) ศึกษาการงอกของเมล็ดกลุ่มวงศ์ RUBIACEAE จำนวนทั้งหมด 7 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นเมล็ดในวงศ์เดียวกับกาแฟอาราบิก้า ได้รายงานไว้ว่า มวลหรือขนาดเมล็ดเป็นปัจจัยภายในที่มีผลต่อการงอก เฉพาะในเมล็ดพันธุ์บางชนิดเท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่แล้วการงอกของเมล็ดจะถูกควบคุมโดยปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และปัจจัยอื่น ๆ เป็นส่วนใหญ่

นอกจากนี้ Estanislau (2002) ได้รายงานไว้ว่า ต้นอ่อนหรือเอ็มบริโอที่อยู่ภายในเมล็ดกาแฟอาราบิก้า

สามารถงอกได้ แม้อยู่ในสภาวะที่ยังพัฒนาไม่สมบูรณ์เต็มที่ หรือตั้งแต่ 120 ถึง 150 วัน หลังจากเริ่มติดดอกและพัฒนาเป็นเมล็ด ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าเมล็ดกาแฟขนาดเล็กมีอาหารสะสมเพียงพอสำหรับใช้ในกระบวนการงอก (Eira *et al.*, 2006; Sakhamula and Siri, 2011) จากรายงานข้างต้นสามารถระบุได้ว่าเมล็ดกาแฟอาราบิก้าขนาดเล็กที่ถูกจำหน่ายเป็นเมล็ดตกเกรดราคาถูกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตต้นกล้าได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิต และลดการสูญเสียในทางธุรกิจเมล็ดพันธุ์ได้

ด้านการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้าพบว่า ต้นกล้ากาแฟที่เกิดจากเมล็ดกาแฟเชอร์รี่ทั้ง 3 ขนาด มีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนของลำต้นและใบที่แตกต่างกัน และไม่มีแนวโน้มผันแปรตามน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ เมื่อพิจารณาจากอายุของต้นกล้าแล้วเห็นได้ว่าเป็นต้นกล้าที่มีอายุนาน อาจเป็นไปได้ว่าต้นกล้าได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่น เช่น ปัจจัยทางกายภาพที่นอกเหนือจากขนาดของเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากการงอกของเมล็ดพืชโดยทั่วไปจะใช้อาหารสะสมที่อยู่ภายในเมล็ดสำหรับการงอกและการพัฒนาต้นอ่อนในช่วงแรกเท่านั้น เมื่อต้นอ่อนเริ่มปรากฏใบจริงและสามารถสังเคราะห์แสงได้เอง ต้นกล้าจะไม่ใช้อาหารสะสมที่อยู่ภายในเมล็ด (Kaveeta, 2016) อย่างไรก็ตามจากการพิจารณาลักษณะการเจริญเติบโตโดยทั่วไปของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้า ที่เกิดจากขนาดของเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกันพบว่า ต้นกล้าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่กรมวิชาการเกษตร และกรมส่งเสริมการเกษตรได้ระบุในคู่มือการขยายพันธุ์ว่า ลักษณะของต้นกล้าที่เหมาะสมในการย้ายปลูกลงแปลงคือ มีใบจริง 6-8 คู่ใบ ลำต้นตั้งตรงมีความสูงอย่างน้อย 20 ซม. และไม่มีร่องรอยของโรคและแมลงเข้าทำลาย (Department of Agriculture Extension, 2014; Department of Agriculture, 2019)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้พบว่า การเพาะเมล็ดกาแฟอาราบิก้า โดยใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดแตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความเร็วในการงอก และวันงอกเฉลี่ยของเมล็ด นอกจากนี้ยังรวมถึงการเจริญเติบโตของต้นกล้าอีกด้วย อย่างไรก็ตามหากพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์จากเมล็ดกาแฟอาราบิก้าในด้านเมล็ดพันธุ์ เมล็ดขนาดเล็กอาจเป็นอีกหนึ่งตัวเลือกที่เหมาะสมในการใช้ขยายพันธุ์ เพื่อเป็นการลดต้นทุนในทางธุรกิจเมล็ดพันธุ์ และเป็นการใช้ประโยชน์จากเมล็ดกาแฟให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโครงการฟาร์มตัวอย่างในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง และโครงการฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริ บ้านขุนแตะ ตำบลดอยแก้ว อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และเจ้าหน้าที่โครงการฯ ที่ให้การสนับสนุนและอนุเคราะห์สถานที่ ตลอดจนเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ ภายใต้โครงการฯ ที่ได้ให้ความร่วมมือและอนุเคราะห์พื้นที่ในการเก็บข้อมูลการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Chacón, P., R. Bustamante and C. Henriquez. 1998. The effect of seed size on germination and seedling growth of *Cryptocarya alba* (Lauraceae) in Chile. **Revista Chilena de Historia Natural** 71(2): 189-197.
- Department of Agriculture. 2019. **Manual for Arabica Coffee Production Management**. 2nd ed. Bangkok: Karanti. [in Thai]
- Department of Agriculture Extension. 2014. **Programming Optimization of Arabica Coffee**. 1st ed. Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Limited. 152 p. [in Thai]
- Díaz, S.V., A.F. Morales, A.F. Palacios and I.P. Arango. 2015. How does the presence of endosperm affect seed size and germination. **Botanical Sciences** 93(4): 783-789.
- Eira, M., E. Amaral da Silva, R. De Castro, S. Dussert, C. Walters, J. Bewley and H. Hilhorst. 2006. Coffee seed physiology. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 18(1): 149-163.
- Estanislau, W.T. 2002. **Modelo Funcional de Desenvolvimento de Sementes de Cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Doctoral Dissertation. Uni-versidade Federal de Lavras. 123 p.
- ISTA. 1979. **Handbook for Seedling Evaluation**. Zurich: The International Seed Testing Association. 134 p.
- Kaveeta, L. 2016. **Plant Structure**. 2nd ed. Bangkok: Department of Botany Kasetsart University. 150 p.
- Moraris, H., P. Caramori, A.M. Ribeiro, J.C. Gomes and M.S. Kogushi. 2006. Microclimate characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 41(5): 763-770.

- Mtambalika, K., C. Munthali, D. Gondwe and E. Missanjo. 2014. Effect of seed size of *Afzelia quanzensis* on germination and seedling growth. **International Journal of Forestry Research** 2014(384565): 1-5. [Online]. Available <https://doi.org/10.1155/2014/384565> (November 22, 2022).
- Muschler, R.G. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. **Agroforestry Systems** 51(2): 131-139.
- Office of the Conservation Area Management 16. 2014. **The royal initiative project Ban Khun Tae, Doi Kaeo subdistrict, Chom Thong district, Chiang Mai province.** [Online]. Available <https://www.chiangmai.go.th/project/kuntae.html> (September 2, 2021).
- Paz, H., S.J. Mazer and M. Martínez-Ramos. 1999. Seed mass, seedling emergence, and environmental factors in seven rain forest psychotria (Rubiaceae). **Ecology** 80(5): 1594-1606.
- Powell, A.A., L.J. Yule, H.-C. Jing, S.P.C. Groot, R.J. Bino and H.W. Pritchard. 2000. The influence of aerated hydration seed treatment on seed longevity as assessed by the viability equations. **Journal of Experimental Botany** 51(353): 2031-2043.
- Romero-Alvarado, Y., L. Soto-Pinto, L. Garcia-Barrios and F. Barrera-Gaytan. 2002. Coffee yields and soil nutrients under the shades of Inga sp. vs. multiple species in Chiapas, Mexico. **Agroforestry Systems** 54(3): 215-224.
- Sakhamula, T. and B. Siri. 2011. Effect of seed size on germination and seedling growth of maize. **Khon Kaen Agriculture Journal** 39(Suppl.): 98-103. [in Thai]
- Samreen, S. and S. Shaukat. 2000. Effect of seed size on germination, emergence, growth and seedling survival of *Senna occidentalis* Link. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 3(2): 292-295.
- Souza, M.L. and M. Fagundes. 2014. Seed size as key factor in germination and seedling development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). **American Journal of Plant Sciences** 5(17): 2566-2573.
- Sualeh, A. and J. Dawid. 2014. Relationship of fruit and bean sizes and processing methods on the conversion ratios of arabica coffee (*Coffea arabica*) cultivars. **Time Journals of Agriculture and Veterinary Sciences** 2(2): 70-74.
- Wattanaphut, N. 1999. **Plant Propagation.** Bangkok: O.S. Printing House. 447 p. [in Thai]
- Wetchakama, N. and P. Khaengkhan. 2018. Improvement of seed qualities with seed priming techniques. **Prawarun Agricultural Journal** 5(1): 17-30. [in Thai]

การเสริมธาตุเหล็กและสังกะสีของผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

Iron and Zinc Biofortification of Hydroponic Lettuce

หัตถยา คงสุข^{1,2} อัจฉรา เพ็งหนู^{1,2*} และจุฑามาศ แก้วมโน^{1,2}

Hutthaya Khongsuk^{1,2}, Ashara Pengnoo^{1,2*} and Chutharmard Kaewmano^{1,2}

¹สาขาวิชาวนวัฒนกรรมเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

²ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

¹Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources,

Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla, Thailand 90110

²Natural Biological Control Research Center, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla, Thailand 90110

*Corresponding author: ashara.p@psu.ac.th

Received: August 02, 2021

Revised: October 18, 2021

Accepted: January 28, 2022

Abstract

Nowadays, an inadequate daily intake of iron and zinc is a widespread problem. This led to the study of the effect of biofortification by iron or zinc on growth and nutrients content in hydroponic lettuce. The experiment design was Factorial in Randomized Complete Block Design with green cos, frillice iceberg, green oak, red oak and butterhead and nutrient solution (control formula, Fe addition formula and Zn addition formula). The result showed that Fe or Zn fortified lettuce grow normally without nutrient toxicity or deficiency. Green cos, frillice iceberg and red oak cultivated in Fe addition formula showed no significant differences in growth when compared with the control formula. It also increased Fe content 1.3-2.3 times, with frillice iceberg obtain the highest Fe content (471.93 mg/kg dry weight). The content of P, Ca, Mg, and Mn tended to increase but Zn and Cu content tended to decrease. When adding Zn addition formula, red oak's whole fresh weights increased 58%. Zn content in lettuce increased 4.2-18.9 times, especially in butterhead and red oak (376.67 and 365.80 mg/kg dry weight, respectively). The addition Zn increased Ca content but P, K, Fe, Mn, and Cu content tended to decrease, except for red oak which Fe content increase 1.1 times. The maximum Fe and Zn content in edible part fresh weight of frillice iceberg and butterhead were 3.02 and 2.64 mg/kg which did not exceed the daily intake of iron and zinc standard. It could be upgraded to a functional vegetable in the future.

Keywords: iron, zinc, biofortification, lettuce, hydroponic

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการได้รับธาตุเหล็กและสังกะสีที่ไม่เพียงพอต่อร่างกายในแต่ละวัน กำลังเป็นปัญหาที่พบในวงกว้าง จึงนำมาสู่การศึกษาผลของการเพิ่มธาตุเหล็กและสังกะสี ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารในผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design ประกอบด้วยผักสลัดพันธุ์กรีนคอส ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และบัตเตอร์เฮด และสารละลายธาตุอาหารสูตรควบคุม สูตรเพิ่มเหล็กและสูตรเพิ่มสังกะสี ผลการวิจัยพบว่า ผักสลัดเสริมธาตุเหล็กหรือสังกะสีสามารถเจริญเติบโตได้โดยไม่แสดงอาการเป็นพิษ หรือขาดธาตุอาหาร สูตรเพิ่มเหล็กทำให้การเจริญเติบโตของกรีนคอส ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก และเรดโอ๊คไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ผักสลัดมีปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้น 1.3-2.3 เท่า โดยฟิลเลย์ไอซ์เบิร์กมีปริมาณเหล็กสูงสุด (471.93 มก./กก. น้ำหนักแห้ง) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีสของผักสลัด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนสังกะสีและทองแดงมีแนวโน้มลดลง ขณะที่สูตรเพิ่มสังกะสีทำให้เรดโอ๊คมีน้ำหนักสดทั้งต้นเพิ่มขึ้น 58% ปริมาณสังกะสีของผักสลัดเพิ่มขึ้น 4.2-18.9 เท่า โดยบัตเตอร์เฮดและเรดโอ๊คมีปริมาณสังกะสี 376.67 และ 365.80 มก./กก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ การเพิ่มสังกะสีทำให้ปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก แมงกานีส และทองแดง มีแนวโน้มลดลง ยกเว้นปริมาณเหล็กของเรดโอ๊คที่เพิ่มขึ้น 1.1 เท่า ปริมาณเหล็กและสังกะสีสูงที่สุดในน้ำหนักสดส่วนที่รับประทานได้ของฟิลเลย์ไอซ์เบิร์กและบัตเตอร์เฮด เท่ากับ 3.02 และ 2.64 มก./กก. น้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินค่าปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายควรได้รับในแต่ละวัน แสดงให้เห็นว่าการเสริมธาตุเหล็กและสังกะสี เป็นแนวทางการพัฒนาผักสลัดเพื่อสุขภาพได้ในอนาคต

คำสำคัญ: เหล็ก สังกะสี การเสริมธาตุอาหาร ผักสลัด ไฮโดรโปนิคส์

คำนำ

การผลิตผักสลัดในระบบไฮโดรโปนิคส์ เป็นระบบที่สามารถปลูกผักได้ต่อเนื่องตลอดทั้งปี ใช้พื้นที่ปลูกน้อย มีการใช้น้ำและจัดการธาตุอาหารที่ผักต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของผักได้ โดยผักสลัดที่ปลูกในประเทศไทยสามารถแบ่งกลุ่มตามลักษณะเด่นได้ดังนี้ 1) กลุ่มคอส (Cos) หรือโรมเมน (Romaine) แผ่นใบใหญ่ ก้านใบหนา และลำต้นใหญ่ เช่น พันธุ์กรีนคอส 2) กลุ่มคริสป์เฮด (Crisphead) ใบห่อเข้าหากัน ใบบาง กรอบ และขอบใบหยัก เช่น พันธุ์ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก 3) กลุ่มลีฟ (Leaf) ไม่มีการห่อหัว ใบหยักเป็นคลื่นหรือย่น เช่น พันธุ์กรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค 4) กลุ่มบัตเตอร์เฮด (Butterhead) เป็นพวกห่อหัวเข้าหากันอย่างหลวม ๆ ใบข้างนอกมีสีเขียว ข้างในสีขาวหรือสีเหลือง เช่น พันธุ์บัตเตอร์เฮด เป็นต้น (Kim *et al.*, 2016) ผักสลัดเป็นแหล่งวิตามิน แร่ธาตุ และสารพฤกษเคมีหลากหลายชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยทั่วไปแล้วมนุษย์ควรบริโภคผักและผลไม้วันละไม่ต่ำกว่า 400 กรัม แต่ประชากรไทยร้อยละ 65.5 (53 ล้านคน) บริโภคผักและผลไม้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (Phulkerd *et al.*, 2020) ด้วยส่วนหนึ่งผู้บริโภคมีความกังวลในเรื่องของสารเคมีตกค้าง โดยเฉพาะสารกำจัดศัตรูพืช แต่การผลิตผักสลัดในระบบไฮโดรโปนิคส์มีการใช้นวัตกรรมควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี โดยการใช้ชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* (B-Veggie) เพื่อป้องกันและควบคุมโรครากเน่าและใบจุด และใช้เชื้อราบีเวอร์เรีย (*Beauveria bassiana*) เพื่อควบคุมแมลงศัตรูผัก (Pengnoo *et al.*, 2016)

สำหรับธาตุเหล็กและสังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช หากพืชได้รับธาตุเหล็กไม่เพียงพอจะแสดงอาการซีดเหลืองที่ใบอ่อน (Rout and Sahoo, 2015) และแสดงอาการขาดสังกะสี โดยใบอ่อนมีขนาดเล็กกว่าปกติ สีเหลืองซีดมีจุดสีแดงขึ้นตามแผ่นใบ รากสั้น ลำต้นแคระแกร็น นอกจากนี้ยังเป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อระบบการทำงานของร่างกายมนุษย์ โดยร่างกายควรได้รับเหล็กและสังกะสี 8-15 และ 5-15 มก./วัน ตามลำดับ (Institute of Medicine (U.S.) and Panel on Micronutrients, 2001) ซึ่งโดยปกติแล้วเหล็กและสังกะสี พบได้ทั่วไปในอาหารจำพวกเนื้อสัตว์และอาหารทะเล จึงทำให้ผู้ที่รับประทานอาหารมังสวิรัตหรือผู้ที่แพ้เนื้อสัตว์บางชนิด ได้รับธาตุเหล็กและสังกะสีน้อยกว่าคนทั่วไป อย่างไรก็ตามการเสริมธาตุเหล็กและสังกะสีในพืชเป็นวิธีเพิ่มคุณประโยชน์ของเหล็กและสังกะสีให้กับพืชที่น่าสนใจ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการเพิ่มธาตุเหล็กและสังกะสี ที่มีต่อการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารในผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ นำมาซึ่งแนวทางเสริมธาตุเหล็กและสังกะสีที่เหมาะสมกับผักสลัดแต่ละพันธุ์ และได้ผักสลัดที่มีคุณภาพ มีปริมาณเหล็กและสังกะสีสูง สามารถต่อ ยอดเป็นผักทางเลือกเพื่อสุขภาพ (Functional vegetable) และเพิ่มมูลค่าของผักสลัดได้อีกทางหนึ่งด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวางแผนการทดลอง: วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบพันธุ์ผักสลัด 5 พันธุ์ (กรีนคอส ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และบัตเตอร์เฮด) และสารละลายธาตุอาหาร 3 สูตร (ควบคุม เพิ่มเหล็ก และสังกะสี) ทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ต้น ดำเนินการทดลองในสภาพแปลง ณ ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวนทรีย์แห่งชาติ ภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เริ่มเพาะเมล็ดผักบนฟองน้ำ เมื่อครบ 7 วัน ย้ายต้นกล้า

ลงชุดปลูกแบบ Deep Root Floating Technique (DRFT) ขนาด 1.2x3.4 เมตร ระยะปลูก 20x22 ซม. ใช้ชีวภัณฑ์ขยาย *Bacillus subtilis* (B-Veggie) ปริมาตร 1 ลิตร เพื่อป้องกันโรคและส่งเสริมการเจริญเติบโตของผัก ระบบปลูกมีสารละลายธาตุอาหาร 120 ลิตร โดยมีปริมาณธาตุอาหารทั้งหมด (มก./ลิตร) ไนโตรเจน 347.80 ฟอสฟอรัส 74.40 โพแทสเซียม 441.10 แคลเซียม 319.70 แมกนีเซียม 53.00 กำมะถัน 67.50 โบรอน 0.76 ทองแดง 0.85 เหล็ก 6.70 สังกะสี 0.76 แมงกานีส 0.81 โมลิบดีนัม 0.0045 และนิกเกิล 0.0002 กำหนดให้เป็นสูตรควบคุม เมื่อผักอายุ 30, 33 และ 35 วัน ทดสอบเพิ่มเหล็ก 8.83 มก./ลิตร ให้เป็นสูตรเพิ่มเหล็ก และเพิ่มสังกะสี 21.15 มก./ลิตร ให้เป็นสูตรเพิ่มสังกะสี

การเก็บบันทึกข้อมูล: เก็บผลผลิตที่ 38 วัน นับจากวันเพาะเมล็ด โดยชั่งน้ำหนักสดหลังตัดแต่ง น้ำหนักส่วนที่กินได้ (ใบสด) จากนั้นล้างใบสดด้วยน้ำกลั่นและอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C. จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักแห้ง และนำไปแห้งบดละเอียดเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกแล้ววิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl ย่อยด้วยกรดผสมไนตริกและเปอร์คลอริกในอัตราส่วน 3:1 แล้ววิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer และปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และทองแดง ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Kalra, 1998)

การวิเคราะห์ข้อมูล: วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและวัดอิทธิพลของพันธุ์ผักสลัด สูตรสารละลายธาตุอาหาร และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ผักสลัดและสูตรสารละลายธาตุอาหาร ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Statistical Analysis Program (SPSS ver. 26) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี ด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD) และ Duncan's New Multiple Range Tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของผักสลัด: พันธุ์ผักสลัดมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด (Table 1) แสดงให้เห็นว่ากรีนคอสมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้งส่วนที่รับประทานได้สูงสุด (10.26 กรัม) อาจเนื่องมาจากลักษณะทางสรีระของกรีนคอสที่มีแผ่นใบใหญ่ ก้านใบหนา และลำต้นมีขนาดใหญ่ อาจสามารถในการดูดใช้น้ำและธาตุอาหารมากกว่าผักสลัดกลุ่มอื่น (Di Gioia *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2016) อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักสดทั้งต้น น้ำหนักสดส่วนที่รับประทานได้ และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ของผักสลัดกลุ่มเดียวกันมีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน โดยกรีนคอส ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก บัตเตอร์เฮด เป็นผักสลัดกลุ่มที่มีลักษณะทรงพุ่มขนาดใหญ่ แผ่นใบหนา อาจทำให้ดูดใช้น้ำและธาตุอาหารได้มากกว่ากรีนโอ๊คและเรดโอ๊คซึ่งเป็นผักสลัดกลุ่มลิฟ (Leaf) (Kim *et al.*, 2016) เมื่อทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ร่วมกับสูตรสารละลายธาตุอาหาร ต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด (Table 2) ในสูตรเพิ่มเหล็ก พบว่ากรีนคอส ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก และเรดโอ๊ค มีการเจริญเติบโตทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของพันธุ์ผักสลัดและสูตรเพิ่มเหล็ก เพราะกรีนคอส ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก เป็นผักสลัดกลุ่มที่ดูดใช้เหล็กได้มาก (Kim *et al.*, 2016) และธาตุเหล็กเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมในพืช เป็นองค์ประกอบในโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในไมโทคอนเดรีย และคลอโรพลาสต์ และโปรตีนชนิดอื่น ๆ มีบทบาทในการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืช เช่น จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดจัสโมนิก และไอออนของเหล็กเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์พวก Nonhaem-enzyme เป็นองค์ประกอบของฮีโมโกลบินในโครงสร้างของฮีโมโกลบิน อีกทั้งเหล็กที่อยู่ในรูปของเหล็ก-กำมะถันคลอโรฟิลล์

ทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์หลายชนิด (Balk and Schaedler, 2014; Rout and Sahoo, 2015) การเพิ่มเหล็กอาจไปเร่งกระบวนการดังกล่าวและสร้างเสริมความแข็งแรงให้ผักสลัด ทำให้สามารถทนต่อภาวะเหล็กสูงได้มากขึ้น สอดคล้องกับการเพิ่มเหล็กในถั่วเขียวและมันสำปะหลัง ที่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Freitas *et al.*, 2015; Majeed *et al.*, 2020)

สำหรับเรดโอ๊คมีใบสีม่วงแดง ธาตุเหล็กที่เพิ่มขึ้นอาจเปลี่ยนรูปเป็นแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) (Shi *et al.*, 2017; Giordano *et al.*, 2019) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีสีแดงและสะสมที่ใบผัก ดังนั้น เหล็กที่เพิ่มขึ้นจึงไม่ส่งผลกระทบต่อกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค อย่างไรก็ตามกรีนโอ๊คและบัตเตอร์เฮดสูตรเพิ่มเหล็กมีน้ำหนักสดลดลง 25 และ 26% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม อาจเกิดจากผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คและบัตเตอร์เฮดทนต่อเหล็กได้น้อยกว่าพันธุ์อื่น ขณะที่สูตรเพิ่มสังกะสีทำให้บัตเตอร์เฮดมีการเจริญเติบโตทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม อาจเป็นเพราะกลไกทางสรีรวิทยาของผักสลัดกลุ่มบัตเตอร์เฮดที่ตอบสนองต่อธาตุสังกะสีได้ดี (Kim *et al.*, 2016) ส่วนเรดโอ๊คในสูตรเพิ่มสังกะสีมีน้ำหนักสดทั้งต้นเพิ่มขึ้น 58% เนื่องด้วยสังกะสีเป็นตัวกระตุ้น (Catalyst) ของกระบวนการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Shi *et al.*, 2017) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้ใบเรดโอ๊คมีสีม่วงแดง โดยที่ 70% ของสังกะสีถูกสำรองอยู่ในเนื้อเยื่อพืช (Montoya *et al.*, 2020) ในทางกลับกันกรีนคอส ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก และกรีนโอ๊ค ในสูตรเพิ่มสังกะสีมีน้ำหนักสดทั้งต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากผักสลัดทั้งสามพันธุ์ทนต่อสังกะสีได้น้อยกว่าเรดโอ๊คและบัตเตอร์เฮด และปริมาณสังกะสีที่มากเกินไปอาจขัดขวางการดูดใช้ธาตุอาหารอื่น ๆ (Tsonev and Lidon, 2012)

Table 1 Comparison of lettuces varieties on lettuces growth

Species	Whole fresh weight (g)	Edible part weight (g)	Edible part dry weight (g)	Dry weight percentage (%)
Green cos	223.69a	158.02a	10.26a	6.87
Fillice iceberg	160.48ab	127.85ab	6.92b	5.54
Green oak	140.46b	110.68bc	6.72b	6.01
Red oak	97.69b	72.67c	4.12c	5.59
Butterhead	146.47ab	112.47bc	5.51bc	4.85
LSD 0.05	73.98	43.05	2.46	-
F-test	*	*	*	ns
C.V. (%)	26.45	21.19	11.18	22.94

ns=not significant; *significant at 0.05 probability levels, respectively

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by LSD test.

Table 2 Effect of lettuces varieties and fertilizer formula on lettuces growth

Species	Formula	Whole fresh weight (g)	Edible part weight (g)	Edible part dry weight (g)	Dry weight percentage (%)
Green cos	Control	264.70a	177.46ab	9.28b	5.23c-g
	Fe addition	270.38a	180.58a	10.28ab	5.69b-f
	Zn addition	135.98c-e	116.02d-g	11.24ab	9.69a
Frillice iceberg	Control	183.80b	150.82bc	7.12c	4.72fg
	Fe addition	153.64b-d	127.29c-e	6.40cd	5.03e-g
	Zn addition	143.99c-e	105.44e-g	7.24c	6.87b-f
Green oak	Control	167.65bc	138.25cd	9.12b	6.60bc
	Fe addition	124.52de	99.54e-g	5.27de	5.29c-g
	Zn addition	129.23de	94.25f-h	5.79c-e	6.14b-e

Table 2 (Continued)

Species	Formula	Whole fresh weight (g)	Edible part weight (g)	Edible part dry weight (g)	Dry weight percentage (%)
Red oak	Control	80.94 f	64.07 i	3.21 f	5.01 e-g
	Fe addition	83.69 f	66.45 hi	3.61 f	5.43 c-g
	Zn addition	128.44 de	87.48 g-i	5.53 c-e	6.32 b-d
Butterhead	Control	155.91 b-d	118.00 d-g	5.35 de	4.53 g
	Fe addition	114.87 ef	95.82 f-h	4.16 ef	4.34 g
	Zn addition	168.63 bc	123.59 c-f	7.02 cd	5.68 c-f
LSD 0.05		32.56	27.48	1.56	1.03
F-test		*	*	*	*
C.V. (%)		14.87	17.28	9.06	12.56

ns=not significant; *significant at 0.05 probability levels, respectively

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by LSD test.

ปริมาณธาตุอาหารในผักสลัด: จาก Table 3 แสดงให้เห็นแนวโน้มในภาพรวมของสูตรสารละลายธาตุอาหาร ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุในผักสลัด ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสูตรเพิ่มเหล็ก เพราะปริมาณเหล็กที่เพิ่มขึ้นอาจช่วยกระตุ้นกลไกต่าง ๆ ในผักสลัด เช่น ช่วยเร่งกลไกระดับโมเลกุลที่เกี่ยวข้องในการควบคุมยีน LATS ซึ่งส่งผลให้การดูดใช้ในโตรเจนในพืช (Iacuzzo *et al.*, 2011) จากการศึกษาอิทธิพลของการเพิ่มธาตุเหล็กและสังกะสีต่อปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง (Table 4) พบว่าฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก ในสูตรเพิ่มเหล็กมีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 43% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม อาจเป็นเพราะการเพิ่มขึ้นของปริมาณเหล็กออกไซด์ที่สะสมอยู่ในราก ทำให้พืชสามารถดูดซับแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหาร เช่น ไนเตรตและฟอสเฟตเพิ่มขึ้น (Rout and Sahoo, 2015)

นอกจากนี้การดูดใช้ในโตรเจนในพืชที่เพิ่มสูงขึ้นอาจส่งผลโดยอ้อมต่อการเพิ่มโพแทสเซียมและแมกนีเซียม เพราะไนโตรเจนและธาตุทั้งสองมีอันตรกิริยาในรูปแบบที่ส่งเสริมกัน เมื่อพืชดูดใช้ในโตรเจนได้เพิ่มขึ้นปริมาณโพแทสเซียมและแมกนีเซียมจึงเพิ่มตาม (Yousaf *et al.*, 2021) ในทางกลับกันสูตรเพิ่มสังกะสีมีผลให้ธาตุอาหารหลักมีแนวโน้มลดลง อาจเกิดจากอันตรกิริยาในเชิงปฏิปักษ์ของสังกะสีกับธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เช่นเดียวกับในถั่วเขียวและข้าวสาลี (Cakmak *et al.*, 2010; Samreen *et al.*, 2017) โดยผลการเพิ่มสังกะสีในผักสลัด ทำให้ปริมาณแคลเซียมในผักสลัดเพิ่มขึ้นประมาณ 9-35% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบมากที่สุดในกรีนคอสสูตรเพิ่มสังกะสี (13.73 กรัม/กก. น้ำหนักแห้ง) อาจเนื่องมาจากอันตรกิริยาแบบส่งเสริมกันของสังกะสีและแคลเซียมเช่นเดียวกับในมะเขือเทศ (Haleema *et al.*, 2018)

Table 3 Comparison of fertilizer formula on lettuces nutrient contents

Formula	Total (dry weight)								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Control	37.34ab	3.62b	48.4a	9.59b	2.16b	206.10b	39.05b	32.62b	4.91a
Fe addition	40.17a	4.21a	58.39a	10.72a	2.37a	373.76a	34.10b	50.58a	4.38a
Zn addition	31.35b	2.91c	46.32b	11.66a	2.17b	152.23c	281.11a	16.76c	2.65b
LSD 0.05	3.42	0.43	10.00	1.02	0.19	35.09	37.72	7.72	1.12
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	14.88	18.79	30.95	15.10	13.72	22.71	30.44	36.58	24.59

ns=not significant; *significant at 0.05 probability levels, respectively

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by LSD test.

Table 4 Effect of lettuces varieties and fertilizer formula on macronutrient contents

Species	Formula	Total (dry weight)				
		N	P	K	Ca	Mg
		(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)
Green cos	Control	36.36b-d	3.83a-c	46.23c	10.68bc	2.16c-e
	Fe addition	37.07a-d	4.27ab	48.26c	8.78cd	1.90ef
	Zn addition	29.59ef	2.85cd	40.36c	13.73a	2.42a-c
Frllice iceberg	Control	27.06f	2.89cd	61.18a-c	10.18bc	2.39a-c
	Fe addition	38.58a-d	3.60a-d	72.27ab	11.45b	2.68a
	Zn addition	27.40f	2.75d	38.84c	11.05b	2.14c-e
Green oak	Control	38.19a-d	3.37b-d	48.17c	10.39bc	2.18c-e
	Fe addition	40.95ab	4.39ab	42.21c	11.02b	2.19c-e
	Zn addition	33.24d-f	3.49b-d	49.86c	11.70b	2.01d-f
Red oak	Control	41.36ab	3.89a-c	40.72c	8.82cd	2.33a-d
	Fe addition	40.66a-c	4.18ab	49.36c	10.59bc	2.49a-c
	Zn addition	32.40d-f	2.83cd	52.86bc	11.18b	2.32b-d

Table 4 (Continued)

Species	Formula	Total (dry weight)				
		N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)
Butterhead	Control	43.74a	4.11ab	45.73c	7.86d	1.76f
	Fe addition	43.59a	4.60a	79.86a	11.77b	2.57ab
	Zn addition	34.12c-e	2.65d	49.67c	10.64bc	1.98d-f
LSD 0.05		5.82	0.92	20.15	1.78	0.31
F-test		*	*	*	*	*
C.V. (%)		11.26	18.11	27.73	11.75	9.80

ns=not significant; *significant at 0.05 probability levels, respectively

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by LSD test.

ในส่วนของจุลธาตุ (Table 5) พบว่าในสูตรเพิ่มเหล็ก ผักสลัดมีปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้น 1.3-2.3 เท่า ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์กมีปริมาณเหล็กสูงสุด (471.93 มก./กก. น้ำหนักแห้ง) คิดเป็น 1.9 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เนื่องจากความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้น พืชจึงตอบสนองโดยการดูดใช้ธาตุดังกล่าวมากขึ้น โดยการเพิ่มเหล็กในสารละลายธาตุอาหารทำให้ผักสลัดบัตเตอร์เฮด มีเหล็กเพิ่มขึ้น 53.7% (Giordano *et al.* 2019) นอกจากนี้ การเพิ่มเหล็กทำให้ปริมาณแมงกานีสของผักสลัดเพิ่มขึ้น 1.2-2.2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับรูปแบบการกระจายของแมงกานีสในพืชที่เปลี่ยนไปตามระดับของเหล็ก และอัตราส่วน Fe/Mn ที่เพิ่มขึ้นเหมือนในต้นข้าว (Tanaka and Navasero, 1966) อย่างไรก็ตามพบแนวโน้มการลดลงของปริมาณสังกะสีและทองแดงที่ 12-58% และ 6-21% ตามลำดับ ในสูตรเพิ่มเหล็กเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม อาจเนื่องมาจากอันตรกิริยาในเชิงปฏิปักษ์ของธาตุเหล็กและธาตุทั้งสอง (Rout and Sahoo, 2015) ขณะที่สูตรเพิ่มสังกะสี ผักสลัดมีปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้นประมาณ 8.5 เท่า โดยเฉพาะบัตเตอร์เฮดและเรดโอ๊คที่มีปริมาณสังกะสีสูงสุด 328.38 และ 316.42 มก./กก.

น้ำหนักแห้ง คิดเป็น 7.8 และ 18.8 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม อาจเป็นเพราะปริมาณสังกะสีที่เพิ่มขึ้นมีผลโดยตรงต่อความเข้มข้นของสังกะสีในเนื้อเยื่อพืชที่เพิ่มขึ้น (Gupta *et al.*, 2016) อย่างไรก็ตามปริมาณเหล็กและทองแดงในผักสลัดส่วนใหญ่ในสูตรเพิ่มสังกะสีลดลง 39-56% และ 29-67% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม สันนิษฐานว่าเกิดจากอันตรกิริยาในเชิงปฏิปักษ์ ของเหล็กและทองแดงกับธาตุสังกะสี (Gupta *et al.*, 2016) ยกเว้นในผักสลัดเรดโอ๊คที่มีปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้น 1.1 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เนื่องจากสังกะสีมีบทบาทต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นสารที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก จึงทำให้มีการดูดใช้เหล็กเพิ่มขึ้น (Shi *et al.*, 2017; Giordano *et al.*, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของเรดโอ๊ค (Table 2) แม้ว่ามีการเพิ่มธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีมากถึง 1.3 และ 27.8 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แต่ผักสลัดทั้งหมดที่นำมาทดสอบไม่แสดงอาการผิดปกติที่เกิดจากปริมาณธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง อาจเป็นเพราะยังไม่ถึงระดับค่าวิกฤต (Critical level) โดยที่ปริมาณเหล็กและสังกะสีสูงที่สุดในน้ำหนักสดส่วนที่รับประทานได้ของฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก

และแบตเตอรี่เฮด มีค่าเท่ากับ 3.02 และ 2.64 มก./กก. น้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานของปริมาณ เหล็กและสังกะสีที่ร่างกายควรได้รับ 8-15 และ 5-15 มก./วัน ตามลำดับ (Institute of Medicine (U.S.) Panel on Micronutrients, 2001) ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคัดเลือกพันธุ์ ผักสลัดเพื่อเสริมธาตุเหล็กและสังกะสีในปริมาณที่เหมาะสม

และหากต้องการต่อยอดเป็นผักทางเลือกเพื่อสุขภาพ (Functional vegetable) ควรศึกษาเรื่องของการสะสม ไนเตรต วิตามิน สารพฤกษเคมี และแร่ธาตุอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ได้มาซึ่งผักสลัดที่มีคุณค่าทางอาหาร มีปริมาณ เหล็กและสังกะสีสูง เพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรให้ผู้ผลิต และ ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ในที่สุด

Table 5 Effect of lettuces species and fertilizer formula on micronutrient contents

Species	Formula	Total (dry weight)			
		Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Green cos	Control	252.45e	52.24e	47.74bc	5.74a-c
	Fe addition	337.08cd	49.21e	67.82a	4.75b-d
	Zn addition	110.57g	218.24c	14.68g	2.39ef
Frillice iceberg	Control	250.01e	43.76e	32.67de	4.86b-d
	Fe addition	471.93a	38.59e	57.41ab	3.84c-e
	Zn addition	119.69g	182.01d	19.27fg	1.62f
Green oak	Control	204.08f	51.59e	19.71fg	7.12a
	Fe addition	380.30b	21.74e	30.06d-f	6.08ab
	Zn addition	124.94g	262.81b	13.21g	4.84b-d
Red oak	Control	193.34f	49.38e	39.44cd	5.01b-d
	Fe addition	376.93bc	28.48e	46.19bc	4.70b-d
	Zn addition	216.50ef	365.80a	19.34fg	3.10d-f

Table 5 (Continued)

Species	Formula	Total (dry weight)			
		Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Butterhead	Control	130.63g	48.29e	23.57e-g	1.82f
	Fe addition	302.58 d	32.49e	51.44bc	2.54ef
	Zn addition	189.46 f	376.67a	17.30fg	1.30f
LSD 0.05		40.99	30.27	11.87	1.68
F-test		*	*	*	*
C.V. (%)		11.79	18.00	25.00	29.58

ns=not significant; *significant at 0.05 probability levels, respectively

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by LSD test.

สรุปผลการวิจัย

ผักสลัดพันธุ์กรีนคอส ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และบัตเตอร์เฮด ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ ตอบสนองต่อการเสริมธาตุเหล็กและสังกะสีแตกต่างกัน ทุกพันธุ์เจริญเติบโตโดยไม่แสดงอาการผิดปกติของธาตุอาหารจากการที่มีเหล็กหรือสังกะสีสูง สูตรเพิ่มเหล็กไม่แสดงผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของ กรีนคอส ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก และเรดโอ๊ค แต่กรีนโอ๊คและบัตเตอร์เฮดมีน้ำหนักสดลดลง โดยการเพิ่มเหล็กทำให้ผักสลัดมีปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้น 1.3-2.3 เท่า ซึ่งค่าสูงที่สุดอยู่ในฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก (471.93 มก./กก. น้ำหนักแห้ง) และปริมาณฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีสเพิ่มขึ้น แต่สังกะสี และทองแดงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ขณะที่สูตรเพิ่มสังกะสี ทำให้การเจริญเติบโตของบัตเตอร์เฮด และเรดโอ๊คเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะน้ำหนักสดทั้งต้นของ เรดโอ๊ค (128.44 กรัม) ทำให้ผักสลัดมีปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้น 4.2-18.9 เท่า โดยที่บัตเตอร์เฮดและเรดโอ๊คมีปริมาณสังกะสี 376.67 และ 365.80 มก./กก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สำหรับแคลเซียมมีปริมาณเพิ่มขึ้น ขณะที่ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก แมงกานีส และทองแดง

มีปริมาณลดลงจากการเพิ่มสังกะสีเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ส่วนปริมาณเหล็กและสังกะสีในส่วนที่รับประทานได้สูงที่สุดในฟิลเลย์ไอซ์เบิร์กและบัตเตอร์เฮด (3.02 และ 2.64 มก./กก. น้ำหนักสด) ซึ่งไม่เกินค่าปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายควรได้รับในแต่ละวัน (8-15 และ 5-15 มก./วัน) ดังนั้น แนวทางเสริมธาตุเหล็กและสังกะสีที่เหมาะสมกับผักสลัด ควรเลือกพันธุ์ผักสลัดที่เหมาะสม เพื่อให้ได้มาซึ่งผักสลัดที่มีเหล็กและสังกะสีสูง รวมทั้งศึกษาการสะสมไนเตรต วิตามิน สารพิษตกค้าง และสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มเติม สำหรับพัฒนาเป็นผักทางเลือกเพื่อสุขภาพ (Functional vegetable)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์วิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ ระยะที่ 2 ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคใต้ และภาควิชาวนวัตกรรมเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนวิจัย สถานที่และอุปกรณ์ดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Balk, J. and T.A. Schaedler. 2014. Iron cofactor assembly in plants. **Annual Review of Plant Biology** 65: 125-153.
- Cakmak, I., M. Kalayci, Y. Kaya, A.A. Torun, N. Aydin, Y. Wang, Z. Arisoy, H. Erdem, A. Yazici, O. Gokmen, L. Ozturk and W.J. Horst. 2010. Biofortification and localization of zinc in wheat grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 58: 9092-9102.
- Di Gioia, F., M. Gonnella, V. Buono, O. Ayala and P. Santamaria. 2017. Agronomic, physiological and quality response of romaine and red oak-leaf lettuce to nitrogen input. **Italian Journal of Agronomy** 12(806): 47-58.
- Freitas, M.A., F.H.V. Medeiros, S.P. Carvalho, L.R.G. Guilherme, W.D. Teixeira, H. Zhang and P.W. Paré. 2015. Augmenting iron accumulation in cassava by the beneficial soil bacterium *Bacillus subtilis* (GBO3). **Frontiers in Plant Science** 6(596): 1-11.
- Giordano, M., C. El-Nakhel, A. Pannico, M.C. Kyriacou, S.R. Stazi, S. De Pascale and Y. Rouphael. 2019. Iron biofortification of red and green pigmented lettuce in closed soilless cultivation impacts crop performance and modulates mineral and bioactive composition. **Agronomy** 9(290): 1-21.
- Gupta, N., H. Ram and B. Kumar. 2016. Mechanism of zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology** 15: 89-109.
- Haleema, B., A. Rab and S.A. Hussain. 2018. Effect of calcium, boron and zinc foliar application on growth and fruit production of tomato. **Sarhad Journal of Agriculture** 34(1): 19-30.
- Iacuzzo, F., S. Gottardi, N. Tomasi, E. Savoia, R. Tommasi, G. Cortella, R. Terzano, R. Pinton, L. Dalla Costa and S. Cesco. 2011. Corn salad (*Valerianella locusta* (L.) Laterr.) growth in a water-saving floating system as affected by iron and sulfate availability: crop growth and food quality as affected by Fe and S availability. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 91: 344-354.
- Institute of Medicine (U.S.) Panel on Micronutrients. 2001. **DRI: dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc: a report of the panel on micronutrient**. [Online]. Available <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK222310/> (July 8, 2021).
- Kalra, Y.P. 1998. **Handbook of Reference Methods for Plant Analysis**. Boca Raton: CRC Press. 300 p.

- Kim, M.J., Y. Moon, J.C. Tou, B. Mou and N.L. Waterland. 2016. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal of Food Composition and Analysis** 49: 19-34.
- Majeed, A., W.A. Minhas, N. Mehboob, S. Farooq, M. Hussain, S. Alam and M.S. Rizwan. 2020. Iron application improves yield, economic returns and grain-Fe concentration of mungbean. **PloS one** 15: e0230720. [Online]. Available <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230720> (July 11, 2021).
- Montoya, M., A. Vallejo, J. Recio, G. Guardia and J.M. Alvarez. 2020. Zinc–nitrogen interaction effect on wheat biofortification and nutrient use efficiency. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science** 183(2): 169-179.
- Pengnoo A., C. Kaewmano, S. Kiatpathomchai and U. Loalae. 2016. **Technology of Quality and Safe Hydroponic Vegetable Production by B-Veggie bio-agent: *Bacillus subtilis***. Bangkok: National Research Council of Thailand. 63 p. [in Thai]
- Phulkerd, S., R.S. Gray and A. Chamrathirong. 2020. The influence of co-residential and non-co-residential living arrangements on sufficient fruit and vegetable consumption in the aging population in Thailand. **BMC Geriatrics** 20(1): 1-8.
- Rout, G.R. and S. Sahoo. 2015. Role of iron in plant growth and metabolism. **Reviews in Agricultural Science** 3: 1-24.
- Samreen, T., H.U. Shah, S. Ullah and M. Javid. 2017. Zinc effect on growth rate, chlorophyll, protein and mineral contents of hydroponically grown mungbeans plant (*Vigna radiata*). **Arabian Journal of Chemistry** 10: 1802-1807.
- Shi, P., B. Li, H. Chen, C. Song, J. Meng, Z. Xi and Z. Zhang. 2017. Iron supply affects anthocyanin content and related gene expression in berries of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon. **Molecules** 22(283): 1-13.
- Tanaka, A. and S.A. Navasero. 1966. Interaction between iron and manganese in the rice plant. **Soil Science and Plant Nutrition** 12: 29-33.
- Tsonev, T. and F.J.C. Lidon. 2012. Zinc in plants - an overview 12. **Emirates Journal of Food and Agriculture** 24: 322-333.
- Yousaf, M., S. Bashir, H. Raza, A.N. Shah, J. Iqbal, M. Arif, M.A. Bukhari, S. Muhammad, S. Hashim, J. Alkahtani, M.S. Alwahibi and C. Hu. 2021. Role of nitrogen and magnesium for growth, yield and nutritional quality of radish. **Saudi Journal of Biological Sciences** 28: 3021-3030.

บทบาทของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโตของพืช
ภายใต้สภาวะเครียดจากความแล้ง

Roles of Plant Growth Promoting Bacteria on Plant Growth under Drought Stress

ชนิษฐา สมตระกูล^{1*} และวารภรณ์ จุ้ยฉาย²

Khanitta Somtrakoon^{1*} and Waraporn Chouychai²

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กันทรวิชัย มหาสารคาม 44150

²สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000

¹Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai, Mahasarakham, Thailand 44150

²Biology Program, Faculty of Science and Technology, Nakhonsawan Rajabhat University, Nakhonsawan, Thailand 60000

*Corresponding author: khanitta.s@msu.ac.th

Received: December 26, 2020

Revised: December 27, 2021

Accepted: March 21, 2022

Abstract

Drought is important agricultural problem because this affected on several plant growth and decreased crop yield. There are several abnormal functions of plant under drought condition, such as respiration, photosynthesis, and oxidation stress. Also, there are several plant adaptations for survival under drought condition, such as transpiration control, osmotic pressure adjusting, the accumulation of osmotic protectant, free radical resistance, and plant growth regulator use. Moreover, plant growth promoting bacteria could increase plant growth under drought condition. In this article, the plant growth and plant adaptation under drought condition and use of plant growth promoting bacteria to alleviated plant stress from drought were described in detail. The mechanisms that these bacteria use were ACC deaminase production, indole-3-acetic acid (IAA) production, osmoregulation, exopolysaccharide production and increase nutrient uptake under stress condition.

Keywords: drought stress, economic crops, plant growth promoting bacteria

บทคัดย่อ

สภาวะแล้งกำลังเป็นปัญหาสำคัญทางเกษตรกรรมและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายประการ และส่งผลให้ผลผลิตของพืชเศรษฐกิจลดลง ในที่สุด ความผิดปกติของพืชที่เผชิญกับสภาวะแล้งพบได้หลายระบบ ทั้งการหายใจ การสังเคราะห์ด้วยแสง และ

เกิดความเครียดออกซิเดชัน พืชมีการปรับตัวในการอยู่รอดในสภาวะแล้งหลายประการ เช่น การควบคุมการคายน้ำ การปรับค่าออสโมติก การสะสมสารป้องกันแรงดันออสโมติก การมีระบบต้านอนุมูลอิสระ และการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้แบคทีเรียกลุ่มที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชยังสามารถสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชในสภาวะแล้งได้ ในบทความนี้จะได้

อธิบายถึงลักษณะของพืชเมื่อปลูกในสภาวะแล้ง การปรับตัวของพืชที่อยู่ในสภาวะแล้ง และการใช้แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญของพืชเพื่อบรรเทาความเครียดจากสภาวะแล้งในพืช ซึ่งกลไกที่แบคทีเรียเหล่านี้ใช้ คือ การสร้างเอนไซม์เอซีซีดีอะมิเนส (ACC deaminase) การผลิตกรดอินโดล-3-แอซิดิก (Indole-3-acetic acid; IAA) การควบคุมระบบออสโมซิส การสร้างเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ และเพิ่มการดูดซึมสารอาหารในสภาวะเครียด

คำสำคัญ: สภาวะเครียดจากความแล้ง พืชเศรษฐกิจ
แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโต
ของพืช

คำนำ

พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์และเหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรมเพื่อผลิตอาหารให้แก่มนุษย์มีไม่เพียงพอต่อจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความแห้งแล้ง โดยคาดการณ์ว่าในช่วงปลายศตวรรษที่ 21 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งจะเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 30 (Stikić *et al.*, 2014; Ojuederie *et al.*, 2019) ความแห้งแล้งส่งผลต่อลักษณะทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืชหลายประการ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เมแทบอลิซึมของสารอาหาร และการหายใจ เป็นต้น ผลกระทบดังกล่าวทำให้พืชที่ปลูกในสภาวะแล้งมีผลผลิตลดลง กรณีที่เกิดสภาวะแล้งเกิดขึ้นอย่างรุนแรงอาจทำให้พืชตายได้ (Hussian *et al.*, 2018) นอกเหนือจากการเปลี่ยนชนิดของพืชปลูก และแก้ไขระบบชลประทานให้เหมาะสมแล้ว (Stikić *et al.*, 2014) การแก้ไขปัญหาคความแห้งแล้งของพื้นที่เกษตรกรรมอาจใช้จุลินทรีย์กลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในสภาวะแล้งได้

โดยจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในสภาวะแล้งได้หลายประการ เช่น ช่วยลดการสูญเสีย น้ำของพืช เพิ่มชีวมวลของพืช เพิ่มการผลิตกรดอะมิโน น้ำตาล โพรลีน เพิ่มระดับของรงควัตถุ และลดความเป็นพิษของอนุมูลอิสระ (Ilyas *et al.*, 2021) โดยกลไกที่จุลินทรีย์ใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชมีได้หลากหลาย ได้แก่ การผลิตสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ การผลิตเอนไซม์เอซี ซี ดี อะมิเนส การควบคุมระบบออสโมซิส (Osmoregulation) การสังเคราะห์เอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ เพิ่มการดูดซึมสารอาหารภายใต้สภาวะเครียด และการผลิต IAA แม้ในบางครั้งจุลินทรีย์กลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่เติมลงไปอาจสร้างปฏิสัมพันธ์กับพืชไม่สำเร็จจึงไม่แสดงศักยภาพในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช (Delshadi *et al.*, 2017) ในบทความนี้จะได้อธิบายถึงลักษณะของพืชเมื่อปลูกในสภาวะแล้ง การปรับตัวของพืชที่อยู่ในสภาวะแล้ง และการใช้จุลินทรีย์กลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเพื่อบรรเทาความเครียดจากสภาวะแล้งในพืช

ลักษณะของพืชเมื่อเผชิญกับสภาวะเครียดจากความแห้งแล้ง

พืชที่เจริญในสภาวะแห้งแล้งมีความผิดปกติหลายประการ ได้แก่ การงอก การเจริญเติบโต และผลผลิต (Hussian *et al.*, 2018) โดยทั่วไปความแห้งแล้งทำให้เสียสมดุลระหว่างอัตราการตรึงคาร์บอน (Carbon fixation) และการหายใจแสง (Photorespiration) ทั้งนี้การหายใจแสงเกิดจากกิจกรรมออกซิเจเนสซึ่งเป็นหนึ่งในสองกิจกรรมของเอนไซม์ RuBP carboxylase/oxygenase หรือรูบิสโก โดยที่ก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารตั้งต้นที่เป็นคู่แข่งกันของเอนไซม์รูบิสโก และเป็นตัวควบคุมสมดุลระหว่างการหายใจแสงและการสังเคราะห์ด้วยแสง คาร์บอนไดออกไซด์จะยับยั้งกิจกรรมออกซิเจเนสของเอนไซม์รูบิสโก ดังนั้นการหายใจแสงจะเกิดขึ้นเมื่อมีคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นต่ำ (Orgen, 1984) เนื่องจากในสภาวะแห้งแล้ง พืชจะลดอัตราการ

คายน้ำด้วยการปิดปากใบทำให้คาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ใบพืชได้ลดลง ในสภาวะแล้งอย่างรุนแรงทำให้กิจกรรมคาร์บอกซีเลส (Carboxylase activity) ของเอนไซม์รูบิสโก (Rubisco) ถูกยับยั้งและเกิดกิจกรรมออกซีจีเนส (Oxygenase activity) มากกว่า ดังนั้นกระบวนการตรึงคาร์บอนของพืชจึงลดลงด้วย (Ojuederie *et al.*, 2019) สภาวะแล้งส่งผลให้เซลล์เหี่ยว ปริมาตรของเซลล์จึงลดลง องค์ประกอบภายในเซลล์จึงมีความหนืด สภาวะเช่นนี้ทำให้เกิดการรวมกลุ่มและการเสียสภาพของโปรตีนเกิดขึ้นได้มาก กิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงลดลงด้วย (Farooq *et al.*, 2009) ในสภาวะแห้งแล้งทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงและลดระดับการสะสมน้ำตาลซูโครสในใบพืช ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลทำให้การขนส่งซูโครสไปสู่ส่วนที่ทำหน้าที่สะสมซูโครสลดลง จนส่งผลต่อพัฒนาการของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ของพืชในที่สุด (Farooq *et al.*, 2009) ในสภาวะแห้งแล้งนี้ยังพบว่าการสังเคราะห์โมเลกุลของอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate; ATP) ในพืชลดลงเพราะกระบวนการโฟโตฟอสโฟรีเลชัน (Photophosphorylation) ในพืชถูกขัดขวางจึงผลิต ATP ได้น้อยลง ทั้งนี้เมื่อเผชิญกับสภาวะแห้งแล้ง กระบวนการโฟโตฟอสโฟรีเลชันในพืชจะเกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร (Cyclic electron transport chain) และจะกีดการทำงานของกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร (Non-cyclic electron transport chain) เพราะมีความต้องการใช้นิโคตินาไมด์ อะดีโนซีนไดนิวคลีโอไทด์ ฟอสเฟต (NADPH+H⁺) ลดลง (Farooq *et al.*, 2009)

นอกจากนี้การปิดปากใบยังลดปริมาณออกซิเจนที่ผลิตจาก Photosystem I การเกิดปฏิกิริยารีดักชันในลูกลูโซขนส่งอิเล็กตรอนมากเกินไปเป็นสาเหตุให้เกิดการผลิตซิงเกิลออกซิเจน (Singlet oxygen, ¹O₂) ใน Photosystem II ซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดการผลิตไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide; H₂O₂) ในเพอร์ออกซิโซม (Peroxisome) ในขณะที่เกิดการผลิต O₂, H₂O₂ หรือ

¹O₂ ในคลอโรพลาสต์เกิดจากปฏิกิริยาการหายใจแสง (Ojuederie *et al.*, 2019) ผลของการผลิตออกซิเจนปฏิกิริยา (Reactive oxygen species: ROS) ของพืชในสภาวะแล้งทำให้ ROS ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเพอร์ออกซิเดชัน (Peroxidation) ของไขมันที่เยื่อหุ้มเซลล์ การย่อยสลายกรดนิวคลีอิก ทำลายโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีน (Farooq *et al.*, 2009; Hussian *et al.*, 2018) ผลเสียอื่น ๆ ของความแห้งแล้งต่อพืช ได้แก่ ลดการงอกและความแข็งแรงของต้นกล้า ภาวะขาดน้ำขัดขวางการยืดยาวของเซลล์พืชเนื่องจากขัดขวางการไหลเวียนของน้ำจากไซเลมไปสู่เซลล์ที่กำลังยืดตัว การขาดน้ำในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตส่งผลต่อพืชแต่ละชนิดต่างกัน ตัวอย่างเช่น การขาดน้ำในระยะก่อนดอกบาน (Pre-anthesis) จะทำให้ระยะการบานของดอกสั้นลง ในขณะที่การขาดน้ำในระยะหลังดอกบานจะทำให้ผลผลิตพืชลดลง การขาดน้ำในขณะที่ดอกบานอาจทำให้เป็นหมันได้ และยังทำให้การผลิตดอกและการสะสมน้ำหนักรวมของเมล็ดหยุดชะงัก เมล็ดพันธุ์มีขนาดเล็กหรือน้อยลง เป็นต้น (Farooq *et al.*, 2009) สภาวะแล้งทำให้เกิดการสะสมเกลือและไอออนบริเวณดินชั้นบนโดยรอบรากพืชทำให้เกิดภาวะเครียดออสโมติก (Osmotic stress) และเกิดภาวะเป็นพิษจากไอออน (Ion toxicity) (Fathi and Tari, 2016)

สภาวะแล้งส่งผลต่อพืชทั้งในระยะการงอกและระยะที่พืชเจริญเติบโตตามปกติ น้ำมีความสำคัญต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ด การขาดน้ำทำให้อัตราการงอกลดลงได้ ปริมาณน้ำที่เมล็ดพืชต้องการในการงอกจะต่างกันไปตามแต่องค์ประกอบของเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพืชที่มีองค์ประกอบเป็นสารประเภทโปรตีนมูซิเจล (Mucigel) และเพกตินจะดูดซับน้ำได้มากกว่าเมล็ดพืชที่มีองค์ประกอบเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต (Fathi and Tari, 2016) ความเครียดจากสภาวะแล้งในระยะ Vegetative stage มีความสำคัญน้อยกว่าในระยะสืบพันธุ์ (Reproductive stage) ความแห้งแล้งส่งผลเสียต่อการสะสมน้ำหนักรวมของเมล็ดพันธุ์พืชด้วย ปริมาณน้ำที่ลดลง

ภายใต้สภาวะแล้งทำให้ปริมาณธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่พืชดูดซึมไปใช้ได้ลดลง จำกัดการดูดซึม การเคลื่อนย้าย และเมแทบอลิซึมของสารอาหารและลดปริมาณของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชด้วย การดูดซึมธาตุอาหารที่น้อยลงเป็นผลมาจากการรบกวนการดูดซึมธาตุอาหารและอัตราคายน้ำที่ลดลง การขัดขวางการดูดซึมสารอาหารในพืชพบรายงานที่ต่างกันในพื้นที่ต่างชนิดกัน (Farooq *et al.*, 2009; Vurukonda *et al.*, 2016) สภาวะเครียดจากความแห้งแล้งยังส่งผลต่อปริมาณสารอาหารที่พืชนำไปใช้ได้และการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่ละลายน้ำได้เข้าสู่รากพืชด้วย เช่น ไนเตรต ซัลเฟต แคลเซียม แมกนีเซียม และซิลิกอน (Vurukonda *et al.*, 2016) นอกจากนั้นความแห้งแล้งยังชักนำให้ใบพืชแก่ชรา เนื่องจากเกิดลิพิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น สูญเสียคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงและเกิดปฏิกิริยารีดักชันอย่างแรงของระบบป้องกันอนุมูลอิสระที่ยึดกับเยื่อหุ้มของคลอโรพลาสต์ เช่น ของเบตาแคโรทีนและแอลฟาโทโคฟีรอล พบการสะสมไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ในใบที่แก่เพราะความแล้ง การสะสมไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เกิดขึ้นก่อนในช่องเวสเซลของไซเลม จากนั้นจึงเป็นผนังเซลล์และภายในเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ชั้นมีโซฟิลล์ การสลายตัวของเบตาแคโรทีนและแอลฟาโทโคฟีรอลทำให้เกิดการสร้างซิงเกิ้ลออกซิเจนในคลอโรพลาสต์เพิ่มขึ้น และทำให้ใบแก่ชราลงในที่สุด (Munné-Bosch *et al.*, 2001)

กลไกการปรับตัวของพืชเมื่ออยู่ในสภาวะแห้งแล้ง

พืชมีการปรับตัวให้สามารถเจริญเติบโตในสภาวะแล้งได้หลายลักษณะ ลักษณะการปรับตัวขึ้นอยู่กับความรุนแรงของความแห้งแล้ง ลักษณะการปรับตัวของพืชเมื่ออยู่ในสภาวะแล้งแบ่งเป็นการปรับตัวด้านสรีรวิทยา การปรับตัวทางสรีรวิทยา และการปรับตัวระดับโมเลกุล (Farooq *et al.*, 2009)

การปรับตัวด้านสรีรวิทยาของพืช การปรับตัวของพืชเพื่อหลีกเลี่ยงจากสภาวะแล้ง ได้แก่ การควบคุมการคายน้ำจากการปิดเปิดปากใบ ไซโทไบพืซ

(Glaucousness หรือ Waxy bloom) ช่วยรักษาค่าศักย์ของน้ำ (Water potential) และรักษาระดับการดูดซึมน้ำเข้าสู่พืชผ่านระบบรากที่มีการแตกแขนงจำนวนมาก รากของพืชที่ยังเล็กและแข็งแรงจะช่วยพืชดูดซึมน้ำจากบริเวณที่อยู่ลึกลงไปได้ การเพิ่มการดูดซึมน้ำจะยังคงช่วยให้พืชมีวงชีวิตที่มีระยะเวลาตามปกติ (Farooq *et al.*, 2009) นอกจากนั้น พืชจะหลบหนีจากความแห้งแล้งโดยมีวงชีวิตที่สั้นลง หลีกเลี่ยงภาวะเครียดจากความแล้งโดยรักษาระดับน้ำในเนื้อเยื่อไว้หรือไม่ก็ลดการสูญเสียน้ำออกจากพืช รวมทั้งเพิ่มการดูดซึมน้ำ พืชบางชนิดอาจปรับตัวทางสรีรวิทยาโดยลดขนาดของใบลง การมีขนใบเพื่อช่วยลดอุณหภูมิของใบ ลดการคายน้ำ และช่วยเพิ่มการสะท้อนแสง เป็นต้น (Farooq *et al.*, 2009; Fathi and Tari, 2016)

การปรับตัวทางสรีรวิทยาของพืช ได้แก่ การปรับค่าออสโมติก การสะสมสารป้องกันแรงดันออสโมติก การมีระบบต้านอนุมูลอิสระ และการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น การรักษาระดับน้ำภายในเซลล์และเนื้อเยื่อโดยการปรับค่าออสโมติกจะช่วยเพิ่มสถานะของน้ำภายในเนื้อเยื่อ การสะสมออสโมโพรเทกแทนต์ (Osmoprotectant) เช่น ซิทูลีน (Citrulline) กลูตาเมต (Glutamate) อาร์จินีน (Arginine) โพรลีน (Proline) โพลีเอมีน (Polyamine) โคลีน (Choline) และไกลซีนเบตาอีน (Glycinebetaine; N,N,N-trimethyl glycine) ทำให้ค่าศักย์ออสโมติกของเซลล์ต่ำลง ซึ่งจะดึงดูดน้ำเข้าสู่เซลล์และช่วยรักษาค่าแรงดันเต่งได้ (Turgor maintenance) (Farooq *et al.*, 2009) บทบาทอื่น ๆ ของออสโมโพรเทกแทนต์ คือควบคุมแรงดันออสโมติก ปกป้องเอนไซม์โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ และกำจัดอนุพันธ์ของออกซิเจนที่ว่องไว (Fathi and Tari, 2016) อนุมูลอิสระในพืชถูกกำจัดได้จากระบบที่อาศัยเอนไซม์และไม่อาศัยเอนไซม์ ตัวอย่างเอนไซม์ ได้แก่ คอะตะเลส ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส เพอร์ออกซิเดส พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) กลูตาไทโอนรีดักเตส (Glutathione reductase) โดยเอนซ์แอสคอบีสเพอร์

ออกซิเดส (Ascobate peroxidase) เป็นเอนไซม์หลักในพืชที่ใช้กำจัดอนุมูลอิสระ ส่วนระบบกำจัดอนุมูลอิสระโดยไม่อาศัยเอนไซม์จะอาศัยโมเลกุลของเบตา-แคโรทีน กรดแอสคอร์บิก แอลฟา-โทโคเฟอรอล (α -tocopherol) (Farooq *et al.*, 2009; Chan *et al.*, 2013) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทั้งที่ได้รับจากภายนอกและผลิตขึ้นเองส่งผลกระทบต่อพืชในสถานะที่แห้งแล้งเช่นกัน ระบบรากที่สมบูรณ์ช่วยเพิ่มการทนแล้งของพืช ซึ่งออกซินชักนำให้เกิดการสร้างรากและยังทำลายระยะพักที่ปลายรากซึ่งชักนำโดยไซโทไคนิน ในสถานะแล้งการผลิตออกซินถูกจำกัดโดยเฉพาะเมื่อมีการสร้างกรดแอบไซซิกและเอทิลีนสูง การเพิ่มออกซินให้กับพืช เช่น IAA จึงเพิ่มการสังเคราะห์ด้วยแสงและความนำไฟฟ้าของปากใบได้ (Stomatal conductance) (Farooq *et al.*, 2009)

กรดแอบไซซิก (Abscisic acid) เป็นฮอร์โมนในพืชชั้นสูงที่เกี่ยวข้องต่อการปรับตัวกับความแห้งแล้งและความเครียด จะถูกผลิตขึ้นที่ปลายรากและเป็นสัญญาณเตือนต่อการเผชิญกับภาวะเครียดในพืช (Fathi and Tari, 2016) มีหลักฐานยืนยันว่าการปิดปากใบเป็นผลมาจากการทำงานของกรดแอบไซซิก ในกรณีขาดแคลนน้ำบริเวณรอบราก กรดแอบไซซิกที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นที่รากและส่วนของพืชที่อยู่เหนือพื้นดินจะถูกแพร่กระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการปิดปากใบ การดูดซึมน้ำของพืชลดลง และลดอัตราการคายน้ำด้วย (Fathi and Tari, 2016) กรดแอบไซซิกควบคุมการแสดงออกของยีนที่ควบคุมการตอบสนองต่อความแห้งแล้ง เช่น เกี่ยวข้องกับการชักนำการแสดงออกของยีนหลายชนิดในอ้อย เช่น PP2C-like protein phosphatase S-adenosylmethionine decarboxylase และ Delta-12 oleate desaturase (Azevedo *et al.*, 2011) ในข้าวโพด ซัลเฟตเป็นเมทาบอลไลต์ที่อยู่ในไซเลมซึ่งตามมาจากการขนส่งกรดแอบไซซิกจากรากไปยังยอดและควบคุมการปิดปากใบของกรดแอบไซซิกที่ใบ ซัลเฟตเป็นมหธาตุ (Macronutrient) ชนิดเดียวที่เพิ่มขึ้นในไซเลมแซบเมื่อเกิดความแห้งแล้ง ในขณะที่ไนเตรตและ

ฟอสเฟตไม่มีผล แสดงว่ามีความต้องการซัลเฟตสูงที่ใบในสถานะแล้ง ซึ่งอาจจะเป็นผลจากการส่งสัญญาณของกรดแอบไซซิกหรือใช้สังเคราะห์กลูตาไทโอนที่ใช้เก็บกวาดออกซิเจนปฏิกิริยา (Reactive oxygen species) (Chan *et al.*, 2013)

การปรับตัวระดับโมเลกุล ยีนหลายชนิดถูกชักนำให้ตอบสนองต่อสถานะแล้งในระดับทรานสคริปชัน ผลิตภัณฑ์ของยีนเหล่านี้ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้งของเซลล์ อย่างไรก็ตามสถานะทนแล้งต้องอาศัยการทำงานของหลายยีนร่วมกัน (Farooq *et al.*, 2009) ตัวอย่างโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัวระดับโมเลกุลของพืช ได้แก่ อะควาพอริน (Aquaporins) เป็นโปรตีนที่เยื่อหุ้มของเซลล์หรือออร์แกเนลของเซลล์มีบทบาทควบคุมโมเลกุลของน้ำผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ในพืชพบว่าอะควาพอรินอยู่บริเวณเยื่อหุ้มแวคิวโอล ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการดูดซึมน้ำของรากพืช และมีบทบาทในการรักษาสมดุลของน้ำของเซลล์ (Farooq *et al.*, 2009) โปรตีนความเครียด (Stress protein) เป็นโปรตีนที่ใช้ตอบสนองต่อสถานะแล้ง โปรตีนความเครียดส่วนมากละลายน้ำได้ และมักมีบทบาทช่วยให้เกิดความทนทานต่อความเครียดโดยรักษาความชุ่มชื้นของโครงสร้างเซลล์ ตัวอย่างโปรตีนที่ตอบสนองในสถานะเครียด เช่น ชาเพอรอน (Chaperon) ซึ่งมีหลายชนิดรวมทั้งโปรตีนฮีตช็อก (Heat shock proteins) ที่มีบทบาทในการรักษาเสถียรภาพของโครงสร้างโปรตีน โปรตีนฮีตช็อกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมักถูกชักนำให้ผลิตขึ้นเพื่อตอบสนองต่ออุณหภูมิสูง สำหรับโปรตีนฮีตช็อกชนิดอื่น ๆ โดยมากมักผลิตขึ้นจากการถูกชักนำโดยปัจจัยความเครียดที่หลากหลาย เช่น สถานะแห้งแล้ง สถานะไร้ออกซิเจนและอุณหภูมิต่ำ เป็นต้น (Farooq *et al.*, 2009)

กลไกที่แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชใช้เพื่อบรรเทาความเครียดจากสถานะแล้งในพืช

แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอาศัยกลไกหลายอย่างร่วมกันในการสนับสนุนการ

เจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในสภาวะเครียดจากความแล้ง เช่น การผลิตสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ (Volatile organic compound) การผลิตเอนไซม์ 1-อะมิโนไซโคลโพรเพน-1-คาร์บอกซิเลตดีอะมิเนส (1-Aminocyclopropane-2-carboxylate deaminase; ACC deaminase) การผลิตเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ (Exopolysaccharide) และการสังเคราะห์ IAA เป็นต้น (Ojuederie *et al.*, 2019; Chandra *et al.*, 2021)

การผลิตสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชสามารถผลิตเมทาบอลิท์ทุติยภูมิที่สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชและบรรเทาผลกระทบจากความแล้งได้ สารกลุ่มนี้ครอบคลุมสารอินทรีย์ที่ระเหยได้หลายชนิด เช่น อัลดีไฮด์ อีเทอร์ เอสเทอร์ แอลกอฮอล์ คีโตน สารประกอบของกำมะถัน และไฮโดรคาร์บอนที่เป็นอะลิฟาติกสายสั้น ๆ สารเหล่านี้ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันของพืชในการตอบสนองต่อความเครียดจากสิ่งที่มีและไม่มีชีวิต ช่วยควบคุมเชื้อก่อโรคพืช ตัวอย่างของสารในกลุ่มนี้ได้แก่ อะเซโตอิน (Acetoin) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรักษาโครงสร้างของผนังเซลล์และการปิดปากใบ 2-บูทาโนน (2-Butanone) 13-เตตระเดคาไดอิน (13-Tetradecadien-1-ol) และ 2-เมทิล-เอ็น-1-ไตรเดซีน (2-Methyl-n-1-tridecene) (Ali and Khan, 2021; Chandra *et al.*, 2021)

เอนไซม์เอซีซีดีอะมิเนส การสังเคราะห์เอทิลีนในพืชมีสารตั้งต้นที่สำคัญคือ 1-อะมิโนไซโคลโพรเพน-1-คาร์บอกซิเลตหรือเอซีซี (1-Aminocyclopropane-1-carboxylate; ACC) การสังเคราะห์เอทิลีนเกิดจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนเอส-อะดีโนซิลเมไทโอนีน (S-adenosyl methionine) ไปเป็น ACC โดยเอนไซม์ ACC synthase สภาวะแล้งที่พืชได้รับจะทำให้มีการสะสม ACC ในพืชมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการผลิตเอทิลีนในพืชเกิดมากขึ้นได้ เอทิลีนที่พืชผลิตขึ้นส่งผลให้เกิดความชราของพืช เร่งการแก่และสุกของผลไม้ การร่วงของใบ การเกิดราก ควบคุมการเกิดปมรากในพืชวงศ์ถั่ว ยับยั้งการสร้าง Storage organ ในพืช และส่งเสริมการเกิดดอก

ในพืชบางสปีชีส์ (Ojuederie *et al.*, 2019) ระดับความเข้มข้นของเอทิลีนที่มากเกินไปส่งผลเสียต่อการพัฒนาการของรากและยอดของพืช การผลิตเอนไซม์ ACC deaminase จากแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในไรโซสเฟียร์จะเปลี่ยน ACC ไปเป็นแอมโมเนียมไอออนและแอลฟาคีโตกลูตาเรต ทำให้การผลิตเอทิลีนจาก ACC ในพืชลดลง และช่วยฟื้นฟูพืชให้กลับมาเจริญเติบโตและพัฒนาได้ตามปกติ (Ojuederie *et al.*, 2019; Chandra *et al.*, 2021)

การควบคุมระบบออสโมซิส (Osmoregulation)

แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชสามารถขับออสโมไลต์ (Osmolyte) ร่วมกับการสังเคราะห์ออสโมไลต์ขึ้นมาในพืชที่ได้รับความเครียดเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในสภาวะเครียด ชนิดของออสโมไลต์ที่จุลินทรีย์กลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชผลิตขึ้นได้แก่ โพรลีน น้ำตาล (Soluble sugar) ไกลซีน เบตาอิน เป็นต้น การสะสมสารออสโมไลต์ช่วยป้องกันเซลล์จากการถูกทำลาย โดยในสภาวะแล้งปริมาณน้ำตาลในใบพืชจะลดลงส่งผลให้เกิดการทำลายสารชีวโมเลกุลและเยื่อหุ้มเซลล์ (Ojuederie *et al.*, 2019) แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชจะขับออสโมไลต์เพื่อตอบสนองต่อสภาวะเครียดจากความแห้งแล้ง โดยออสโมไลต์จากจุลินทรีย์จะทำงานร่วมกับออสโมไลต์ที่พืชผลิตขึ้นในการปกป้องอันตรายจากสภาวะแล้ง ตัวอย่างเช่น ทรีฮาโลส (Trehalose) เป็นน้ำตาลไดแซ็กคาไรด์ทำหน้าที่เป็นออสโมไลต์ที่รักษาเสถียรภาพของเอนไซม์และเยื่อหุ้มเซลล์ที่อยู่ในสภาวะขาดแคลนน้ำ (Vurukonda *et al.*, 2016)

การสังเคราะห์เอกโซพอลิแซ็กคาไรด์

จุลินทรีย์กลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชสามารถขับเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ พอลิแซ็กคาไรด์ และพอลิโปรตีน และกรดนิวคลีอิกเล็กน้อย เอกโซพอลิแซ็กคาไรด์อาจเป็นเยื่อเมือก (Slime) หรือแคปซูล (Capsule) ประโยชน์ของเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ คือ ช่วยปกป้องเซลล์จากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยการรักษาเสถียรภาพของ

เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งแบคทีเรียมักผลิตขึ้นเมื่อเจริญอยู่ในระยะ Log phase และ Stationary phase เอ็กโซพอลิแซ็กคารไรด์ที่แบคทีเรียผลิตขึ้นช่วยให้พืชเจริญในสภาวะที่ไม่เหมาะสมได้ เนื่องจากช่วยลดการระเหยของน้ำ และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ของดิน ส่งผลต่อโครงสร้างเนื้อดิน และการเชื่อมต่อของรูพรุนภายในดิน เพื่อการดูดซึมน้ำและไนโตรเจน และทำให้ดินยึดเกาะกับรากได้ดีขึ้น (Ojuederie *et al.*, 2019; Chandra *et al.*, 2021) เอ็กโซพอลิแซ็กคารไรด์ที่ขับออกสู่ดินในรูปของแคปซูลหรือเมือกถูกดูดซับโดยพื้นผิวของแร่ดินเหนียวได้จากการสร้างพันธะกับประจุบวก (Cation bridge) พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bonding) แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals forces) รวมทั้งกลไกการดูดซับโดยประจุลบ (Anion adsorption) เอ็กโซพอลิแซ็กคารไรด์ช่วยในการอุ้มน้ำและยังแห้งช้ากว่าสิ่งแวดล้อมด้านนอก จึงปกป้องแบคทีเรียและรากพืชจากความแห้งแล้งได้ บริเวณรากพืชที่มีเอ็กโซพอลิแซ็กคารไรด์ที่ผลิตจากแบคทีเรียช่วยเพิ่มการนำสารอาหารเข้าสู่รากพืชได้มากขึ้น เนื่องจากมีความชื้นสูงกว่าบริเวณโดยรอบ (Vurukonda *et al.*, 2016)

กรดอินโดล-3-แอซิดิก IAA มีบทบาททางตรงต่อพืช ได้แก่ เปลี่ยนแปลงลักษณะของราก โดยช่วยเพิ่มจำนวนปลายราก และพื้นที่ผิวรากพืช ทำให้พืชดูดซึมน้ำและแร่ธาตุได้ดีขึ้น (Ojuederie *et al.*, 2019) IAA ช่วยให้รากพืชดูดน้ำและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของพืชที่เผชิญสภาวะเครียดจากความแห้งแล้งกลับสู่สภาวะปกติได้ และช่วยให้พืชสะสมโปรตีนได้ดีด้วย (Muhammad *et al.*, 2016) อย่างไรก็ตาม หากมี IAA มากเกินไปจะเพิ่มการสังเคราะห์เอทิลีนโดยกระตุ้นทรานสคริปชันของยีนที่กำหนดการสังเคราะห์ ACC synthase (Ojuederie *et al.*, 2019) นอกจากความสามารถในการผลิต IAA ที่มีผลต่อรากแล้ว แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชสามารถเปลี่ยนแปลงความยืดหยุ่นของเยื่อหุ้มเซลล์ของ

รากซึ่งถือเป็นกลไกหนึ่งช่วยให้พืชทนทานต่อสภาวะขาดน้ำได้ นอกจากนี้แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชยังกระตุ้นระบบต่อต้านการเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งถือเป็นกลไกที่ช่วยเพิ่มความทนทานในสภาวะแล้งด้วย (Vurukonda *et al.*, 2016) การกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชโดยแบคทีเรียที่ผลิต IAA ได้นี้ ให้ผลเช่นเดียวกับการกระตุ้นพืชด้วยสารละลาย IAA มาตรฐาน เช่น ความยาวราก ความยาวทั้งหมด และน้ำหนักสดของลำต้นที่ได้รับ *Streptomyces thermocarboxydus* S3 ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ผลิต IAA ได้ เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับลำต้นที่ได้รับ IAA 11.12 µg/ml (Lasudee *et al.*, 2018)

การดูดซึมสารอาหารภายใต้สภาวะเครียด

สภาวะความเครียดจากปัจจัยทางกายภาพสามารถลดการเจริญเติบโตของพืชได้ และมักจะลดปริมาณแร่ธาตุในพืชลงด้วย ซึ่งเกิดจากโปรตีนที่ทำหน้าที่ขนส่งสารอาหารลดจำนวนลง การทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม ดังนั้นการใช้จุลินทรีย์ที่คัดแยกจากแหล่งที่มีความเครียดจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ จะสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชที่เผชิญความเครียดนั้นได้ดี เช่น การคัดแยกแบคทีเรียจากสภาวะที่เกิดความแห้งแล้ง จะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชในสภาวะแล้งได้ดี (Ojuederie *et al.*, 2019)

แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชช่วยเพิ่มความทนทานจากสภาวะแล้งโดยเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ (Vurukonda *et al.*, 2016) และยังช่วยเพิ่มปริมาณรงควัตถุในใบพืชที่ลดลงเนื่องจากสภาวะแล้งได้ เช่น ที่พบในใบของ *Avena sativa* การใช้แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช *Azotobacter vinelandii* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถในการตรึงก๊าซไนโตรเจน เพิ่มปริมาณรงควัตถุที่ใช้สังเคราะห์ด้วยแสง และเพิ่มการดูดซึมสารอาหารของ *Avena sativa* ได้ (Delshadi *et al.*, 2017)

Table 1 Plant growth promoting bacteria that have been reported to enhance plant growth under drought condition.

Microbe	Plant species	Positive effect to plant	Citation
<i>Micrococcus yunnanensis</i>	Camelina (<i>Camelina sativa</i>)	Increase oil quality of camelina seeds	Borzoo <i>et al.</i> (2021)
<i>Azospirillum brasilense</i> and <i>Bacillus</i> sp.	<i>Cecropia</i> <i>pachystachya</i> and <i>Cariniana estrellensis</i>	Increase drought tolerance of plant and increase specific leaf area and leaf-area ratio	Tiepo <i>et al.</i> (2020)
<i>Pseudomonas fluorescens</i> strain DPB15 and <i>P. palleroniana</i> strain DPB16	Wheat (<i>Triticum aestivum</i>)	Increase root and shoot biomass, plant height and nutrient content in leaves	Chandra <i>et al.</i> (2018)
<i>Azospirillum brasilense</i> NO40 and <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> B11	Wheat	Increase leaf area, chlorophyll content in leaves, relative water content of roots, shoots and leaves and reduce electrolyte leakage, malondialdehyde and hydrogen peroxide accumulation	Kasim <i>et al.</i> (2021)
<i>Bacillus</i> sp. MN-54, <i>Enterobacter</i> sp. FD-17, and <i>Pseudomonas fluorescens</i> 1	Corn (<i>Zea mays</i>)	Increase biomass accumulation, photosynthetic activity and water constancy in leaf	Saleem <i>et al.</i> (2021)
<i>Streptomyces thermocarboxydus</i> S3	Mungbean (<i>Vigna radiata</i>) and rice (<i>Oryza sativa</i>)	Increase fresh weight, root length and total length of mungbean and rice	Lasudee <i>et al.</i> (2018)
<i>Azotobacter chroococcum</i> 67B and <i>Azotobacter chroococcum</i> 76A	Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	Increase tomato growth under stress condition	Viscardi <i>et al.</i> (2016)
<i>Pseudomonas fluorescens</i> DR7	<i>Setaria italic</i>	Stimulate seed germination and growth of <i>Setaria italic</i> under drought condition; These bacteria colonized plant root and increase soil moisture well.	Niu <i>et al.</i> (2018)
<i>Bacillus pumilus</i>	<i>Glycyrrhiza uralensis</i>	Increase plant biomass and decrease lipid peroxidation in plant	Xie <i>et al.</i> (2019)

ตัวอย่างของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในสภาวะแล้ง

แบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชแต่ละสายพันธุ์จะมีคุณสมบัติที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้หลายลักษณะ และสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในสภาวะแล้งได้ ตัวอย่างของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ที่มีรายงานว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในสภาวะแล้งสรุปไว้ใน Table 1 เช่น แบคทีเรีย *Azotobacter chroococcum* 67B และ *Azotobacter chroococcum* 76A มีความสามารถในการตรึงแก๊สไนโตรเจน ผลิต IAA ไซเคโอโรฟอร และเอนไซม์ ACC deaminase นอกจากนี้ยังทนแล้งและทนเค็มได้ เมื่อนำไปใช้ร่วมกับการปลูกมะเขือเทศสามารถลดผลกระทบที่เกิดจากสภาวะเครียดจากปัจจัยทางกายภาพต่อมะเขือเทศได้ (Viscardi et al., 2016) แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 4 ชนิดที่คัดเลือกได้จากบริเวณรากของต้นข้าวฟ่างหางหมา (*Setaria italica* L.) ซึ่งเป็นพืชทนแล้ง ได้แก่ *Pseudomonas fluorescens* DR7, *Pseudomonas fluorescens* DR11, *Pseudomonas migulae* DR35 และ *Enterobacter hormaechei* DR16 ซึ่งผลิตเอนไซม์ ACC deaminase ทนแล้งและผลิตเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้ แบคทีเรียทั้งสี่ชนิดสามารถกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างหางหมาที่เพาะในสภาวะแล้ง โดยแบคทีเรีย *Pseudomonas fluorescens* DR7 ผลิตเอนไซม์ ACC deaminase และเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้ดีที่สุด รวมทั้งยังเข้าครอบครองรากพืชที่ติดอยู่กับดินและสามารถเพิ่มความชื้นให้กับดินได้ดี (Niu et al., 2018)

สภาวะแล้งส่งผลให้เกิด Oxidative damage ลดการเจริญเติบโต และลดปริมาณเมแทบอลิท์ทุติยภูมิในพืชซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง และสามารถลดภาวะดังกล่าวในพืชได้ด้วยการเติมหัวเชื้อแบคทีเรีย เช่น ชะเอมจีน (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.) ที่ได้รับหัวเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus pumilus* ซึ่งปลูกในสภาวะแล้งช่วยให้ชีวมวลของพืชเพิ่มขึ้นร้อยละ 34.9

ช่วยลดระดับการเกิดลิพิดเพอรอกซิเดชัน (Lipid peroxidation) เมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ไม่ได้รับหัวเชื้อแบคทีเรีย (Xie et al., 2019) การศึกษานี้พบว่าสภาวะแล้งส่งผลต่อความยาวราก ความยาวลำต้น จำนวนของรากแขนง (Lateral root) และน้ำหนักแห้งของพืชได้ การใช้หัวเชื้อ *Bacillus pumilus* ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มชีวมวลของพืชในสภาวะแล้งได้ การเพิ่มจำนวนรากแขนง และความยาวของรากจะช่วยให้พืชทนทานต่อสภาวะแล้งได้ดีขึ้นเพราะดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น นอกจากนี้พบว่า พืชที่ปลูกในสภาวะแล้งและได้รับหัวเชื้อแบคทีเรียมีการสะสม O_2^- , H_2O_2 ลดลง และปริมาณของ Malondialdehyde ซึ่งเป็นดัชนีของการเกิดลิพิดเพอรอกซิเดชันลดลงด้วย คาดว่าแบคทีเรียช่วยชักนำให้กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของพืชทั้งระบบที่ใช้และไม่ใช้เอนไซม์เพิ่มสูงขึ้น (Xie et al., 2019) การใช้หัวเชื้อ *Bacillus pumilus* ช่วยเพิ่มปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ ปริมาณซาโปนิน (Saponin) และกรด Glycyrrhizic ในพืชด้วย คาดว่าการเพิ่มระดับเมแทบอลิท์ทุติยภูมิของพืชที่กระตุ้นโดยการเติมหัวเชื้อแบคทีเรียทำให้พืชต้านทานต่ออนุมูลอิสระของ ROS ได้ด้วย (Xie et al. 2019)

การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีในเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* 5113 และ *Azospirillum brasilense* NO40 ช่วยให้ข้าวสาลีทนความเครียดจากสภาวะแล้งได้ดีกว่าเมล็ดข้าวสาลีที่ไม่ได้รับเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียก่อนเพาะ สภาวะแล้งส่งผลต่อการรอดชีวิตของต้นกล้าที่มีอายุ 12 วันเป็นอย่างมาก หลังจากให้ต้นกล้าขาดน้ำนาน 7 วัน ต้นกล้าที่ไม่ได้รับหัวเชื้อแบคทีเรียและเพาะในสภาวะแล้งจะมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำในพืชลดลงในสภาวะเครียดจากความแห้งแล้งพืชมักผลิตอนุมูลอิสระของ ROS โดยตรวจพบเอนไซม์ที่มีบทบาททำลายอนุมูลอิสระของ ROS เช่น แอสคอร์เบตเพอรอกซิเดส (Ascorbate peroxidase) พบมากในใบของต้นกล้าข้าวสาลีทั้งในต้นกล้าที่แช่เมล็ดพันธุ์หรือไม่ได้แช่เมล็ดพันธุ์ในเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียก่อนเพาะ (Kasim et al., 2013)

แบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ ACC deaminase IAA และกรดซาลิไซลิก ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในสภาวะแล้งได้ดี ตัวอย่างเช่น *Bacillus licheniformis* K11 เป็นแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์ ACC deaminase และออกซินช่วยให้พริกไทย (*Capsicum annuum* L.) ทนทานต่อความแห้งแล้งและรอดชีวิตในสภาวะแล้งได้ดีกว่าต้นกล้าพริกไทยที่ไม่ได้รับการเติมเชื้อ โดยพริกไทยที่ไม่ได้เติมเชื้อจะตายทั้งหมดหลังจากเผชิญกับสภาวะแล้งเป็นเวลา 15 วัน พืชที่อยู่ในสภาวะแล้งแต่ได้รับการเติมหัวเชื้อจะมีความยาวราก ความยาวยอด และน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น และมีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 80 หลังจากให้อยู่ในสภาวะแล้งเป็นเวลา 15 วัน (Lim and Kim, 2013) นอกจากนี้ แบคทีเรียกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ *Bacillus* sp. (12D6) และ *Enterobacter* sp. (16i) ที่เติมลงสู่ไรโซสเฟียร์ ส่งเสริมการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้าของข้าวสาลี (*Triticum aestivum*) และต้นกล้าของข้าวโพดได้ (*Zea mays*) โดยทำให้ต้นกล้าของพืชทั้งสองชนิดแข็งแรงหลังอยู่ในสภาวะแล้งเป็นเวลา 7 วัน แบคทีเรียทั้งสองผลิต IAA และกรดซาลิไซลิกได้ ช่วยเพิ่มการแตกแขนงของราก (Root branching) ของต้นกล้าข้าวสาลี และเพิ่มความยาวพื้นที่ผิวของราก และจำนวนปลายรากในข้าวโพด โดยที่ *Enterobacter* sp. (16i) เพิ่มความยาวราก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของราก และการแตกแขนงของราก ได้มากกว่า *Bacillus* sp. (12D6) (Jochum et al., 2019)

สรุปผลการวิจัย

ความแห้งแล้งเป็นสภาวะเครียดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายประการ และมีแนวโน้มที่จะทวีความสำคัญขึ้นเรื่อย ๆ ความแห้งแล้งส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ในพืช ซึ่งทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชผิดปกติ การใช้แบคทีเรียส่งเสริม

การเจริญเติบโตของพืชเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยบรรเทาผลกระทบของความแห้งแล้งต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ กลไกของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องมีหลากหลาย ตั้งแต่การผลิตสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ การผลิตเอนไซม์เอซีซีดีอะมิเนส การควบคุมระบบฮอร์โมนพืช การสังเคราะห์เอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ การผลิตกรดอินโดล-3-แอซิดิก และเพิ่มการดูดซึ่มสารอาหารภายใต้สภาวะเครียด และมีตัวอย่างงานวิจัยที่แสดงถึงผลสำเร็จของการใช้แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชต่อพืชเศรษฐกิจที่เผชิญสภาวะเครียดจากความแห้งแล้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งแสดงถึงความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้เพิ่มผลผลิตทางการเกษตรในสภาวะที่โลกกำลังเผชิญความท้าทายกับภาวะโลกร้อนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำหรับสถานที่ดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Ali, S. and N. Khan. 2021. Delineation of mechanistic approaches employed by plant growth promoting microorganisms for improving drought stress tolerance in plants. **Microbiological Research** 249: 1-15. DOI:10.1016/j.micres.2021.126771.
- Azevedo, R.A., R.F. Carvalho, M.C. Cia and P.L. Gratão. 2011. Sugarcane under pressure: an overview of biochemical and physiological studies of abiotic stress. **Tropical Plant Biology** 4: 42-51.

- Borzoo, S., S. Mohsenzadeh, A. Moradshahi, H. Zamani and M. Zarei. 2021. Characterization of physiological responses and fatty acid compositions of *Camelina sativa* genotypes under water deficit stress and symbiosis with *Micrococcus yunnanensis*. **Symbiosis** 83: 79-90.
- Chan, K.X., M. Wirtz, S.Y. Phua, G.M. Estavillo and B.J. Pogson. 2013. Balancing metabolites in drought: the sulfur assimilation conundrum. **Trends in Plant Science** 18: 18-29.
- Chandra, D., R. Srivastava and A.K. Sharma. 2018. Influence of IAA and ACC deaminase producing fluorescent pseudomonads in alleviating drought stress in wheat (*Triticum aestivum*). **Agricultural Research** 7: 290-299.
- Chandra, P., A. Wunnava, P. Verma, A. Chandra and R.K. Sharma. 2021. Strategies to mitigate the adverse effect of drought stress on crop plants-influences of soil bacteria: a review. **Pedosphere** 31(3): 496-509.
- Delshadi, S., M. Ebrahimia and E. Shirmohammadia. 2017. Plant growth promoting bacteria effects on growth, photosynthetic pigments and root nutrients uptake of *Avena sativa* L. under drought stress. **Desert** 22-1: 107-116.
- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S.M.A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development** 29: 185-212.
- Fathi, A. and D.B. Tari. 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. **International Journal of Life Sciences** 10(1): 1-6.
- Hussian, H., S. Hussain, A. Khaliq, U. Ashraf, S.A. Anjum, S. Men and L. Wang. 2018. Chilling and drought stresses in crop plants: implications, cross talk, and potential management opportunities. **Frontiers in Plant Science** 9: 1-21. DOI: 10.3389/fpls.2018.00393.
- Ilyas, M., M. Nisar, N. Khan, A. Hazrat, A.H. Khan, K. Hayat, S. Fahad, A. Khan, and A. Ullah. 2021. Drought tolerance strategies in plants: a mechanistic approach. **Journal of Plant Growth Regulation** 40: 926-944.
- Jochum, M.D., K.L. McWilliams, E.J. Borrego, M.V. Kolomiets, G. Niu, G.N. Pierson and Y.-K. Jo. 2019. Bioprospecting plant growth promoting rhizobacteria that mitigate drought stress in grasses. **Frontiers in Microbiology** 10: 1-9. DOI: 10.3389/fmicb.2019.02106.

- Kasim, W.A., M.H. Osman, M.N. Omar, I.A. Abd El-Daim, S. Bejai and J. Meijer. 2013. Control of drought stress in wheat using plant-growth-promoting bacteria. **Journal of Plant Growth Regulator** 32: 122-130.
- Kasim, W.A., M.H. Osman, M.N. Omar and S. Salama. 2021. Enhancement of drought tolerance in *Triticum aestivum* L. seedlings using *Azospirillum brasilense* NO40 and *Stenotrophomonas maltophilia* B11. **Bulletin of the National Research Centre** 45(1): 1-14. DOI: 10.1186/s42269-021-00546-6.
- Lasudee, K., S. Tokuyama, S. Lumyong and W. Pathom-aree. 2018. Actinobacteria associated with arbuscular mycorrhizal funneliformis mosseae spores, taxonomic characterization and their beneficial traits to plants: evidence obtained from mung bean (*Vigna radiata*) and Thai jasmine rice (*Oryza sativa*). **Frontiers in Microbiology** 9: 1-18. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01247.
- Lim, J.-H. and S.-D. Kim. 2013. Induction of drought stress resistance by multi-functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in pepper. **The Plant Pathology Journal** 29(2): 201-208.
- Muhammad, N., H. Manghwar, U.M. Quraishi, H.J. Chaudhary, and M.F.H. Munis. 2016. Indole-3-acetic acid induces biochemical and physiological changes in wheat under drought stress conditions. **Philippine Agricultural Scientist** 99(1): 19-24.
- Munné-Bosch, S., T. Jubany-Marí and L. Alegre. 2001. Drought-induced senescence is characterized by a loss of antioxidant defences in chloroplasts. **Plant, Cell and Environment** 24: 1319-1327.
- Niu, X., L. Song, Y. Xiao and W. Ge. 2018. Drought-tolerance plant growth-promoting rhizobacteria associated with foxtail millet in a semi-arid agroecosystem and their potential in alleviating drought stress. **Frontiers in Microbiology** 8: 1-11. DOI: 10.3389/fmicb.2017.02580.
- Ojuederie, O.B., O.S. Olanrewaju and O.O. Babalola. 2019. Plant growth promoting rhizobacterial mitigation of drought stress in crop plants: implications for sustainable agriculture. **Agronomy** 9: 1-29. DOI:10.3390/agronomy9110712.
- Orgen, W.L. 1984. Photorespiration. **Annual Reviews of Plant Physiology** 35: 415-442.

- Saleem, M., F. Nawaz, M.B. Hussain and R.M. Ikram. 2021. Comparative effects of individual and consortia plant growth promoting bacteria on physiological and enzymatic mechanisms to confer drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Soil Science and Plant Nutrition** 21: 3461-3476.
- Stikić, R., Z. Jovanović and L. Prokić. 2014. Mitigation of plant drought stress in a changing climate. **Botanica Serbica** 38(1): 35-42.
- Tiepo, A.N., L.V. Constantino, T.B. Madeira, E. Bianchini, A.L.M. de Oliveira, H.C. Oliveira and R. Stolf-Moreira. 2020. Plant growth-promoting bacteria improve leaf antioxidant metabolism of drought-stressed Neotropical trees. **Planta** 251(4): 1-11. DOI:10.1007/s00425-020-03373-7.
- Viscardi, S., V. Ventorino, P. Duran, A. Maggio, S. De Pascale, M.L. Mora and O. Pepe. 2016. Assessment of plant growth promoting activities and abiotic stress tolerance of *Azotobacter chroococcum* for a potential use in sustainable agriculture. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition** 16(3): 848-863.
- Vurukonda, S.S.K.P., S. Vardharajula, M. Shrivastava and A. Skz. 2016. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological Research** 184: 13-24.
- Xie, Z., Y. Chu, W. Zhang, D. Lang and X. Zhang. 2019. *Bacillus pumilus* alleviates drought stress and increases metabolite accumulation in *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. **Environmental and Experimental Botany** 158: 99-106.

การประเมินปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน
ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

Evaluation of Total Phenolic, Flavonoid and Anthocyanin Contents
in Black Glutinous Rice Seedling

หทัยรัตน์ อุ่นแก้ว¹ นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์¹ กอบลาภ อารีศรีสม¹ วิกานดา ใหม่เพย² และภาวิณี อารีศรีสม^{1*}

Hathairat Aunkaew¹, Narin Taokaenchan¹, Koblap Areesrisom¹, Vikanda Maifaey²
and Pawinee Areesrisom^{1*}

¹สาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาการจัดการชุมชน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

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

²Division of Community Management, Maejo University, Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: areesrisom30@gmail.com

Received: December 02, 2020

Revised: March 09, 2022

Accepted: March 29, 2022

Abstract

In the present work, total phenolic, flavonoid and anthocyanin contents in seedling of 4 black glutinous rice varieties including Kum Phukieo, Kum Doi Saket, Kum Yai and Leumpua were evaluated. The experiment was carried out based on Completely Randomized Design (CRD) with three replications and the black glutinous rice seedling were harvested at 10 days after planting. The results showed that the black glutinous rice varieties had a statistically significant effect on the active compounds. Seedling of Kum Doi Saket and Kum Yai provided the highest of total phenolic contents at concentrations of 5.65 ± 0.13 and 5.64 ± 0.10 mg GAE/g dry weight, respectively. Though, seedling of Kum Doi Saket gave the highest of flavonoid contents at the concentration of 2.17 ± 0.03 mg QE/g dry weight. However, Seedling of Kum Yai gave the highest of anthocyanin contents at the concentration of 14.70 ± 0.35 mg/100 g fresh weight.

Keywords: seedling, black glutinous rice, total phenolic, flavonoid, anthocyanin

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ กำภูเขียว กำดอยสะเก็ด กำใหญ่ และลืมผัว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ และเก็บเกี่ยวต้นอ่อนข้าวเหนียวดำเมื่ออายุครบ 10 วัน ผลการศึกษาพบว่าสายพันธุ์ของข้าวเหนียวดำมีผลต่อปริมาณสารสำคัญในต้นอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดพบสูงสุดในต้นอ่อนสายพันธุ์กำดอยสะเก็ดและพันธุ์กำใหญ่ มีเท่ากับ 5.65 ± 0.13 และ 5.64 ± 0.10 มก. สมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ส่วนฟลาโวนอยด์พบมากที่สุดที่ต้นอ่อนสายพันธุ์กำดอยสะเก็ด มีค่าเท่ากับ 2.17 ± 0.03 มก. สมมูลย์ของเคอร์ซีตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ในขณะที่ปริมาณแอนโทไซยานินพบสูงสุดในต้นอ่อนสายพันธุ์กำใหญ่ มีค่าเท่ากับ 14.70 ± 0.35 มก./100 กรัมน้ำหนักสด

คำสำคัญ: ต้นอ่อน ข้าวเหนียวดำ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน

คำนำ

ข้าวเหนียวดำ (Black glutinous rice) จัดอยู่ในวงศ์ POACEAE มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* var. *glutinosa* ภาษามอญทางภาคเหนือเรียกว่า ข้าวดำ ซึ่งเรียกตามลักษณะสีของเมล็ดข้าวที่มีสีม่วงดำหรือแดงดำ ข้าวเหนียวดำเป็นข้าวพื้นเมืองของประเทศไทย นิยมปลูกในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ปลูกได้เฉพาะนาปี มีลักษณะเฉพาะแตกต่างจากข้าวทั่วไป เนื่องจากมีการปรากฏของสีม่วงบนส่วนต่าง ๆ ของต้น เช่น กาบใบ

แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด (Kaladee *et al.*, 2000) โดยสีที่เกิดขึ้นนั้นพบว่าเป็นมาจากการสะสมของรงควัตถุ 3 ชนิด คือ แอนโทไซยานิน ฟลาโวนอยด์ และโปรแอนโทไซยานิน (Wiriyasuk *et al.*, 2005) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ละลายได้ดีในน้ำ และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Matsuo *et al.*, 1997) นอกจากนี้ยังพบสารประกอบอื่น ๆ ได้แก่ โปรตีน ฟอสฟอรัส โพรแทสเซียม แคลเซียม ธาตุเหล็ก และสังกะสี ในเมล็ดข้าวสูงกว่าข้าวขาวทั่วไป ในอดีตมีการปลูกข้าวดำเพื่อใช้ในการรักษาโรคต่าง ๆ ได้แก่ โรคท้องร่วง และโรคผิวหนัง เช่น โรคหิด เป็นต้น (Phengrat and Jearakongman, 2009)

ปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มของการให้ความสำคัญต่อสุขภาพมากขึ้น จึงมีผลิตภัณฑ์จากข้าวออกมามากมายหลายชนิด เช่น ข้าวกล้องงอกและผลิตภัณฑ์จากข้าวกล้องงอก และมีการวิจัยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีก เช่น ผลิตภัณฑ์ผงต้นอ่อนข้าวสาลี เนื่องจากต้นอ่อนข้าวประกอบไปด้วยสารกลุ่มฟีนอลิก สารออริซานอล โยอาหาร และวิตามินอี (Areekul *et al.*, 2015) นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยพบว่า ต้นอ่อนข้าวสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตชาต้นอ่อนข้าวได้ โดยพบว่ามีปริมาณธาตุอาหาร วิตามิน และสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมากมายหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ และสารเบต้ากลูแคน ที่มีส่วนช่วยในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและซ่อมแซมเนื้อเยื่อ ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลในร่างกาย ช่วยปรับน้ำตาลในเลือด และช่วยลดความดันโลหิต (Sudtasam *et al.*, 2008) จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในชาต้นอ่อนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์เหนียวกำใหญ่ และพันธุ์หอมนิล พบว่าชาที่ผลิตจากใบของต้นอ่อนพันธุ์เหนียวกำใหญ่ อายุ 10 วัน ให้ปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุด (Somporn *et al.*, 2018)

การเจริญเติบโตของต้นอ่อนถูกควบคุมด้วยหลายปัจจัยที่เหมาะสมกับการงอก เช่น ความชื้น แสง อุณหภูมิ และออกซิเจน โดยสายพันธุ์ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อ

ปริมาณผลผลิตและสารสำคัญ จากการค้นคว้าข้อมูลพบว่า ยังไม่มีรายงานการศึกษาถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมด ฟลาโวนอยด์และแอนโทไซยานินในต้นอ่อนของ ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ต่าง ๆ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงสนใจ ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำภูเขียว (*Oryza sativa* var. Kum Phukhieo) พันธุ์กำตอยสะเกิด (*Oryza sativa* var. Kum Doi Saket) พันธุ์กำใหญ่ (*Oryza sativa* var. Kum Yai) และพันธุ์ลิ้มผัว (*Oryza sativa* var. Leumpua) เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ ข้าวเหนียวดำที่เกษตรกร ให้การยอมรับและนิยมปลูกในภาคเหนือ เพื่อการบริโภค ขยายพันธุ์ และเก็บรักษาสายพันธุ์ งานวิจัยนี้ถือได้ว่าเป็น การเพิ่มมูลค่าให้แก่ข้าวเหนียวดำ เพื่อสามารถนำไปต่อยอด เป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อาหารคาวหวาน อาหารเสริมสุขภาพ เครื่องสำอาง และเวชภัณฑ์ยา เป็นต้น



Figure 1 Seeds of 4 black glutinous rice varieties

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

สกัดตัวอย่างพืช โดยชั่งต้นอ่อนข้าวเหนียวดำแห้ง ที่บดละเอียดแล้วตัวอย่างละ 3.00 กรัม ใส่ลงในหลอด เซนทรีฟิวจ์ ขนาด 50 มล. เติมน้ำ 99.9% เมทานอล (RCI Labscan, AR. grade) 40 มล. ปิดฝา เขย่า แล้วตั้งทิ้งไว้ เป็นเวลานาน 24 ชม. กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ลงขวดกั่นกลมขนาด 250 มล. แล้วนำไปประเหยให้แห้ง ด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศ (R-3, Buchi) หลังจากนั้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การปลูกต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

ปลูกต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ กำภูเขียว พันธุ์กำตอยสะเกิด พันธุ์กำใหญ่ และพันธุ์ลิ้มผัว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวดำ ซ้ำละ 150 กรัม นาน 48 ชม. จากนั้นรึนน้ำออกให้หมด แล้วนำเมล็ดมาบ่มโดยใช้ กระสอบห่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ข้าวให้มิดชิด เก็บในถังพลาสติก นาน 48 ชม. เตรียมวัสดุปลูก โดยนำแกลบดำมาแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชม. และล้างเอาขี้เถ้าออกให้หมด แล้วใส่ในตะกร้า สำหรับเพาะต้นอ่อน ขนาด 25×37×6 ซม. ให้หนาประมาณ 2 ซม. หลังจากนั้นโรยเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวดำให้สม่ำเสมอทั่วตะกร้า ดูแลรักษาดินอ่อนข้าวเหนียวดำโดยรดน้ำทุกวัน วันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น เก็บเกี่ยวต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ เมื่อปลูกครบระยะเวลา 10 วัน

ละลายสารสกัดหยาบด้วย 99.9% เมทานอล 5 มล. วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้ Folin–Ciocalteu’s phenol reagent (Merck, AR. grade) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Namjooyen *et al.* (2010) โดยนำสารสกัดหยาบที่ได้มา 0.4 มล. ปรับปริมาตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มล. นำสารสกัด ที่เจือจางแล้ว 0.1 มล. ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มล. เติมน้ำละลาย 2% โซเดียมคาร์บอเนต (RCI Labscan, AR. grade) 2 มล. และเติมน้ำละลาย Folin–Ciocalteu’s

phenol reagent 0.1 มล. ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Genesys10S, Thermo Scientific, USA) โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกในช่วงความเป็นเส้นตรง ซึ่งอยู่ในช่วงความเข้มข้น 80-200 มก./ลิตร คำนวณหาปริมาณ

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้ จากกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างแกน X คือ ความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิก (มก./ลิตร) และแกน Y คือ ค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ($Y = 0.0021X - 0.0003$, $R^2 = 0.9989$) ที่สร้างขึ้นเอง รายงานผลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นมิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างแห้ง



Kum Phukieo



Kum Doi Saket



Kum Yai



Leumpua

Figure 2 Seedling of 4 black glutinous rice varieties at 10 harvesting days

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

นำตัวอย่างต้นอ่อนข้าวเหนียวดำที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 50°C. เป็นเวลา 24 ชม. มาบดให้ละเอียดแล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 1.00 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 มล. เติม 99.9% เอทานอล (RCI Labscan, AR. grade) ปริมาตร 10 มล. ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วนำไปทำการ Sonicate 10 นาที ตั้งทิ้งไว้อีก 5 นาที เพื่อให้

ตกตะกอน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มล. ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วปรับปริมาตรด้วย 99.9% เอทานอล (RCI Labscan, AR. grade) จนครบ 25 มล. นำสารสกัดที่ได้มา 0.5 มล. ใส่หลอดทดลองขนาด 10 มล. เติม 99.9% เอทานอล 1.5 มล. อะลูมิเนียมคลอไรด์ (Merck, AR. grade) 0.1 มล. และน้ำกลั่น 2.9 มล. ผสมให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่า

การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Genesys10S, Thermo Scientific, USA) โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานเคอร์ซีตินในช่วงความเป็นเส้นตรงซึ่งอยู่ในช่วงความเข้มข้น 40-160 มก./ลิตร คำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างแกน X คือ ความเข้มข้นของสารมาตรฐานเคอร์ซีติน (มก./ลิตร) และ แกน Y คือ ค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ($Y = 0.007X - 0.0232$, $R^2 = 0.9997$) ที่สร้างขึ้นเอง รายงานผลปริมาณสารฟลาโวนอยด์เป็นมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซีตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

การวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน ดัดแปลงจากวิธีการของ Ranganna (1997) โดยนำตัวอย่างต้นอ่อนข้าวเหนียวดำสดมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ และชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 1.00 กรัม บดตัวอย่างด้วยโกร่งบดให้ละเอียด ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิด ขนาด 50 มล. ล้างตัวอย่างที่เหลือค้างในโกร่งบดด้วยสารละลาย Ethanolic HCl (เตรียมจาก 99.9% Ethanol และ 1.5 N HCl (RCI Labscan, AR. grade) ในอัตราส่วน 85:15 v/v) ปริมาตร 25 มล. แล้วถ่ายใส่ในหลอดเดิม เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C. เป็นเวลา 24 ชม. นำสารสกัดที่ได้มากรองเอากากออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำสารละลายที่กรองได้มาปรับปริมาตรด้วยสารละลาย Ethanolic HCl จนครบ 50 มล. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Genesys10S, Thermo Scientific, USA) คำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานิน ในหน่วย มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด จากสูตรต่อไปนี้

ปริมาณแอนโทไซยานิน (มก./100 กรัม น้ำหนักสด)
เท่ากับผลรวมค่าดูดกลืนแสง /100 กรัม น้ำหนักสด

ผลรวมค่าดูดกลืนแสง /100 กรัม น้ำหนักสด

$$= \frac{A_{535} \times V \times 100}{W}$$

เมื่อ A_{535} = ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

V = ปริมาตรที่ปรับ 50 มล.

W = น้ำหนักสด

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 17.0

ผลการวิจัย

จากการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำภูเขียว พันธุ์กำดอยสะเก็ด พันธุ์กำใหญ่ และพันธุ์ลิ้มผั่ว ที่มีอายุปลูก 10 วัน ผลการวิจัยแสดงได้ดังนี้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์กำดอยสะเก็ดและพันธุ์กำใหญ่ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด มีค่าเท่ากับ 5.65 ± 0.13 และ 5.64 ± 0.10 มก. สมมุทธ์ของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างแห้ง รองลงมา คือ พันธุ์ลิ้มผั่ว และพันธุ์กำภูเขียว มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 4.46 ± 0.09 และ 3.78 ± 0.20 มก. สมมุทธ์ของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Total phenolic content in seedling of 4 black glutinous rice varieties

Seedling variety	Total phenolic content (mg GAE/g dry weight) (n=3)
Kum Phukieo	3.78±0.20c
Kum Doi Saket	5.65±0.13a
Kum Yai	5.64±0.10a
Leumpua	4.46±0.09b

Values are means of three replications ± standard error.

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

ปริมาณฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำจำนวน 4 สายพันธุ์ พบว่าต้นอ่อนข้าวเหนียวดำทุกสายพันธุ์ มีปริมาณฟลาโวนอยด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุดอยู่ที่ 2.17 ± 0.03 มก.

สมมุติของเคอร์ซีตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง รองลงมา คือ พันธุ์ก่ำใหญ่ พันธุ์ลีมั่ว และพันธุ์ก่ำเขียว โดยปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 1.98 ± 0.07 , 1.64 ± 0.0 และ 1.46 ± 0.07 มก. สมมุติของเคอร์ซีตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Flavonoid content in seedling of 4 black glutinous rice varieties

Seedling variety	Flavonoid content (mg QE/g dry weight) (n=3)
Kum Phukieo	1.46±0.07d
Kum Doi Saket	2.17±0.03a
Kum Yai	1.98±0.07b
Leumpua	1.64±0.08c

Values are means of three replications ± standard error.

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

ปริมาณแอนโทไซยานินในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

จากการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำภูเขียว พันธุ์กำดอยสะเก็ด พันธุ์กำใหญ่ และพันธุ์ลิ้มผัว พบว่าต้นอ่อนข้าวเหนียวดำทั้ง 4 สายพันธุ์ มีปริมาณแอนโทไซยานินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพันธุ์กำใหญ่

มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด อยู่ที่ 14.70 ± 0.35 มก./100 กรัม น้ำหนักสด รองลงมา คือ พันธุ์กำดอยสะเก็ด พันธุ์กำภูเขียว และพันธุ์ลิ้มผัว มีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 13.41 ± 0.22 , 5.43 ± 0.33 และ 5.37 ± 0.10 มก./100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Anthocyanin content in seedling 4 black glutinous rice varieties

Seedling variety	Anthocyanin content (mg/ 100 g fresh weight) (n=3)
Kum Phukieo	$5.43\pm0.33c$
Kum Doi Saket	$13.41\pm0.22b$
Kum Yai	$14.70\pm0.35a$
Leumpua	$5.37\pm0.10c$

Values are means of three replications $\pm$ standard error.

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

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำภูเขียว พันธุ์กำดอยสะเก็ด พันธุ์กำใหญ่ และพันธุ์ลิ้มผัว ที่มีอายุปลูก 10 วัน พบว่าต้นอ่อนข้าวเหนียวดำทั้ง 4 สายพันธุ์ มีปริมาณสารสำคัญดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยต้นอ่อนข้าวเหนียวดำพันธุ์กำดอยสะเก็ดและพันธุ์กำใหญ่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาคือ พันธุ์ลิ้มผัว และพันธุ์กำภูเขียว ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากต้นอ่อนของข้าวเหนียวดำพันธุ์กำดอยสะเก็ดและพันธุ์กำใหญ่มีสีม่วงเข้มกว่าพันธุ์ลิ้มผัว และพันธุ์กำภูเขียว จึงส่งผลให้มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chatsuwan and Areekul (2010) ที่พบว่าสายพันธุ์ข้าว

มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกัน และกลุ่มข้าวเหนียวดำที่นำมาทดสอบจากแหล่งต่าง ๆ กัน มีปริมาณฟีนอลิกแตกต่างกัน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2.781-8.702 มก. ต่อกรัม น้ำหนักแห้ง โดยสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่มีสีเข้มจะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่มีสีแสงและไม่มีสี ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Chanphrom (2007) ที่รายงานไว้เท่ากับ 2.76 และ 4.06 มก. ต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ในข้าวสีม่วงและข้าวเหนียวดำ ตามลำดับ

สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ พบว่าต้นอ่อนของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์กำดอยสะเก็ดมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์กำใหญ่ พันธุ์ลิ้มผัว และพันธุ์กำภูเขียว ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบมากสุดในต้นอ่อนของข้าวเหนียวดำพันธุ์กำดอยสะเก็ด เนื่องจากฟลาโวนอยด์จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jansom *et al.* (2017) ที่พบว่าในพันธุ์ข้าวสีทุกพันธุ์รวมถึงข้าวขาวมีฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบ

โดยข้าวพันธุ์สีม่วงถึงดำจะมีฟลาโวนอยด์มากกว่าพันธุ์ข้าวสีแดงถึงแดงเข้ม และในพันธุ์ข้าวสีขาวจะมีปริมาณฟลาโวนอยด์น้อยที่สุด เนื่องจากรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีในเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์และฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบ (Shen *et al.*, 2009)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอนโทไซยานินพบว่าต้นอ่อนข้าวสายพันธุ์งั่วใหญ่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์งั่วดอยสะเก็ด พันธุ์งั่วเขียว และพันธุ์ลิ้มผัว ตามลำดับ โดยปริมาณแอนโทไซยานินในพันธุ์งั่วเขียวและพันธุ์ลิ้มผัว มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบมากที่สุดที่ต้นอ่อนข้าวเหนียวดำพันธุ์งั่วใหญ่ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากต้นอ่อนของข้าวเหนียวดำพันธุ์งั่วใหญ่มีสีม่วงเข้มมากที่สุดจึงส่งผลให้พบปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ซึ่ง Shen *et al.* (2009) ได้ศึกษาถึงความหลากหลายของสารฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบของฟลาโวนอยด์ในธัญพืชชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวที่มีสีดำ สีนํ้าตาล สีขาว และข้าวฟ่างสีแดง และได้รายงานว่แอนโทไซยานินเป็นฟลาโวนอยด์กลุ่มที่พบมากที่สุดในธัญพืชที่มีสีดำถึงแดง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chatsuwan and Areekul (2010) ที่กล่าวว่าสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่มีสีเข้มจะมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่มีสีแดงและไม่มีสี เช่นเดียวกับรายงานของ Somporn *et al.* (2018) ที่พบว่าชาเขียวที่ได้จากต้นอ่อนข้าวเหนียวพันธุ์งั่วใหญ่ มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าชาเขียวจากต้นอ่อนข้าวสายพันธุ์อื่น ๆ และในการศึกษาของ Chen *et al.* (2012) ได้แบ่งข้าวเป็น 4 กลุ่ม คือ ข้าวที่มีเมล็ดสีขาว สีเขียว สีแดง และสีดำ พบว่าเมล็ดข้าวที่มีสีต่างกันจะมีปริมาณและชนิดของแอนโทไซยานินแตกต่างกัน โดยข้าวสีดำมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด รองลงมาคือ ข้าวสีแดง ส่วนข้าวสีเขียวและสีขาวมีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยมาก และจากการศึกษาของ Pascual-Teresa and Sanchez-

Ballesta (2008) ได้รวบรวมปริมาณแอนโทไซยานินในพืชผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ พบว่าในเมล็ดข้าวเหนียวดำมีปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 10-493 มก./100 กรัม น้ำหนักแห้ง เมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นที่มีรงควัตถุที่เป็นสีดำสีม่วง และสีแดง เช่น ถั่วดำ แบล็กเบอร์รี่ กะหล่ำแดง ที่มีปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 24.1-44.5, 82.5-325.9 และ 322 มก./100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์งั่วเขียว พันธุ์งั่วดอยสะเก็ด พันธุ์งั่วใหญ่ และพันธุ์ลิ้มผัว พบว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีปริมาณมากที่สุดในต้นอ่อนสายพันธุ์งั่วดอยสะเก็ดและพันธุ์งั่วใหญ่ ส่วนฟลาโวนอยด์มีปริมาณมากที่สุดในต้นอ่อนสายพันธุ์งั่วดอยสะเก็ด ในขณะที่แอนโทไซยานินมีปริมาณมากที่สุดที่ต้นอ่อนสายพันธุ์งั่วใหญ่ และเมื่อพิจารณาความสามารถในการนำข้าวเหนียวดำมาเพาะเป็นต้นอ่อนเพื่อการบริโภคหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ พบว่าต้นอ่อนข้าวเหนียวดำสายพันธุ์งั่วใหญ่ และสายพันธุ์งั่วดอยสะเก็ด มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะเป็นต้นอ่อนมากที่สุด เนื่องจากให้ปริมาณสารสำคัญมากกว่าข้าวเหนียวดำสายพันธุ์อื่น ๆ ที่นำมาศึกษา ซึ่งในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผลผลิตน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนข้าวเหนียวดำทั้ง 4 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผลจากงานวิจัยนี้จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกบริโภคและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวเหนียวดำได้ ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการผลิตเชิงพาณิชย์ และต่อยอดผลิตภัณฑ์จากข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นบ้านสู่ระดับอุตสาหกรรมภายในประเทศและต่างประเทศต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิทยาการสมุนไพร คณะ
ผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความ
อนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำงาน
วิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Areekul, V., T. Saeku, P. Cheuwongngam and
T. Laorjipinyo. 2015. Phenolic Content,
Chlorophyll and Antioxidant Activities
of Black Rice Grass. pp. 1145-1151.
*In The Proceedings of 53rd Kasetsart
University Annual Conference.*
Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Chanphrom, P. 2007. **Antioxidants and
Antioxidant Activities of Pigmented
Rice Varieties and Rice Bran.**
Master Thesis. Mahidol University.
123 p. [in Thai]
- Chatsuwan, N. and V. Areekul. 2010. Color
Parameters, Total Phenolic and
Anthocyanin Content in Various Rice
Cultivars. pp. 252-260. *In Proceedings
of 48th Kasetsart University Annual
Conference: Agro-Industry.* Bangkok:
Kasetsart University. [in Thai]
- Chen, X.Q., N. Nagao, T. Itani and K. Irifune. 2012.
Anti-oxidative analysis, and identification
and quantification of anthocyanin
pigments in different coloured rice.
Food Chemistry 135: 2783-2788.
- Jansom, V., C. Jansom and N. Lerdvuthisophon.
2017. Study on total phenolics
compound, total flavonoids, total
monomeric anthocyanins, vitamin E and
gamma-oryzanol in pigmented Thai rice.
Thammasat Medical Journal
17(2): 194-204. [in Thai]
- Kaladee, D., P. Pongpiachan and S. Jamjod. 2000.
**Genetics, Breeding and Agriculture
Nutritional Immunity of Purple Rice
(*Oryza sativa* L.).** 73 p. *In Research
Report.* Chiang Mai: Science and
Technology Research Institute
Chiang Mai University. [in Thai]
- Matsuo, T., Y. Futsuhara, F. Kikuchi and
H. Yamaguchi. 1997. **Science of the
Rice Plant.** Tokyo: Food and Agriculture
Policy Research Center. 1008 p.
- Namjooyan, F., M.E. Azmi and V.R. Rahmanian.
2010. Investigation of antioxidant
activity and total phenolic content of
various fractions of aerial parts of
Pimpinella Barbata (DC.) Boiss.
**Jundishapur Journal of Natural
Pharmaceutical Products** 5(1): 1-5.
- Pascual-Teresa, S. and M. Sanchez-Ballesta. 2008.
Anthocyanins: from plant to health.
Phytochemistry Reviews 7(2): 281-299.

- Phengrat, J. and S. Jearakongman. 2009. Black Glutinous Rice: Various Benefits, Composite Thinking, Enhancing Thai Economic Opportunities. pp. 325-342. *In Proceedings of Rice and Temperate Cereal Crops Annual Conference 2009*. Bangkok: Division of Rice Research and Development. [in Thai]
- Ranganna, S. 1977. **Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products**. New York: Tata McGraw-Hill. 634 p.
- Shen, Y., L. Jin, P. Xiao, Y. Lu and J.S. Bao. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. **Journal of Cereal Science** 49: 106-111.
- Somporn, C., C. Krainart and J. Tobuch. 2018. The study of antioxidant capacity of green tea from rice seedlings. **Rajabhat Agriculture** 17(1): 27-33. [in Thai]
- Sudtasarn, G., S. Jongdee and R. Kenlhaem. 2008. Research and Development of Green Tea from Fragrant Rice Seedlings. pp. 398. *In Proceedings of Rice and Temperate Cereal Crops Annual Conference 2008*. Bangkok: Division of Rice Research and Development. [in Thai]
- Wiriyasuk, K. 2005. **Extraction and Regulation of Genes Controlling Grain Anthocyanin and Proanthocyanin (Condensed Tannins) Accumulation in Rice**. Master Thesis. Kasetsart University. 64 p. [in Thai]

การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของมะกา (*Bridelia ovata* Decne.)

ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและเครื่องหมายโมเลกุล ISSR

Evaluating Biodiversity of *Bridelia ovata* by Using Morphological Characteristic and ISSR Marker

นันทชญาณ์ พัทธ์พีริยา^{1*} ปริชาติ ดิษฐกิจ¹ บุณทริกา นันทา¹ และพิเชฐ บัญญัติ²

Nunchaya Patpeeriya^{1*}, Parichat Dittakit¹, Buntarika Nuntha¹ and Phichet Bunyat²

¹สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

²กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข นนทบุรี 11000

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

²Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health, Nonthaburi, Thailand 11000

*Corresponding author: puy_1980@hotmail.com

Received: March 17, 2023

Revised: April 24, 2023

Accepted: April 27, 2023

Abstract

Makaa (*Bridelia ovata* Decne.) is classified in the Family Euphorbiaceae, Genus *Bridelia* varies among more than 60 species in Africa and Asia, especially in Thailand. Makaa extract includes friedelin, stigmasterol, β -sitosterol and campesterol. These substances have anti-inflammatory effects on human muscle and can inhibit lung cancer cells *in vitro*. This study aimed to study the biodiversity and to collect morphological data of Makaa varieties in Thailand. Morphological data and DNA samples were collected from 101 Makaa plants from 20 provinces of Thailand. Makaa leaves were measured for width, length, width to length ratio, and the number of veins. Using 96 pairs of ISSR primer for accessing genotypic data, only 12 markers showed polymorphism in the Makaa population. The average polymorphism information indexes of this study were 0.31. The phylogenetic of morphological leaf data was calculated in UPGMA and neighbor joining model by MEGA 7.0 program. The UPGMA morphological tree could not group a cluster from province and area. However, the phylogenetic tree using the neighbour joining method still groups most samples from the same province and nearly region in the same clade. This result suggested that using genotypic information had higher efficiency than morphological data for studying the biodiversity of Makaa.

Keywords: Makaa, *Bridelia odata* Decne., ISSR technique, genetic diversity

บทคัดย่อ

มะกา (Makaa, *Bridelia ovata* Decne.) จัดอยู่ในวงศ์ ยางพารา (Euphorbiaceae) ในสกุล *Bridelia* ที่มีความหลากหลายกว่า 60 สปีชีส์ ในบริเวณแอฟริกาและเอเชีย รวมถึงประเทศไทย ในมะกามีสารสำคัญหลายชนิดได้แก่ Friedelin stigmasterol β -sitosterol และ Campesterol ที่มีฤทธิ์ช่วยแก้ท้องเสีย รวมถึงยับยั้งเซลล์มะเร็งในระดับห้องทดลอง วัตถุประสงค์การทดลองในครั้งนี้เพื่อศึกษาทางสัณฐานวิทยาและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของมะกาในประเทศไทย ทำการเก็บตัวอย่างมะกา 101 ต้น จาก 20 จังหวัดในประเทศไทย ทำการตรวจวัดลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ ความกว้าง ความยาว อัตราส่วนระหว่างความกว้างและความยาว และจำนวนเส้นใบของมะกา ทำการตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมด้วยเครื่องหมายโมเลกุลชนิด ISSR ทั้งหมด 96 ไพรเมอร์ พบ 12 ไพรเมอร์ ที่ให้ความแตกต่างในประชากรมะกา ทำการคำนวณค่า Polymorphism information indexes เฉลี่ยเท่ากับ 0.31 การสร้างแผนภูมิของข้อมูลทางสัณฐานวิทยาด้วยโปรแกรม MEGA 7.0 วิธีการ UPGMA พบว่าไม่สามารถจับกลุ่มตัวอย่างตามภูมิภาคหรือจังหวัดได้ ในส่วนของการสร้างแผนภูมิของข้อมูลทางพันธุกรรมด้วยวิธีการ Neighbor-joining พบว่าไม่สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามภูมิภาคได้อย่างชัดเจน แต่สามารถใช้จัดกลุ่มจากเขตจังหวัดและเขตพื้นที่จังหวัดใกล้เคียงได้

Keywords: มะกา *Bridelia odata* Decne.
เครื่องหมายโมเลกุลชนิด ISSR
ความหลากหลายทางพันธุกรรม

คำนำ

มะกา (Makaa) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Bridelia ovata* Decne. เป็นไม้เลื้อยเนื้อแข็ง ในสกุล *Bridelia* จัดอยู่ในวงศ์ ยางพารา (Euphorbiaceae) พืชสกุลนี้มีความหลากหลายทางด้านชนิดพันธุ์มากกว่า 60 ชนิด ส่วนใหญ่พบการกระจายพันธุ์ในแอฟริกา เกาะมาดากัสการ์ เยเมน อินเดีย จีนตอนใต้ ครอบคลุมถึงพื้นที่เขตอินโดจีนรวมทั้งประเทศไทย (Yeboah *et al.*, 2022) ซึ่งมีรายงานพืชในสกุล *Bridelia* ไว้จำนวน 10 ชนิด (Chayamarit and Welzen, 2005) สำหรับพืชในสกุล *Bridelia* นั้นมีการนำมาใช้ในรูปแบบของสมุนไพรอย่างกว้างขวาง แตกต่างกันไปตามชนิดของมะกาที่มีสรรพคุณในการรักษาโรคที่แตกต่างกัน ส่วนของมะกาที่สามารถนำมาใช้ในการรักษาโรค ได้แก่ เปลือก ราก ลำต้น ใบ และผล (Ngueyem *et al.*, 2009) เข้าตำรับยาแพทย์แผนไทยหลายตำรับยาด้วยกัน เช่น ยานึ่งหน้าท้องให้ยุบยาแก้สันนิบาตหน้าเพลิง ยาถ่ายดีเกลือฝรั่ง ยาผายโลหิต ยาคลอดบุตรอยู่ไฟมิได้ ยาขับโลหิตบุพโพ และยาแก้พิษปลวก (Wutthummawej, 2011) โดยในใบมะกามีสารสำคัญในกลุ่ม Hexane dichloromethane และ Methanol เช่น Friedelin stigmasterol β -sitosterol และ Campesterol (Thongkon, 1995) ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งปอดในห้องทดลอง (Poofery *et al.*, 2020)

ในพืชสมุนไพรไทยหลายชนิดได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความหลากหลายทั้งทางชีวภาพ สารสำคัญ และพันธุกรรม เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการต่อยอดงานวิจัยและนวัตกรรมเกี่ยวกับสมุนไพรไทย เช่น วานชักมดลูก ข่า ไพล และขมิ้นชัน (Laosatit, 2010;

Khunpiban, 2010; Bua-in, 2009; Thaikert, 2009) ทั้งนี้ การศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลายทางพันธุกรรมและ ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของมะกอกในประเทศไทย มีความจำเป็นต่อการศึกษาและอนุรักษ์ โดยในการทดลอง ครั้งนี้ได้ทำการประยุกต์ใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด ISSR มาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในมะกอก เนื่องจากเครื่องหมายโมเลกุลชนิด ISSR เป็นเครื่องหมาย ที่มีความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างของ ลักษณะพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิต ราคาถูก ง่ายแก่การทำการ ทดลอง รวมถึงสามารถตรวจสอบผลการทดลองซ้ำได้ (Ng and Tan, 2015; Pradeep Reddy *et al.*, 2002; Godwin *et al.*, 1997) วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้ เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและความสัมพันธ์ ทางพันธุกรรมของมะกอกในประเทศไทย โดยหวังว่าการ ทดลองในครั้งนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการต่อยอด ไปใช้ประโยชน์ ทั้งในด้านประเมินเชื้อพันธุกรรมและ งานด้านการอนุรักษ์สมุนไพรพื้นถิ่นในประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างพืชและข้อมูลทางสัณฐานวิทยา

ทำการเก็บตัวอย่างมะกอก 101 ต้น จาก 20 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี ขอนแก่น จันทบุรี ชัยนาท ชัยภูมิ ตราด นครนายก นครปฐม นครราชสีมา นนทบุรี ปทุมธานี ประจวบคีรีขันธ์ พิษณุโลก เพชรบุรี มหาสารคาม ระยอง ราชบุรี ลำปาง สมุทรปราการ และสุพรรณบุรี โดยทำการเก็บใบอ่อนปริมาณ 5 กรัม ใส่ใน ซิลิกาเจลสำหรับการสกัดดีเอ็นเอ ทำการตรวจวัดและเก็บ ข้อมูลความกว้างใบและความยาวใบ เพื่อใช้สำหรับคำนวณ อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวใบ และจำนวนเส้นใบ ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลความกว้าง ความยาวของใบ เพื่อใช้สำหรับคำนวณอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวใบ และจำนวนเส้นใบ จากใบมะกอกที่สมบูรณ์โดยใช้ใบที่ 6-9 จากปลายกิ่ง โดยทำการเก็บจากกิ่งมะกอกที่สมบูรณ์ 5 กิ่ง กิ่งละ 2 ใบ

การสกัดดีเอ็นเอ

นำใบมะกอกตัวอย่างละ 0.02 กรัม มาสกัดดีเอ็นเอ ด้วยวิธี Modified CTAB เดิมไนโตรเจนเหลวและบด ให้ละเอียดด้วยโกร่ง นำตัวอย่างที่บดแล้วใส่หลอดไมโครทิวบ์ ขนาด 1.5 มล. จากนั้นเติมสารละลาย CTAB buffer ปริมาตร 1 มล. (2%(w/v) CTAB, 1.4M NaCl, 20mM EDTA, 100mM Tris-HCl (pH 8.0) 0.2%(v/v) β -mercaptoethanol) โดยเติม 1% (v/v) PVP ผสมกับ CTAB buffer ด้วย นำไปหมุนเหวี่ยงให้สารละลายเข้ากัน เติม RNase A (ความเข้มข้น 10 มก./มล.) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 65°C. 90 นาที หลังจาก นั้นวางให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เติม Chloroform : Isoamyl alcohol (24:1) ปริมาตร 700 ไมโครลิตร กลับ หลอดขึ้นลงเบา ๆ ปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิห้อง ด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ดูดของเหลวใสส่วนบน ใส่หลอดใหม่ ตกตะกอนด้วย Isopropanol ที่เย็นจัด ปริมาตร 600 ไมโครลิตร กลับหลอดไปมาเบา ๆ ตกตะกอนทิ้งไว้ข้ามคืนที่อุณหภูมิ -20°C. นำไปปั่นเหวี่ยง ด้วยความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4°C. นาน 10 นาที ดูดของเหลวใสส่วนบนทิ้ง เติมสารละลาย Wash buffer (70% ethanol) ปริมาตร 400 ไมโครลิตร กลับหลอด ไปมาเบา ๆ ปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิห้อง ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที และดูดของเหลวใสส่วนบนทิ้ง จากนั้นตาก ตกตะกอนดีเอ็นเอให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง และละลายตะกอน ดีเอ็นเอด้วยสารละลาย TE buffer ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ทำการสกัดดีเอ็นเอซ้ำด้วยการประยุกต์ใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอ NucleoSpin® Genomic DNA from plant (Macherey-Nagel, Germany) นำสารละลายดีเอ็นเอมะกอกมาละลาย ใน TE buffer ให้มีปริมาตรรวม 100 ไมโครลิตร เติม บัฟเฟอร์ PC ปริมาตร 450 ไมโครลิตร กลับหลอดไปมา เบา ๆ ดูดสารละลายดีเอ็นเอทั้งหมดใส่ในคอลัมน์ นำไป ปั่นเหวี่ยงที่ 11,000 รอบต่อนาที ดูดของเหลวใสส่วนบนทิ้ง ล้างด้วย PW1 wash buffer 400 ไมโครลิตร ปั่นเหวี่ยงที่ 11,000 รอบต่อนาที เทบัฟเฟอร์ทิ้ง ล้างด้วย PW2 wash buffer 700 ไมโครลิตร ปั่นเหวี่ยงที่ 11,000 รอบต่อนาที

และล้างด้วย PW2 wash buffer 200 ไมโครลิตรอีกครั้ง ปั่นเหวี่ยงที่ 11,000 รอบต่อนาที เปลี่ยนคอลัมน์ใส่หลอดใหม่ ละลายตะกอนด้วยบัฟเฟอร์ Elution buffer 30 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 11,000 รอบต่อนาที ทำซ้ำอีกครั้ง ตรวจสอบปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิสในเจลอะกาโรสความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ TBE buffer จากนั้นนำมาวัดการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลต ที่ความยาวคลื่น 260 และ 280 นาโนเมตร (A260/A280) และเก็บรักษาดีเอ็นเอไว้ที่อุณหภูมิ -20°C.

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธีพีซีอาร์

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธีพีซีอาร์ในเครื่องเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (ProFlex™ Thermal Cycler, Applied Biosystems, USA) โดยใช้เอนไซม์ Quick Taq™ HS DyeMix (TOYOBO, Japan) นำดีเอ็นเอต้นแบบมาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์ Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) จำนวน 96 คู่ไพรเมอร์ (UBC 801-896) โดยผสม PCR reaction mix (น้ำ 8.2 ไมโครลิตร 2x Quick Taq™ HS DyeMix 10 ไมโครลิตร ไพรเมอร์ ISSR 0.8 ไมโครลิตร และ DNA template 1 ไมโครลิตร) ในหลอดพีซีอาร์ขนาด 200 ไมโครลิตร ทำพีซีอาร์ครั้งแรก โดยใช้โปรแกรมที่ 1 Pre-denaturing ที่ความร้อน 94°C. นาน 5 นาที จำนวน 1 รอบ โปรแกรมที่ 2 Denaturing ที่ 94°C. นาน 30 วินาที โปรแกรมที่ 3 Annealing ที่ 26-70°C. นาน 45 วินาที (ขึ้นอยู่กับ Tm ของไพรเมอร์) โปรแกรมที่ 4 Extension ที่ 72°C. นาน 1 นาที ซ้ำโปรแกรมที่ 2-4 จำนวน 34 รอบ โปรแกรมที่ 5 Final extension ที่ 72°C. นาน 5 นาที จำนวน 1 รอบ นำมาตรวจสอบโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส บนเจลอะกาโรส 1.5% ใน TBE buffer เปรียบเทียบขนาดของดีเอ็นเอกับ 100 bp + 1.5 Kb DNA ladder marker (SibEnzyme®, USA)

ในบางไพรเมอร์ที่ไม่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้โปรแกรมปกติได้ มีการประยุกต์การทำพีซีอาร์ โดยใช้โปรแกรม Step up (โปรแกรมที่ 1 Pre-denaturing ที่ 94°C. นาน 4 นาที จำนวน 1 รอบ โปรแกรมที่ 2

Denaturing ที่ 94°C. นาน 1 นาที โปรแกรมที่ 3 Annealing ที่ 45°C. นาน 1 นาที และโปรแกรมที่ 4 Extension ที่ 72°C. นาน 75 วินาที จำนวน 10 รอบ โปรแกรมที่ 5 Denaturing ที่ 94°C. นาน 1 นาที โปรแกรมที่ 6 Annealing ที่ 51°C. นาน 1 นาที โปรแกรมที่ 7 Extension ที่ 72°C. นาน 75 วินาที จำนวน 30 รอบ และโปรแกรมที่ 8 Final extension ที่ 72°C. นาน 7 นาที) นำมาตรวจสอบโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิสบนเจลอะกาโรส 1.5% ใน TBE buffer เปรียบเทียบขนาดของดีเอ็นเอกับ 100 bp + 1.5 Kb DNA ladder marker (SibEnzyme®, USA)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และความหลากหลายทางพันธุกรรม

การคำนวณความหลากหลายทางพันธุกรรมเริ่มจากการใช้ข้อมูลอัลลีลของเครื่องหมายโมเลกุล ISSR ที่แสดงความแตกต่างระหว่างประชากรมะกอกและความยาวใบ ความกว้างใบ ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างและความยาวของใบ และจำนวนเส้นใบของมะกอก ทำการกำหนดพารามิเตอร์ ได้แก่ จำนวนอัลลีล (NA) [The number of alleles] ค่าการเกิดเฮเทอโรไซโกสในประชากร (H0) [Observed heterozygosity] ความหลากหลายของยีนหรืออัลลีลที่พบ [He; Expected heterozygosity, Gene diversity] ค่า Polymorphism information content (PIC) ของเครื่องหมายโมเลกุล แต่ละเครื่องหมายคำนวณโดยใช้

$$PIC = 1 - \sum_{i=1}^n f_i^2 = \sum_{i=1}^{n-1} 2f_i^2 f_j^2$$

โดย $n = Na$

f_i = ความถี่ของจำนวนอัลลีล i

f_j = ความถี่ของจำนวนอัลลีล j ของโลคัสที่ 1

ทำการคำนวณค่า Population structure ของประชากรมะกอกทั้งหมด 101 ต้น โดยใช้โปรแกรม STRUCTURE 2.3.4 (Pritchard *et al.*, 2000) ทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมมุติของประชากร หรือค่า

Assumed population (K) โดยตั้งค่าการจำลองการคำนวณที่ 20 รอบ กำหนดช่วงของค่า K อยู่ที่ 1 ถึง 10 และจำนวนซ้ำในการวิเคราะห์ที่ 10,000 ถึง 50,000 รอบ โดยใช้อัลกอริทึมของ Bayesian Markov Chain Monte Carlo (MCMC) จากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อประมาณค่า K ที่ดีที่สุด โดยใช้ The ad-hoc ΔK ของ Evanno (Evanno *et al.*, 2005)

ในขั้นตอนสุดท้ายทำการวิเคราะห์ Structure อีกครั้งด้วยค่า K โดยทำการตั้งค่าจำนวนซ้ำในการวิเคราะห์ที่ 100,000 ถึง 500,000 ครั้ง ด้วยอัลกอริทึม MCMC เพื่อสร้างแผนภาพทางพันธุกรรมและคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม ทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ Nei's genetic distance โดยใช้โปรแกรม POPULATIONS 1.2.32 นำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์ Neighbor-joining (NJ) และ UPGMA ด้วยโปรแกรม MEGA 7.0 (Kumar *et al.*, 2016)

ผลการวิจัย

จากการตรวจวัดลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นมะกา ได้แก่ ความกว้างใบ ความยาวใบ และอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของใบ พบว่ามีการกระจายตัวภายในต้นมะกาโดยมีค่าเฉลี่ยของความกว้างใบเท่ากับ 6.18 ซม. ความยาวใบเท่ากับ 10.09 ซม. และอัตราส่วน

เฉลี่ยเท่ากับ 0.61 จำนวนเส้นใบเฉลี่ย 13.32 (Table 1)

ในการตรวจสอบความแตกต่าง (Polymorphism) ของเครื่องหมายโมเลกุลชนิด ISSR พบเพียง 12 เครื่องหมาย ที่แสดงความแตกต่างภายในประชากรของต้นมะกา ได้แก่ เครื่องหมาย UBC866, UBC858, UBC876, UBC880, UBC873, UBC827, UBC826, UBC834, UBC842, UBC855, UBC812 และ UBC817 ในจำนวนไพรเมอร์ทั้ง 12 ไพรเมอร์ ให้จำนวนแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 113 แถบ พบเครื่องหมาย UBC827 ให้จำนวนแถบดีเอ็นเอมากที่สุด 24 แถบ ส่วน UBC812 และ UBC834 แสดงแถบดีเอ็นเอน้อยที่สุดเพียง 3 แถบ (Figure 1) ค่า PIC สูงสุดที่ 0.40 และต่ำสุดที่ 0.12 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.31 (Table 2)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี Neighbor-joining ด้วยโปรแกรม MEGA 7.0 พบว่าไม่สามารถทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามภูมิภาคได้อย่างชัดเจน และไม่สามารถจับกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มย่อย (Figure 1) แต่พบว่ากลุ่มต้นมะกาที่มาจากเขตจังหวัดเดียวกันมีการรวมกลุ่มกันเป็นส่วนมาก พบได้ในกลุ่มจังหวัดกาญจนบุรี นครราชสีมา นครนายก เพชรบุรี และราชบุรี ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ข้อมูลทางสัณฐานวิทยาด้วยวิธีการ UPGMA ไม่สามารถจำแนกกลุ่มตัวอย่างได้ รวมถึงกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเดียวกันมีการกระจายตัว (Figure 2)

Table 1 Minimum, maximum, average and standard deviation of width, length, ratio between width and length, and number of veins in *B. ovata* leaves from 101 samples

	Width (cm)	Length (cm)	Ratio between width and length	Number of veins
Minimum	3.17	5.77	0.41	9.00
Maximum	10.33	13.90	0.84	18.00
Average	6.18	10.09	0.61	13.32
SD	1.323	1.635	0.084	1.913

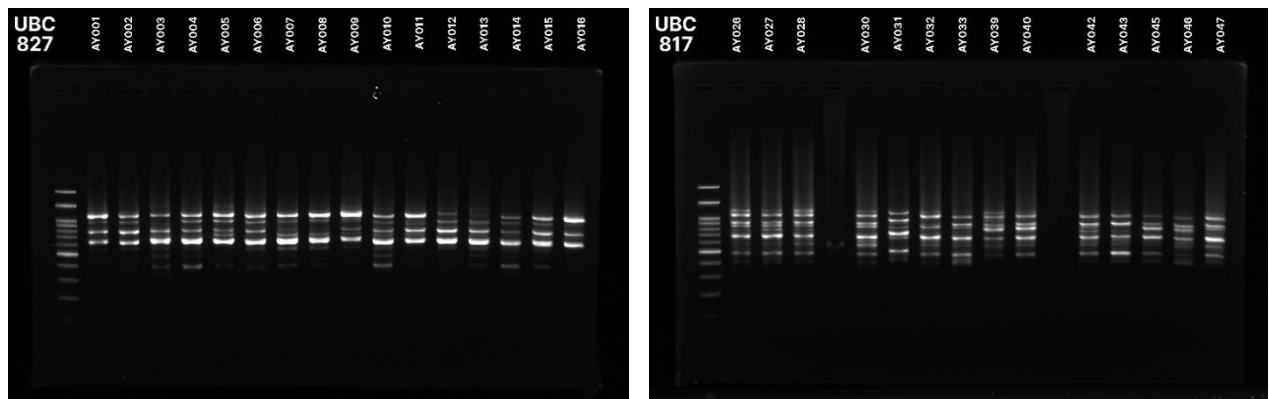


Figure 1 Agarose gel electrophoresis of *B. ovata* samples with ISSR marker UBC827 and UBC817

Table 2 List of ISSR primers that showed polymorphism in *B. ovata* samples, the number of alleles from ISSR primers, polymorphism information indexes (PICs) of each primer and He (expected heterozygosity)

No.	Primers	Number of Banding	PIC	He
1	UB866	8	0.32	0.303
2	UB858	8	0.32	0.346
3	UB876	7	0.39	0.343
4	UB880	8	0.40	0.402
5	UB873	15	0.12	0.221
6	UB827	24	0.29	0.208
7	UB826	15	0.37	0.281
8	UB834	3	0.28	0.414
9	UB842	9	0.26	0.340
10	UB855	9	0.37	0.322
11	UB812	3	0.31	0.357
12	UB817	4	0.28	0.379
Total		113		
Average		9.42	0.31	

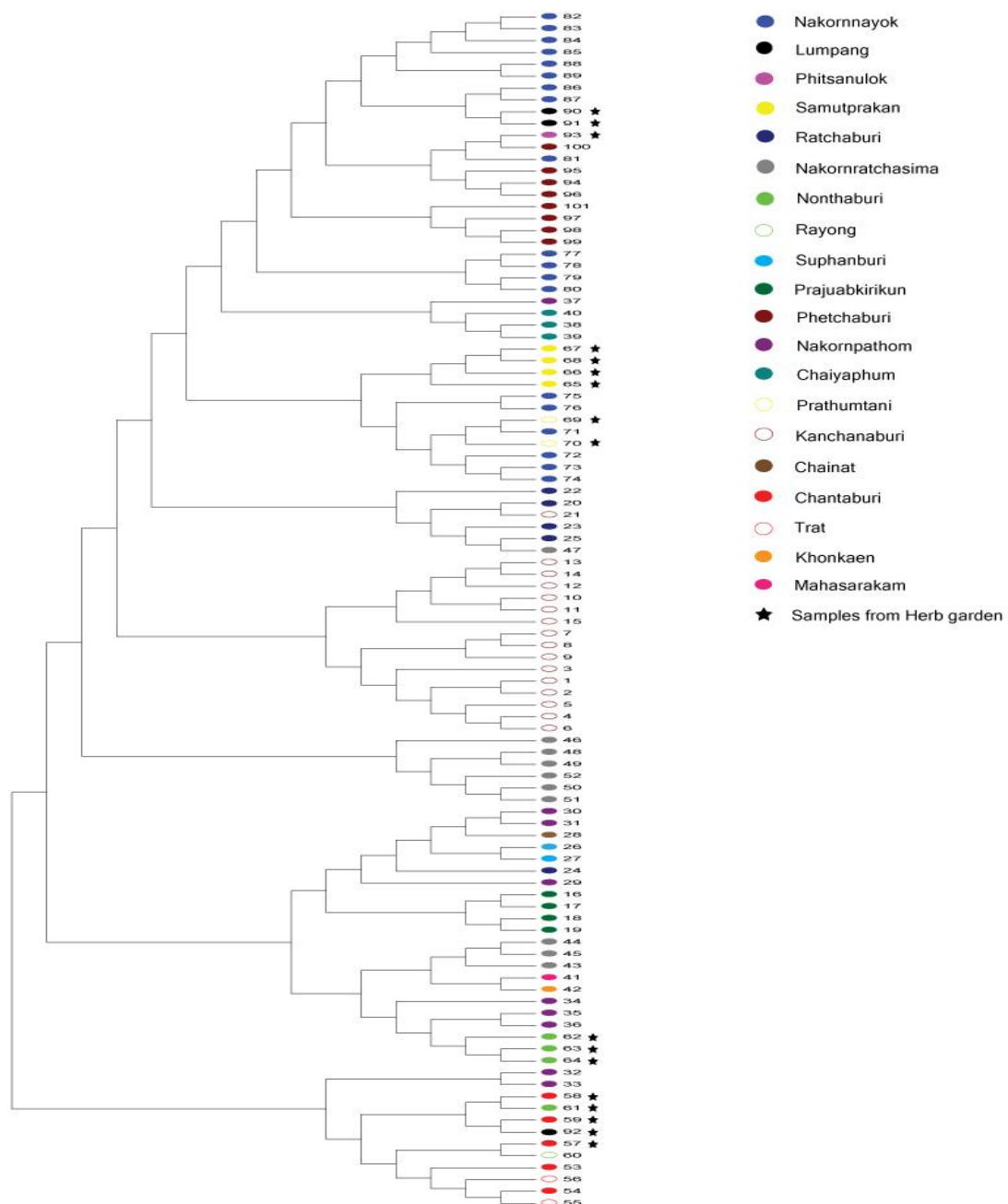


Figure 2 Phylogenetic tree Neighbor-Joining (NJ) method with 101 sample of *B. ovata* from 20 provinces as Kanchanaburi, Nakornnayok, Lumpang, Phitsanulok, Phetchaburi, Ratchaburi, Nakornpathom, Chaiyaphum, Samutprakan, Nonthaburi, Prathumtani, Nakornratchasima, Chainat, Chantaburi, Rayong, Trat, Suphanburi, Khonkaen, Prajuabkirikun, and Maharakam with 12 ISSR markers genotypic data

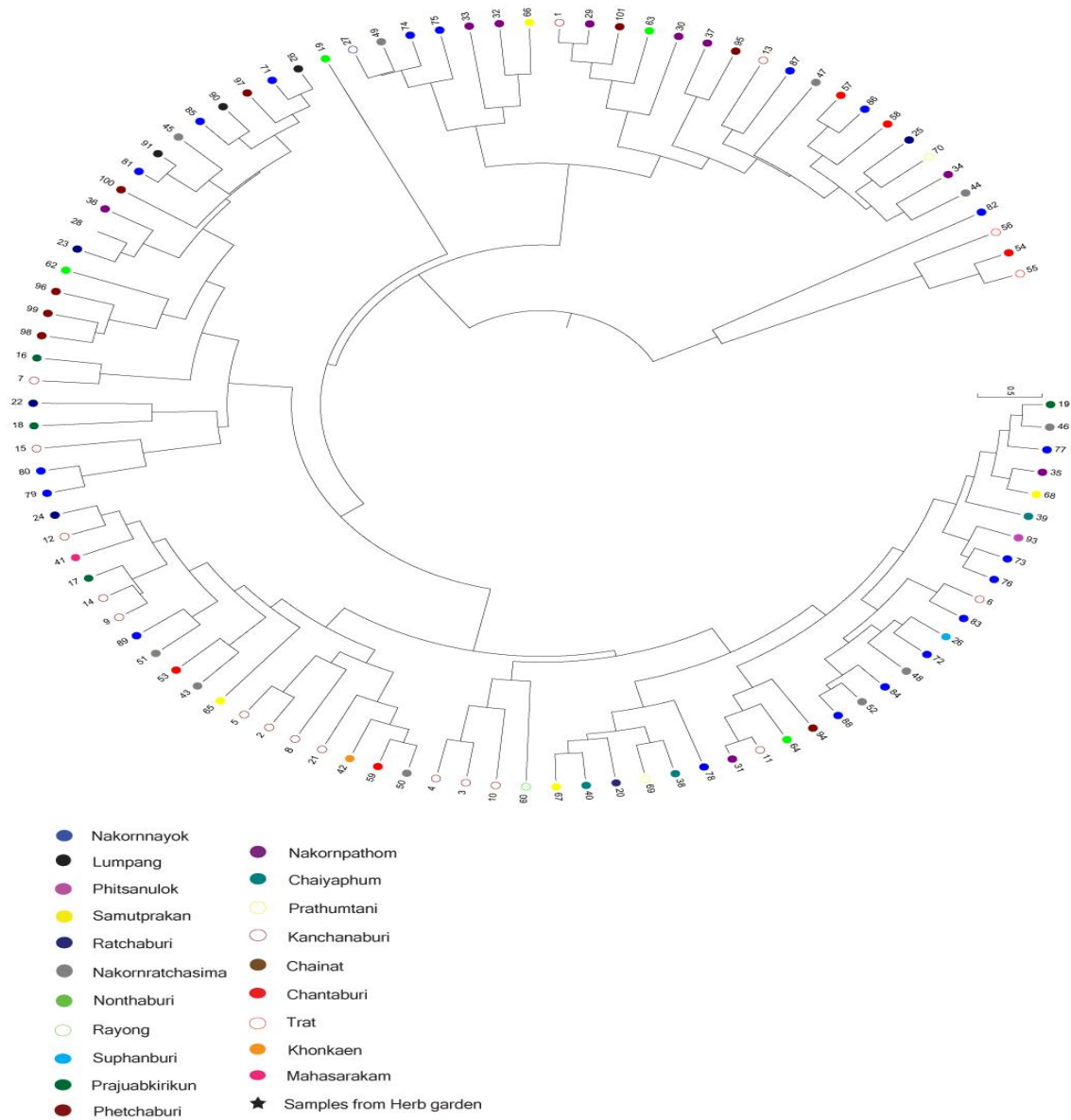


Figure 3 Morphological analysis using UPGMA method with 101 sample of *B. ovata* from 20 provinces as Kanchanaburi, Nakornnayok, Lumpang, Phitsanulok, Phetchaburi, Ratchaburi, Nakornpathom, Chaiphum, Samutprakan, Nonthaburi, Prathumtani, Nakornratchasima, Chainat, Chantaburi, Rayong, Trat, Suphanburi, Khonkaen, Prajuabkirikun, and Mahasarakam with leaves width, leaves length, ration between width and length of leaves, and number of veins of Makaa leaves

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดสอบการแสดงออก Polymorphism ของเครื่องหมายโมเลกุลชนิด ISSR ทั้งหมด 96 เครื่องหมาย พบว่าเครื่องหมาย ISSR เพียง 12 ไพรเมอร์ ที่แสดงความแตกต่างในประชากรมะกา อีกทั้งค่า Polymorphism information contents ในเครื่องหมายโมเลกุลชนิด ISSR ซึ่งเป็นเครื่องหมายโมเลกุลชนิด Dominant marker ค่า PICs อยู่ระหว่าง 0-0.5 โดยเครื่องหมาย ISSR ชุดนี้วิเคราะห์ได้เท่ากับ 0.3131 แสดงให้เห็นถึงความสามารถของเครื่องหมายโมเลกุลนี้สามารถแยกแยะความแตกต่างของตัวอย่างมะกาได้ เนื่องจากค่า PICs ยิ่งต่ำแสดงให้เห็นถึงโอกาสการเกิด Polymorphism ของแบนสูง เป็นการแสดงออกในลักษณะผกผัน (Yousefi *et al.*, 2015)

แผนภาพจากวิธีการวิเคราะห์ด้วย UPGMA ในลักษณะทางสัณฐานวิทยาไม่สามารถใช้ในการจัดกลุ่มตัวอย่างได้ สืบเนื่องจากลักษณะที่ใช้จำแนกน้อยเกินไป รวมถึงการกระจายตัวของลักษณะไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ทำให้การใช้วิธีการจัดกลุ่มด้วยข้อมูลสัณฐานวิทยา ไม่เหมาะกับการจัดกลุ่มของมะกา แตกต่างจากวิธีการใช้ข้อมูลของดอกและเหง้าในการจัดกลุ่มของว่านชัชมดลูก (Laosattit, 2010) หรือในการศึกษาของ Ceylon olive พบว่าลักษณะของปริมาณสารในเนื้อผลและขนาดของผล เหมาะกับการใช้ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมจากการใช้ลักษณะทั้งหมด 24 ลักษณะ ที่ใช้ในการทดลอง (Raji and Siril, 2021) อีกทั้งในพืชกลุ่มสมุนไพรการใช้สารสกัดจากตัวอย่างควบคู่กับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องหมายโมเลกุลก็สามารถใช้แบ่งกลุ่มตัวอย่างได้ดี (Pandotra *et al.*, 2013) รวมถึงจากการศึกษา การวิเคราะห์ทางพันธุกรรมแบบ Neighbor-joining แสดงให้เห็นถึงการจับกลุ่มของประชากรมะกา ที่ไม่สามารถจัดกลุ่มได้อย่างชัดเจนตามเขตภูมิภาค แต่ยังคงสามารถจัดกลุ่มในจังหวัดเดียวกันรวมถึงเขตพื้นที่ข้างเคียง

จากตัวอย่าง 20, 21, 22, 23 และ 25 (Figure 1) โดยตัวอย่างที่ 21 เป็นต้นมะกาที่พบอยู่ในเขตรอยต่อของจังหวัดกาญจนบุรีและราชบุรี ตัวอย่างต้นมะกาไม่สามารถรวมกลุ่มกับต้นมะกาจากเขตกาญจนบุรีแต่ถูกจัดรวมกับกลุ่มราชบุรี อีกทั้งยังพบว่าการจัดกลุ่มตัวอย่างจากเขตภาคตะวันออก เช่น จันทบุรี ระยอง และตราด สามารถรวมกันอยู่ในคลดเดียวกัน แม้ว่าจะพบตัวอย่างจากบางจังหวัดถูกรวมกับกลุ่มตัวอย่างนี้ด้วย เช่น นครปฐม (61) และนนทบุรี (92) ในตัวอย่างที่ได้จากสวนสมุนไพรในเขตพื้นที่ลำปาง พิชณุโลก สมุทรปราการ และนนทบุรี จากการสัมภาษณ์พบว่าตัวอย่างจากสวนสมุนไพรในลำปางและพิษณุโลก หมอยาได้ให้ข้อมูลว่าได้ต้นมะกามาจากพื้นที่ภาคกลางแถวจังหวัดเพชรบุรี สอดคล้องกับแผนภาพทางพันธุกรรมในตัวอย่างจากสมุทรปราการและนนทบุรี กลุ่มแพทย์แผนไทยเจ้าของสวนสมุนไพรแจ้งว่าได้รับต้นมะกามาจากพื้นที่นครปฐม และราชบุรี ตรงกับกลุ่มตัวอย่างที่จัดกลุ่มแบบ NJ ทั้งนี้ การที่ไม่สามารถจัดกลุ่มแบ่งตัวอย่างได้อย่างชัดเจนอาจเป็นเพราะจำนวนเครื่องหมายโมเลกุลยังไม่เพียงพอต่อการใช้ในการแบ่งกลุ่มประชากร ในการศึกษาพืชสมุนไพรกลุ่มอื่น เช่น ไพล ข่า ขมิ้นชัน และว่านชัชมดลูก มีการประยุกต์ใช้เครื่องหมายจำนวนมากและมีการเก็บรวบรวมสายพันธุ์ที่ครอบคลุมในแต่ละพื้นที่ ทำให้ข้อมูลที่ได้สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามพื้นที่ได้ดี (Laosattit, 2010; Khunpiban, 2010; Thakert, 2009; Bua-in, 2009) รวมถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมในมะกาพบได้น้อย เนื่องจากยังไม่เคยมีการเก็บรวบรวมสายพันธุ์ในประเทศไทย

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความหลากหลายทางสัณฐานวิทยา และพันธุกรรมในมะกาทั้ง 20 จังหวัด จำนวน 101 ต้น พบว่าประชากรมะกามีความแตกต่างทางพันธุกรรมต่ำ จากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี UPGMA ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยข้อมูล ความยาว ความกว้าง อัตราส่วน

ระหว่างความกว้างและความยาว และเส้นใบ พบว่าไม่สามารถจับกลุ่มตัวอย่างได้ ในส่วนของการใช้ลักษณะความแตกต่างทางพันธุกรรมด้วยเครื่องหมาย ISSR พบว่าไม่สามารถจับกลุ่มตัวอย่างแบ่งตามเขตภูมิภาคได้อย่างชัดเจน แต่สามารถใช้จับกลุ่มในเขตจังหวัดและพื้นที่ใกล้เคียงได้ค่อนข้างดี จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมและการอนุรักษ์สมุนไพรพื้นถิ่นของไทยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชาดิษฐ์กิจ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญทริกา นันทา และนายแพทย์พิเชฐ บัญญัติ ที่ให้คำแนะนำในการทำวิจัยให้ถูกต้องและสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- Bua-in, S. 2009. **Genetic Diversity, Active Compounds and Antioxidant Activity in *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr, and Its Relatives.** Master Thesis. Kasetsart University. 99 p. [in Thai]
- Chayamarit, K. and P.C. van. Welzen. 2005. **Flora of Thailand: Euphorbiaceae (Genera A-F).** Bangkok: The Forest Herbarium, National Park Wildlife and Plant Conservation Department, Thailand. 303 p.
- Evanno, G., S. Regnaut and J.Goudet. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. **Molecular Ecology** 14(8): 2611-2620.
- Godwin, I.D., E.A.B. Aitken and L.W. Smith. 1997. Application of inter simple sequence repeat (ISSR) markers to plant genetics. **ELECTROPHORESIS** 18(9): 1524-1528. [Online]. Available <https://doi.org/10.1002/elps.1150180906> (April 12, 2023).
- Khunpiban, A. 2010. **Genetic Diversity of Edible Galanga (*Alpinia* spp.) in Thailand Using AFLP Technique.** Master Thesis. Kasetsart University. 86 p. [in Thai]
- Kumar, S., G. Stecher and K. Tamura. 2016. MEGA7: molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. **Molecular Biology and Evolution** 33(7): 1870-1874.
- Laosatit, K. 2010. **Genetic diversity of Waan Chak Modlook (*Curcuma* sp.) in Thailand Revealed by Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP).** Master Thesis. Kasetsart University. 103 p. [in Thai]
- Ngueyem, T.A., G. Brusotti, G. Caccialanza and P.V. Finzi. 2009. The genus Bridelia: a phytochemical and ethnopharmacological review. **Journal of Ethnopharmacology** 124(3): 339-349. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.05.019> (April 12, 2023).

- Ng, W. and S. Tan 2015. Inter-simple sequence repeat (ISSR) markers: are we doing it right. **ASM Sci J.** 9(1): 30-39.
- Pandotra, P., A.P. Gupta, M.K. Husain. and S. Gupta. 2013. Evaluation of genetic diversity and chemical profile of ginger cultivars in North-Western Himalayas. **Biochemical Systematics and Ecology** 48: 281-287.
- Poofery, J., P. Khaw-On, S. Subhawa, B. Sripanidkulchai, A.Tantraworasin, S. Saeteng, S. Siwachat, N. Lertprasertsuke and R. Banjerdpongchai 2020. Potential of Thai herbal extracts on lung cancer treatment by inducing apoptosis and synergizing chemotherapy. **Molecules** 25(1): 1-30. DOI: 10.3390/molecules 25010231.
- Pradeep Reddy, M., N. Sarla and E. Siddiq. 2002. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. **Euphytica** 128: 9-17.
- Pritchard, J.K., M. Stephens and P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. **Genetics** 155(2): 945-959.
- Raji, R., and E.A. Siril. 2021. Genetic diversity analysis of promising ceylon olive (*Elaeocarpus serratus* L.) genotypes using morphological traits and ISSR markers. **Current Plant Biology** 26: 1-11. DOI:10.1016/j.cpb.2021.100201.
- Thaikert, R. 2009. **Genetic Diversity and some Active Compounds of Turmeric (Curcuma longa L.)**. Master Thesis. Kasetsart University. 73 p. [in Thai]
- Thongkon, N. 1995. **Chemical Constituents of the Leaves of *Bridelia ovata* Decne.** Master Thesis. Chulalongkorn University. 75 p.
- Wutthummawej, W. 2011. **Encyclopedia of Pharmaceutical in Ratthanakosin Era.** Bangkok: Siam Art Package and Press. 720 p.
- Yeboah, G.N., F.W.A. Owusu, M.-A. Archer, M.O. Kyene, D. Kumadoh, F. Ayertey, S.O. Mintah, P.A.-A. Junior and A.A. Appiah. 2022. *Bridelia ferruginea* Benth.: an ethnomedicinal, phytochemical, pharmacological and toxicological review. **Heliyon** 8: 1-18. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e10366.
- Yousefi, V., A. Najaphy, A. Zebarjadi and H. Safari. 2015. Molecular characterization of Thymus species using ISSR markers. **JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences** 25(4): 1087-1094.

ผลของสารเคลือบผิวจากเปลือกเสาวรสและสารสกัดจากเกล็ดปลาต่ออายุการเก็บรักษาตรอบเออรี่

Effect of Coating from Passion Fruit Peel and Fish scale on Shelf Life of Strawberries

ศิวดล แจ่มจรัส* ศิริพลอย ยอดอาจ ศิริพร โพธิ์ชนาบ และนุชจรี สิงห์พันธ์

Siwadon Chaemchamrat*, Siriploy Yod-arj, Siriporn Phokanap and Nootjaree Singpan

สาขาวิชาเอกพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพชรบูรณ์ 67000

Department of Plant Science, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University

Phetchabun, Thailand 67000

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

Abstract

Received: September 04, 2020

Revised: April 11, 2022

Accepted: August 17, 2022

Effect of coating from passion fruit peel extract on shelf life of strawberries grown in Khao Kho district, Phetchabun province. The experiment was performed as a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 8 treatment. Coating solution made from passion fruit peel extract, pectin solution, fish scale extract, chitosan solution and acetic acid. After 8 days of storage, strawberries coating was 2% pectin + 1% chitosan has lowest weight loss. As for the coating with 1 percent fish scale extract has highest titrated acid content. The total soluble solids (Brix) were not significantly different, but effected on ratio of total soluble solid (TSS) and titratable acidity (TA%) (TSS/TA) a coating strawberries with 1% chitosan and 2% pectin + 1% chitosan has highest TSS/TA. The uncoated strawberries had the highest anthocyanin content after 2 days of storage. The color L* (brightness) value of the coating was not different. While the color a* (red) value a coating strawberries with 2% pectin + 1% chitosan had a color a* value than coating with 1% chitosan and 2% passion fruit peel extract, while the uncoated had the least on the color b* (yellow).

Keywords: strawberry, passion fruit, coating

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของสารเคลือบผิวจากเปลือกเสาวรสต่อการยืดอายุการเก็บรักษาสตรอเบอร์รี่ที่ปลูกในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ มีทั้งหมด 8 สิ่งทดลอง 3 ซ้ำ ประกอบไปด้วย การเคลือบผิวด้วยสารสกัดจากเปลือกเสาวรส สารละลายเพคติน สารสกัดจากเกล็ดปลา สารละลายไคโตซาน และกรดอะซิติก (Acetic acid) หลังการเก็บรักษา 8 วัน พบว่าการเคลือบผิวสตรอเบอร์รี่ด้วยเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์ + ไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ส่วนการเคลือบผิวด้วยสารสกัดเกล็ดปลา 1 เปอร์เซ็นต์ ผลสตรอเบอร์รี่มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุด ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Brix) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีผลกับสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) สารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ และสารเคลือบผิวจากเปลือกเสาวรส 2 เปอร์เซ็นต์ + สารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่า TSS/TA สูงที่สุด ส่วนสตรอเบอร์รี่ที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดหลังเก็บรักษา 2 วัน ค่าสี L (ความสว่าง) ของการเคลือบผิวในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าสี a การเคลือบผิวสตรอเบอร์รี่ด้วยเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์ + ไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสี a (สีแดง) มากกว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดเปลือกเสาวรส 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการไม่เคลือบผิวมีผลทำให้มีค่าสี b (สีเหลือง) น้อยที่สุด

คำสำคัญ: สตรอเบอร์รี่ เสาวรส สารเคลือบผิว

คำนำ

สตรอเบอร์รี่เป็นผลไม้อีกชนิดหนึ่งที่มีการปลูกอย่างแพร่หลาย โดยมีพื้นที่ปลูกสตรอเบอร์รี่ส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือและในพื้นที่บางจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และในพื้นที่สูงของภาคกลาง สตรอเบอร์รี่จึงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ซึ่งสามารถช่วยยกระดับความเป็นอยู่ของเกษตรกรผู้ปลูกให้ดีขึ้นทั้งเกษตรกรพื้นที่ราบและบนที่สูง (Phipatthanawong, 2000) ซึ่งในปี พ.ศ. 2559 มีเกษตรกรผู้ปลูกสตรอเบอร์รี่ 147 ราย พื้นที่ปลูก 486 ไร่ มีผลผลิตรวม 103,860 กิโลกรัม ราคาขายเฉลี่ย 201 บาทต่อกิโลกรัม โดยในจังหวัดเพชรบูรณ์ ปี พ.ศ. 2559 มีเกษตรกรผู้ปลูกสตรอเบอร์รี่ 77 ราย พื้นที่ปลูก 234 ไร่ มีผลผลิตรวม 58,740 กิโลกรัม ราคาขายเฉลี่ย 167 บาทต่อกิโลกรัม (Department of Agriculture Extension, 2017) แต่สตรอเบอร์รี่มีข้อเสีย คือ เป็นพืชที่มีอัตราการหายใจสูง เน่าเสียและช้ำได้ง่าย ทำให้เก็บรักษาได้ไม่นาน (Inthasan, 2015)

โดยปกติแล้วผลไม้เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วตั้งทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง จะเกิดการเหี่ยวเฉาและเน่าเสียตามธรรมชาติ แม้ว่าผลไม้เหล่านั้นจะมีกระบวนการป้องกันการสูญเสียน้ำและการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคด้วยการผลิตสารที่มีลักษณะเป็นฟิล์มบาง ๆ คล้ายไขมันเคลือบผิวอยู่ แต่สารเคลือบผิวเหล่านี้จะค่อย ๆ สลายไปตามธรรมชาติ ทำให้ผลไม้เกิดการสูญเสียน้ำและเกิดการเหี่ยวเฉา เทคโนโลยีการจัดการผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งกระบวนการเคลือบผิวผลไม้เพื่อชะลอการคายน้ำ หรือการเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคเพื่อยืดอายุผลผลิตหลัง

เก็บเกี่ยว สารเคลือบผิวผลไม้สดเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ได้นานยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้สารเคลือบผิวอย่างแพร่หลาย (Rodprasert, 2014) สารเคลือบผิวในปัจจุบันมีหลายชนิด เช่น สารเคลือบผิวจากคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ อัลจิเนต คาราจีแนน อนุพันธ์ของเซลลูโลส เพคติน (Chaiteep, 1996) การใช้น้ำส้มสายชูหมัก (Acetic acid) ในการพ่นบนผิวของผลสตรอเบอรี่เพื่อยับยั้งการเกิดเชื้อรา ซึ่งสามารถลดความเสียหายได้ประมาณร้อยละ 20 เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้ใช้น้ำส้มสายชูหมักเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C. เป็นเวลา 15 วัน (Jarunrattanasakul, 2009) หรือการใช้สารไคโตซานชนิดที่ละลายในกรดความเข้มข้นร้อยละ 1 สามารถชะลอการหายใจและการสุกของสตรอเบอรี่ได้เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1°C. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87-90 (Chuchee, 2000) นอกจากนั้นการผลิตสารเคลือบผิวจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติเป็นที่นิยมมากขึ้นเนื่องจากเป็นการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ เช่น Changirakul *et al.* (2016) ศึกษาผลของสารสกัดจากเปลือกส้มโอและวุ้นหางจระเข้ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของโหระพา ที่ทำให้สามารถเก็บรักษาโหระพาได้นานขึ้น

เสาวรสเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่ปลูกมากในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยเฉพาะอำเภอเขาค้อ ซึ่งปี พ.ศ. 2559 มีเกษตรกร ผู้ปลูกเสาวรส 353 ราย พื้นที่ปลูก 3,770 ไร่ มีผลผลิตรวม 3,415,950 กิโลกรัม ราคาขายเฉลี่ย 12 บาทต่อกิโลกรัม (Department of Agriculture Extension, 2017) ในทุก ๆ ส่วนของเสาวรสสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น น้ำและเมล็ดนำมาแปรรูปเป็นน้ำเสาวรส และใช้เปลือกของเสาวรสที่แยกน้ำและเมล็ดแล้วนำไปใช้เลี้ยงโค (Phavaphutanon, n.d.) โดยพบว่าในเปลือกเสาวรสพันธุ์สีเหลืองมีปริมาณเพคตินร้อยละ 19.1 จัดเป็นเพคตินเมธีออกซิลต่ำ ซึ่งการวิเคราะห์คุณภาพในด้านความคงทน

ของเจลและความหนืดสามารถเทียบคุณภาพได้กับเพคตินทางการค้า (Wanniyom, 2009)

เกล็ดปลา เป็นส่วนที่ห่อหุ้มตัวปลา โดยเปลี่ยนแปลงมาจากผิวหนัง ซึ่งเกิดจากผิวหนังชั้นใน โดยองค์ประกอบหลักของเกล็ดปลานั้นประกอบไปด้วยโปรตีน เถ้า รวมทั้งไคตินและไคโตซาน ซึ่งไคโตซานเป็นสารที่สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน รวมถึงการใช้ประโยชน์ในด้านการรักษาผลผลิตทางการเกษตร โดยใช้เป็นสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา (Weeraphan, 2011)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรสและเกล็ดปลา เพื่อใช้สำหรับเป็นสารเคลือบผิวที่สามารถบริโภคได้ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ และเป็นการใช้วัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปน้ำเสาวรสและการบริโภคให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการคัดเลือกผลสตรอเบอรี่ 960 ผล ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ในระยะความแก่ที่ 80-90 เปอร์เซ็นต์ และทำการสุ่มผลสตรอเบอรี่ตามแผนการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD มีทั้งหมด 8 สิ่งทดลอง ดังนี้

1. ไม่จุ่มสารเคลือบผิว (ชุดควบคุม)
2. สารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์
3. สารสกัดจากเกล็ดปลา 1 เปอร์เซ็นต์
4. สารละลาย Acetic acid 1 เปอร์เซ็นต์
5. สารละลายเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์
6. สารเคลือบผิวจากเปลือกเสาวรส 2 เปอร์เซ็นต์
7. สารละลายเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์ + สารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์
8. สารเคลือบผิวจากเปลือกเสาวรส 2 เปอร์เซ็นต์ + สารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์

การเตรียมสารเคลือบผิว

1. เตรียมสารละลายโดยนำสารสกัดที่ได้จากเปลือกเสาวรสมาเตรียมเป็นสารเคลือบผิวในรูปแบบของสารละลาย โดยผสมลงในน้ำเดือดอุณหภูมิ 100°ซ. เซลเซียส โดยสารสกัดต่อน้ำ 2:100 (w/v)

2. เตรียมสารละลาย Acetic acid 1 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยผสมลงในน้ำเดือดอุณหภูมิ 100°ซ. โดยสารตั้งต้นต่อน้ำ 2:100 (w/v)

วิธีดำเนินการทดลอง

ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ผล โดยทำการจุ่มสารเคลือบผิวตามแผนการทดลองที่กำหนดไว้ จากนั้นนำสตรอเบอรี่บรรจุใส่กล่องพลาสติกใสชนิดโพลีเอทิลีน เทเรฟทาเรต (Polyethylene terephthalate; PET) กล่องละ 5 ผล ตามจำนวนซ้ำที่กำหนดโดยแบ่งสตรอเบอรี่ออกเป็น 8 กลุ่ม เพื่อใช้ในการสุ่มสำหรับบันทึกข้อมูลทุก ๆ 2 วัน รวมมีสตรอเบอรี่ทั้งสิ้น 192 กล่อง จากนั้นนำสตรอเบอรี่ทั้งหมดแช่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 18°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ และทำการสุ่มสตรอเบอรี่ทุกกรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ในทุก ๆ 2 วันเพื่อทำการบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลทุก ๆ 2 วัน และนำข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) =

$$\frac{\text{น้ำหนักวันเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักวันที่เก็บข้อมูล}}{\text{น้ำหนักวันเริ่มต้น}} \times 100$$

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid; TSS)

นำน้ำคั้นจากผลสตรอเบอรี่มาวัดด้วยเครื่อง Hand refractometer (ATAGO N1, Japan)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity;TA)

โดยนำน้ำคั้นจากสตรอเบอรี่ปริมาตร 1 มล. เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 20 มล. แล้วนำมาเติมสารละลาย Phenolphthalein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 2-3 หยด เพื่อใช้เป็น Indicator จากนั้นนำไปไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.1N จนกระทั่งถึงจุดยุติ (End point) น้ำคั้นจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนอย่างถาวร บันทึกปริมาณต่างที่ใช้ในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดแอสคอบิก

เปอร์เซ็นต์กรดแอสคอบิก =

$$\frac{N \text{ base} \times \text{มิลลิลิตร base} \times \text{meq.wt. ของกรดซิตริก}}{\text{มิลลิลิตรน้ำคั้นที่ใช้}} \times 100$$

การวัดค่าสี L*(ความสว่าง) a*(สีแดง) b*(สีเหลือง)

โดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunterlab รุ่น MiniScan EZ (LAV)

ปริมาณแอนโทไซยานิน

การหาปริมาณแอนโทไซยานินตามวิธีของ Yindee (1996) มีขั้นตอนดังนี้ นำผิวสตรอเบอรี่หั่นละเอียด 1 กรัม เติมน้ำ Ethanol HCl ปริมาตร 25 มล. แช่สารละลาย 3 ชั่วโมง หรือจนผิวสตรอเบอรี่ไม่มีสี จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง และวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร นำค่า OD ที่ได้ไปแทนค่าในสูตรหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด

Total absorbance =

$$\frac{\text{Absorbance at 535 nm} \times \text{Final volume}}{\text{Weight of sample}} \times 100$$

$$\text{Total anthocyanin content} = \frac{\text{Total absorbance}}{98.2}$$

ผลการวิจัย

การสูญเสียน้ำหนัก

หลังการเก็บรักษาผลสตอเบอรี่เป็นเวลา 8 วัน พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยหลังการเก็บรักษา 8 วัน ผลสตอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์ + ไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 14.27 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเคลือบผิวโดยกรรมวิธีอื่น ๆ มีการสูญเสียน้ำหนักอยู่ในช่วง 56.71-85.58 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ผลสตอเบอรี่ที่เคลือบผิวในทุกกรรมวิธี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่

ในช่วง 8.00-11.00 Brix (Table 2) หลังการเก็บรักษา 8 วัน สตอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารสกัดเกล็ดปลา 1 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA) มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากสารละลายเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.40 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) และสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) สารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ และสารเคลือบผิวจากเปลือกเสาวรส 2 เปอร์เซ็นต์ + สารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่า TSS/TA สูงที่สุดเท่ากับ 9.77-9.94 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการเคลือบผิวทั้งสองวิธีการดังกล่าวส่งผลให้ผลสตอเบอรี่มีความหวานมากที่สุดหลังการเก็บรักษา 8 วัน (Table 4)

ปริมาณแอนโทไซยานิน

ผลสตอเบอรี่ที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดหลังเก็บรักษา 2 วัน โดยมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 17.62 มก./100 กรัม (Table 5)

Table 1 Effect of coating on percentage of strawberry fruit weight loss after 8 days storage

Treatment	Weight loss (percentage)/shelf life			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Non coating	1.00 ^b	29.92 ^{bc}	42.31 ^{ab}	56.71 ^{ab}
1% Chitosan	2.82 ^b	18.27 ^c	47.70 ^{ab}	72.50 ^a
1% Fish scale extract	2.14 ^b	61.26 ^a	55.58 ^{ab}	75.84 ^a
1% Acetic acid	8.38 ^a	51.52 ^{ab}	64.16 ^a	58.78 ^{ab}
2% Pectin solution	1.17 ^b	60.59 ^a	76.80 ^a	85.58 ^a
2% Passion fruit peel extract	2.29 ^b	43.95 ^{abc}	34.90 ^{ab}	84.32 ^a
2% Pectin + 1% Chitosan	1.70 ^b	44.36 ^{abc}	8.83 ^b	14.27 ^b
2% passion fruit peel extract + 1% Chitosan	1.19 ^b	23.83 ^c	13.58 ^b	75.42 ^a
C.V.%	40.96	24.89	42.01	17.83
F-test	**	**	**	**

**There was a highly significant difference.

There was no significant difference between identical letters in the same column ($p < 0.01$).

Table 2 Effect of coating on total soluble solid content (Brix) of strawberries after 8 days storage

Treatment	Soluble solids content (Brix)/shelf life			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Non coating	10.10	9.77	11.50	11.00
1% Chitosan	10.00	10.33	12.10	10.00
1% Fish scale extract	9.03	9.43	12.00	9.50
1% Acetic acid	10.20	9.10	12.05	9.00
2% Pectin solution	10.90	10.00	9.00	8.00
2% Passion fruit peel extract	10.03	11.07	10.60	8.60
2% Pectin + 1% Chitosan	10.73	11.33	11.10	9.33
2% Passion fruit peel extract + 1% Chitosan	8.13	10.00	11.33	9.20
C.V.%	16.24	12.48	10.25	7.51
F-test	ns	ns	ns	ns

ns means no significant difference ($p>0.05$).

Table 3 Effect of coating on titratable acidity (TA%) of strawberries after 8 days storage

Treatment	Titrated acid content (TA%)/shelf life			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Non coating	1.28	1.24	1.28	1.47 ^{bc}
1% Chitosan	1.17	1.02	1.44	1.02 ^c
1% Fish scale extract	1.17	1.22	1.41	2.40 ^a
1% Acetic acid	1.28	1.19	1.83	1.22 ^c
2% Pectin solution	1.18	1.99	1.54	2.24 ^{ab}
2% Passion fruit peel extract	1.19	1.28	1.35	1.28 ^c
2% Pectin + 1% Chitosan	1.11	1.45	1.56	1.09 ^c
2% Passion fruit peel extract + 1% Chitosan	1.09	1.39	1.43	0.93 ^c
C.V.%	9.29	29.40	19.75	14.15
F-test	ns	ns	ns	**

ns means no significant difference ($p>0.05$). **There was a highly significant difference.

There was no significant difference between identical letters in the same column ($p<0.01$).

Table 4 Effect of coating on ratio of total soluble solid (TSS) and titratable acidity (%TA) of strawberries after 8 days storage

Treatment	Titrated acid content (TA%)/shelf life			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Non coating	7.89	7.92	9.16	7.62 ^{bc}
1% Chitosan	8.66	10.09	8.42	9.77 ^a
1% Fish scale extract	7.87	7.49	9.23	3.96 ^d
1% Acetic acid	7.99	7.89	6.60	7.40 ^{bc}
2% Pectin solution	9.25	5.56	5.86	3.57 ^d
2% Passion fruit peel extract	8.55	8.76	7.92	6.72 ^c
2% Pectin + 1% Chitosan	9.69	7.86	7.23	8.66 ^{ab}
2% Passion fruit peel extract + 1% Chitosan	7.34	9.51	7.95	9.94 ^a
C.V.%	17.82	32.78	17.81	6.24
F-test	ns	ns	ns	**

ns means no significant difference ($p>0.05$). **There was a highly significant difference.

There was no significant difference between identical letters in the same column ($p<0.01$).

Table 5 Effect of coating on anthocyanin content (mg/100 g) of strawberries after 8 days storage

Treatment	Anthocyanin content (mg/100 g)/shelf life			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Non coating	17.62a	12.56	14.14	15.61
1% Chitosan	9.40b	10.79	15.95	15.58
1% Fish scale extract	11.52b	11.29	14.77	15.22
1% Acetic acid	12.04b	10.45	16.05	15.44
2% Pectin solution	11.41b	10.78	15.91	11.35
2% Passion fruit peel extract	10.40b	11.84	15.69	15.28

Table 5 (Continued)

Treatment	Anthocyanin content (mg/100 g)/shelf life			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
2% Pectin + 1% Chitosan	8.12b	9.16	15.36	11.97
2% Passion fruit peel extract + 1% Chitosan	10.63b	10.98	14.96	11.27
C.V.%	20.37	13.58	5.27	20.95
F-test	**	ns	ns	ns

ns means no significant difference ($p>0.05$) **There was a highly significant difference.

There was no significant difference between identical letters in the same column ($p<0.01$).

ค่าสี L*(ความสว่าง) a*(สีแดง) b*(สีเหลือง)

ค่าสี L (ความสว่าง) ของการเคลือบผิวในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าอยู่ในช่วง 22.59-29.96 (Table 6) ในขณะที่ค่าสี a การเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์ + ไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสี a (สีแดง)

มากกว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดจากเปลือกเสาวรส 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 29.19, 21.76 และ 19.90 ตามลำดับ (Table 7) ส่วนการไม่เคลือบผิวมีผลทำให้มีค่าสี b (สีเหลือง) น้อยที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 9.43 (Table 8)

Table 6 Effect of coating on L* values (brightness) of strawberries after 8 days storage

Treatment	L* color values (brightness)/shelf life			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Non coating	35.05	28.66	29.42	22.59
1% Chitosan	30.67	27.74	27.17	24.17
1% Fish scale extract	32.37	29.38	30.23	26.11
1% Acetic acid	31.79	31.67	26.01	24.99
2% Pectin solution	32.47	33.00	26.74	29.96
2% Passion fruit peel extract	29.03	27.75	31.08	25.14
2% Pectin + 1% Chitosan	34.02	29.44	25.66	28.21
2% Passion fruit peel extract +1% Chitosan	35.29	27.65	31.39	29.63
C.V.%	12.48	9.78	9.73	13.46
F-test	ns	ns	ns	ns

ns means no significant difference ($p>0.05$).

Table 7 Effect of coating on a* values (red) of strawberries after 8 days storage

Treatment	a* color values (red)/shelf life			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Non coating	35.52	30.38	27.84 ^{abc}	22.68 ^{abc}
1% Chitosan	33.01	29.58	25.88 ^{ac}	21.76 ^{bc}
1% Fish scale extract	29.06	35.83	28.61 ^{ab}	26.94 ^{ab}
1% Acetic acid	32.85	30.62	19.97 ^c	27.71 ^{ab}
2% Pectin solution	33.45	32.90	27.56 ^{abc}	25.31 ^{abc}
2% Passion fruit peel extract	30.11	31.99	31.89 ^a	19.90 ^c
2% Pectin + 1% Chitosan	28.77	31.39	22.79 ^{bc}	29.19 ^a
2% Passion fruit peel extract + 1% Chitosan	36.03	32.37	26.07 ^{ac}	27.89 ^{ab}
C.V.%	11.95	7.54	11.96	14.01
F-test	ns	ns	**	*

ns means no significant difference ($p>0.05$). *There was a significant difference. There was no significant difference between identical letters in the same column ($p<0.05$). **There was a highly significant difference. There was no significant difference between identical letters in the same column ($p<0.01$).

Table 8 Effect of coating on b* values (yellow) of strawberries after 8 days storage

Treatment	b* color values (yellow)/shelf life			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Noncoating	27.47	16.52	14.33 ^{abc}	9.43 ^c
1% Chitosan	18.97	15.99	14.06 ^{abc}	10.19 ^{bc}
1% Fish scale extract	18.63	20.80	15.22 ^{abc}	16.64 ^a
1% Acetic acid	20.70	21.23	8.08 ^c	14.70 ^{abc}
2% Pectin solution	19.96	21.53	13.48 ^{abc}	16.44 ^a
2% Passion fruit peel extract	18.08	16.87	19.36 ^a	12.03 ^{abc}

Table 8 (Continued)

Treatment	b* color values (yellow)/shelf life			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
2% Pectin + 1% Chitosan	20.82	20.41	11.74 ^{bc}	15.01 ^{ab}
2% Passion fruit peel extract + 1% Chitosan	24.61	17.97	17.29 ^{ab}	16.68 ^a
C.V.%	28.67	17.50	20.10	20.84
F-test	ns	ns	**	*

ns means no significant difference ($p>0.05$). *There was a significant difference. There was no significant difference between identical letters in the same column ($p<0.05$). **There was a highly significant difference. There was no significant difference between identical letters in the same column ($p<0.01$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

หลังการเก็บรักษา 8 วัน การเคลือบผิวสตรอเบอร์รี่ด้วยเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์ + ไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Piriyaphattarakit *et al.* (2017) ที่ทำการศึกษาศักยภาพของสารเคลือบผิวจากบุกเพื่อรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มเขียวหวาน ซึ่งพบว่าการใช้สารเคลือบผิวที่ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก คือ ผงบุก 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิว GLK@ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและการเหี่ยวของส้มเขียวหวานได้ดีกว่าชุดควบคุมที่ใช้น้ำเปล่า เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C. ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 5 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งสอดคล้องกับการศึกษาของ Velickova *et al.* (2013) ที่พบว่าการใช้ Chitosan ร่วมกับ Beeswax เคลือบผิวสตรอเบอร์รี่ช่วยให้สตรอเบอร์รี่สูญเสียน้ำหนักลดลง โดย Boonyakiat and Sehanam (2003) รายงานว่าสารไคโตซานที่ใช้ในการเคลือบผิวสตรอเบอร์รี่สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราและรักษาความสดของผลสตรอเบอร์รี่ได้ ซึ่งอาจเป็นเหตุผลที่ช่วยให้ผลสตรอเบอร์รี่ที่เคลือบผิวด้วยเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์ + ไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักที่ลดลงจากการไม่เคลือบผิว แต่โดย

ภาพรวมแล้วการสูญเสียน้ำหนักในการทดลองครั้งนี้ยังค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นการเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาสารเคลือบผิวจากไคโตซานที่ละลายในกรดเข้มข้นและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1°C. ที่มีการสูญเสียน้ำหนักในช่วง 12 วันแรกของการเก็บรักษาไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ (Chuchee, 2000) รวมทั้งอาจเกิดจากการที่สารเคลือบผิวที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะข้นหนืด เมื่อนำมาเคลือบผิวผลไม้ทำให้แห้งช้า ซึ่งในบางผลอาจแห้งไม่สนิทก่อนการเก็บรักษา จึงเป็นปัจจัยทำให้เกิดความเสียหายกับผลสตรอเบอร์รี่ได้ (Changirakul *et al.*, 2016) ส่วนการเคลือบผิวด้วยสารสกัดเกล็ดปลา 1 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุด ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Brix) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rachtanapun and Noiwan (2008) ที่ทำการศึกษาศักยภาพการบรรจุภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงสมดุลต่อการเก็บรักษาสตรอเบอร์รี่ ซึ่งพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสตรอเบอร์รี่ที่เก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกัน รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างแปรผันในวันหลังการเก็บรักษา ถึงแม้จะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในบางวันของการเก็บรักษาก็ตาม ผลสตรอเบอร์รี่ที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดหลัง

การเก็บรักษา 2 วัน ซึ่งต่างจากการศึกษาของ Dhital *et al.* (2018) ที่พบว่าการใช้สาร Limonene และ Liposome เคลือบผิวสตรอเบอรี่มีผลทำให้มีปริมาณสารแอนโทไซยานินมากกว่าการไม่เคลือบผิวหลังการเก็บรักษา 14 วัน ค่าสี L (ความสว่าง) ของการเคลือบผิวในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าสี a (สีแดง) การเคลือบผิวสตรอเบอรี่ด้วยเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์ + ไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสี a มากกว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดจากเปลือกเสาวรส 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการไม่เคลือบผิวมีผลทำให้มีค่าสี b (สีเหลือง) น้อยที่สุด ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ Boonyakiat and Sehanam (2003) ที่พบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวของสตรอเบอรี่

สรุปผลการวิจัย

การเคลือบผิวสตรอเบอรี่ด้วยเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์ + ไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลสตรอเบอรี่สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ส่วนการเคลือบผิวด้วยสารสกัดเกล็ดปลา 1 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุด สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Brix) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดหลังเก็บรักษา 2 วัน ส่วนค่าสี L (ความสว่าง) ของการเคลือบผิวในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ค่าสี a การเคลือบผิวสตรอเบอรี่ด้วยเพคติน 2 เปอร์เซ็นต์ + ไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสี a (สีแดง) มากกว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดจากเปลือกเสาวรส 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการไม่เคลือบผิวมีผลทำให้มีค่าสี b (สีเหลือง) น้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 (PCRU_2562_KN014) มา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- Boonyakiat, D. and P. Sehanam. 2003. Effect of chitosan coating on quality of strawberry fruit. *Journal of Agriculture* 19(2): 100-106. [in Thai]
- Chaiteep, S. 1996. **Effect of Temperature and Edible Coatings on Quality and Shelf Life of Minimally Processed Pineapple.** Master Thesis. Chiang Mai University. 135 p. [in Thai]
- Changirakul, K., A. Nanthasoonthon, C. Thepsithar and A. Thongpukdee. 2016. Effects of coating agent from pomelo peel and aloe gel on storage life of sweet basil. *Science and Technology Silpakorn University* 3(6): 323-331. [in Thai]
- Chucheep, K. 2000. **Effect of Chitosan Coating on Quality of Harvested Strawberry.** Master Thesis. King Mongkut's University of Technology Thonburi. 103 p. [in Thai]

Department of Agriculture Extension. 2017.

Agricultural production information system. [Online]. Available <http://production.doae.go.th> (March 20, 2022). [in Thai]

Dhital, R., N. Becerra, D.G. Watson, P. Kohli and R. Choudhary. 2018. Efficacy of limonene nano coating on post-harvest shelf life of strawberries. **LWT-Food Science and Technology** 97: 124-134.

Inthasan, K. 2015. **Kan Pluk Strawberry.** Kanchanaburi: Kanchanaburi Agricultural Occupation Promotion and Development Center (Highland Agricultural Extension). 25 p. [in Thai]

Jarunrattanasakul, P. 2009. **Growth Inhibition of *Botrytis cinerea* of Surfaces of Fresh Strawberry by Fermented Vinegar.** Master Thesis. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 33 p. [in Thai]

Phavaphutanon, L. n.d. **Kan Pluk Kratokrok Farang.** Bangkok: Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University. 30 p. [in Thai]

Phiphatthanawong, N. 2000. **Strawberry: Peut Sayt Ta Git Mai.** Bangkok: Kasetsart University. 158 p. [in Thai]

Piriaphattarakit, A., C. Sartpetch, M. Lanchai, A. Suwannagu, K. Busarakum, N. Chanchula and T. Taychasinpitak.

2017. Efficiency of konjac coating agent for postharvest prolonging shelf life of tangerine orange (*Citrus reticulata* Blanco.).

Thai Journal of Science and Technology 6(4suppl.): 301-308. [in Thai]

Rachtanapun, P. and D. Noiwan. 2008. Effect of Equilibrium Modified Atmosphere Packaging on Storage Life of Strawberry (*Fragaria ananassa*). pp. 529-537.

Proceedings of 46th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]

Rodprasert, S. 2014. What are the benefits of fruit coating? **Department of Science Service, Ministry of Science and Technology** 62(196): 41-43. [in Thai]

Velickova, E., E. Winkelhausen, S. Kuzmaova, V.D. Alves and M. Moldao-Martins. 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coating on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv. camarosa) under commercial storage conditions. **LWT-Food Science and Technology** 52: 80-92.

Wanniyom, W. 2009. **Development of Passion Fruit Jam Using Passion Fruit Rind.** Master Thesis. Chiang Mai University. 209 p. [in Thai]

Weeraphan, W. 2011. **Chitosan Extraction from Fish Scale of Tilapia (*Tilapia Nilotica*) for Edible Film Production.** Master Thesis. Chiang Mai University. 91 p. [in Thai]

Yindee, A. 1996. **Pugment Changes in Mango and Lychee Fruits during Pre- and Post-harvest Periods.** Master Thesis. Chiang Mai University. 157 p. [in Thai]

สภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง
สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป. ลาว)
Beef Cattle Raising Situation of Farmers in Phonxay District
LuangPrabang Province, Lao People Democratic Republic (Laos PDR)

Thanousinh Kandee* พหล ศักดิ์ทะทัศน์ กังสดาล กนกหงษ์ และสายสกุล ฟองมูล
Thanousinh Kandee*, Phahol Sakkatat, Kangsadan Kanokhong and Saisakul Fongmul

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Department of Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production

Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: t_kandee@yahoo.com

Received: January 08, 2021

Revised: February 02, 2022

Accepted: May 02, 2022

Abstracts

This study aimed to explore the personal, socio-economic attributes of farmers raising beef cattle and the situation of beef cattle raising system in Phonxay district, Laungprabang province, Laos PDR. Questionnaire was used for data collection administers with 309 raising beef cattle farmers. The data obtained were analyzed using descriptive statistics i.e., frequency, percentage, standard deviation, highest score and lowest score. The results shown that most of respondents were male (76.7%) at an average age of 41.98 years old. They were elementary school graduated (58.6%), with an average of 6.34 household members. Main occupation was agriculture (90.3%), an average annual income was 87,862.10 Baht per household, out of which 46,489.25 Baht was from selling of beef cattle. The total capital for raising beef cattle was at the average of 46,014.40 Baht per year and with the average of 15,998.31 Baht dept per household per year. Contract with agricultural extension officer was on the average of 3.85 time per year. More than half of the respondent (56.3%) were trained in beef cattle raising and member of community group (65.1%). The experience in rearing cattle range from 6 to 10 years. As regard beef cattle raising system, the labor used in the farm was from the respondents' household at an average of 2.45 labors per household. The average number of beef cattle per family was 11.4 heads, most of which was native breed (98.4%). The main feed for beef cattle was grass which was grown by farmers at an average of 4.25 hectares per household. Most of farmers (87.7%) can manage their own rearing system. The source of fund for buying the beef cattle was from respondents themselves (78.0%). Most of the farmers had their own land and grass flied to feed the cattle without any feed supplement (90.9%), beef cattle were vaccinated against foot-and-mouse disease once a year by the owners (63.1%). In conclusion, most of beef cattle raising farmer had

background of knowledge and practice in beef cattle raising. However, they lacked of feed management, disease prevention and breed management.

Keywords: raising beef cattle situation, farmers, Phonxay district, Luangprabang province

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ-สังคม และสภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป. ลาว) กลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ จำนวน 309 ราย เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ คือ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 76.7 อายุเฉลี่ย 41.98 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษาร้อยละ 58.6 มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 6.34 คน อาชีพหลักทำการเกษตรร้อยละ 90.3 มีรายได้รวมเฉลี่ย 87,862.10 บาทต่อปี รายได้จากการขายโคเนื้อเฉลี่ย 46,489.25 บาทต่อปี มีต้นทุนการเลี้ยงโคเนื้อเฉลี่ย 46,014.40 บาทต่อปี มีภาระหนี้สินครัวเรือนเฉลี่ย 15,998.31 บาทต่อปี เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อมีการติดต่อเจ้าหน้าที่เกษตรเฉลี่ย 3.85 ครั้งต่อปี ส่วนมากได้รับการอบรมการเลี้ยงโคเนื้อร้อยละ 56.3 เฉลี่ย 0.98 ครั้งต่อปี ได้รับข้อมูลข่าวสารในการเลี้ยงโคเนื้อร้อยละ 70.9 เฉลี่ย 5.74 ครั้งต่อปี เป็นสมาชิกขององค์กรหมู่บ้านร้อยละ 65.1 ทางด้านสภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรพบว่าแรงงานที่ใช้ในการเลี้ยงโคเนื้อเป็นแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.45 แรงงานต่อครัวเรือน มีโคเนื้อที่เลี้ยงเฉลี่ย 11.44 ตัวต่อครัวเรือน ส่วนมากเป็นสายพันธุ์โคพื้นเมืองร้อยละ 98.4 มีการปลูกหญ้าเลี้ยงโคเนื้อเฉลี่ย 4.25 ไร่ต่อครัวเรือน เกษตรกรมีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคเนื้ออยู่ระหว่าง 6-10 ปี มีการปฏิบัติในการเลี้ยงโคเนื้อด้วยตัวเองร้อยละ 87.7 แหล่งที่มาของโคเนื้อได้มาจากการซื้อ

ด้วยตัวเองร้อยละ 78.0 รูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อเป็นการเลี้ยงในพื้นที่ที่มีการปลูกหญ้าและได้ทำรั้วกัน โดยปล่อยเลี้ยงในพื้นที่ตลอดปีร้อยละ 78.0 การให้อาหารจะให้อาหารหยาบอย่างเดียวไม่มีการให้อาหารเสริมใด ๆ ร้อยละ 90.9 มีการฉีดวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อยปีละครั้งร้อยละ 63.1 จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อส่วนมากมีพื้นฐานทางด้านความเข้าใจและการปฏิบัติในการเลี้ยงโคเนื้อ อย่างไรก็ตามเกษตรกรยังขาดความรู้และการปฏิบัติในระดับที่ดีในด้านการจัดการอาหาร การป้องกันโรค และการจัดการเนวพันธุ์

คำสำคัญ: สภาพการเลี้ยงโคเนื้อ เกษตรกร เมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง

คำนำ

ปศุสัตว์เป็นหนึ่งในสาขาเกษตรกรรมที่เติบโตเร็วที่สุดในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีรายงานว่า การขยายตัวของฝูงโคเนื้อเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ต่อปี จาก 1.52 ล้านตัว ในปี พ.ศ. 2553 ถึง 1.81 ล้านตัว ในปี พ.ศ. 2557-2558 (Ministry of Planning and Investment: MPI, 2015) ในปี พ.ศ. 2561 ประชากรโคเนื้อของสปป. ลาวมีจำนวนประมาณ 2.04 ล้านตัว ซึ่งประมาณร้อยละ 98 เป็นโคเนื้อของเกษตรกรรายย่อย มีฟาร์มการเลี้ยงโคเนื้อทั้งหมด 248 ฟาร์ม มีโคเนื้อที่เลี้ยงในระบบฟาร์มทั้งหมด 39,416 ตัว การกระจายตัวของประชากรโคเนื้อพบว่าประมาณร้อยละ 56 อยู่ในภาคกลาง ร้อยละ 26 ในภาคเหนือ และร้อยละ 17 ในภาคใต้ (Department of Livestock and Fishery, 2019)

ในช่วงเวลาที่ผ่านมารัฐบาลได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงโคเนื้อมากขึ้น เนื่องจากประเทศต้องการให้การผลิตโคเนื้อเพื่อตอบสนองนโยบายการบริโภคเนื้อภายในประเทศให้มากขึ้น และนโยบายการเลี้ยงโคเนื้อเพื่อส่งออกไปยังประเทศใกล้เคียงให้มากขึ้น โดยเน้นให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงโคเนื้อในรูปแบบฟาร์ม เพื่อให้ได้ตามมาตรฐานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกำหนด ซึ่งประกอบไปด้วย ด้านพื้นที่และการจัดวางผังฟาร์ม ด้านโรงเรือน ด้านอาหาร ด้านน้ำ ด้านการบริหารจัดการฟาร์ม ด้านบุคลากร ด้านความสะดวกและปลอดภัย ด้านการจัดการสุขภาพสัตว์ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสวัสดิภาพสัตว์ ด้านการขนส่ง โรงเรือนเก็บรักษา การบันทึกข้อมูล อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของระบบการผลิต รูปแบบและเทคโนโลยีในการเลี้ยงแบบธรรมชาติไปเป็นระบบการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ในทิศทางที่เป็นอุตสาหกรรมและความทันสมัยยังมีความเชื่องช้า เนื่องจากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อไม่มีข้อจำกัดในด้านความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงโคเนื้อที่ถูกต้อง ทำให้พบปัญหาการระบาดของโรคบ่อยครั้ง เช่น โรคเป็นพิษในกระแสเลือด และโรคปากและเท้าเปื่อย รวมทั้งการขาดแคลนแหล่งฟีดอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง เกษตรกรขาดแหล่งทุนเพื่อมาลงทุนในการขยายจำนวนฝูงสัตว์ เจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญด้านการส่งเสริมยังมีขีดจำกัด ซึ่งส่งผลกระทบในเชิงลบต่อการผลิตโคเนื้อ ทำให้โอกาสในการส่งออกโคเนื้อของเกษตรกรรายย่อยไม่สามารถที่จะส่งออกได้ เนื่องจากโคเนื้อที่เลี้ยงยังไม่ได้มาตรฐานการเลี้ยงที่ถูกต้องตามที่ภาครัฐได้กำหนดไว้ (Department of Livestock and Fishery, 2019)

เพื่อดำเนินการตามยุทธศาสตร์การเกษตร แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (2559-2563) มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาการเลี้ยงโคเนื้อ เพื่อตอบสนองการบริโภคเนื้อภายในประเทศ และส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศ (MPI, 2015) เพื่อยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่สามารถส่งออกไปต่างประเทศ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อจำเป็นต้องเพิ่มศักยภาพทางด้านความรู้ และแนวทางการปฏิบัติในการเลี้ยงโคเนื้อของตนเองให้มีความเข้มแข็งมากขึ้น เช่น ด้านการพัฒนารูปแบบการเลี้ยง

ที่มีการจัดการด้านอาหารที่ถูกต้อง การป้องกันโรคต่าง ๆ เพื่อให้มีการเจริญเติบโตดี มีคุณภาพและได้มาตรฐานการส่งออก รวมถึงความรู้ทางการตลาด เช่น การคำนวณต้นทุนและผลตอบแทน หรือสถานที่ทำการซื้อขายโคเนื้อด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความต้องการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบ 1) ลักษณะบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม 2) สถานการณ์การเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สปป. ลาว ว่าเป็นอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของสำนักงานปศุสัตว์ และกองส่งเสริมงานเกษตร แขวงหลวงพระบาง ในการพัฒนารูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อให้เหมาะสมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มประชากรตัวอย่าง
ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเขตเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สปป.ลาว ซึ่งมีทั้งหมด 1,366 ครัวเรือน กำหนดให้มีการสุ่มตัวอย่างแบบเป็นขั้นตอน เพื่อหาเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวแทนในการเก็บข้อมูลการวิจัย จากสูตรของ Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และยอมให้มีความคลาดเคลื่อน 0.05 โดยได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 309 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบสัมภาษณ์ (Interview schedule) โดยมีลักษณะคำถามปลายเปิด และคำถามปลายปิด แบบสัมภาษณ์ประกอบด้วย ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านสังคม และปัจจัยด้านการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร แบบสัมภาษณ์ถูกนำไปทดสอบกับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ราย ก่อนนำมาแก้ไขและปรับปรุงให้ตรงกับเนื้อหาที่ต้องการศึกษาให้มากที่สุด จากนั้นนำไปสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 309 ราย โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สปป. ลาว

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลสถิติค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (IBM SPSS for window version 26)

ผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล

ผลการวิจัยแสดงใน Table 1 พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อส่วนมากเป็นเพศชายร้อยละ 76.7 มีอายุระหว่าง 31-40 ปี ร้อยละ 40.1 อายุเฉลี่ยของเกษตรกร 41.98 ปี มีสถานภาพแต่งงานร้อยละ 99.4 ระดับการศึกษาพบว่า เกษตรกรจบการศึกษาระดับ

ประถมศึกษาร้อยละ 58.6 มีอาชีพหลักทำการเกษตรร้อยละ 90.3 ในการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรครั้งนี้พบว่า มีสมาชิกเฉลี่ย 6.34 คนต่อครัวเรือน มีแรงงานที่ใช้ในการเลี้ยงโคเนื้อเฉลี่ย 2.45 แรงงานต่อครัวเรือน

ข้อมูลด้านเศรษฐกิจ

จากข้อมูลที่แสดงใน Table 2 พบว่าเกษตรกรมีรายได้รวมอยู่ระหว่าง 9,187.28-363,957.60 บาทต่อครัวเรือนต่อปี เฉลี่ยรายได้ 87,864.10 บาทต่อครัวเรือนต่อปี เป็นรายได้จากการทำการเกษตรเฉลี่ย 68,874.06 บาทต่อครัวเรือนต่อปี และรายได้้นอกจากการทำเกษตรเฉลี่ย 18,988.07 บาทต่อครัวเรือนต่อปี จากการขายโคเนื้อเฉลี่ย 46,488.90 บาทต่อครัวเรือนต่อปี มีต้นทุนการเลี้ยงโคเนื้อเฉลี่ย 46,014.40 บาทต่อครัวเรือนต่อปี เกษตรกรมีหนี้สินร้อยละ 38.8 มีภาระหนี้สินเฉลี่ย 15,998.31 บาทต่อครัวเรือนต่อปี

Table 1 Descriptive of personal data of the respondents (n=309)

Item	Frequency (person)	Ration (%)
Sex (male)	237	76.7
Age on average (31 to 40 year old)	127	41.1
$\bar{x}$ = 41.98; SD = 10.62; Min-Max = 19-80		
Marital status (married)	307	99.4
Education (elementary school upper and lower)	181	58.6
Agricultural occasion	279	90.3
Family member (higher than 6 person/family)	185	59.9
$\bar{x}$ = 6.34; SD = 2.02; Min-Max = 3-15		
Household labor (1-2 person/family)	219	70.9
$\bar{x}$ = 2.45; SD = 0.90; Min-Max = 1-8		

Table 2 A number of economic data of the respondents (n=309)

Item	Low - High	Frequency (average)
Family income (Baht/year)	9,187.28 - 363,957.60	87,862.13
Income earned from the agricultural sector (Baht/years)	9,187.28 - 254,416.96	68,874.06
Income from the cattle (Baht/year)	3,533 - 236,749	46,488.90
Income from the non-agricultural sector (Baht/year)	0 - 204,947	18,988.07
Total capital for cattle raising (Baht/year)	3,534 - 176,678	46,014.40
Debt family (Baht/year)	0 - 100,671	15,998.31

ข้อมูลทางสังคมของเกษตรกร

จากข้อมูลที่แสดงใน Table 3 พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อมากกว่าครึ่ง (70.9%) มีการติดต่อเจ้าหน้าที่เกษตรเฉลี่ย 3.85 ครั้งต่อปี ได้รับการอบรมการเลี้ยงโคเนื้อร้อยละ 56.3 เฉลี่ย 0.98 ครั้งต่อปี และได้รับข้อมูล

ข่าวสารทางการเกษตรร้อยละ 70.2 เฉลี่ย 5.7 ครั้งต่อปี ได้รับข้อมูลจากเจ้าหน้าที่เกษตรอำเภอร้อยละ 52.2 รองลงมาได้แก่ แผ่นโฆษณาร้อยละ 17.5 การเป็นสมาชิกองค์กรต่าง ๆ ในหมู่บ้านร้อยละ 65.1 โดยพบว่าส่วนมากเป็นสมาชิกกองทุนการเลี้ยงโคเนื้อร้อยละ 68.5

Table 3 A number of social information status of the respondents (n=309)

Item	Frequency (person)	Percentage (%)
Contacted agricultural extension (time/year)	219	70.9
$\bar{x}$ = 3.85; SD = 3.05; Min-Max = 0-17		
Attending a training (time/year)	174	56.3
$\bar{x}$ = 0.98; SD = 1.02; Min-Max = 0-4		
Perceived agricultural information (time/year)	219	70.9
Officer	155	52.2
Poster	54	17.5
$\bar{x}$ = 5.74; SD = 6.60; Min-Max = 0-40		
Village organization member	203	65.7
Member of village animal raising fund	139	68.5

สภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร

จากข้อมูลที่แสดงใน Table 4 พบว่าจำนวนโคเนื้อที่เกษตรกรเลี้ยงเฉลี่ย 11.44 ตัวต่อครัวเรือน แบ่งเป็นโคเนื้อเทศเมียเฉลี่ย 7.18 ตัว และโคเนื้อเทศผู้เฉลี่ย 3.80 ตัวต่อครัวเรือน โคเนื้อที่เลี้ยงเป็นพันธุ์พื้นเมืองร้อยละ 98.4 เกษตรกรมีพื้นที่ในการเลี้ยงโคเนื้อเฉลี่ย 6.06 เฮกตาร์ต่อครัวเรือน แบ่งเป็นพื้นที่ในการปลูกหญ้าเฉลี่ย 4.25 เฮกตาร์ต่อครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 78.0 ในด้านการปฏิบัติด้วยตัวเองในการเลี้ยงโคเนื้อมีมากถึงร้อยละ 87.7 แบ่งเป็นด้านการดูแลสุขภาพเฉลี่ย 2.42 ครั้งต่อปี รองลงมาได้แก่ การจัดการด้านอาหาร 1.05 ครั้งต่อปี

ส่วนการจัดการด้านแนวพันธุ์โคเนื้อพบว่าต่ำที่สุด 0.28 ครั้งต่อปี ด้านแหล่งที่มาโคเนื้อที่นำมาเลี้ยงส่วนมากได้มาจากการซื้อเข้ามาเลี้ยงด้วยตัวเองร้อยละ 66.3 รองลงมาได้มาจากโครงการช่วยเหลือร้อยละ 19.7 เกษตรกรมีประสบการณ์เลี้ยงโคเนื้ออยู่ระหว่าง 6-10 ปีคิดเป็นร้อยละ 38.5 ในด้านระบบการเลี้ยงโคเนื้อพบว่าเกษตรกรมีการปลูกหญ้าแล้วปล่อยโคแทะเล็มและมีคอกพักโคร้อยละ 78.0 ส่วนการให้อาหาร คือ ปล่อยให้โคเนื้อได้กินหญ้าที่ปลูกไว้ โดยไม่มีการให้อาหารเสริมใด ๆ ร้อยละ 90.9 และมีการทำวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อยเพียงอย่างเดียวที่ร้อยละ 63.1

Table 4 Raising beef cattle situation of the respondents (n=309)

Item	Frequency (person)	Ratio (%)
Number of cattle reared (5-10 heads)	154	49
$\bar{x}$ = 11.45; SD = 6.05; Min-Max = 3-35		
Cattle breed type (Native breed)	304	98.4
Land area holding for cattle (lower than 5 ha/family)	188	60.8
$\bar{x}$ = 6.06; SD = 5.24; Min-Max = 1-50		
Land area holding for grass (lower than 5 ha/family)	188	60.8
$\bar{x}$ = 4.25; SD = 2.85; Min-Max = 1-20		
Self-practice with cattle reared (time/year)		-
Self-practice	271	87.7
Cattle health care	257	94.3
Cattle feed management	137	50.2
Cattle breed selection	62	22.9
$\bar{x}$ = 3.75; SD = 2.57; Min-Max = 0-16		

Table 4 (Continued)

Item	Frequency (person)	Ratio (%)
Source of cattle reared		
Bought	205	66.3
Government project	61	19.7
Experience in cattle reared (6 to 10 year)	119	38.5
Grass plantation		
No grassed plantation	68	28.0
Grass plantation	241	78.0
Type of feed for cattle		
Roughage/grasses	281	90.9
Roughage with supplement feed	23	7.4
FMD vaccination		
Do not FMD vaccination	114	36.9
Do FMD vaccination	195	63.1

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สปป. ลาว ส่วนมากเป็นเพศชาย อายุระหว่าง 31-40 ปี มีระดับการศึกษาประถมศึกษา มีอาชีพหลักคือ ทำการเกษตร ทั้งการปลูกพืชและเลี้ยงโคเนื้อ การที่เกษตรกรส่วนมากเป็นเพศชายและมีความรู้ต่ำ เนื่องมาจากการเลี้ยงโคเนื้อเป็นงานที่ต้องใช้แรงงานในการปฏิบัติสูง มีความเข้าใจในด้านการรับรู้และชื่นชอบในการเลี้ยงโคเนื้อมากกว่าเพศหญิง นอกจากนั้นการเลี้ยงโคเนื้อไม่จำเป็นต้องอาศัยคนที่มีความรู้สูง แต่อาศัยประสบการณ์ในการเลี้ยงโคเนื้อเป็นส่วนมาก (Yeamkong, 2016) ทั้งนี้ประชาชนส่วนมากมีอาชีพทำการเกษตร เนื่องจากเป็นพื้นที่สูงเหมาะแก่การทำไร่และเลี้ยงสัตว์ อีกทั้งในพื้นที่ยังเป็นเขตที่ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมทำให้ประชาชนในพื้นที่นั้นไม่มีทางเลือกในการประกอบอาชีพอื่น ๆ นอกจากทำ

การเกษตร โดยอาศัยแรงงานหลักมาจากสมาชิกในครอบครัว

เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อได้มีรายได้จากการทำการเกษตรเป็นหลัก รองลงมาได้แก่ การค้าขาย อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังมีรายได้จากการเลี้ยงโคเนื้อต่ำกว่าพื้นที่อื่น ๆ ของ สปป.ลาว จากรายงานของ Keolar and Intaruccomporn (2013) ที่รายงานว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเมืองหนองแอ็ด แขวงเชียงขวาง สปป. ลาว มีรายได้จากการเลี้ยงโคเนื้อ 116,992 บาทต่อปี อาจเป็นเพราะเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อลูกผสมในรูปแบบการเลี้ยงโคขุน มีการยอมรับการส่งเสริมเทคนิคการเลี้ยงโคเนื้อจากภาครัฐทำให้มีรายได้จากการเลี้ยงโคเนื้อเพิ่มขึ้น ด้านหนี้สินร้อยละ 61.2 ไม่มีภาระหนี้สิน สอดคล้องกับการรายงานของ Manyseng and Sirisunyaluck (2011) ที่พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อลูกผสมในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป. ลาว ส่วนมากไม่มีภาระหนี้สิน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรส่วนใหญ่ที่เลี้ยง

โคเนื้อจะได้รับการช่วยเหลือจากภาครัฐผ่านโครงการช่วยเหลือจากต่างประเทศ รวมทั้งการเข้าถึงแหล่งเงินทุน เป็นเรื่องที่ค่อนข้างยุ่งยากทำให้เกษตรกรไม่เลือกที่จะกู้เงินจากธนาคาร

ด้านสถานะทางสังคมของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ นั้น มีการติดต่อเจ้าหน้าที่เกษตรและได้รับข้อมูลข่าวสาร ในการเลี้ยงโคเนื้อ มีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคเนื้ออยู่ระหว่าง 6-10 ปี สอดคล้องกับ Veeranant (2006) ที่รายงานว่า ประสบการณ์ทางการเกษตรมีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการเลี้ยงโคเนื้อแบบเป็นการค้าของเกษตรกรในจังหวัดเพชรบูรณ์ เกษตรกรได้รับการอบรมการเลี้ยงโคเนื้อเฉลี่ย 0.98 ครั้ง สอดคล้องกับการศึกษาของ Reakdee *et al.* (2020) จำนวนการฝึกอบรมเกี่ยวกับการเลี้ยงโคเนื้อมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการยอมรับการใช้เปลือกข้าวโพดหมักเพื่อเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ และยังมีรายงานของ Keolar and Intaruccomporn (2013) ที่พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในอำเภอนองแสง จังหวัดเชียงขวาง สปป. ลาว มีการติดต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเลี้ยงโคเนื้อที่ถูกต้อง มีผลให้เกษตรกรมีการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้ดีกว่าเกษตรกรที่ไม่มีการติดต่อเจ้าหน้าที่ หรือได้รับข้อมูลข่าวสารใด ๆ

สภาพการเลี้ยงโคเนื้อพบว่า จำนวนโคเนื้อที่เกษตรกรเลี้ยงเฉลี่ย 11.44 ตัวต่อครัวเรือน เลี้ยงโคเนื้อเพศเมียมากกว่าโคเนื้อเพศผู้ เป็นเพราะมีเป้าหมายการเลี้ยงเพื่อผลิตลูกโคสำหรับการเลี้ยงต่อไป สอดคล้องกับรายงานของ Phongchongmit and Norrapoke (2019) พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดกาฬสินธุ์ ส่วนใหญ่เลี้ยงโคเนื้อเพศเมีย โดยมีวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงโคเนื้อเพศเมียเพื่อผลิตลูกขาย

ด้านพันธุ์โคเนื้อพบว่า ส่วนใหญ่เป็นโคเนื้อสายพันธุ์พื้นเมือง แตกต่างจากรายงานของ Keolar and Intaruccomporn (2013) ที่พบว่าเกษตรกรเลี้ยงโคเนื้อ

พันธุ์ลูกผสมในอำเภอนองแสง จังหวัดเชียงขวาง สปป. ลาว อย่างไรก็ตามสอดคล้องกับการรายงานของ Napaserth and Napaserth (2019); Boonprong (2015) ที่พบว่าเกษตรกรที่เลี้ยงโคเนื้อ ใน สปป. ลาว ส่วนมากเป็นโคเนื้อสายพันธุ์พื้นเมืองอาจเป็นเพราะมีความทนทานต่อสภาพของอากาศในพื้นที่ และกินอาหารหยาบคุณภาพต่ำได้ดี ให้ลูกตก และทนทานต่อโรค

เกษตรกรส่วนมากมีพื้นที่ในการเลี้ยงและมีการปลูกหญ้าสำหรับการเลี้ยงโคเนื้อ เนื่องจากภาครัฐได้เข้ามาส่งเสริมให้เกษตรกรรายย่อยได้ มีพื้นที่ในการเลี้ยงโคเนื้อตามนโยบายที่ต้องการเลี้ยงโคเนื้อเพื่อผลิตเป็นสินค้าส่งออก ส่วนระบบการเลี้ยงเป็นแบบปล่อยแปลงทำรั้วกัน มีคอกให้โคเนื้อพัก การให้อาหารปล่อยให้โคเนื้อได้กินหญ้าที่ปลูกไว้ ไม่มีการให้อาหารเสริม ไม่มีการสำรองอาหารให้แกโคเนื้อในหน้าแล้ง เกษตรกรได้มีการปฏิบัติในการเลี้ยงโคเนื้อด้านต่าง ๆ ด้วยตัวเองเฉลี่ย 3.75 ครั้งต่อปี เช่น การจัดการสุขภาพสัตว์ การจัดการด้านอาหาร

ส่วนการจัดการด้านแนวพันธุ์โคเนื้อพบน้อยที่สุด มีการฉีดวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อยเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับรายงานของ Saengwong *et al.* (2020) ที่พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดแพร่มีพื้นที่ในการปลูกหญ้าอาหารให้โคและเลี้ยงแบบปล่อยในพื้นที่ แต่ยังมี การขาดอาหารในหน้าแล้ง ส่วนมากมีการฉีดวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อย ทั้งนี้การที่เกษตรกรมีความเข้าใจในพื้นฐานในการเลี้ยงโคเนื้อ เช่น การปลูกพืชอาหารสัตว์ ด้านการดูแลสุขภาพโคเนื้อ อาจเนื่องมาจากที่ผ่านมาเกษตรกรได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐ โดยผ่านโครงการช่วยเหลือการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อเพื่อเป็นสินค้าในเขตภาคเหนือของ สปป. ลาว โดยเป็นไปในแนวทางการรายงานของ Umpapol *et al.* (2019) ที่ได้สรุปไว้ว่าการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย สามารถช่วยพัฒนาระดับความรู้และการปฏิบัติในการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในระดับเพิ่มขึ้นมาก หลังจากได้รับการฝึกอบรมและเข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจในระดับสูง

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยของสภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สปป. ลาว พบว่าการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย เป็นเพศชาย อายุ 31-40 ปี มากกว่าครึ่งมีการศึกษาในระดับต่ำกว่าประถมศึกษา แรงงานที่ใช้ทั้งหมดเป็นแรงงานในครอบครัว มากกว่าครึ่งได้รับการอบรมและติดต่อกับเจ้าหน้าที่การเกษตรอำเภอ และเป็นสมาชิกกองทุนเลี้ยงโคเนื้อ มีรายได้จากการทำเกษตรกรรมจากการปลูกหญ้าและเลี้ยงโคเนื้อเป็นหลัก ส่วนในด้านระบบการเลี้ยงโคเนื้อนั้น ส่วนใหญ่เป็นรูปแบบการเลี้ยงปล่อยในพื้นที่ที่มีการปลูกพืชอาหารสัตว์ การให้อาหารโคเนื้อเกือบทั้งหมดให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียว ไม่มีการเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์ไว้สำรอง เกษตรกรมีความเข้าใจในการปฏิบัติในการจัดการสุขภาพโคเนื้อด้วยตนเอง มีการฉีควัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อยปีละครั้ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีข้อสรุปจากผลการวิจัยนี้ว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อส่วนใหญ่มีพื้นฐานด้านความเข้าใจและการปฏิบัติในการเลี้ยงโคเนื้อ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังขาดความรู้และการปฏิบัติในระดับที่ดีในด้านการจัดการอาหาร การป้องกันโรค และการจัดการเนฟนุ้

ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ที่ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงโคเนื้อให้แก่เกษตรกร คือ ควรจัดให้มีการส่งเสริมอย่างสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความเข้มแข็งในด้านองค์ความรู้ และความเข้าใจในการเลี้ยงโคเนื้อที่ดีให้แก่เกษตรกร โดยจัดการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การให้คำแนะนำด้านข้อมูลข่าวสารการเลี้ยงโคเนื้อที่เป็นระบบให้เกษตรกร ทั้งในเรื่องการจัดการอาหารที่ดี การป้องกันโรค การปรับปรุงพันธุ์ และการตลาด นักวิจัยควรศึกษาค้นคว้าในพื้นที่จริง เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการ

เลี้ยงโคเนื้อให้แก่เกษตรกรนำไปปรับใช้กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ตนเองให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ควรมีการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเลี้ยงโคเนื้อ รวมทั้งการศึกษาเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพของการเลี้ยงโคเนื้อในพื้นที่ของเมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง สปป. ลาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหัวหน้าและเจ้าหน้าที่ห้องการเกษตรกรรมป่าไม้ เมืองโพนไซ แขวงหลวงพระบาง ที่ได้อำนวยความสะดวกด้านพื้นที่ในการศึกษาวิจัย และขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษา และคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จด้วยดีทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

- Boonprong, S. 2015. **Beef Cattle Production for Thai's Farmers.** Bangkok: Livestock Promotion and Development Division, Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 84 p. [in Thai]
- Department of Livestock and Fishery. 2019. **Development on Cattle and Buffalo Production Plan of Lao People Democratic Republic, Year of 2020.** Vientiane Capital: Department of Livestock and Fishery. 7 p. [in Lao]
- Keolar, B. and W. Intarucamporn. 2013. Factors related to farmers' adoption in beef cattle raising extension in Nonghad district, Xieng Khouang province, Lao PDR. **Kaset J.** 29(3): 267-275.

- Manyseng, B. and R. Sirisunyaluck. 2011. Factors related to the adoption of crossbred beef cattle between native cow and red brahman bull of farmers in Vientiane capital, Lao PDR. **Kaset J.** 27(2): 137-143. [in Thai]
- Ministry of Planning and Investment. 2015. **The 8th Five-year National Socio-economic Development Plan (2016–2020)**. Vientiane Capital: Ministry of Planning and Investment. 184 p. [in Lao]
- Napasirith, P. and V. Napasirith. 2019. Current situation and future prospects for beef production in Lao People's Democratic Republic. **Asian-Australas J Anim Sci** 31(7): 961-967.
- Phongchongmit, T. and T. Norrapoke. 2019. The study on situation of beef cattle and satisfaction of farmers in Kalasin province. **KKU Veterinary Journal** 29(1): 15-22.
- Reakdee, P., W. Intaruccmporn, P. Prapatigul and M. Punyathong. 2020. Factors affecting adoption of maize husk silage applications for beef cattle raising of farmers in Mae Chaem district, Chiang Mai province. **Khon Kane Agriculture Journal** 48(Suppl.1): 401-408.
- Saengwong, S., W. Thannithi, J. Wichaporn and P. Intawicha. 2020. Producing quality beef from cattle in Phrae province: an assessment of the conditions, problems, and opportunities. **King Mongkut's Agr. J.** 38(2): 254-262.
- Umpapol, H., C. Songwicha, T. Jitajak, A. Patkit and J. Sripandon. 2019. Raising native cattle in Thailand: status, problems, needs and the development of a model. **Pak. J. Nutr** 18: 413-420.
- Veeranant, R. 2006. **Influential factors on adoption of commercial beef cattle raising technology by farmers in Petchabun province, Thailand**. Master Thesis. Maejo University. 74 p. [Online]. Available <http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1182539000015> (September 23, 2021).
- Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis**. 3rd. New York: Harper and Row Publication. 1130 p.
- Yeamkong, S. 2016. Efficiency development of beef cattle production of small scale farmers in Chattrakarn district, Phitsanulok province. **Rajabhat J. Sci. Humanit. Soc. Sci** 17(1): 28-34.

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน Chicken Growth Hormone (*cGH*)
ในไก่แดงสุราษฎร์ ที่เขตอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี
Genetic Polymorphisms of Chicken Growth Hormone (*cGH*) Gene
in Dang Surat Chicken at PhunPhin District, Suratthani Province

จิรวัดน์ มาลา¹ ศรีนทิพ สุกใส² และพิชญานิภา พงษ์พานิช^{3*}

Jirawat Mala¹, Sarintip Sooksai² and Pitchayanipa Phongphanich^{3*}

¹สาขาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84100

²สถาบันวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

³สาขาวิชาสัตวศาสตร์และการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

¹Public Health Program, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University, Suratthani, Thailand 84100

²Institute of Biotechnology and Genetic Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 10330

³Animal Production and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University
Songkhla, Thailand 90110

*Corresponding author: pitchayanipa.k@psu.ac.th

Received: June 12, 2021

Revised: October 15, 2022

Accepted: December 21, 2022

Abstract

The chicken growth hormone (*cGH*) gene plays a crucial role in controlling growth and muscle development in chickens. The aim of the study was to evaluate the genetic polymorphism of the *cGH* gene in the Dang Surat chicken using PCR-RFLP. The *cGH* gene was genotyped in 172 samples of Dang Surat chicken obtained from Phunphin district, Surat Thani province. Dang Surat chicken is a native chicken that is very popular in southern Thailand. PCR was used to amplify genomic DNA for the *cGH* gene (429 bp). The PCR product was cut using the *EcoRV* enzyme. The genotyping of the *cGH* gene of Dang Surat chicken produced three genotypes, GG, AG, and AA, and two alleles, G (429 bp) and A (296 bp and 133 bp) and the frequency of G was higher than that of A. There were no significant deviations in genotype frequencies from the Hardy-Weinberg equilibrium. The values of expected heterozygosity (H_e) and observed heterozygosity (H_o) were 0.51 and 0.49, respectively. The study revealed that *cGH/EcoRV* gene was polymorphic in Dang Surat chickens that were genotyped. Therefore, the *cGH* gene may be an important candidate gene for production traits in Thai native chickens and could be used for indigenous chicken utilization and conservation.

Keywords: *cGH*, genetic polymorphism, Dang Suratthani Thai native chicken

บทคัดย่อ

ยีน Chicken Growth Hormone (cGH) มีบทบาทสำคัญมากเกี่ยวกับการควบคุมเจริญเติบโตและพัฒนา กล้ามเนื้อในไก่ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน cGH ในไก่แดงสุราษฎร์ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ศึกษา รูปแบบ จีโนไทป์ของยีน cGH ในไก่แดงสุราษฎร์ จำนวน 172 ตัวอย่าง จากอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ไก่แดง สุราษฎร์เป็นไก่พื้นเมืองที่นิยมเลี้ยงเป็นอย่างมาก ทางภาคใต้ของประเทศไทย เพิ่มปริมาณจีโนมิกส์ดีเอ็นเอ ของยีน cGH ด้วยเทคนิค PCR ผลผลิต PCR ที่ได้ถูกนำไป ตัดด้วยเอนไซม์ *EcoRV* ผลการศึกษาพบรูปแบบจีโนไทป์ ของยีน cGH จำนวน 3 รูปแบบ คือ GG, AG และ AA และ 2 อัลลิล โดยอัลลิล G (429 bp) และ A (296 และ 133 bp) มีความถี่อัลลิล G สูงกว่าอัลลิล A ความถี่จีโนไทป์ ไม่อยู่ในสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ค่าเฮตเทอโรไซโกซิตี คาคหมาย (H_e) และค่าเฮตเทอโรไซโกซิตีที่ตรวจพบ (H_o) เท่ากับ 0.51 และ 0.49 ตามลำดับ ผลการศึกษาชี้ให้เห็น ว่า จากการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน cGH/*EcoRV* พบ ความหลากหลายในไก่แดงสุราษฎร์ ดังนั้น ยีน cGH อาจ สามารถนำไปใช้เป็น Candidate gene ในการศึกษา เกี่ยวกับลักษณะการเจริญเติบโตในไก่แดงสุราษฎร์และ สามารถนำไปใช้ประโยชน์และอนุรักษ์พันธุกรรมของ ไก่พื้นเมืองต่อไป

คำสำคัญ: cGH ความหลากหลายทางพันธุกรรม
ไก่แดงสุราษฎร์

คำนำ

ไก่พื้นเมืองนับเป็นสัตว์เศรษฐกิจระดับหมู่บ้าน และเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ดีของเกษตรกร ไก่พื้นเมือง สามารถให้ผลตอบแทนได้ทั้งการใช้เป็นอาหารบริโภค ในครัวเรือนหรือการเลี้ยงเป็นอาชีพเสริมเพื่อเพิ่มรายได้

(Phromnoi and Phattanakunanan, 2017) ทำให้ ปัจจุบันมีการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไก่ พื้นเมืองมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น เลี้ยงง่าย ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี แข็งแรง ทนทานต่อโรค และพยาธิ เป็นต้น การเลี้ยงไก่พื้นเมืองจึงลงทุนน้อยและ มีความเสี่ยงต่ำ แต่จำหน่ายได้ราคาแพง เพราะตลาดมี ความต้องการสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเทศกาล สำคัญ ๆ เช่น ตรุษจีน สารทจีน และเทศกาลปีใหม่ เป็นต้น (Tanasawat, 2016)

ไก่แดงสุราษฎร์ (ขึ้นทะเบียนพันธุ์สัตว์ปีกของ กรมปศุสัตว์ เลขทะเบียนที่ CND 03/2010 ณ วันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2553) (Morathop *et al.*, 2003) เดิมคือไก่นกแดง โดยศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุราษฎร์ธานี อำเภอ พุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้รวบรวมและสร้างฝูงพันธุ์ ลักษณะประจำพันธุ์ (Breed characteristics) ของไก่แดง สุราษฎร์ คือ มีขนสร้อยคอ ขนลำตัว และขนหลังมีสีแดง เพศผู้หางสีดำแซมขาว เพศเมียสีแดง ผิวหนังสีอมเหลือง และแข้งสีเหลือง (Sopa and Dejithirath, 2021) ไก่แดง สุราษฎร์นิยมเลี้ยงเป็นอย่างมากทางภาคใต้ของประเทศ ไทย เนื่องจากเลี้ยงง่าย ทนทานต่อโรค และสามารถผสม พันธุ์และฟักไข่ขยายพันธุ์ได้เองตามสภาพธรรมชาติ (Songsang *et al.*, 2015) นอกจากนี้ ชาวบ้านและ เกษตรกรยังนิยมเลี้ยงไว้เพื่อบริโภคเนื้อและไข่ เนื่องจาก คุณภาพเนื้อที่มีรสชาติดี เนื้อแน่น ไม่เปื่อยยุ่ย มีไขมันต่ำ และปลอดจากสารพิษตกค้าง จากรายงานการวิจัยพบว่า นอกจากเนื้อไก่แดงสุราษฎร์มีคอเลสเทอรอลต่ำแล้ว ยังพบโอเมก้า-3 และวิตามินอีกหลายชนิด จึงทำให้ไก่แดง สุราษฎร์มีราคาสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า โดยกำหนดราคา จำหน่าย 70-80 บาทต่อกิโลกรัม และเป็นที่ต้องการเป็น อย่างมากของผู้บริโภค (Mala, 2018) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณไก่แดงสุราษฎร์ยังมีไม่เพียงพอับความต้องการ ของตลาด ปัญหาหนึ่งที่พบคือ ฝูงไก่แดงสุราษฎร์มีประชากร ขนาดเล็ก เสี่ยงต่อการเกิดเลือดชิดและมีความหลากหลาย ทางพันธุกรรมต่ำ อาจส่งผลต่อลักษณะการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตไข่ จากรายงานของ Tongsir *et al.*

(2019) พบว่าการเพิ่มขึ้นของ Inbreeding 1% ในฝูงไก่พื้นเมืองของกรมปศุสัตว์ ทำให้ไก่มีน้ำหนักตัวแรกเกิดลดลง 0.29 กรัม จากปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขด้วยการเพิ่มขนาดประชากรและนำอัลลีลใหม่เข้าไปภายในฝูง

ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยวิธีอนุพัทธ์ศาสตร์โมเลกุลในไก่แดงสุราษฎร์ ที่เขตอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยการศึกษาครั้งนี้สนใจความหลากหลายของรูปแบบอัลลีลของยีน Chicken growth hormone (*cGH*) ซึ่งเป็นยีนที่รายงานเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของไก่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อการพัฒนากล้ามเนื้อโครงร่าง (Makhsous *et al.*, 2013; Promwatee *et al.*, 2011; Preecha *et al.*, 2017) อย่างไรก็ตาม องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ไก่แดงสุราษฎร์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้ตัวอย่างไก่แดงสุราษฎร์ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากเกษตรกร จำนวน 30 ราย (เฉลี่ย 5-6 ตัว/ราย) ในเขตพื้นที่ตำบลห้วยเตย ตำบลพุนพิน ตำบลท่าโรงช้าง ตำบลบางมะเดื่อ และตำบลท่าสะท้อน อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี (Figure 1) จำนวนทั้งสิ้น 172 ตัวอย่าง เก็บตัวอย่างเลือดไก่จากเส้นเลือดดำบริเวณใต้ปีก (Wing vein) ปริมาณ 500 ไมโครลิตรต่อตัว ใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุ 1.5M EDTA ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด และนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20°C. เพื่อรอการสกัดดีเอ็นเอต่อไป

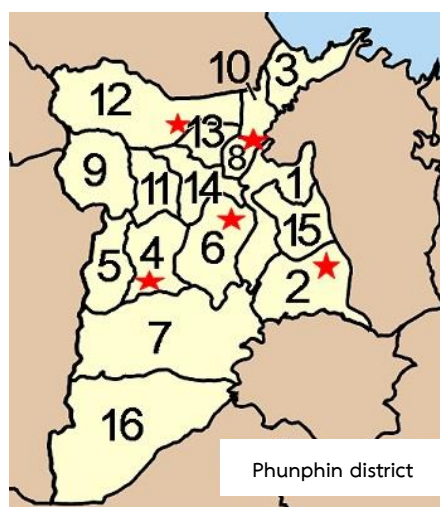


Figure 1 The blood sample collection area, Phunphin district, Surat Thani province, Thailand
The number 2, 4, 6, 8 and 13 refers to Thasathon, Bang Maduea, Tha-Rong-Chang, Phunphin and Hua Toei sub-district, respectively.

การสกัดดีเอ็นเอ

สกัดดีเอ็นเอด้วยวิธีมาตรฐาน Phenol-chloroform ดังนี้ ดูดเลือดไก่ที่ผ่านการเติม 0.85% NaCl (ในอัตราส่วน 1:1) เพื่อลดความหนืดของเลือด ปริมาตร 200 ไมโครลิตร เติม Lysis buffer ปริมาตร 600 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม Proteinase K ความเข้มข้น 2.50 มก./มล. ปริมาตร 30 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 60°ซ. นาน 2 ชั่วโมง เติม สารละลาย Phenol ปริมาตร 600 ไมโครลิตร (Phenol : Chloroform : Isoamyl alcohol ในอัตราส่วน 25 : 24 : 1) ผสมให้เข้ากันโดยการเขย่าหรือกลับหลอดไปมาประมาณ 10 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ดูดเฉพาะส่วนใสแล้วตกตะกอน ดีเอ็นเอด้วย 95% Ethanol และละลายดีเอ็นเอด้วย 1xTE buffer, pH 8.0 ปริมาตร 50 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 60°ซ. นาน 3 นาที ตรวจสอบความเข้มข้นและคุณภาพดีเอ็นเอที่สกัดได้ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Biochrom, UK)

การตรวจสอบจีโนไทป์ของยีนเป้าหมายด้วยวิธี PCR-RFLP

นำดีเอ็นเอที่สกัดได้มาเพิ่มชิ้นส่วนยีน *cGH* และตรวจสอบจีโนไทป์ด้วยวิธี Polymerase Chain Reaction-Restriction Fragment Length Polymorphism (PCR-RFLP) ซึ่งพัฒนามาจาก Lei *et al.* (2005) โดยเริ่มแรกจะทำปฏิกิริยา PCR จำนวน 25 ไมโครลิตร

ประกอบด้วย Genomic DNA มีความเข้มข้นเฉลี่ย 301.375 ± 14.049 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ไพรเมอร์ (Forward และ Reverse) แสดงใน Table 1 ความเข้มข้น 2.5 μ M ปริมาตร 1 ไมโครลิตร 2xPCR master mix ปริมาตร 12.5 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 25 ไมโครลิตร ด้วย Nuclease-free water โดยมีวงรอบการทำ PCR ดังนี้ เริ่มด้วย Initial denaturation ที่อุณหภูมิ 94°ซ. นาน 5 นาที จากนั้นทำปฏิกิริยา 30 รอบ ได้แก่ Denaturation ที่อุณหภูมิ 94°ซ. นาน 40 วินาที Primer annealing 63°ซ. นาน 1 นาที Primer extension ที่อุณหภูมิ 72°ซ. นาน 1 นาที และ Final extension ที่อุณหภูมิ 72°ซ. นาน 5 นาที จากนั้นนำ PCR ที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพด้วย 1.5% Agarose gel แล้วย้อมด้วย Ethidium bromide และส่องภายใต้แสง UV จากนั้นนำผลผลิต PCR ที่ได้มาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะของยีนในปริมาตร 20 ไมโครลิตรต่อปฏิกิริยา ประกอบด้วย 10x buffer ปริมาตร 2 ไมโครลิตร เอนไซม์ 5U *EcoRV* ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ผลผลิต PCR ปริมาตร 5 ไมโครลิตร และปรับปริมาตรให้ครบ 20 ไมโครลิตร ด้วย Nuclease-free water จากนั้นนำหลอดปฏิกิริยาไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°ซ. นานอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อให้เอนไซม์ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และตรวจสอบรูปแบบจีโนไทป์ของยีนด้วย 0.80% Agarose gel บันทึกภาพแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นภายใต้แสง UV เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

Table 1 Primers sequence

Primers	Sequence (5'-3')	Polymorphism	Restriction enzyme product size (bp)
cGH-F	TCCCAGGCTGCGTTTTGTTACTC	Chr.27 G>A + 1705	GG: 429
cGH-R	ACGGGGGTGAGCCAGGACTG	Intron3	AG: 429, 296, 133 AA: 296, 133

(Promwatee *et al.*, 2011)

การวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมในไก่แดงสุราษฎร์

นำรูปแบบจีโนไทป์ที่ตรวจสอบได้มาทำการวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมในไก่แดงสุราษฎร์ด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ประกอบด้วย ค่าความถี่จีโนไทป์ (Genotype frequency) และความถี่อัลลีล (Allele frequency) โดยคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ความถี่จีโนไทป์} = \frac{\text{จำนวนสัตว์ที่มีจีโนไทป์ที่กำหนด}}{\text{จำนวนสัตว์ทั้งหมด}}$$

$$\text{ความถี่อัลลีล} = D + (1/2) H$$

เมื่อ D = ความถี่จีโนไทป์แบบโฮโมไซโกต

H = ความถี่จีโนไทป์แบบเฮเทอโรไซโกต

จากนั้นวิเคราะห์ค่าเฮเทอโรไซโกตที่ตรวจพบ (Observed Heterozygosity; H_o) และค่าเฮเทอโรไซโกตที่คาดหวัง (Expected Heterozygosity; H_e) เพื่อประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยค่า H_o คำนวณได้จากสูตร

$$H_o = \frac{N_H}{N}$$

เมื่อ H_o คือ ค่าเฮเทอโรไซโกตที่ได้จากการสังเกต

N_H คือ จำนวนตัวอย่างที่มีจีโนไทป์แบบเฮเทอโรไซโกต

N คือ จำนวนตัวอย่างข้อมูลทั้งหมด

ค่า H_e คำนวณได้จากสูตร

$$H_e = 1 - \sum_{i=1}^n P_i^2$$

เมื่อ H_e คือ ค่าเฮเทอโรไซโกตที่คาดหวัง

P_i คือ ค่าความถี่อัลลีลใด ๆ ที่โลกันนั้น ๆ

n คือ จำนวนของอัลลีล

ทำการทดสอบสมมติฐานของฮาร์ดี-ไวนเบิร์ก (Hardy-Weinberg equilibrium) ด้วย Chi-square test ได้จากสูตร

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O - E)^2}{E_i}$$

เมื่อ O_i คือ จำนวนตัวอย่างสังเกตที่ให้ข้อมูลพันธุกรรมแบบเฮเทอโรไซโกตที่โลกัน i

E คือ จำนวนตัวอย่างคาดหวังที่ให้ข้อมูลพันธุกรรมแบบเฮเทอโรไซโกตที่โลกัน i

n คือ จำนวนโลกันที่ศึกษา

และกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 0.01

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การสกัดดีเอ็นเอและตรวจสอบคุณภาพ

จากการสกัดดีเอ็นเอของเลือดไก่จำนวน 172 ตัวอย่าง พบว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้ มีความเข้มข้นเฉลี่ย 301.375 ± 14.049 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และเมื่อตรวจสอบคุณภาพและขนาดของดีเอ็นเอ ด้วยวิธี Agarose gel electrophoresis เปรียบเทียบขนาดของดีเอ็นเอตัวอย่างกับดีเอ็นเอมาตรฐาน 1 kb DNA ladder พบว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้ทั้ง 172 ตัวอย่าง มีขนาดมากกว่า 10 kb และสามารถมองเห็นแถบของดีเอ็นเอ (Band) ได้อย่างชัดเจน Figure 2 แสดงขนาดของดีเอ็นเอจากตัวอย่างหมายเลข 145, 146 และ 147 ซึ่งใช้เป็นตัวแทนแสดงขนาดของดีเอ็นเอตัวอย่างทั้งหมด แสดงว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้ครั้งนี้มีความเข้มข้นและคุณภาพเพียงพอที่จะใช้เป็นแม่แบบ (Template) ในการทำ PCR ในขั้นตอนต่อไป

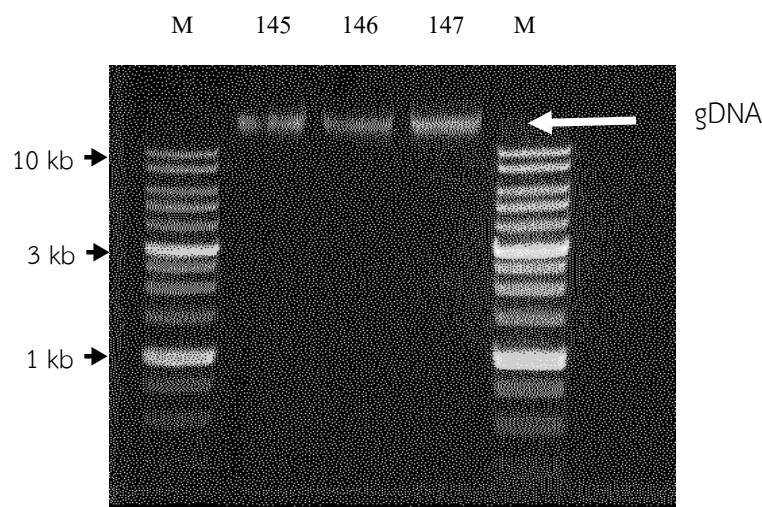


Figure 2 Electrophoretic analysis of genomic DNA; no. 145, 146 and 147 refers to DNA of chicken blood samples extracted; M: stands for 1 kb DNA ladder as standard

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอและตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน เป้าหมายด้วยวิธี PCR-RFLP

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของชิ้นส่วนยีน *cGH* บนโครโมโซมคู่ที่ 27 ซึ่งมีตำแหน่งในการเกิด SNPs ของยีน *cGH* อยู่บริเวณการตัดจำเพาะด้วยเอนไซม์ *EcoRV* ด้วยวิธี PCR จากตัวอย่างไก่แดงสุราษฎร์ จำนวน 172 ตัวอย่าง พบว่ามีขนาด 429 คู่เบส (Figure 3) และตรวจสอบความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีน *cGH* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP โดยนำชิ้นส่วนยีน *cGH* ขนาด 429 คู่เบส ที่ได้จากการทำ PCR มาย่อยด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิด *EcoRV* สามารถพบรูปแบบจีโนไทป์ได้

3 รูปแบบ เช่นเดียวกับที่เคยมีรายงานมาแล้วโดย Promwatee *et al.* (2011) คือ จีโนไทป์ GG จะมีขนาดของดีเอ็นเอหลังจากการย่อยเพียง 1 แถบแบบ คือ ขนาด 429 คู่เบส จีโนไทป์ AA มีขนาดของดีเอ็นเอหลังจากการย่อย 2 แถบแบบ คือ ขนาด 296 และ 133 คู่เบส และ จีโนไทป์ AG จะมีขนาดของดีเอ็นเอหลังจากการย่อย 3 แถบแบบ คือ ขนาด 429, 296 และ 133 คู่เบส ตามลำดับ

ผลการศึกษาพบว่าจีโนไทป์ของยีน *cGH* ในประชากรไก่แดงสุราษฎร์ได้รูปแบบจีโนไทป์ AA จำนวน 4 ตัวอย่าง จีโนไทป์ AG จำนวน 36 ตัวอย่าง และจีโนไทป์ GG จำนวน 132 ตัวอย่าง (Figure 4)

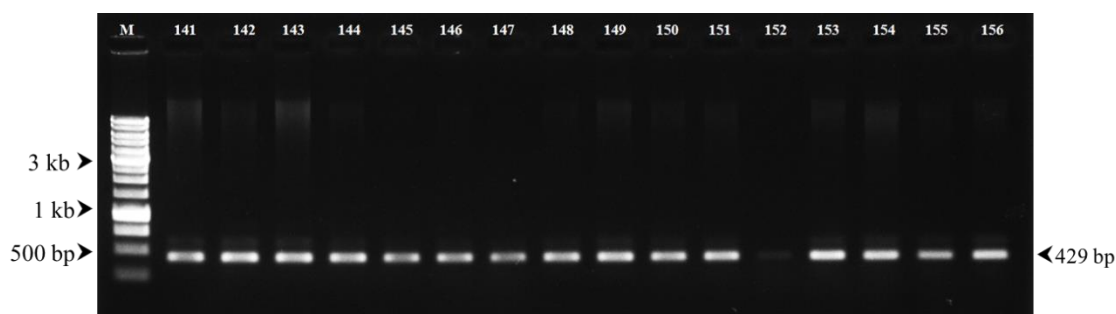


Figure 3 Electrophoretic analysis of PCR products; no. 141-156 refers to DNA samples of chicken blood samples extracted. M: 1 kb DNA ladder as standard

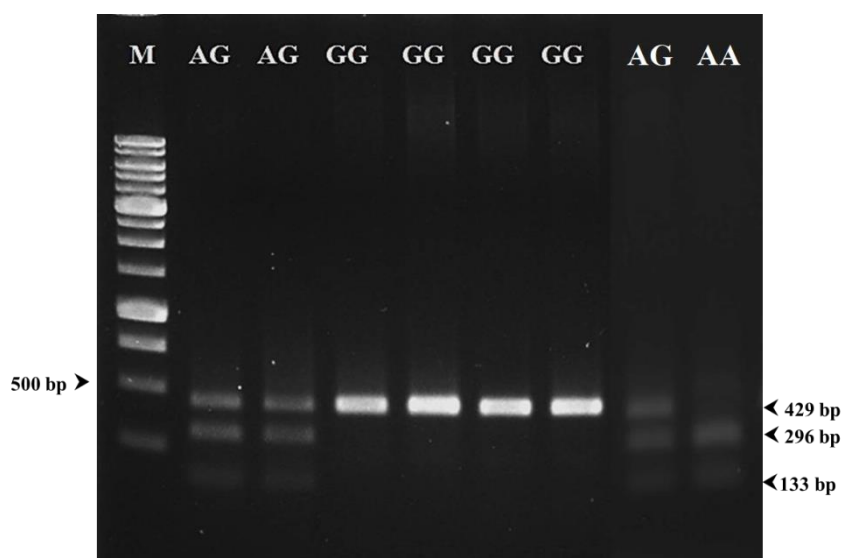


Figure 4 PCR-RFLP pattern of *cGH* gene in Dang Suratthani Thai native chicken and M stands for 1kb DNA ladder as standard

วิเคราะห์ข้อมูลพันธุศาสตร์ประชากร

รูปแบบจีโนไทป์และความถี่ยีน

จากการวิเคราะห์รูปแบบจีโนไทป์ของยีน *cGH* ที่ SNPs ตำแหน่ง Chr.27 G>A +1705 Intron3 ในประชากรไก่แดงสุราษฎร์ ด้วยวิธี PCR-RFLP พบความหลากหลายของยีน *cGH* มีรูปแบบจีโนไทป์ 3 รูปแบบ คือ AA, AG และ GG มีความถี่จีโนไทป์เท่ากับ 0.02, 0.21 และ 0.77 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ค่าความถี่อัลลีลของยีน *cGH* พบว่าอัลลีล G มีความถี่ 0.87 มากกว่าอัลลีล A ที่มีความถี่เพียง 0.13 (Table 2)

จากผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Promwatee *et al.* (2011) ที่ได้รายงานไว้ว่า ยีน *cGH* ที่พบในไก่พื้นเมืองพันธุ์ซี มีความหลากหลายของพันธุกรรม โดยพบว่ามีรูปแบบจีโนไทป์ 2 รูปแบบ คือ AG และ GG ไม่สามารถตรวจพบจีโนไทป์ AA โดยมีความถี่จีโนไทป์ 0.28 และ 0.72 ในจีโนไทป์ AG และ GG ตามลำดับ และตรวจพบความถี่อัลลีล A เท่ากับ 0.14 และความถี่อัลลีล G เท่ากับ 0.86 ในขณะที่ยีน *cGH* ที่พบในไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ ตรวจพบรูปแบบจีโนไทป์ได้ 3 รูปแบบ คือ AA, AG และ GG โดยมีความถี่จีโนไทป์

0.02, 0.17 และ 0.81 ตามลำดับ และตรวจพบความถี่อัลลีล A เท่ากับ 0.10 และความถี่อัลลีล G เท่ากับ 0.90 ในขณะที่ Buasook *et al.* (2016) ได้รายงานความสัมพันธ์ของ Candidate gene กับลักษณะน้ำหนักตัวในไก่พื้นเมืองพันธุ์ซี เคเคยู12 พบว่ายีน *cGH* ตรวจพบความถี่จีโนไทป์ GG สูงที่สุด (0.97) แต่ไม่พบจีโนไทป์ AA ส่วน Wichasit *et al.* (2017) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของเครื่องหมายทางพันธุกรรม *cGH* กับลักษณะการให้ผลผลิตไข่และลักษณะคุณภาพไข่ในไก่ไรต์ไฮสแลนด์เรดและเลกฮอร์นขาว ผลการศึกษาไม่พบความหลากหลายของรูปแบบจีโนไทป์ในไก่ทั้งสองสายพันธุ์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Anh *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของยีน *cGH* กับลักษณะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากในไก่เนื้อลูกผสม 4 สายพันธุ์จำนวน 408 ตัว พบว่าสามารถตรวจพบรูปแบบจีโนไทป์ได้ 3 รูปแบบ คือ AA, AG และ GG โดยรูปแบบจีโนไทป์ AA ของไก่ทั้ง 4 สายพันธุ์ มีค่าต่ำสุด (0.05, 0.16, 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ) และเมื่อพิจารณาถึงความถี่อัลลีลของยีน *cGH* ในไก่เนื้อลูกผสมทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่าอัลลีล G มีความถี่มากที่สุด ส่วนอัลลีล A ตรวจพบความถี่ได้น้อยมาก

จากการศึกษาความถี่อัลลีลของยีน *cGH* ในประชากรไก่แดงสุราษฎร์ พบว่ามีความแตกต่างกับไก่สายพันธุ์อื่น ๆ ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับอัลลีลพื้นฐานหรือเกิดจากการคัดเลือกที่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน และอัลลีล G พบว่ามีความถี่มากที่สุด ดังนั้นจึงมีแนวโน้มว่าอัลลีล G จะส่งต่อลักษณะการเจริญเติบโต

ของไก่แดงสุราษฎร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อการพัฒนากล้ามเนื้อโครงร่างในรุ่นถัดไป การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบจีโนไทป์กับน้ำหนักหรือการเจริญเติบโตของไก่แดงสุราษฎร์ควรศึกษาต่อไปในอนาคต เพื่อเป็นการยืนยันการส่งต่อลักษณะการเจริญเติบโตดังกล่าว

Table 2 Genotype and allele frequency in *cGH* gene in Thai native chicken

n	Genotype frequency			Allele frequency		$(\chi^2_{(2,0.01)}=9.21)$	Heterozygosity	
	AA	AG	GG	A	G		H _o	H _e
172	4 (0.02)	36 (0.21)	132 (0.77)	44 (0.13)	300 (0.87)	248.65**	0.49	0.51

การทดสอบสมมติฐานความถี่ยีนตามกฎของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก และการวิเคราะห์ค่า H_e และ H_o

การทดสอบสมมติฐานความถี่ของยีน *cGH* ที่ SNPs ตำแหน่ง Chr.27 G>A + 1705 Intron3 ในไก่แดงสุราษฎร์ ตามกฎของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ด้วยการทดสอบ Chi-square ใช้เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนหรือความถี่ของจีโนไทป์ในประชากรว่าเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ผลการทดสอบสมมติฐานความถี่ของยีน *cGH* พบว่ากลุ่มประชากรที่นำมาศึกษามีพันธุกรรมไม่เป็นไปตามสมมติฐานของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ($P>0.01$) และสอดคล้องกับผลของค่าเฮเทอโรซิติตี้คาดหวัง (Expected Heterozygosity; H_e) ที่มีค่าสูงกว่าค่าเฮเทอโรซิติตี้สังเกต (Observed Heterozygosity; H_o) แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ต่ำ ซึ่งชี้ให้เห็นว่ายีน *cGH* ของประชากรไก่แดงสุราษฎร์ อาจถูกกระทบด้วยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงความถี่ยีนและความถี่จีโนไทป์ (Gene force) เช่น รูปแบบการเลี้ยงเนื่องจากเกษตรกรผู้เลี้ยงนิยมเลี้ยงไก่แดงสุราษฎร์แบบปล่อยหากินตามธรรมชาติ ทำให้เกิดการผสมพันธุ์กันเอง ทำให้เกิดการผสมพันธุ์แบบเลือดชิด (Inbreeding)

นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากกลุ่มประชากรที่มีขนาดเล็ก จึงส่งผลให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ อย่างไรก็ตาม ประชากรไก่แดงสุราษฎร์ยังคงความหลากหลายของรูปแบบอัลลีล ซึ่งจะเห็นได้ว่าในประชากรมีสัตว์ที่มีรูปแบบจีโนไทป์เป็นเฮเทอโรไซกัส คิดเป็น 20.90% เพียงพอที่จะนำมาจับคู่ผสมเพื่อเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมในประชากร (Brown, 1997) และนำไปใช้วางแผนการผสมพันธุ์ เพื่อส่งเสริมให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมในประชากรไก่แดงสุราษฎร์ และนำไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของสายพันธุ์อย่างยั่งยืนต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *cGH* ในกลุ่มประชากรไก่แดงสุราษฎร์ พบรูปแบบอัลลีลของยีน *cGH* จำนวน 3 รูปแบบ โดยยีนนี้มีผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ และไม่อยู่ในภาวะสมดุลตามกฎของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษานี้ควรนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการบริหารจัดการ เพื่อส่งเสริมให้เกิดความ

หลากหลายทางชีวภาพในเชิงการพัฒนา การปรับปรุงสายพันธุ์ และการอนุรักษ์พันธุกรรมของไก่พื้นเมืองในระดับท้องถิ่นอย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ขอขอบคุณเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่แดงสุราษฎร์ ในจังหวัดสุราษฎร์ธานีทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล และตัวอย่างเลือดไก่ที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Anh, N.T.L., S. Kunhareang and M. Duangjinda. 2015. Association of chicken growth hormones and insulin-like growth factor gene polymorphisms with growth performance and carcass traits in Thai broilers. **Asian Australasian Journal Animal Science** 28(12): 1686-1695.
- Brown, J.L. 1997. A theory of mate choice based on heterozygosity. **Behavioral Ecology** 8(1): 60-65.
- Buasook, T., S. Kunhareang, K. Srinon and M. Duangjinda. 2016. Association of candidate gene with body weight in Thai Native Chicken-Chee Kku12. **Khon Kaen Agriculture Journal** 44(Suppl.2): 984-991. [in Thai]
- Emara, M.G. and H. Kim. 2003. Genetic markers and their application in poultry breeding. **Journal of Poultry Science** 82: 952-957.
- Lei, M.M., Q.H. Nie, X. Peng, D.X. Zhang and X.Q. Zhang. 2005. Single nucleotide polymorphisms of the chicken insulin-like factor binding protein 2 gene associated with chicken growth and carcass traits. **Journal of Poultry Science** 84: 1191-1198.
- Makhsous, S.G., S.Z. Mirhoseini, M.J. Zamiri and A. Niazi. 2013. Polymorphisms of growth hormone gene in a native chicken population: association with egg production. **Journal of Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy** 57: 73-77.
- Mala, J. 2018. A Study of Raising Conditions for Dang Suratthani Native Chicken in Phunphin District, Suratthani Province. pp. 13-14. **In Proceedings of The 14th SRU National and International Conference 2018 (Poster)**. Suratthani: Suratthani Rajabhat University. [in Thai]
- Morathop, S., S. Trimanee, Y. Srisan and P. Buathongchan. 2003. **Livestock Biodiversity**. 52 p. **In Research Report**. Bangkok: Animal Breeding Division, Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]
- Phromnoi, S. and S. Phattanakunanan. 2017. Genetic diversity of native chicken in Uttaradit province for sustainable of utilization and conservation. **Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine** 12(2): 67-77. [in Thai]

- Preecha, N., R. Charoensok, T. Incharoen, S. Numthuam, N. Wichasit. and T. Pechrkong. 2017. Polymorphisms of *cGH*, *MC5R*, *IGFBP2* and *IGF-1* genes and their association with growth traits in White Leghorn and Rhode Island Red. **Khon Kaen Agriculture Journal** 45(Suppl.1): 783-789. [in Thai]
- Promwatee, N., M. Duangjinda, W. Boonkum. and B. Loapaiboom. 2011. Association of single nucleotide polymorphisms in *GHSR*, *IGFI*, *cGH*, and *IGFBP2* genes on growth traits in Thai native chickens (Chee and Pradu Hang Dam). **Khon Kaen Agriculture Journal** 39: 261-270. [in Thai]
- Songsang, A., K. Tunthikapong, R. Sompong and T. Jeendoung. 2015. **Comparison of production performance, carcass, meat quality and consumer acceptance on Dang Surattthani Thai native chicken and colon chicken raised in commercial production and the supplementation of rubber seed meat to replace soybean meal in diet formulas.** [Online]. Available <http://kb.tsu.ac.th/jspui/bitstream/123456789/3390/1/Aporn%20Songsang%2000202771.pdf> (May 12, 2020). [in Thai]
- Sopa, D. and O. Dejithirat. 2021. Improvement of Thai chicken production for improved living standards. **The Liberal Arts Journal, Mahidol University** 4(1): 118-144. [in Thai]
- Tanasawat, P. 2016. **Native Chicken Raising Guide.** 3rd ed. Bangkok: Kaset-Siam Press. 198 p. [in Thai]
- Tongsiri, S., G.M. Jeyaruban, S. Hermes, J. Werf, L. Li and T. Chormai. 2019. Genetic parameters and inbreeding effects for production traits of Thai native chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences** 32(7): 930-938.
- Wichasit, N., N. Preecha, T. Incharoen, S. Numthuam and R. Charoensok. 2017. Association of *cGH*, *IGF-I*, *IGFBP-II*, *GHSR* and *24BP-PRL* gene markers with egg production and egg quality traits in laying hens. **Journal of Agricultural Science** 48(Suppl.2): 317-327. [in Thai]

ผลของอาหารมีชีวิตและอิทธิพลของแสงต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้งมังกรเลน

(*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793)

Effect of Live Feed and Light Influence on Survival Rate of Phyllosoma Larva of Mud Spiny Lobster (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793)

ธนกร แหยมพันธ์¹ สรวิษฐ์ ประกอบไวยทยกิจ¹ อนูรักษ์ สุขดารา² และวาสนา อากรณ์รัตน์^{2*}

Thanakorn Yamphan¹, Sorawit Prakobwaithayakit¹, Anurat Sookdara² and Wasana Arkronrat^{2*}

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000

²สถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจวบคีรีขันธ์ 77000

¹Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University

Nakhon Sawan, Thailand 60000

²Klongwan Fisheries Research Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Prachuap Khiri Khan, Thailand 77000

*Corresponding author: ffwisw@ku.ac.th

Abstract

Received: February 27, 2021

Revised: November 06, 2021

Accepted: January 28, 2021

Mud spiny lobster (*Panulirus polyphagus*) is an important commercial marine crustacean species. Nevertheless, studies on breeding and nursing of mud spiny lobster remain limited. This study aimed to investigate the effect of live feed and light on survival rate of the early larval stage or phyllosoma. For live feed test, two treatments were used, which were brine shrimp, *Artemia* nauplii and rotifer, *Brachionus rotundiformis* (n=3). To study suitable feeding period, four treatments which included feeding at 00:01-06:00 a.m., 06:01-12:00 a.m., 00:01-06:00 p.m. and 06:01-12:00 p.m. (n=10). To test the influence of light, two light treatments, natural light and continuous darkness were applied to larval nursery (n=3). Results showed that the survival rates of phyllosoma in *Artemia* treatment was significantly higher than in rotifer treatment from day two onward, and all phyllosoma in rotifer treatment had died on day 7th, while the survival in *Artemia* treatment was 26.6±7.6%. In addition, the suitable fed period for phyllosoma larval stage was 06:01-12:00 a.m. While the survival rates of phyllosoma in natural light and continuous darkness were not significantly different (p>0.05).

Keywords: mud spiny lobster, live feed, light influence, survival rate

บทคัดย่อ

กุ้งมังกรเลน (*Panulirus polyphagus*) เป็นสัตว์น้ำที่อยู่ในกลุ่มครัสเตเชียนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ แต่ปัจจุบันการศึกษาด้านการเพาะและอนุบาลสัตว์น้ำชนิดนี้ไม่มากนัก การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอาหารมีชีวิต และอิทธิพลของแสงต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้งระยะ Phyllosoma โดยอาหารมีชีวิตแบ่งออกเป็นสองชุดการทดลอง ได้แก่ อนุบาลลูกกุ้งด้วยอาร์ทีเมียแรกฟัก และอนุบาลด้วยโรติเฟอร์ (ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ) รวมไปถึงการเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ถูกกุ้งมีการตอบสนองต่อการกินอาหารมีชีวิตมากที่สุดระหว่างช่วงเวลา 00.01-06.00 น. 06.01-12.00 น. 12.01-18.00 น. และ 18.01-24.00 น. (ชุดการทดลองละ 10 ซ้ำ) ส่วนการศึกษาอิทธิพลของแสงมีสองชุดการทดลอง ได้แก่ อนุบาลลูกกุ้งที่สภาวะแสงปกติ และที่สภาวะปิดคลุมแสงตลอดเวลา (ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ) ผลการศึกษาพบว่า Phyllosoma ที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักจะมีอัตราการรอดตายสูงกว่าที่อนุบาลด้วยโรติเฟอร์ ($p < 0.05$) ตั้งแต่วันที่ 2 ของการอนุบาลเป็นต้นไป และที่อนุบาลด้วยโรติเฟอร์จะตายหมดภายในวันที่ 7 ขณะที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยอยู่ที่ 26.6 ± 7.6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ช่วงเวลาก็มีผลต่อการกินอาหารของลูกกุ้ง โดย Phyllosoma จะกินอาหารในช่วงเวลา 06.01-12.00 น. มากกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ ส่วนด้านอิทธิพลของแสงพบว่า อัตราการรอดตายของลูกกุ้งระยะ Phyllosoma ที่สภาวะแสงปกติ กับที่สภาวะแสงปิดคลุมตลอดเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: กุ้งมังกรเลน อาหารมีชีวิต อิทธิพลของแสง อัตราการรอดตาย

คำนำ

กุ้งมังกรเป็นสัตว์น้ำที่อยู่ในกลุ่มครัสเตเชียน (Crustaceans) ที่มีมูลค่าสูง เป็นที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลายในกลุ่มประชากรที่มีรายได้สูง โดยมีแหล่งตลาดใหญ่อยู่ในแถบทวีปอเมริกาและยุโรป ปัจจุบันมีความต้องการการบริโภคสัตว์น้ำชนิดนี้เพิ่มสูงขึ้น มีการพัฒนาวิธีการจับที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้เกิดการใช้ประโยชน์ทรัพยากรกุ้งมังกรจากท้องทะเลเพิ่มสูงขึ้น จนส่งผลถึงประชากรกุ้งมังกรในธรรมชาติที่มีปริมาณและขนาดลดลง และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง (Ayra and Cruz, 2010; Ikhwanuddin *et al.*, 2014) สำหรับประเทศไทย มีรายงานว่ากุ้งมังกรในสกุล *Panulirus* เป็นสกุลที่พบในน่านน้ำไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ทะเลฝั่งอันดามันของไทย ซึ่งมีอยู่ 6 ชนิด แต่ละชนิดจะมีความชุกชุม การแพร่กระจาย และลักษณะการอยู่อาศัยที่แตกต่างกัน (Bhatiyasevi and Kittiwattanawong, 1994; Bussarawit, 2005; Linjee, 2011; Nitiratsuwan *et al.*, 2017)

กุ้งมังกรเลน (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) เป็นสกุลที่พบทั่วไปตามหาดโคลนทั้งฝั่งทะเลอ่าวไทยและทะเลอันดามัน เป็นชนิดที่มีปริมาณการจับสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการทำประมงกุ้งมังกรทั้งหมดของไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2559 ผลผลิตของกุ้งมังกรเลนที่ได้จากการทำประมงในบริเวณทะเลฝั่งอันดามันของไทย มีปริมาณและขนาดเฉลี่ยเล็กลง เมื่อเปรียบเทียบกับการทำประมงในช่วงปี พ.ศ. 2558 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปัญหาด้านประชากรกุ้งมังกรเลนในท้องทะเลอันเนื่องมาจากผลกระทบของการทำประมงที่เกิดกำลังผลิตของธรรมชาติ (OAE, 2008; Pluemsong *et al.*, 2017) ด้วยเหตุนี้ การศึกษาวิจัยเพื่อการใช้ประโยชน์ทรัพยากรกุ้งมังกรเลนจึงมีความจำเป็นและควรเข้ามามีบทบาทมากขึ้น แต่ปัจจุบัน องค์ความรู้หรืองานวิจัยเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยง

กุ้งมังกรเลนในประเทศไทยมีอยู่ไม่มากนัก เนื่องจากข้อจำกัดของระยะเวลาในการอนุบาลและเลี้ยงที่ต้องใช้เวลานาน (Kruesanae, 1994, 1998a, 1998b; Krainara *et al.*, 2008; Soonsun *et al.*, 2008a, 2008b; Sukkerd, 2012) ความสำเร็จของการเพาะอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอยู่หลายปัจจัย อาทิเช่น คุณภาพของพ่อแม่พันธุ์ ปริมาณ ชนิด และคุณภาพของอาหารที่ใช้อนุบาล การจัดการคุณภาพน้ำ และปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการเลือกใช้อาหารมีชีวิตในการอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนที่ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญลำดับต้น ๆ ที่ทำให้การอนุบาลประสบความสำเร็จได้ ปัจจุบันอาหารที่นิยมใช้ในการอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนมีอยู่หลายชนิด และอาหารแต่ละชนิดก็จะส่งผลต่อผลิตของลูกพันธุ์ที่แตกต่างกันออกไป (De Silva and Davy, 2010) นอกจากนี้ การจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการอนุบาลโดยเฉพาะลูกสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียนนั้น แสงถือว่าเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญของการอนุบาล (Hoang *et al.*, 2003;

Limsuwan *et al.*, 2009; Srithong *et al.*, 2016) ด้วยเหตุนี้การศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้งมังกรเลนจึงเป็นประเด็นวิจัยของงานวิจัยนี้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดและปริมาณอาหารมีชีวิต และอิทธิพลของแสงต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma ผลที่ได้จากการวิจัยทำให้ทราบถึงแนวทางในการอนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงวิชาการและเชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวางแผนการทดลอง

การศึกษานี้ แบ่งการทดลองออกเป็นสองส่วน ได้แก่ 1) ศึกษาผลของชนิดและปริมาณอาหารมีชีวิต และ 2) ศึกษาผลของอิทธิพลของแสงต่อการอนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนระยะแรกฟัก (ระยะ Phyllosoma) โดยมีรายละเอียดการดำเนินการตาม Table 1

Table 1 Treatments on newly hatched larval mud spiny lobster (*Panulirus polyphagus*) used in the present study

Tests	Treatments
Live feeds	2 treatments were assessed namely; feed treatment with brine shrimp, <i>Artemia nauplii</i> (control) and marine rotifer, <i>Brachionus rotundiformis</i> , with 3 replicates per treatment
	4 treatments for comparison of period of phyllosoma larvae ate live feed; 00:01-06:00 a.m., 06:01-12:00 a.m., 00:01-06:00 p.m. and 06:01-12:00 p.m., with 10 replicates per treatment
Light influences	2 different treatments influence of light on survival rate; phyllosoma larvae nursing in normal light (control) and dark conditions, with 3 replicates per treatment

การเตรียมสัตว์ทดลอง

คัดเลือกแม่กุ้งมังกรเลนที่มีไข่ติดหน้าท้องระยะต้น (Bright orange eggs stage) ตามวิธีของ Bhatiyasevi and Kittiwattanawong (1994) จากนั้นเลี้ยงแม่กุ้งในถังพัฒนาระยะไข่ (Incubation tank) โดยใช้ถังไฟเบอร์ ขนาดความจุ 500 ลิตร (0.8×1.6×0.6 เมตร) ปล่อยแม่กุ้ง 1 ตัว/ถัง ระหว่างการเลี้ยงให้หอยแมลงภู่สด (*Perna viridis*) จำนวน 2-3 ตัว เป็นอาหารวันละ 1 มื้อ เวลา ประมาณ 09.00 น. พร้อมตรวจเช็คการพัฒนาระยะของ ไข่ทุกวัน นอกจากนี้ ดำเนินการดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่าย น้ำประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เลี้ยง แม่กุ้งมังกรเลนจนกระทั่งไข่ที่ติดอยู่ที่หน้าท้องพัฒนาเป็น ไข่ระยะปลายสีน้ำตาล (Dark brown eggs stage) จึงนำ แม่กุ้งมาวัดความยาวเปลือกคลุมหัว (Carapace length) ด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ และชั่งน้ำหนักรวมของแม่กุ้ง มังกรเลนก่อนการเพาะฟัก (Total weight) ด้วยเครื่องชั่ง ดิจิตอลทศนิยม 1 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ SUNFORD รุ่น KAH5000S) จากนั้นนำแม่กุ้งปล่อยลงถังไฟเบอร์ขนาด ความจุ 500 ลิตร (Hatching tank) เพื่อรอให้ไข่ฟักเป็น ตัว เมื่อลูกกุ้งฟักออกเป็นตัวแยกแม่กุ้งออก สุ่มจำนวนลูก กุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma เพื่อนำไปดำเนินการ ศึกษาตามแผนการทดลองต่อไป

ศึกษาผลของชนิดและปริมาณอาหารมีชีวิต

ชนิดของอาหารมีชีวิต

1) การเตรียมอาหารมีชีวิต

ชั่งไข่ไรน้ำเค็มหรืออาร์ทีเมีย (*Artemia* spp.) 50 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ลงไปในถังเพาะฟักไข่อาร์ทีเมีย ขนาด 200 ลิตร ใช้น้ำความเค็ม 30 พีพีที ปริมาตรน้ำ 150 ลิตร พร้อมใส่คลอรีนผง 65 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ลงในถังเพาะฟัก แล้วเปิด ให้อากาศอย่างแรง เพาะฟักนานประมาณ 20-24 ชั่วโมง จึงเก็บเกี่ยวผลผลิตอาร์ทีเมียแรกฟัก (*Artemia nauplii*) เพื่อเตรียมนำไปใช้ออนุบาลลูกกุ้งมังกรเลน ตามแผนการทดลอง

เพาะขยายแพลงก์ตอนพืชสกุลเตตราเซลมิส (*Tetraselmis* sp.) แบบปริมาณตามวิธีของ Wongrat (2000) โดยเพาะขยายในถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร นานประมาณ 3 วัน หรือให้ได้ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน พืชอยู่ที่ประมาณ 10^5 เซลล์/มล. จึงใส่หัวเชื้อโรติเฟอร์ น้ำเค็ม (*Brachionus* spp.) ที่ ความหนาแน่นของ โรติเฟอร์ประมาณ 20 ตัว/มล. ลงในถังแพลงก์ตอนพืชนี้ จากนั้นประมาณ 3 วัน จึงเก็บเกี่ยวผลผลิตโรติเฟอร์ เพื่อเตรียมนำไปใช้ออนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนตามแผนการ ทดลอง

2) การอนุบาลสัตว์ทดลอง

อนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma ในตู้ทดลองขนาด 35×18×22 ซม. ที่ปริมาตรน้ำ 5 ลิตร ปล่อยลูกกุ้งที่ 4 ตัว/ลิตร ให้อาหารวันละ 1 มื้อ เวลา ประมาณ 09.00 น. ของทุกวัน โดยให้อาหารมีชีวิตใน ปริมาณที่มากเพียงพอในทุกชุดการทดลอง

3) การจัดการระหว่างการอนุบาล

วิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังอนุบาล นอกจากนี้ ทำการสุ่มนับจำนวน Phyllosoma ทุก 24 ชั่วโมง นาน 168 ชั่วโมง (7 วัน) เพื่อหาอัตราการรอดตาย ของลูกสัตว์น้ำตามวิธีการคำนวณของ Brown (1957) ดังนี้

$$\text{อัตราการรอดตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนสัตว์น้ำที่เหลือรอด (ตัว)}}{\text{จำนวนสัตว์น้ำเริ่มต้น (ตัว)}} \times 100$$

4) ปริมาณอาหารมีชีวิต

ศึกษาจำนวนอาหารมีชีวิตที่เหมาะสมต่อการ อนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma โดยเลือกชนิด ของอาหารมีชีวิตที่ได้จากการศึกษาในข้อ 1) (อาหารที่ Phyllosoma กินและมีอัตราการรอดสูงสุด) มาขยายผล ต่อยอดการศึกษารั้งนี้ โดยนำลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma ปล่อยลงในหลอดทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. สูง 14.8 ซม. ปริมาตรน้ำ 12 มล. ที่อัตรา 1 ตัว ต่อหลอดทดลอง ให้อาหารทุก 6 ชั่วโมงและนับจำนวน ตัวของอาหารมีชีวิตที่ Phyllosoma กินทุก 6 ชั่วโมง

โดยนับจากจำนวนอาหารที่ให้ลบกับจำนวนอาหารที่เหลืออยู่ ทำการศึกษานาน 120 ชั่วโมง (5 วัน) หาค่าเฉลี่ยของอาหารที่ *Phyllosoma* กินต่อวัน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา

ศึกษาอิทธิพลของแสง

อนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนระยะ *Phyllosoma* ในสภาพพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 25x39x9 ซม. ที่ปริมาตรน้ำ 4 ลิตร ปล่อยลูกกุ้ง 4 ตัว/ลิตร อนุบาลลูกกุ้งตามแผนการทดลอง คือ อนุบาลในสภาวะแสงปกติ (ชุดควบคุม) และอนุบาลในสภาวะปิดคลุมแสงตลอดเวลา ระหว่างทดลองให้อาหารมีชีวิตที่ได้จากการศึกษาในข้อ 1) และตามอัตราการให้อาหารต่อวันตามการศึกษาในข้อ 2) วิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังการอนุบาล นอกจากนี้ทำการสุ่มนับจำนวน *Phyllosoma* ทุก 24 ชั่วโมง นาน 168 ชั่วโมง (7 วัน) เพื่อหาอัตราการรอดตายตามวิธีการในข้อ 3)

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำของแต่ละชุดการทดลอง (ยกเว้นการศึกษาเรื่องปริมาณอาหารมีชีวิต) ด้วยเครื่องมือและวิธีการ ดังนี้ ความเค็มของน้ำวัดด้วย Salinity refractometer (Primattech) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และอุณหภูมิของน้ำวัดด้วย DO meter (YSI 550A) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำวัดด้วย pH meter (Cyber Scan pH 11) นอกจากนี้เก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติกประมาณ 200 มล. เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียรวม ไนโตรท์ และความเป็นด่างภายในห้องปฏิบัติการตามวิธีมาตรฐานของ APHA, AWWA and WEF (2017) ได้แก่ Koroleff's Indophenol Blue method, Colorimetric method และ Titration

method ตามลำดับ สำหรับการวัดการดูดกลืนคลื่นแสงในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ วัดโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (i5 uv-vis Hanon Spectrophotometer)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเพื่อหาความแตกต่างของข้อมูล (อัตราการรอด และคุณภาพน้ำ) โดยในการศึกษาชนิดของอาหารมีชีวิต และอิทธิพลของแสงใช้วิธี Independent sample t-test ส่วนการศึกษาปริมาณอาหารมีชีวิตที่ลูกกุ้งมังกรเลนระยะ *Phyllosoma* กินในแต่ละช่วงเวลาในรอบวัน (00.01-06.00, 06.01-12.00, 12.01-18.00 และ 18.01-24.00 น.) วิเคราะห์และเปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิเคราะห์และประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics for Windows (version 21.0; IBM Corp., Armonk, NY. USA)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ชนิดและปริมาณอาหารมีชีวิต

ผลการศึกษาพบว่า อัตราการรอดตายของลูกกุ้งมังกรเลนระยะ *Phyllosoma* ที่อนุบาลด้วยอาหารมีชีวิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักจะมีอัตราการรอดตายสูงกว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยโรติเฟอร์ ตั้งแต่ วันที่ 2 ของการอนุบาลเป็นต้นไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันที่ 7 ของการอนุบาล พบว่า *Phyllosoma* ที่อนุบาลด้วยโรติเฟอร์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (อัตราการรอดตายเท่ากับ 0.0 ± 0.0 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับการอนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักที่มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 26.6 ± 7.6 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1)

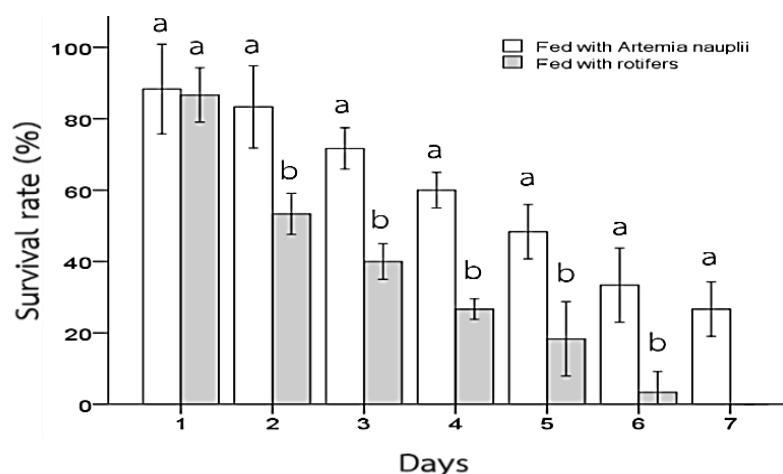


Figure 1 Survival rate of phyllosoma larvae of mud spiny lobster, *P. polyphagus* in live feed tests. Different lower case letters above each bar indicate a significance difference at $p < 0.05$, and error bars indicate mean $\pm$ SD.

นอกจากนี้พบว่า ลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma กินอาร์ทีเมียแรกฟักเฉลี่ยอยู่ที่ 13.1 ± 1.5 ตัว/ลูกกุ้ง 1 ตัว/วัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณอาร์ทีเมียที่กินในแต่ละช่วงเวลาในรอบวัน พบว่า ช่วงเวลาที่มีผลต่อการกินอาหารของ Phyllosoma อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย Phyllosoma จะกิน

อาร์ทีเมียแรกฟักในช่วงเวลา 06.01-12.00 น. เฉลี่ยเท่ากับ 4.5 ± 1.0 ตัว ซึ่งมากกว่าช่วงเวลา 12.01-18.00, 18.01-24.00 และ 00.01-06.00 น. ที่มีอัตราการกินอาร์ทีเมียแรกฟักเฉลี่ยอยู่ที่ 3.0 ± 0.3 , 3.0 ± 0.4 และ 2.4 ± 0.8 ตัว ตามลำดับ (Figure 2)

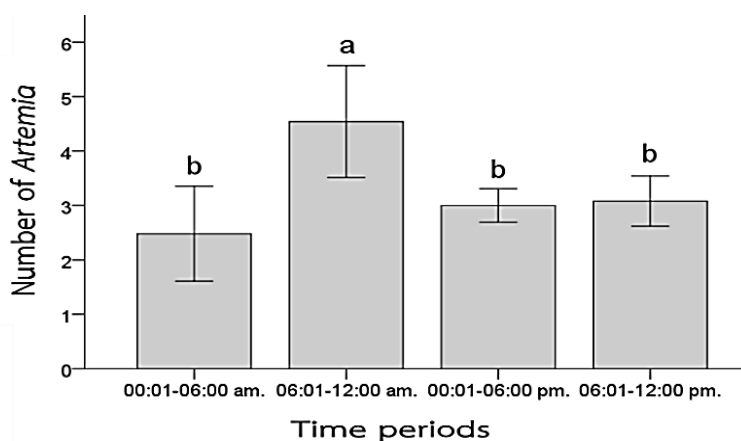


Figure 2 Comparison of phyllosoma larvae of mud spiny lobster, *P. polyphagus* ate live feed (brine shrimp, *Artemia* nauplii) in each time periods. Different lower case letters above each bar indicate a significance difference at $p < 0.05$, and error bars indicate mean $\pm$ SD.

อิทธิพลของแสง

ผลการอนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma ที่สภาวะแสงปกติ และที่สภาวะปิดคลุมแสงตลอดเวลา โดยให้อาร์ทีเมียแรกฟักเป็นอาหารที่ปริมาณอาร์ทีเมีย 13 ตัว/ลูกกุ้ง 1 ตัว/วัน พบว่า ตลอดระยะเวลาการอนุบาลอัตราการรอดตายของ Phyllosoma ทั้งสองชุดการ

ทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดสอบที่ระยะเวลา 7 วัน Phyllosoma ในชุดการทดลองที่สภาวะแสงปกติมีอัตราการตายเฉลี่ยเท่ากับ 16.7 ± 15.3 เปอร์เซ็นต์ และในชุดการทดลองที่สภาวะแสงปิดคลุมตลอดเวลาอัตราการตายเฉลี่ยเท่ากับ 20.0 ± 17.3 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3)

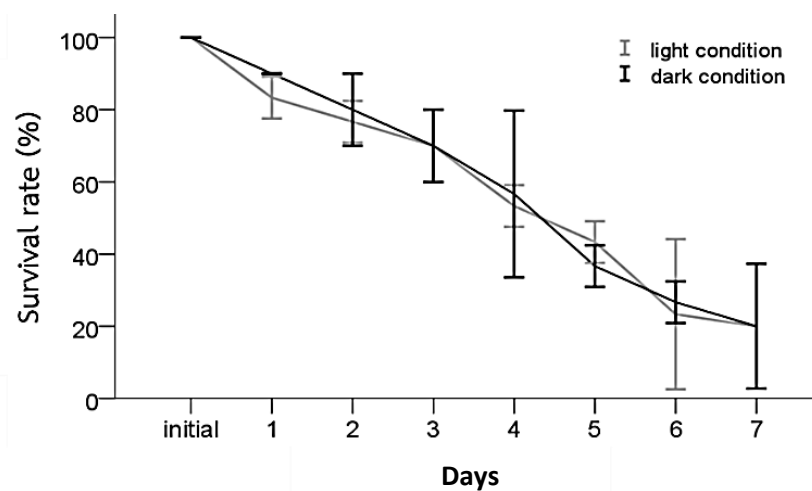


Figure 3 Survival rate of phyllosoma larvae of mud spiny lobster, *P. polyphagus* in light and dark conditions, error bars indicate mean $\pm$ SD.

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การให้อาหารมีชีวิตสำหรับอนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma (แรกฟักถึงอายุ 7 วัน) เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญ ซึ่งชนิดของอาหารมีผลต่ออัตราการรอดตาย โดยเฉพาะการอนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักจะส่งผลให้มีอัตราการรอดตายสูงกว่าการอนุบาลด้วยโรติเฟอร์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคุณค่าทางโภชนาการบางประการของอาร์ทีเมียแรกฟัก โดยเฉพาะปริมาณกรดไขมันที่จำเป็น (EPA และ DHA) ต่อการอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนที่มีอยู่ในตัวอาร์ทีเมีย มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma มากกว่าที่มีอยู่ในโรติเฟอร์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการให้อาร์ทีเมียแรกฟักเป็นอาหารในการอนุบาลลูกกุ้งมังกรระยะเริ่มต้นในกุ้งมังกรชนิดอื่น ๆ

(Francis *et al.*, 2014) ที่นิยมอนุบาลลูกกุ้งมังกรด้วยอาร์ทีเมียมากกว่าการใช้โรติเฟอร์ แต่อย่างไรก็ตาม โรติเฟอร์ก็ยังถือว่าเป็นอาหารมีชีวิตที่สำคัญสำหรับการอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนอีกหลายชนิด (De Silva and Davy, 2010)

ผลการศึกษาครั้งนี้ยังชี้ให้เห็นอีกว่า ในแต่ละช่วงเวลาให้อาหารลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma ลูกกุ้งจะกินอาหารในช่วงเวลา 06.01-12.00 น. มากกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ และ Phyllosoma จะกินอาร์ทีเมียแรกฟักเฉลี่ยอยู่ที่ 13.1 ± 1.5 ตัว/วัน ซึ่งถือว่ามีอัตราการกินสูงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการกินอาร์ทีเมียแรกฟักต่อวันของลูกสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียนด้วยกัน เช่น ลูกกุ้งขาวแวนนาไม และลูกปูม้าวัยอ่อน ที่มีรายงานว่าอนุบาลด้วย

อาร์ทีเมียแรกฟักที่ 5 ตัว/วัน (Limsuwan *et al.*, 2009; Oniam and Arkronrat, 2013) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลชัดเจนด้านปริมาณและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากกุ้งมังกรเลนมีระยะเวลาในการพัฒนาตัวอ่อนจากระยะ Phyllosoma เป็นระยะ Puerulus ยาวนาน 7-10 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับที่มีการศึกษาในลูกกุ้งมังกรชนิดอื่น (Williams, 2007) เช่น กุ้งมังกรเจ็ดสี (*Panulirus ornatus*) ที่มีรายงานว่าจากระยะ Phyllosoma เป็นระยะ Puerulus ใช้เวลา 4-6 เดือน (Dennis *et al.*, 2001) กุ้งมังกรกบ (*P. homarus*) ใช้เวลา 7-8 เดือน (Soonson *et al.*, 2008a) เป็นต้น

นอกจากนี้ ยังไม่มีความชัดเจนด้านการพัฒนา ระยะในแต่ละช่วงอายุของ Phyllosoma ของกุ้งมังกรเลน จึงยากต่อการศึกษาความต้องการทางโภชนาการของลูกกุ้งมังกรเลนในระยะนี้ ซึ่งกุ้งมังกรแต่ละชนิดจะมีจำนวนระยะของ Phyllosoma ที่แตกต่างกัน โดยพบว่า กุ้งมังกร *Jasus edwardsii*, *P. pencillatus*, *P. cygnus*, *P. longipes* และ *P. homarus* มีจำนวนระยะของ Phyllosoma 7-13 ระยะก่อนจะเข้าสู่ระยะ Puerulus และในแต่ละระยะของ Phyllosoma ของกุ้งมังกรแต่ละชนิดก็มีความต้องการกรดไขมันทั้งชนิดและปริมาณที่แตกต่างกันออกไปอีกด้วย (Dennis *et al.*, 2001; Nelson *et al.*, 2004; Ayra and Cruz, 2010; Francis *et al.*, 2014) Takeuchi and Murakami (2007) รายงานว่า EPA และ DHA เป็นกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับลูกกุ้งมังกรวัยอ่อน และไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้จึงต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น โดยเฉพาะระยะวัยอ่อนของกุ้งมังกร *P. cygnus* และ *J. edwardsii* ที่ต้องมีการเสริมกรดไขมันให้กับอาร์ทีเมียแรกฟักก่อนนำไปอนุบาล สอดคล้องกับ Abrunhosa *et al.* (2008) ที่รายงานว่า ระยะ Phyllosoma ของกุ้งมังกร *P. echinatus* มีอยู่ 8 ระยะ และถ้าอนุบาลด้วยอาร์ทีเมียร่วมกับไข่อยแมลงภู่ (*Brachydonts* sp.) และแพลงก์ตอนพืช (*Dunaliella*

viridis) ลูกกุ้งจะใช้เวลาประมาณ 7-10 วัน ในการพัฒนาแต่ละระยะ ซึ่งถือว่ามีการพัฒนาในระยะที่รวดเร็วเนื่องจากลูกกุ้งได้รับปริมาณสารอาหารที่หลากหลายจากอาหารที่กินเข้าไป การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma ในแต่ละช่วงระยะหรือช่วงอายุ ยังคงต้องศึกษาความเหมาะสมของการเสริมกรดไขมันที่จำเป็นให้กับอาร์ทีเมียแรกฟักที่จะนำไปใช้ในการอนุบาลต่อไป

นอกจากนี้ การอนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma ในที่สภาวะแสงปกติกับที่สภาวะแสงปิดคลุมตลอดเวลา ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของ Phyllosoma ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแสงไม่ใช่ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิต หรือการอยู่รอดของลูกกุ้งมังกรเลนระยะนี้ภายในโรงเพาะฟัก แต่ในทางตรงกันข้าม การอนุบาลลูกสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียนที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ แสงถือว่าเป็นปัจจัยแวดล้อมสำคัญที่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และการพัฒนาการระยะของวัยอ่อน เช่น ลูกกุ้งแซบวัย *Penaeus merguensis* (Hoang *et al.*, 2003) ลูกกุ้งขาวแวนนาไม *Litopenaeus vannamei* (Limsuwan *et al.*, 2009) และลูกกุ้งก้ามกราม *Macrobrachium rosenbergii* (Srithong *et al.*, 2016) เป็นต้น นอกจากนี้ปัจจัยดังกล่าวแล้ว ปัจจัยแวดล้อมด้านคุณภาพน้ำในระบบการอนุบาลภายใต้การศึกษานี้พบว่า ความเค็มของน้ำมีค่าระหว่าง 29.4-30.0 พีพีที ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าระหว่าง 3.38-4.70 มก./ลิตร อุณหภูมิน้ำมีค่าระหว่าง 26.9-30.0°C. ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าระหว่าง 8.63-8.68 ปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าระหว่าง 0.00-0.24 มก. ไนโตรเจน/ลิตร ไนโตรที่มีค่าระหว่าง 0.00-0.32 มก. ไนโตรเจน/ลิตร และความเป็นด่างของน้ำมีค่าระหว่าง 134-180 มก./ลิตร CaCO_3 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์ของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ค่าคุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และค่าคุณภาพน้ำ

เหล่านี้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตและการ
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยเฉพาะสัตว์น้ำในกลุ่ม
ครัสเตเชียนที่หมายรวมถึงกุ้งมังกรด้วย (Zhang *et al.*,
2020)

สรุปผลการวิจัย

ผลการอนุบาลลูกกุ้งมังกรเลนระยะ
Phyllosoma ด้วยการใช้อาร์ทีเมียแรกฟักมีอัตราการตาย
เฉลี่ยสูงกว่าการอนุบาลด้วยโรติเฟอร์ โดยลูกกุ้งมังกรเลน
ระยะนี้กินอาร์ทีเมียแรกฟักเฉลี่ย 13 ตัว/วัน และพบว่า
ช่วงเวลามีผลต่อการกินอาหารของลูกกุ้งระยะนี้
โดย Phyllosoma กินอาหารในช่วงเวลา 06.01-12.00 น.
มากกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ และพบว่าแสงภายใต้ระบบ
โรงเพาะฟักไม่ใช่ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิต
หรือการอยู่รอดของลูกกุ้งมังกรเลนระยะ Phyllosoma
ซึ่งผลที่ได้นี้ทำให้ทราบถึงแนวทางการอนุบาลลูกกุ้งมังกรเลน
เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงวิชาการและเชิงพาณิชย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม หัวหน้าสถานี
วิจัยประมงคลองวาฬ ที่ให้คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย
และตรวจแก้ไขงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และ
ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์จามรี เครือหงษ์ สาขา
เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร
และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ
นครสวรรค์ ที่สนับสนุนการปฏิบัติสหกิจศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abrunhosa, F.A., A.P. Santiago and
J.P. Abrunhosa. 2008. The early
phyllosoma stages of spiny lobster
Panulirus echinatus Smith, 1869
(Decapoda: Palinuridae) reared in the
laboratory. **Brazilian Journal of Biology**
68(1): 179-186.
- American Public Health Association, American
Water Works Association and Water
Environment Federation (APHA, AWWA
and WEF). 2017. **Standard Methods for
the Examination of Water and
Wastewater**. 23rd ed. Washington, DC:
American Public Health Association.
1504 p.
- Ayra, L. and R. Cruz. 2010. Caribbean lobster
reproduction: a review. **Revista de
Investigaciones Marinas** 31(2): 115-123.
- Bhatiyasevi, O. and K. Kittiwattanawong. 1994.
Biology of Spiny Lobsters in Genus
Panulirus Landed at Phuket and Adjacent
Areas. pp. 360-373 *In Proceedings
Seminar of Academic 1994, Department
of Fisheries*. Bangkok: Department of
Fisheries. [in Thai]
- Brown, M.E. 1957. **The Physiology of Fishes**.
Vol.1. New York: Academic Press. 400 p.

- Bussarawit, S. 2005. **Taxonomic studies on deep water lobsters from the Andaman sea of Thailand.** 35 p. *In* Technical Paper No.13/2005. Phuket: Phuket Marine Biological Center, Department of Marine and Coastal Resources, Ministry of Natural Resources and Environment. [in Thai].
- Dennis, D.M, C.R. Pitcher and T.D. Skewes. 2001. Distribution and transport pathways of *Panulirus ornatus* and *Panulirus* spp. larvae in the Coral Sea. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research** 52: 1175-1185.
- De Silva, S.S. and F.B. Davy. 2010. **Success Stories in Asian Aquaculture.** New York: Springer. 214 p.
- Francis, D.S., M.L. Salmon, M.J. Kenway and M.R. Hall. 2014. Palinurid lobster aquaculture: nutritional progress and considerations for successful larval rearing. **Reviews in Aquaculture** 6: 180-203.
- Hoang, T., M. Barchiesi, S.Y. Lee, C.P. Keenan and G.E. Marsden. 2003. Influences of light intensity and photoperiod on moulting and growth of *Penaeus merguensis* cultured under laboratory conditions. **Aquaculture** 216: 343-354.
- Ikhwanuddin, M., S.N. Fatimah, J.R. Nurul, M.Z. Zakaria and A.B. Abol-Munafi. 2014. Biological features of mud spiny lobster, *Panulirus polyphagus* (Herbst, 1793) from Johor coastal water of Malaysia. **World Applied Sciences Journal** 31(12): 2079-2086.
- Krainara, T., T. Apaipacdee and C. Pinsuwan. 2008. **The intellectual of farmer on spiny lobster production in Yao island, Phangnga province.** 59 p. *In* Technical Paper No.2/2008. Phangnga: Phangnga Fisheries Provincial Office, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]
- Kruesanae, V. 1994. **Preliminary study on embryonic and larval development of spiny lobster (*Panulirus* spp.).** 24 p. *In* Technical Paper No.19/1994. Phuket: Phuket Coastal Aquaculture Development Center, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]
- _____. 1998a. **Spiny lobster broodstocks rearing in floating net cages.** 18 p. *In* Technical Paper No.2/1998. Phuket: Andaman Marine Shrimp Research and Development Center, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]
- _____. 1998b. **Growth and survival of juvenile spiny lobsters (*Panulirus* spp.) reared in concrete tanks.** 15 p. *In* Technical Paper No.3/1998. Andaman Marine Shrimp Research and Development Center, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]

- Limsuwan C., N. Chuchird, G. Kundee, C. Tipsemongkol, C. Akkarakahasin, P. Pongchor and M. Somboon. 2009. Effects of Light Intensity on Survival Rate and Growth of Rearing Pacific White Shrimp Postlarvae (*Litopenaeus vannamei*). pp. 149-153. *In Proceedings of 47th Kasetsart University Annual Conference*. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Linjee, W. 2011. **Role of Aquatic Environmental Factors on Spiny Lobster Distribution around Kapoe Bay, Ranong Province**. Master Thesis. Kasetsart University. 185 p. [in Thai]
- Nelson, M.M., B.J. Crear, P.D. Nichols and D.A. Ritz. 2004. Growth and lipid composition of phyllosomata of the southern rock lobster, *Jasus edwardsii*, fed enriched *Artemia*. **Aquaculture Nutrition** 10(4): 236-246.
- Nitiratsuwan, T., K. Panwanitdumrong and C. Ngamphongsai. 2017. Some biological aspects of ornate spiny lobster (*Panulirus ornatus* Fabricius 1798) from small-scale fishery in Trang province. **Khon Kaen Agriculture Journal** 45(1): 116-120. [in Thai]
- Office of Agricultural Economic (OAE). 2008. Economic on the spiny lobster production at the Andaman coast in 2006. **Agricultural Economic Research** 110: 1-32. [in Thai]
- Oniam, V. and W. Arkronrat. 2013. Development of crab farming: the complete cycle of blue swimming crab culture program (CBSC Program) in Thailand. **Kasetsart University Fisheries Research Bulletin** 37(2): 31-43.
- Pluemsong, P., T. Nitiratsuwan and K. Panwanitdumrong. 2017. Status of Mud Spiny Lobster Fishery in Trang Province. pp. 594-599. *In Proceedings RMU Graduate Research Conference*. Mahasarakham: Rajabhat Mahasarakham University. [in Thai]
- Soonsun, P., J. Pongmaneerat, P. Chainark and P. Klingsukklai. 2008a. **Notes on larval development and nursing of scalloped spiny lobster (*Panulirus homarus* Linnaeus, 1758) in hatchery**. 18 p. *In* Technical Paper No.25/2008. Bangkok: Coastal Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]
- Soonsun, P., J. Pongmaneerat and S. Detsathit. 2008b. **Rearing of mud spiny lobster *Panulirus polyphagus* (Herbst, 1793) with different feeds**. 21 p. *In* Technical Paper No.21/2008. Bangkok: Coastal Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]

- Srithong, C., R. Yoonpundh and C. Thaitungchin. 2016. Effect of Light Intensity and Photoperiod to Larvae Nursing of Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man). pp. 968-978. **In Proceedings of The 54th Kasetsart University Annual Conference.** Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Sukkerd, A. 2012. **Economic Analysis of Lobster Culture in Floating Cage Amphoe Ko Yao Changwat Phang-nga.** Master Thesis. Kasetsart University. 100 p. [in Thai]
- Takeuchi, T. and K. Murakami. 2007. Crustacean nutrition and larval feed, with emphasis on Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*. **Bulletin of Fisheries Research Agency** 20: 15-23.
- Williams, K.C. 2007. Nutritional requirements and feeds development for post-larval spiny lobster: a review. **Aquaculture** 263: 1-14.
- Wongrat, L. 2000. **Guide to Plankton Culture.** Bangkok: Kasetsart University Press. 127 p. [in Thai]
- Zhang, X., Y. Zhang, Q. Zhang, P. Liu, R. Guo, S. Jin, J. Lin, L. Chen, Z. ma and Y. Liu. 2020. Evaluation and analysis of water quality of marine aquaculture area. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 17: 1-15.

ผลของแคลเซียมต่อการจับตัวตกตะกอนน้ำอ้อยที่บสกัด

Effect of Calcium on Coagulation and Precipitation in Extracted Sugarcane Juice

ดวงฤดี วังภูมิใหญ่^{1,2} อนูทิน ปัทมะสุวรรณ² จักรพล สุนทรวรภาส²

ก้านรงค์ ศรีรอต² และประมุข ภาระกุลสุสถิตย์^{1*}

Duangrudee Wangpoomyai^{1,2}, Anutin Pattamasuwan², Jackapon Sunthornvarabhas²

Klanarong Sriroth² and Pramuk Parakulsuksatid^{1*}

¹ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10903

²บริษัท มิตรผลวิจัย พัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด ชัยภูมิ 36110

¹Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10903

²Mitr Phol Innovation & Research Center, Chaiphum, Thailand 36110

*Corresponding author: fagimp@ku.ac.th

Received: September 21, 2021

Revised: February 28, 2022

Accepted: March 29, 2022

Abstract

Sugarcane juice clarification is well known for raw sugar production. The principle based on coagulation precipitation of soluble solid and sedimentation to make a clear juice. Aim of this work to investigate the effect of calcium on pH which affected coagulation precipitation of extracted sugarcane juice. The sugarcane juice was incubated at 75°C, then lime saccharate with various calcium hydroxide content was added for adjusting the pH of the juice solution. The sample solutions in the range of pH 6.5-8.5 were boiled and kept for further analysis, comparing with the control sample. Regarding to the experiment, the sample solutions with pH 7.5 or higher was an appropriated for 321 mg/kg phosphate, phosphate removal 90.9% and turbidity 0.013 abs with less sucrose losses. Moreover, the results of the FTIR profile showed that main species of calcium phosphate compounds and calcium carbonate were accelerate in lime juice. Although the particle size of suspension in the sample and control solutions were similar, this profile was not detected in the control sample.

Keywords: sugarcane juice, coagulation, precipitation, calcium phosphate, FTIR

บทคัดย่อ

กระบวนการทำใส่น้ำอ้อยในการผลิตน้ำตาลทรายดิบเป็นที่รู้จักกันดี อาศัยหลักการจับตะกอนของแข็งที่ละลายในน้ำอ้อย แล้วทำการตกตะกอนแยกน้ำอ้อยใสออกมา ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแคลเซียมต่อ pH ซึ่งมีผลต่อการจับตะกอนของแข็งที่แขวนลอยในน้ำอ้อย โดยได้นำน้ำอ้อยมาอุ่นที่อุณหภูมิ 75°ซ. และเติมโลม์แซคคาเรท ซึ่งมีแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นองค์ประกอบ เพื่อปรับ pH น้ำอ้อยให้อยู่ในช่วง pH 6.0-8.5 จากนั้นให้ความร้อนจนกระทั่งน้ำอ้อยเดือด นำแต่ละสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปเก็บเพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับสารละลายควบคุมจากการทดลองพบว่า ตัวอย่างน้ำอ้อยที่ pH ตั้งแต่ 7.5 เพียงพอสำหรับการจับตะกอนฟอสเฟตที่ 321 มก./กก. กำจัดฟอสเฟตได้ 90.9% มีค่าความขุ่นน้ำอ้อย 0.013 abs โดยพบการสูญเสียซูโครสในปริมาณน้อยขณะเดียวกันผลจากโปรไฟล์เอฟทีโออาร์ บ่งชี้ว่าในสารละลายมีการเกิดสปีชีหลักของแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมฟอสเฟต แต่ไม่พบในตัวอย่างน้ำอ้อยควบคุม แม้ว่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยของสารแขวนลอยไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: น้ำอ้อย การจับตะกอน ตกตะกอน
สารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต
เทคนิควัดการดูดกลืนแสงด้วยเอฟทีโออาร์

คำนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) จัดอยู่ในวงศ์หญ้า (POACEAE หรือ GRAMINEAE) และอยู่ในวงศ์ย่อย PANICOIDEAE ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบจากอ้อยที่ผ่านกระบวนการหีบสกัดได้เป็นน้ำอ้อยรวมมีของแข็งที่ละลายในปริมาณ 15-17%Brix โดยปกติมีส่วนประกอบของสารละลายน้ำตาลซูโครส 78-89%

และสารละลายอื่นที่ไม่ใช่น้ำตาล ทั้งที่เป็นสารละลายสารแขวนลอย และสารคอลลอยด์ โดยขั้นตอนการทำใสเป็นกระบวนการตกตะกอนสิ่งเจือปน ทำให้น้ำอ้อยใสและมีความบริสุทธิ์มากขึ้น เพื่อนำไปผลิตน้ำตาลในขั้นตอนต่อไป โดยกระบวนการทำใสน้ำอ้อยนิยมเติมปูนขาวผสมในน้ำอ้อย มีชื่อเรียกแต่ละวิธี ได้แก่ กระบวนการทำใสแบบฟอสฟาเตชัน (Phosphatation) คาร์บอนเนชัน (Carbonation) ซัลไฟเตชัน (Sulfitation) และเดเฟเคชัน (Defecation) (Istifanus, 2015) วิธีที่นิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่ คือ กระบวนการทำใสแบบเดเฟเคชัน ทำได้โดยผสมน้ำปูนขาวเพื่อปรับ pH น้ำอ้อย และเติมสารเร่งตกตะกอนกลุ่มโพลีอะคริลาไมด์ (Polyacrylamide) (Doherty and Edye, 1999; Poel *et al.*, 1998; Simpson, 1996) ปฏิกริยาเคมีสำคัญ คือ การเกิดสารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Calcium phosphate) ที่มีประจุบวกยึดเกาะสารที่มีประจุลบในน้ำอ้อย ได้แก่ แบง โปรตีน สิ่งเจือปนที่แขวนลอยในน้ำอ้อย เช่น เส้นใยอ้อย ดิน ทราย เป็นต้น ขนาดอนุภาคตะกอนที่ใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักตะกอนสูงขึ้นจะแยกออกมาจากน้ำอ้อย โดยสารเร่งตกตะกอนช่วยลดแรงดึงดูดของสารแขวนลอยในน้ำอ้อยให้ตกตะกอนเร็วขึ้น (Thai *et al.*, 2015; Eggleston *et al.*, 2012; Doherty, 2011; Zaeib, 2004; Poel *et al.*, 1998) วิธีการอื่น ๆ ได้แก่ วิธีฟอสฟาเตชัน แต่ไม่นิยมเนื่องด้วยต้องมีการเติมกรดฟอสฟอริก วิธีคาร์บอนเนชันใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับกระบวนการลดค่าสีน้ำเชื่อม นิยมใช้สำหรับกระบวนการผลิตน้ำตาลรีไฟน์ และวิธีซัลไฟเตชันเดิมมีการเติมกำมะถัน (Sulfur) ซึ่งวิธีนี้ประเทศไทย โดยสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทย ได้ระบุอย่างชัดเจนว่า โรงงานผลิตน้ำตาลทรายทุกโรงงานได้ยกเลิกใช้ “สารฟอกขาว” ในขั้นตอนการผลิตของประเทศไทย มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547

กระบวนการทำใสแบบเดเฟเคชัน ทำได้โดยการเติมน้ำปูนขาว (Calcium hydroxide) ผสมกับน้ำอ้อยที่อุณหภูมิ 75°ซ. และปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 7.5-7.8

เพื่อให้เกิดตะกอนไตรแคลเซียมฟอสเฟต และแรงประจุบวกของตะกอนที่มาจากแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) จะดึงเอาสิ่งเจือปนที่เป็นประจุลบมารวมตัวกัน (Eggleston *et al.*, 2012) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ประสิทธิภาพการทำให้น้ำอ้อยที่สูง ความขุ่นลดลง เมื่อมีปริมาณฟอสเฟตในน้ำอ้อยไม่น้อยกว่า 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Doherty and Rackemann 2008; Rein, 2007; Khotaveevattana, 2003) ทั้งนี้ การศึกษาของ Eggleston *et al.* (2012) พบว่าการอุ่นน้ำอ้อยที่ 65°C. นาน 15 นาที และเติมสารละลายน้ำปูนขาวที่เตรียมจากสารละลายไลม์แซคคาเรท (Lime saccharate) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอน เนื่องจากมีแคลเซียมไอออนอิสระมากกว่าและการผสมไลม์แซคคาเรทที่อุณหภูมิปานกลางพบการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสในปริมาณน้อย (Eggleston *et al.*, 2002; Steindl, 2001; Eggleston and Vercellotti, 2000; Honig, 1963) ทั้งนี้มีงานวิจัยพบว่าการปรับ pH แตกต่างกันทำให้เกิดสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตในสารละลายและค่าศักย์ไฟฟ้าที่ผิวอนุภาคต่างกัน (Thai and Doherty, 2012; Chen and Chou, 1993; Crees *et al.*,

1977) ซึ่งเป็นผลมาจากสารประกอบที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาของแคลเซียมและฟอสเฟต (Berzina and Borodajenko, 2012; Greenwood *et al.*, 2007) และพบว่ามีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยใหญ่กว่าน้ำอ้อยวัตถุดิบ (Thai *et al.*, 2015; Thai and Doherty, 2012; Thai *et al.*, 2012; Doherty and Rackemann, 2008; Doherty *et al.*, 2002) เมื่อปรับ pH น้ำอ้อยเป็น 8.0 ยังคงพบไอออนของโลหะละลายหลงเหลือในน้ำอ้อยไม่จับตะกอนแยกออกมา (Thai *et al.*, 2015; Doherty and Rackemann 2009; Zaeib., 2004; Eggleston *et al.*, 2002) และมีการศึกษาพบว่า pH ของสารละลายระหว่าง 7.0-8.0 จะให้ประจุ HPO_4^{2-} ตามด้วย H_2PO_4^- (Doherty and Rackemann, 2008; Johnsson and Nancollas, 1992) สอดคล้องกับการศึกษาของ Seliem *et al.* (2016) (Figure 1) และในส่วนสารละลายที่ไม่ใช่น้ำตาลที่ยังคงมีในน้ำอ้อย ไอออนโลหะมักตกตะกอนสะสมเป็นตะกอน (Scale) เกาะที่ผิวอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ระหว่างกระบวนการต้มระเหยน้ำอ้อยเป็นน้ำเชื่อม การเคี้ยวตกลึก และส่งผลต่อคุณภาพและผลผลิตน้ำตาลทรายดิบ (Phakam *et al.*, 2018)

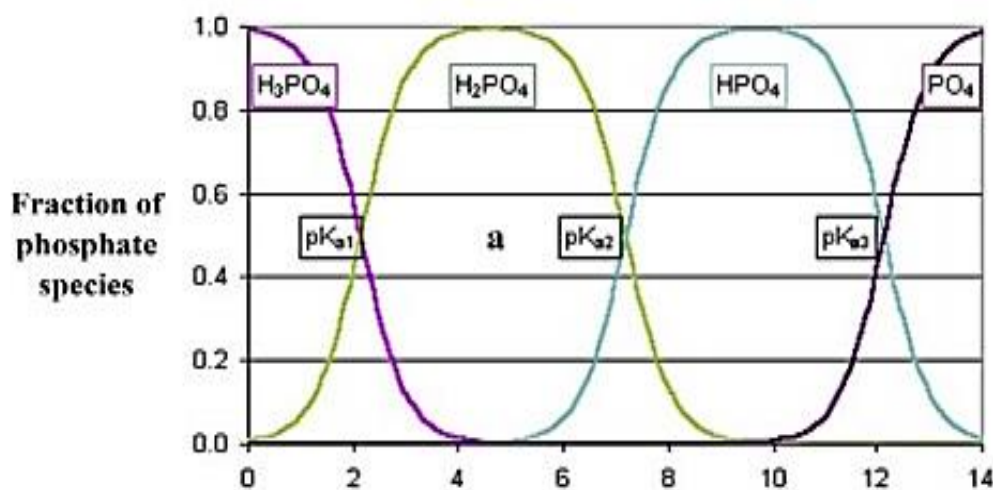


Figure 1 Fraction of phosphate species at different pH

Source: Seliem *et al.* (2016)

แคลเซียมฟอสเฟตจากปฏิกิริยาของแคลเซียมและฟอสเฟตซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์ในระดับห้องปฏิบัติการถูกทำการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิ และ pH ต่อชนิดสารที่เกิดขึ้น โดยพบว่าเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy) ในระดับดูดกลืนพลังงานแสงที่เลขคลื่นในช่วง $560-1100\text{ cm}^{-1}$ พบการดูดกลืนแสงของสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต โดยมีการศึกษาพบพิคการดูดกลืนแสงของสารประกอบคาร์บอเนตไอออนที่เลขคลื่น 850 และ 870 cm^{-1} (Berzina and Borodajenko, 2012; Paschalis *et al.*, 1996) โดย Karampas and Kontoyannis (2013) พบพิคการดูดกลืนแสงของสารประกอบไดแคลเซียมฟอสเฟต ไดไฮเดรต ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ที่ pH ตั้งแต่ 6.5 ถึง 8.5 ที่เลขคลื่น 987 cm^{-1} พบพิคการดูดกลืนแสงของสารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟต (CaHPO_4) ที่ pH 7.5 ที่เลขคลื่น 906 cm^{-1} และพบพิคการดูดกลืนแสงของสารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) ตั้งแต่ pH 7.5 ถึง 8.0 ที่เลขคลื่น 941 cm^{-1} (Meejo *et al.*, 2006) ในขณะที่ Berzina and Borodajenko (2012) พบสารประกอบไฮดรอกซีอะพาไทต์ ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) ที่ pH เดียวกัน พบสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตในน้ำอ้อยจำลอง (Synthetic sugarcane juice) (Doherty and Rackemann, 2008) และพบคาร์บอเนตไอออนเกิดขึ้นที่ pH 7.5 และ 8.0 เกิดการเกาะกลุ่มกันของแข็งที่ละลายในน้ำอ้อยที่มีประจุลบมาเกาะกับประจุบวกของไตรแคลเซียมฟอสเฟต เกิดลักษณะปฏิกิริยาเชื่อมต่อระหว่างแคลเซียมไอออนกับฟอสเฟต (Calcium phosphate bridging) (Eggleston *et al.*, 2012)

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น เห็นได้ว่าสาเหตุที่ยังคงมีสิ่งเจือปนติดไปกับน้ำอ้อยใส แม้จะมีการเติมสารเร่งตกตะกอนเพื่อช่วยให้มีการรวมตัวตะกอน คือ การปรับ pH ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้จะทำการศึกษาก่อนเตรียมน้ำอ้อยผสมน้ำปูนขาวก่อนเติมสารเร่งตกตะกอน เพื่อศึกษาผลของแคลเซียมต่อ pH ซึ่งมีผลต่อปริมาณสารที่อยู่ในน้ำอ้อย โดยหวังว่าผลที่ได้สามารถใช้

กำหนดมาตรฐานวิธีเตรียมน้ำอ้อยผสมปูนขาวที่เหมาะสมและเพียงพอสำหรับกระบวนการทำใส่น้ำอ้อยแบบเดเฟชันของโรงงานน้ำตาลได้ และอาจสามารถใช้เป็นความรู้พื้นฐานสำหรับต่อยอดศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมน้ำตาลของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างอ้อยสด สุกแก่ที่อายุอ้อย 10-11 เดือน เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดในเดือนมีนาคม ฤดูกาลผลิต 2561/62 ของโรงงานน้ำตาล บริษัท รวมเกษตรกรอุตสาหกรรม จำกัด (โรงงาน บี) อำเภอกุฉิวยาง จังหวัดชัยภูมิ ที่ผ่านกระบวนการหีบสกัดด้วยระบบถังแช่ (Diffuser) ได้น้ำอ้อยรวมที่อุณหภูมิ $38-40^{\circ}\text{C}$. และตัวอย่างโลม์แซคคาเรทที่ได้จากการเตรียมโดยนำปูนขาวผง (Calcium hydroxide) เตรียมเป็นน้ำเข้มข้น (Milk of lime) มาผสมกับน้ำเชื่อม (Raw syrup) นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลอง โดยคุณภาพน้ำอ้อยมีปริมาณฟอสเฟต 321 มก./กก. (ICUMSA method GS7-15, 1994) ค่า %บrix 16-18% ค่า pH 5.3 และคุณภาพโลม์แซคคาเรท มีค่า %บrix 38% ค่า pH 11.5-12.5

นำตัวอย่างน้ำอ้อยที่เก็บรักษาในตู้แช่แข็งมาละลาย แล้วกรองด้วยตะแกรงสเตนเลส ขนาดรูตะแกรง 100 Mesh จากนั้นตวงตัวอย่างหลังกรองจำนวน 8 ลิตร ด้วยกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร อุ่นในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ 65°C . นาน 15 นาที (Eggleston *et al.*, 2002) จากนั้นตวงด้วยกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร จำนวน 6 บีกเกอร์ นำบีกเกอร์ตัวอย่างไปให้ความร้อนบนเตาไฟฟ้า ควบคุมอุณหภูมิ น้ำอ้อยสำหรับผสมโลม์แซคคาเรท ที่ 75°C . (Thai *et al.*, 2012; Doherty *et al.*, 2002) ปรับ pH ด้วยการเติมโลม์แซคคาเรทในแต่ละบีกเกอร์ เป็น 6.5, 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 ตามลำดับ และใช้ตัวอย่างที่ไม่เติมโลม์แซคคาเรทเป็นตัวอย่างควบคุม ให้ความร้อนต่อจนกระทั่งน้ำอ้อยเดือด โดยควบคุมการให้

ความร้อนจาก 75°C. จนกระทั่งน้ำอ้อยเดือดภายในเวลา 3 นาที (Eggleston *et al.*, 2002; Steindl, 2001) รอให้ฟองยุบ ใช้แท่งแก้วกวนตัวอย่างเป็นวงกลม วนซ้าย 5 รอบ และวนขวา 5 รอบ แบ่งเก็บตัวอย่างเป็น 3 ส่วนต่อค่า pH ใส่ลงในขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างที่ร้อนเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพ โดยตัวอย่างที่รอการทดสอบนำไปเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง -20°C. โดยมีการวิเคราะห์ค่า pH และค่าคุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

1. วิเคราะห์ pH วัดโดยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH/mV/Conductivity meter รุ่น EUTECH INSTRUMENTS PC700, Singapore)

2. วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (%Brix) โดยเครื่องวัดบrix 0-95% (Auto refractometer SCHMIDT + HAENSCH)

3. วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลซูโครสด้วยวิธีการหักเหแสงโพลาไรเซชัน (%Polarization) โดยเครื่องโพลาไรมิเตอร์ 0-100°Z (Polarimeter รุ่น POLARTRONIC NIR W2-SCHMIDT + HAENSCH) อ้างอิงวิธีการมาตรฐาน ICUMSA Method GS5/7-1(1994)

4. วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลซูโครส (%Sucrose) น้ำตาลกลูโคส (%Glucose) และน้ำตาลฟรุคโตส (%Fructose) ด้วยเครื่องมือ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ Sugar Pax[®] ที่อุณหภูมิ 80°C. สภาวะหล่อเย็นตัวอย่าง 4°C. Mobile phase ใช้ 0.05% Calcium disodium ethylenediamine tetra-acetic acid ที่อัตราการใช้ 0.5 มล./นาที และใช้ Refractive Index Detector อ้างอิงวิธีการมาตรฐาน ICUMSA Method GS7/8/4-24(1994)

5. วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม (Calcium, mg/kg) โดยเครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) รุ่น FAST Sequential Atomic AA280FS, VARIAN, Agilent, USA อ้างอิงวิธีการมาตรฐาน AOAC 968.08

6. วิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต (Available phosphate, mg/kg) โดยเทคนิค Blue Colorimetric Phosphomolybdate Method วัดการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer รุ่น Evaluation 100EV1-153883, Thermo Spectronic อ้างอิงวิธีการมาตรฐาน ICUMSA Method GS7-15 (1994)

7. วิเคราะห์ปริมาณแป้ง (Starch, mg/kg) นำตัวอย่างน้ำอ้อยมาตกตะกอนแป้งด้วยเอทานอล 95% กรองตะกอน นำไปต้มกับ 40% Calcium chloride กรองส่วนใสทำปฏิกิริยากับ Potassium iodide และ Potassium iodate ในสภาวะที่มีกรดอะซิติก วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 720 นาโนเมตร อ้างอิงวิธีการมาตรฐาน ICUMSA Method GS 1-17 (2013) และ Laboratory Manual for South African Sugar Factories Including the Official Methods (1985)

8. วิเคราะห์ปริมาณเดกซ์แทรน (Dextran, mg/kg) นำตัวอย่างน้ำอ้อยมากรองแล้วเติมเอนไซม์อะไมเลส บ่มที่ 90°C. และนำสารละลายส่วนใสตกตะกอนด้วย Absolute ethanol วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 720 นาโนเมตร อ้างอิงวิธีการมาตรฐาน ICUMSA Method GS 1/2/9-15 (2015); Clarke *et. al.*, 1987; Eggleston and Monge, 2005. Modified Alcohol Haze Method

9. วิเคราะห์ค่าสี (Color, ICUMSA unit) นำตัวอย่างน้ำอ้อยมากรอง ปรับลด %Brix โดยใช้ น้ำกลั่นเจือจาง และนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer เพื่อคำนวณค่าสี อ้างอิงวิธีการมาตรฐาน ICUMSA Method GS 1/3-7 (2011)

10. วิเคราะห์ค่าความขุ่น (Turbidity, abs) นำตัวอย่างน้ำอ้อยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 900 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer อ้างอิงวิธีการมาตรฐาน ICUMSA Method GS 7-21 (2007)

11. วิเคราะห์ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (Average particles size, μm) นำตัวอย่างน้ำอ้อยวัดขนาดอนุภาคในระดับไมโครเมตร (Micrometer) ด้วยเทคนิค Dynamic Light Scattering (DLS) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ Laser Diffraction Particle Size Analyzer รุ่น HORIBA-Partica LA-950V2 (Kyoto, Japan)

12. วิเคราะห์ค่าศักย์ไฟฟ้าเซต้า (Zeta potential, mV) นำตัวอย่างน้ำอ้อยแบบไม่เจือจางวัดค่าด้วยเครื่องวิเคราะห์ประจุไฟฟ้า รุ่น Malvern Model Zetasizer Nano ZS Instrument อ้างอิงวิธีการตาม Thai *et al.*(2012)

13. วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity, mS/sec) โดยเครื่อง (pH/mV/Conductivity meter รุ่น EUTECH INSTRUMENTS PC700, Singapore) อ้างอิงวิธีการมาตรฐาน ICUMSA Method GS 1/3/4/7/8-13 (1994)

14. วิเคราะห์การดูดกลืนพลังงานของหมู่ฟังก์ชันสารประกอบฟอสเฟต โดยเทคนิค Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) เตรียมตัวอย่างโดยระเหยน้ำออกเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารที่ 60°C. นาน 4 ชั่วโมง นำมาสแกนช่วงความยาวคลื่นสแกน 4000-400 cm^{-1} โดยทุก ๆ 4 cm^{-1} ทำการสแกน 64 สแกน ด้วยเครื่อง Bruker Tensor 27 FT-IR Spectrometer (Ettlingen, Germany) และใช้โปรแกรม Optical User software (OPUS) 7.5 ในการประมวลผล

จากการทดลองนี้ ข้อมูลจากผลวิเคราะห์ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ในรายการวิเคราะห์ข้อ 1 ถึงข้อ 13 จะนำไปหาความสัมพันธ์กับ pH โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวอย่างควบคุม และที่ปรับ pH แตกต่างกัน ด้วยโปรแกรม Statistix 8.0 คำนวณสถิติ ANOVA analysis โดยวิธีของ Tukey's mean test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการทดลองเตรียมตัวอย่างน้ำอ้อยโดยแบ่งตัวอย่างน้ำอ้อยเริ่มต้น (ตัวอย่างควบคุม) มีค่า pH 5.3 ทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ๆ ละ 1 ลิตร นำไปอุ่นให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 65°C. นาน 15 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิน้ำอ้อยเป็น 75°C. และเติมโลม์แซคคาเรทเพื่อปรับ pH เป็น 6.5, 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 ใช้ปริมาณโลม์แซคคาเรทที่ 4, 6, 8, 10 และ 12 มล. ตามลำดับให้ความร้อนต่อจนกระทั่งน้ำอ้อยเดือด นำตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์ผลของ pH จากการเติมโลม์แซคคาเรทต่อปริมาณสารละลายน้ำตาลที่มีในน้ำอ้อย และผลของ pH ต่อปริมาณสารละลายน้ำตาลในน้ำอ้อย ดังแสดงใน Table 1 ผลของ pH ต่อปริมาณสารที่ไม่ใช่น้ำตาลและลักษณะของสารแขวนลอยในน้ำอ้อย ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตในน้ำอ้อยด้วยเทคนิค FTIR

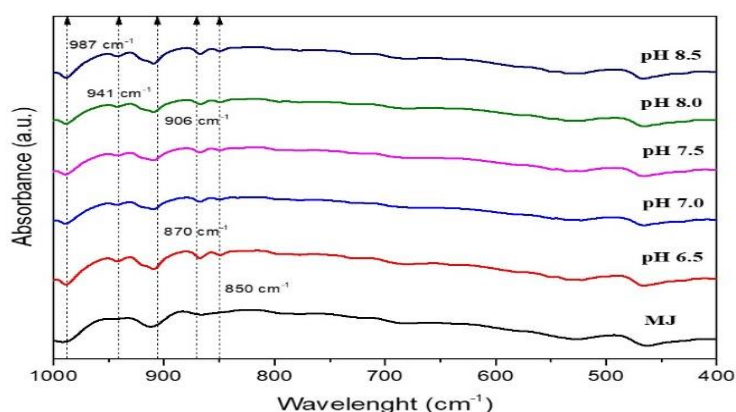


Figure 2 FTIR spectrum of calcium phosphate composite in sugar cane juice

ผลของการเติมโลม์แซคคาเรท ที่มีต่อ pH และปริมาณ สารละลายน้ำตาลในน้ำอ้อย

จากการทดลองเติมโลม์แซคคาเรท pH 11.5-12.5 ความเข้มข้น 38%Brix ผสมกับน้ำอ้อยที่อุณหภูมิ 75°C. นำไปต้มให้เดือด แล้วนำไปตรวจวัดปริมาณน้ำตาล ได้ผลดังแสดงใน Table 1 พบว่าเมื่อค่า pH ของน้ำอ้อย เพิ่มขึ้น ค่า pH หลังต้มจะเพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องมาจาก สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นส่วนประกอบของ โลม์แซคคาเรทแตกตัวได้เป็นแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และ อนุมูลไฮดรอกซิล (OH^-) ส่งผลให้ pH ในสารละลายมีความ เป็นต่างมากขึ้น เมื่อพิจารณาสารละลายทั้งหมดในน้ำอ้อย พบว่าความเข้มข้น %Brix ของตัวอย่างมีค่าน้อยกว่า ตัวอย่างควบคุม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยตัวอย่างน้ำอ้อยที่มีการเติมโลม์ แซคคาเรทที่ pH 7.0-8.0 มีค่า %Brix ไม่แตกต่างกัน เป็นผลมาจากเติมโลม์แซคคาเรทเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้น และสารละลายที่ได้หลังการเติมโลม์แซคคาเรท เกิดเป็นซูโครสในน้ำอ้อย จากการวิเคราะห์ค่า %Pol ที่ pH 7.0, 8.0 และ 8.5 พบว่ามีค่าน้อยกว่าน้ำอ้อยควบคุม และค่าไม่แตกต่างกันที่ pH 6.5 และ 7.5 นอกจากนั้น

การให้ความร้อนในการทดลองนี้ไม่เพิ่มการสูญเสียน้ำตาล ซูโครสมากนัก (Eggleston *et al.*, 2012) เมื่อคำนวณ ความบริสุทธิ์ของน้ำอ้อยจากค่า %Pol พบว่าที่ pH 7.5 มี ค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุม และใกล้เคียงกันกับ pH 7.0, 8.0 และ 8.5 ในขณะที่ pH 6.5 และ 7.0 ใกล้เคียงกับ ตัวอย่างควบคุม ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อ pH ตั้งแต่ 7.5 จะมีค่า ความบริสุทธิ์สูงกว่าน้ำอ้อยควบคุม เป็นผลมาจากการ ตกตะกอนของแคลเซียมฟอสเฟตที่เจือปนในน้ำอ้อย ทำให้ความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันผลของการ วิเคราะห์คุณภาพด้วย HPLC ในสารละลาย pH 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และน้ำตาล รีดิวิง มีผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกัน และพบว่า ที่ pH 8.0 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวิงน้อย ผลจากการที่ น้ำตาลซูโครสเสื่อมสลายน้อย ที่ pH ในระดับกลางถึง ด่างอ่อน (Eggleston *et al.*, 2012) ซึ่งจากการทดลองนี้ ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ pH 6.5 มาจากตัวอย่างเริ่มต้นอาจปนเปื้อนด้วย สิ่งเจือปน ที่มีผลทำให้ %Pol มีค่าสูงกว่าผลของการวัด ปริมาณซูโครสด้วย HPLC

ผลของ pH ต่อปริมาณสารละลายที่ไม่ใช่น้ำตาลและลักษณะตะกอนที่แขวนลอยในน้ำอ้อย

จากการทดลองจะเห็นว่าปริมาณไลม์แซคคาเรทมีผลต่อ pH และปริมาณสารละลายน้ำตาลที่มีในน้ำอ้อยแล้วนั้น ในส่วนของผลต่อปริมาณสารละลายที่ไม่ใช่น้ำตาลและลักษณะตะกอนที่แขวนลอยในน้ำอ้อย ดังแสดงใน Table 1 พบว่าเมื่อเติมสารละลายไลม์แซคคาเรทเพิ่มขึ้นนอกจาก pH เพิ่มขึ้นแล้ว ปริมาณของแคลเซียม มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นจากตัวอย่างควบคุมตั้งแต่ pH 6.5 เป็นต้นไป โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าปริมาณแคลเซียมไม่แตกต่างกันเมื่อค่า pH เป็น 7.0, 7.5 และ 8.0 มาจากการเติมสารละลายไลม์แซคคาเรทซึ่งเพิ่มแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ลงไปในน้ำอ้อยนั้น ในทางตรงกันข้ามพบว่าปริมาณฟอสเฟตในน้ำอ้อยลดลงจากตัวอย่างควบคุมตั้งแต่ pH 6.5 เป็นต้นไป โดยปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงสอดคล้องกันกับเปอร์เซ็นต์การกำจัดปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำอ้อยที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งพบที่ pH 7.5 เป็นต้นไปสามารถกำจัดฟอสเฟตได้มากกว่า 90% (Zaeib, 2004) สอดคล้องกับค่าความขุ่นที่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ในส่วนค่าความขุ่นที่ลดลงนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อค่า pH เป็น 7.0, 7.5 และ 8.0 เช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์การกำจัดความขุ่น โดยที่ pH 8.5 กำจัดความขุ่นสูงสุดที่ 59.3% ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมกับฟอสเฟตในน้ำอ้อยในสภาวะที่เป็นต่าง

เมื่อพิจารณาปริมาณสารละลายที่ไม่ใช่น้ำตาลที่มีในน้ำอ้อยได้แก่ ปริมาณแป้ง พบว่าเมื่อค่า pH สูงขึ้น ปริมาณแป้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างควบคุม โดยที่ pH 6.5 และ 7.0 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่า pH ตั้งแต่ 7.5 มีความแตกต่างกันเนื่องมาจากการละลายของแป้งเพิ่มมากขึ้นเมื่อ pH สูงขึ้น ร่วมกับการให้ความร้อน (Seliem *et al.*, 2016; Doherty and Rockmann, 2008; Eggleston *et al.*, 2002) ในทางเดียวกันปริมาณเด็กซ์เตรนที่พบใกล้เคียงกันกับตัวอย่างควบคุม เนื่องการให้ความร้อน 103°C. เพื่อต้มน้ำอ้อยให้เดือดช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มที่สร้างเด็กซ์เตรน ทำให้ให้น้ำอ้อยไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C. ในระหว่างรอการทดสอบ โดยปกติการให้ความร้อนกับน้ำอ้อยมักเกิดสีจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด จากน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน ในการทดลองนี้พบว่าสีของน้ำอ้อยมีแนวโน้มใกล้เคียงกันกับตัวอย่างควบคุม โดยเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างกันทางสถิติพบว่า ที่ pH 8.0 มีค่าสีสูงกว่า และที่ pH 7.0 มีค่าสีน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดน้อย สอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งจากผลข้างต้นที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อย เนื่องด้วยการทดลองมีการควบคุมอุณหภูมิปานกลางช่วงผสมไลม์แซคคาเรท และเวลารวมในการต้มน้ำอ้อยจนเดือดไม่เกิน 5 นาที

Table 1 Effect of pH on total soluble solid, soluble sugar, soluble non-sugar, color, particle size, electric potencial of colloid in sugarcane juice

Analysis results	pH 5.3 (control)	pH 6.5	pH 7.0	pH 7.5	pH 8.0	pH 8.5
Soluble sugar						
pH	5.20±0.01 ^F	6.43±0.00 ^E	6.84±0.00 ^D	7.23±0.01 ^C	7.73±0.01 ^B	8.20±0.01 ^A
%Brix	17.36±0.07 ^A	16.86±0.37 ^B	16.63±0.02 ^{BC}	16.66±0.08 ^{BC}	16.69±0.02 ^{BC}	16.51±0.02 ^C
%Polarization	14.49±0.06 ^A	14.17±0.28 ^{AB}	14.02±0.03 ^B	14.31±0.34 ^{AB}	14.09±0.01 ^B	14.07±0.17 ^B
%Purity by polarization ¹	83.45±0.66 ^C	84.05±0.18 ^{BC}	84.32±0.11 ^{ABC}	85.85±1.62 ^A	84.42±0.04 ^{ABC}	85.22±0.92 ^{AB}
%Sucrose	14.26±0.45 ^A	11.12±2.33 ^B	14.32±0.04 ^A	14.15±0.43 ^A	13.18±0.07 ^A	14.28±0.10 ^A
%Glucose	0.81±0.02 ^A	0.59±0.10 ^C	0.79±0.03 ^A	0.78±0.02 ^{AB}	0.67±0.09 ^{BC}	0.78±0.02 ^A
%Fructose	0.76±0.01 ^A	0.49±0.15 ^C	0.75±0.02 ^{AB}	0.69±0.02 ^{AB}	0.62±0.07 ^{BC}	0.75±0.04 ^{AB}
%Purity by sucrose ²	82.13±2.15 ^{AB}	65.85±8.31 ^C	86.13±0.10 ^A	84.91±1.42 ^{AB}	78.97±0.20 ^B	86.48±0.35 ^A
%Reducing sugar ³	1.57±0.02 ^A	1.08±0.24 ^C	1.54±0.04 ^A	1.47±0.03 ^{AB}	1.29±0.15 ^{BC}	1.53±0.01 ^A
Soluble non-sugar						
Calcium (mg/kg)	333 ^D	480 ^C	540 ^B	541 ^B	565 ^B	637 ^A
Available phosphate (mg/kg)	321 ^A	168 ^B	82 ^C	29 ^D	15 ^E	8 ^F
Turbidity (absorbance)	0.027 ^A	0.017 ^B	0.014 ^C	0.013 ^C	0.014 ^C	0.011 ^D
Starch (mg/kg)	482 ^D	480 ^D	565 ^{CD}	806 ^{AB}	734 ^{BC}	975 ^A
Dextran (mg/kg)	2,596 ^A	2,661 ^A	1,478 ^C	2,461 ^{AB}	1,721 ^{BC}	2,640 ^A
Color (ICUMSA unit)	15,309 ^{BC}	15,384 ^{BC}	14,921 ^C	16,168 ^{AB}	16,825 ^A	15,339 ^{BC}
Average particle sizes (µm)	119 ^A	107 ^B	104 ^B	117 ^A	114 ^A	115 ^A
Zeta potential (mV)	-4.20 ^A	-4.86 ^A	-5.04 ^{AB}	-4.97 ^A	-4.33 ^A	-6.25 ^B
Conductivity (mS/sec)	4.17 ^C	4.57 ^{AB}	4.42 ^{BC}	4.44 ^{BC}	4.52 ^B	4.87 ^A
%Phosphateremoval ⁴	-	49.5 ^E	74.6 ^D	90.9 ^C	95.2 ^B	97.4 ^A
%Turbidity removal ⁵	-	37.0 ^C	48.2 ^B	51.9 ^B	48.2 ^B	59.3 ^A

A-F means with different superscripts of soluble sugar or soluble non-sugar are represent significant difference (p<0.05).

¹ %Purity by polarization = (%Polarization/%Brix) *100

² %Purity by sucrose = (%Sucrose/%Brix) *100

³ %Reducing sugar = %Glucose + %Fructose

⁴ % Phosphate removal = (Phosphate initial – Phosphate after)/Phosphate initial *100

⁵ % Turbidity removal = (Turbidity initial – Turbidity after)/Turbidity initial *100

นอกจากผลของ pH ต่อคุณภาพทางด้านเคมี น้ำตาลของน้ำอ้อยที่กล่าวในข้างต้นแล้ว เมื่อนำน้ำอ้อยไปทดสอบทางด้านกายภาพและทางไฟฟ้าเคมีของอนุภาค ได้แก่ ขนาดอนุภาคตะกอนที่แขวนลอยในน้ำอ้อย ค่าศักย์ไฟฟ้าเซต้าที่ผิวอนุภาค และค่าการนำไฟฟ้า (Table 1) พบว่าแนวโน้มของขนาดอนุภาคเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเติมโพลิเมอร์แซคคาเรทเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าที่ pH 6.5 และ 7.0 มีขนาดเล็กกว่าตัวอย่างควบคุม และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ pH 7.5 เป็นต้นไป มีขนาดเล็กกว่าแต่ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมและขนาดอนุภาคไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าผลการศึกษาของ Thai and Doherty (2012) ที่ศึกษาพบว่าขนาดอนุภาคของน้ำอ้อยที่ไม่ผ่านการอุ่นร้อนหรือเติมแคลเซียม มีขนาดเฉลี่ย 40 ไมโครเมตร มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Eggleston *et al.* (2012) ที่พบว่าเมื่อให้ความร้อนน้ำอ้อยผสมปูนขาวที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการรวมกลุ่มของสารแขวนลอยในน้ำอ้อยกับในระหว่างเกิดสารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟต ทำให้ขนาดอนุภาครวมกลุ่มกันและมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยเมื่อพิจารณาค่าศักย์ไฟฟ้าเซต้า (Zeta potential) พบที่ pH 6.5-8.0 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอย่างควบคุม โดยที่ pH 7.0 และ 8.5 มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าแตกต่างกันกับตัวอย่างควบคุม โดยพบว่าค่าศักย์ไฟฟ้าเซต้าหลังเติมโพลิเมอร์แซคคาเรทมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ในขณะเดียวกัน ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ที่ pH 7.0 และ 7.5 ไม่แตกต่างกันกับตัวอย่างควบคุม ขณะที่ pH 6.5-8.0 แตกต่างกับตัวอย่างควบคุมโดยมีค่าสูงกว่า และ pH 6.5 และ 8.5 ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม โดยพบว่าค่าการนำไฟฟ้าหลังเติมโพลิเมอร์แซคคาเรทมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุม

ผลของ pH ต่อหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตในน้ำอ้อย

จากการศึกษานี้พบว่าน้ำอ้อยที่มีปริมาณฟอสเฟตตามธรรมชาติปริมาณ 321 มก./กก. เมื่อถูกปรับ pH จากเริ่มต้นที่ pH 5.3 เป็น 6.5, 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 เปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำอ้อยควบคุม (pH 5.3) ผลจาก FTIR profile (Figure 2) พบเกิดการดูดกลืนแสงของสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต และสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต ตั้งแต่ pH 6.5 เป็นต้นไป โดยจะพบการเกิดสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตจากพิกของคาร์บอเนตไอออนที่เลขคลื่น 850 cm^{-1} และ 870 cm^{-1} นอกจากนั้นยังพบสารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่เลขคลื่น 906 cm^{-1} สารประกอบไดรแคลเซียมฟอสเฟตที่เลขคลื่น 941 cm^{-1} สารประกอบไดแคลเซียมฟอสเฟตไดไฮเดรต และสารประกอบไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่เลขคลื่น 987 cm^{-1} (Berzina and Borodajenko, 2012; Meejo *et al.*, 2006; Paschlis *et al.*, 1996) โดยค่าการดูดกลืนแสงที่พบดังกล่าวมาจากการทดลองวิจัยครั้งนี้ แต่ไม่พบการดูดกลืนแสงดังกล่าวในตัวอย่างน้ำอ้อยควบคุม ทั้งนี้ที่ pH ในน้ำอ้อยแตกต่างกัน เป็นผลให้สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสเฟต (Ca/P ratio) และชนิดไอออนคาร์บอเนตและฟอสเฟตแตกต่างกัน ทำให้เกิดสารประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมฟอสเฟตต่างชนิดกัน (Seliem *et al.*, 2016; Doherty and Rackermann, 2008)

สรุปผลการวิจัย

การเติมโพลิเมอร์แซคคาเรทที่มีแคลเซียมไฮดรอกไซด์ลงในน้ำอ้อยนอกจากช่วยปรับค่า pH ให้สูงขึ้น ยังช่วยให้เกิดการรวมตัวของสิ่งเจือปนที่ไม่ใช่น้ำตาลที่ละลายอยู่

ในน้ำอ้อย โดยเฉพาะทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตเกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ ซึ่งประจุรวมที่เป็นบวกจะช่วยดึงเอาสิ่งเจือปนที่เป็นประจุลบมารวมตัวกัน ทำให้ตะกอนมีขนาดใหญ่ขึ้น และตะกอนน้ำอ้อยขนาดเล็กลดจำนวนลง และเมื่อ pH มากขึ้นสามารถกำจัดฟอสเฟตได้เพิ่มขึ้น โดยการทดลองนี้พบว่าตั้งแต่ pH 7.5 สามารถกำจัดได้ตามเกณฑ์ คือ 90% ส่งผลให้ความขุ่นลดลง โดยพบว่าที่ pH 7.5-8.5 ลดความขุ่นได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น pH 7.5 เป็นค่าที่เหมาะสมในการปรับปริมาณการเติมไลม์แชคคาเรทในน้ำอ้อยที่มีปริมาณฟอสเฟต 321 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพราะกำจัดฟอสเฟตได้สูงและน้ำอ้อยมีความขุ่นลดลง หากไม่กำจัดฟอสเฟตออกไปให้ได้มากที่สุดในช่วงขั้นตอนการผสมน้ำอ้อยกับไลม์แชคคาเรท ปริมาณที่หลงเหลือที่ติดไปกับน้ำอ้อยจะส่งผลต่อคุณภาพความบริสุทธิ์ของน้ำอ้อย และเกิดสะสมตะกอนที่พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนของหม้อต้มชุดที่ 1 และ 2 ได้

ข้อเสนอแนะ

ลักษณะทางเคมีของน้ำอ้อยที่มีสิ่งเจือปนที่ไม่ใช่น้ำตาล มักจะมีความหลากหลายและพบได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องมาจากแหล่งที่มาของวัตถุดิบหลักอ้อย ซึ่งเป็นที่น่าสนใจศึกษาต่อไปว่า หากปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในน้ำอ้อยตามธรรมชาติ และสิ่งที่เจือปนในน้ำอ้อยแตกต่างกัน จะส่งผลต่อการรวมตัวตกตะกอนในน้ำอ้อยอย่างไรในระหว่างเกิดการเชื่อมโยงโครงข่ายแคลเซียมฟอสเฟต (Calcium phosphate bridging) และสารอื่น ๆ ในกระบวนการเตรียมน้ำอ้อยผสมปูนขาวก่อนที่จะเติมสารเร่งการตกตะกอน เพื่อให้สามารถปรับปรุงและพัฒนาการเกิดตะกอน ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพกระบวนการทำใสน้ำอ้อยได้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมและการวิจัยมิตรผล สายงานประกันคุณภาพและวิศวกรรมกลุ่มงานโรงงาน กลุ่มน้ำตาลมิตรผล และรองศาสตราจารย์ ดร. อนุรักษ์ นิตยพัทธ์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มา ณ โอกาสนี้ และผลงานการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโท) โดยได้รับทุนสนับสนุนการศึกษาภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) (รหัสทุน MSD60I0060) ดูแลโดยสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

- Berzina, C.L. and N. Borodajenko. 2012. **Infrared Spectroscopy – Materials Science, Engineering and Technology.** London: IntechOpen. 526 p.
- Chen, J.C.P. and C.C. Chou. 1993. **Cane Sugar Handbook: A Manual for Cane Sugar Manufacturers and Their Chemists.** New York: John Wiley & Sons, Inc. 834 p.
- Clarke, D.W., C. Mohtadi and P.S. Tuffs. 1987. Generalized predictive control-Part I: The basic algorithm. **Automatica** 23(2): 137-148.
- Crees, O.L., E. Whayman and A.L. Willersdorf. 1977. Further studies on flocculation. **Proc Queensland Soc Sugar Cane Tech** 44: 225-232.

- Doherty, W.O.S. and L.A. Edye. 1999. An Overview on the Chemistry of Clarification of Cane Sugar Juice. pp. 381-388. *In Proceedings -Australian Society of Sugar Cane Technologists*. Queensland: Watson Ferguson and Company.
- Doherty, W.O.S., J. Greenwood, D. Pilaski and P.G. Wright. 2002. The Effect of Liming Conditions in Juice Clarification. pp. 443-451. *In Proceedings-Australian Society of Sugar Cane Technologists*. Queensland: PK Editorial Services Pty Ltd.
- Doherty, W.O.S. and D.W. Rackemann. 2008. Stability of sugarcane juice a preliminary assessment of the colorimetric method used for phosphate analysis. *Sugar Industry* 133(1): 24-30.
- _____. 2009. Some aspects of calcium phosphate chemistry in sugarcane clarification. *International Sugar Journal* 111(1327): 448-455.
- Doherty, W.O.S. 2011. Improved sugar cane juice clarification by understanding calcium oxide-phosphate-sucrose systems. *J. Agric. Food Chem.* 59: 1829-1836.
- Eggleston, G. and J.R. Vercellotti. 2000. Degradation of sucrose, glucose and fructose in concentrated aqueous solutions under constant pH conditions at elevated temperature. *Journal of Carbohydrate Chemistry* 19(9): 1305-1318.
- Eggleston, G., A. Monge and A. Pepperman. 2002. Preheating and incubation of cane juice prior to liming: a comparison of intermediate and cold lime clarification. *J. Agric. Food Chem.* 50: 484-490.
- Eggleston, G., A. Monge. 2005. Optimization of sugarcane factory application of commercial dextranases. *Process Biochemistry* 40(5): 1881-1894.
- Eggleston, G., D. Legendre, K. Pontif and J. Goober. 2012. Improved control of sucrose losses and clarified juice turbidity with lime saccharide in hot lime clarification of sugarcane juice and other comparisons with milk of lime. *Journal of Food Processing and Preservation* 38: 311-325.
- Greenwood J., T. Rainey and W.O.S. Doherty. 2007. Light scattering study on the size and structure of calcium phosphate/hydroxyapatite flocs formed in sugar solutions. *Journal of Colloid and Interface Science* 306(1): 66-71.
- Honig, P. 1963. *Principles of Sugar Technology*. Amsterdam-London -New York: Elsevier Publishing Company. 767 p.
- Istifanus, A.B. 2015. *Prediction of Sugar Yield from Sugar Cane Using Process Modeling*. Enugu: Department of Agricultural and Bioresource engineering, Faculty of Engineering, University of Nigeria. 17 p.

- Johnsson, M.S.A and G.H. Nancollas. 1992.
The role of brushite and octacalcium phosphate in apatite formation. **Critical Reviews in Oral Biology and Medicine** 3(1/2): 61-82.
- Karampas, I.A. and C.G. Kontoyannis. 2013.
Characterization of calcium phosphates mixtures. **Vibrational Spectroscopy** 64: 126-133.
- Khotaveevattana, S. 2003. **Sugar Technology**. Bangkok: Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University. 520 p. [in Thai]
- Meejoo, S., W. Maneeprakorn and P. Winotai. 2006. Phase and thermal stability of nanocrystalline hydroxyapatite prepared via microwave heating. **Thermochimica Acta** 447: 115-120.
- Paschalis, E.P., E. DiCarlo, F. Betts, P. Sherman, R. Mendelsohn and A.L. Boskey. 1996. FTIR microspectroscopic analysis of human osteonal bone. **Calcif Tissue Int.** 59: 480-487.
- Phakam, B., L. Moghaddam, M. Wellard and W.O.S. Doherty. 2018. The effect of cleaning agents on the structural features of heat exchanger deposits from sugar factories. **Journal of Food Engineering** 226: 65-72.
- Poel, P.W.V.D., H. Schiweck. and T. Schwartz. 1998. **Sugar Technology Beet and Cane Sugar Manufacture**. Berlin: Verlag Dr Albert Bartens KG. 1118 p.
- Rein, P. 2007. **Cane Sugar Engineering**. Berlin: Bartens. 768 p.
- Seliem, M.K., K. Sridhar and K.R. Mostafa. 2016. Phosphate removal from solution by composite of MCM-41 silica with rice husk: kinetic and equilibrium studies. **Journal Microporous and Mesoporous Materials** 224: 51-57.
- Simpson, R. 1996. The chemistry of clarification. **Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass.** 70: 267-271.
- Steindl, R.J. 2001. Minimizing sugar losses with in-line saccharate mixing. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol** 24: 360-362.
- Thai, C.C.D., H. Bakir and W. Doherty. 2012. Insights to the clarification of sugar cane juice expressed from sugar cane stalk and trash. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 60(11): 2916-2923.
- Thai, C.C.D., L. Moghaddam and W. Doherty. 2012. Characterization of sugarcane juice particles that influence the clarification process. pp. 324-332. *In Proceedings of the 34th Annual Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists. Curran Associates, Inc.* Mackay: Australian Society of Sugar Cane Technologists (ASSCT).
- _____. 2015. Calcium phosphate flocs and the clarification of sugar cane juice from whole of crop harvesting. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 63(5): 1573-1581.

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 40(2): 103-116

Zaeib, M.G. 2004. **The Use of Locally
Produced Lime for Clarification of
Juice in the Cane Sugar Industry.**
Master Thesis. University of Al Baath.
136 p.

การยกระดับการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมจากยางก้อนถ้วย GAP Enhancing the Production of Premium Thin Brown Crepe Rubber from GAP Cup Lumps

ปรีดีเปรม ทศนกุล^{1,2} และบัญชา สมบูรณ์สุข^{3*}

Preprame Tassanakul^{1,2} and Buncha Somboonsuke^{3*}

¹สาขาการจัดการทรัพยากรเกษตรเขตร้อน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90110

²ฝ่ายอุตสาหกรรมยาง การยางแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ 10900

³สาขานวัตกรรมเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90110

¹Tropical Agricultural Resource Management Program, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University
Hat Yai Campus, Songkla, Thailand 90110

²Rubber Industry Division, Rubber Authority of Thailand, Bangkok, Thailand 10900

³Department of Innovation Agricultural and Management, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University
Hat Yai Campus, Songkla, Thailand 90110

*Corresponding author: buncha.s@psu.ac.th

Received: December 24, 2020

Revised: May 23, 2022

Accepted: May 31, 2022

Abstract

The major objective for studying the production of premium grade thin brown crepe (TBC-P) from GAP standard cup lumps was to encourage farmer groups to produce high-quality crepe rubber. This study selected a specific sample group to investigate the working results of GAP-cup lumps producing farmer groups. By analyzing economic value, establishing a scientific standard of TBC-P for reducing controversy from visual assessment, and connecting the market linkage, the study found that farmer groups producing GAP cup lumps were able to increase the average annual yield by 20.28%. For analyzing the economic situation, the study found that the investment of TBC-P had values of NPV greater than zero, and those of BCR and IRR were more than 1 and 7%, respectively. These indicated the worth of investment. The standardization had set the values of maximum contaminants or dirt at 0.05%, the minimum initial plasticity at 35 unit, and the minimum plasticity retention Index at 65 unit allowing tire manufacturers to accept and trust in the quality of raw materials. These creates added value and enhances the production of TBC-P toward sustainability for the rubber farmer groups in the future.

Keywords: cup lump, GAP, premium grade, sustainability, thin brown crepe

บทคัดย่อ

จุดประสงค์หลักของการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมจากยางก้อนถ้วยมาตรฐาน GAP เป็นการยกระดับกลุ่มเกษตรกรให้ผลิตยางเครปที่มีคุณภาพสูง การศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เพื่อศึกษาผลการดำเนินงานของกลุ่มเกษตรกรผลิตยางก้อนถ้วย GAP วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กำหนดมาตรฐานเชิงวิทยาศาสตร์ยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียม เพื่อเป็นการลดข้อโต้แย้งจากการประเมินด้วยสายตาและเชื่อมโยงด้านการตลาด ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มเกษตรกรผลิตยางก้อนถ้วย GAP สามารถเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยต่อปีได้ร้อยละ 20.28 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า การลงทุนผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียม มีค่า NPV มากกว่าศูนย์ BCR และ IRR มากกว่า 1 และ 7% ตามลำดับ แสดงถึงความคุ้มค่าต่อการลงทุน ด้านการกำหนดมาตรฐานได้กำหนดค่าความสกปรกสูงสุด 0.05% ความอ่อนตัวเริ่มแรกต่ำสุด 35 หน่วย และดัชนีความอ่อนตัวต่ำสุด 65 หน่วย ทำให้ผู้ประกอบการผลิตผลิตภัณฑ์ยางล้อต่างยอมรับและไว้วางใจคุณภาพของวัตถุดิบ เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มและยกระดับการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลสู่ความยั่งยืนให้กับกลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางสืบไป

คำสำคัญ: ยางก้อนถ้วย การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี เกรดพรีเมียม ความยั่งยืน ยางเครปบางสีน้ำตาล

คำนำ

ยางเครปเป็นวัตถุดิบยางชั้นกลางผลิตมานานกว่า 100 ปี ปัจจุบันใช้มาตรฐานและเกณฑ์การคัดชั้นด้วยสายตา (The Rubber Manufacturers Association, 1979) ทำให้เป็นข้อจำกัดที่ต้องใช้ความชำนาญและ

ตรวจสอบคุณภาพไม่มีความแน่นอนแม่นยำเท่ากับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ยางเครปมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ เช่น ยางเครปขาวผลิตจากน้ำยางสด ยางสกิมเครปผลิตจากหางน้ำยาง ยางเครปน้ำตาลผลิตจากยางก้อนถ้วยหรือยางก้อน ซึ่งยางชนิดนี้กลุ่มเกษตรกรทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมผลิตเป็นยางเครปที่มีความหนา 1.5-2.0 ซม. เพื่อส่งต่อโรงงานยางแท่ง ทำให้ถูกกดราคาจากผู้ซื้อและมักมีข้อต่อรองในเรื่องความสม่ำเสมอเนื่องจากปัญหาด้านยางก้อนถ้วยที่ผลิตมากกว่า 6 มิตริต ที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ของยาง

ยางก้อนถ้วย (Cup lump) เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตยางแท่งและยางเครป มีปริมาณการผลิต 1.49 ล้านตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 32 ของปริมาณการผลิตวัตถุดิบยางทั้งประเทศ (Rubber Authority of Thailand, 2021) ส่วนใหญ่ผลิตทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือคิดเป็นร้อยละ 80 เมื่อเทียบกับทุกภาคของประเทศ ยางก้อนถ้วยได้จากการจับตัวของน้ำยางในถ้วยรองรับน้ำยางรูปรางจึงจะไปตามภาชนะบรรจุมีทั้งขนาดเล็กและใหญ่ ปริมาตรและน้ำหนักไม่แน่นอนตั้งแต่ 40 จนถึง 800 กรัม (Tassanakul, 2015) ในปี พ.ศ. 2558-2564 การยางแห่งประเทศไทย (กยท.) ได้รับหนังสือร้องเรียนจากสมาคมยางพาราไทย จากการที่ผู้ไม่หวังดีใช้สารปลอมปนและใส่สิ่งปนเปื้อนเติมในน้ำยาง พบยางตายจากการผลิตหมอนยางพารา และยังพบสารจับตัวยางที่ไม่เหมาะสม เช่น กรดซัลฟิวริก และเกลือคลอไรด์ ในการจับตัวยางก้อนถ้วยอีกด้วย (Thai Rubber Association, 2021) ปัญหาดังกล่าว Tassanakul (2013) จึงได้จัดทำคู่มือการผลิตยางก้อนถ้วยคุณภาพดี และผลักดันเป็นมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice, GAP) สำหรับยางพาราเพื่อผลิตยางก้อนถ้วย (TAS 5910-2020) เป็นมาตรฐานด้านยางพาราไม่บังคับ ประกาศเพื่อส่งเสริมสินค้าเกษตรให้ได้มาตรฐาน การผลิตยางก้อนถ้วย GAP มีหลักเกณฑ์ครอบคลุม 8 ข้อ คือ 1) สภาพพื้นที่ปลูก 2) ปัจจัยการผลิต 3) วัตถุดิบทรายทางการเกษตร 4) การจัดการก่อน

การเก็บเกี่ยว 5) การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บเกี่ยว 6) บุคลากร 7) การขนส่ง 8) การจัดทำบันทึก ซึ่งหลักการอย่างก่อนด้วย GAP จะให้ความสำคัญการใช้กรดฟอรั่มเป็นสารจับตัวและผลิตไม่เกิน 6 มีดกรีต ซึ่งคุณภาพของยางก่อนด้วยที่ผลิตได้ส่งผลต่อคุณภาพยางเครปที่ผลิตด้วย ปัจจุบันโรงงานผลิตภัณฑ์ต้องการยางเครปคุณภาพสูงในการนำไปผลิตล้อยานพาหนะสายพานลำเลียง และผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรม เนื่องจากมีสมบัติที่ดีกว่ายางแท่ง (Tassanakul, 2020)

ในปี พ.ศ. 2556 สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ได้กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง การปฏิบัติที่ดีสำหรับการผลิตยางเครป (TAS 5907-2018) ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวไม่ได้ระบุรายละเอียดสมบัติยางก่อนด้วยและสมบัติเชิงวิทยาศาสตร์ของยางเครปไว้ การส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเนื่องจากเป็นยางที่ผลิตจากยางก่อนด้วยคุณภาพดี โดยได้กำหนดความหนาของยางเครปไม่เกิน 2 มม. เพื่อให้ยางสะอาดและแห้งเร็ว สามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้โดยตรงเช่นเดียวกับยางแผ่นรมควันหรือยางแท่ง โดยมีสมบัติเทียบเท่ากับยางแท่งเกรดสูง ใช้เครื่องจักรน้อย มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่ายางแท่ง การลงทุนไม่มาก (Tassanakul, 2021a)

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลการดำเนินการผลิตยางก่อนด้วย GAP ของกลุ่มเกษตรกรทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2) วิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาล 3) จัดทำมาตรฐานเชิงวิทยาศาสตร์ยางเครปบางสีน้ำตาลของ กยท. และ 4) เชื่อมโยงตลาดภายในประเทศและตลาดต่างประเทศ เพื่อเป็นอีกช่องทางหนึ่งของเกษตรกรกลุ่มเกษตรกร สถาบันเกษตรกร รวมทั้งผู้ประกอบการในการยกระดับการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมจากยางก่อนด้วย GAP ให้เป็นที่ยอมรับของผู้ประกอบการทั้งในและต่างประเทศ

วิธีดำเนินการวิจัย

การผลิตยางก่อนด้วยก่อนทำ GAP ตามหลัก GAP และการประเมินผลการดำเนินงาน

วิธีผลิตยางก่อนด้วยก่อนทำ GAP คือ 1) ระบบกรีต 1/2 หรือ 1/3 ของลำต้น กรีตสองวันเว้นหนึ่งวัน หรือกรีตสามวันเว้นหนึ่งวัน ส่วนใหญ่ไม่คำนึงการจัดระบบกรีต ไม่มีการชะรอยแบ่งเส้นหน้า-หลังของหน้ากรีต ทำให้หน้ากรีตเสียหาย มุมกรีตน้อยกว่าหรือมากกว่า 30-35 องศา กรีตบาด กรีตลึกเกินไปจนถึงเนื้อเยื่อเจริญ 2) รางรองรับน้ำยางอยู่ชิดติดกับรอยกรีตทำให้มุมกรีตไม่ได้ออกราง และถัวยรองรับน้ำยางอยู่ชิดติดกับรางรองรับน้ำยาง 3) ใช้กรดฟอรั่มหรือกรดซัลฟิวริกในการจับตัว อัตราความเข้มข้นมากกว่า 5% 4) จำนวนมีดกรีตแตกต่างกัน เช่น 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 มีดกรีต ทำให้คุณภาพยางไม่สม่ำเสมอ 5) ใส่ปุ๋ยไม่ถูกต้องตามสูตร เช่น สูตร 15-15-15 หรือ 16-16-8 หรือ 46-0-0 และใส่เพียงปีละ 1 ครั้ง 6) เก็บยางก่อนด้วยใส่ถุงปุ๋ย ถุงพลาสติก หรือกระสอบ ทำให้ยางก่อนด้วยเกิดการปนเปื้อน และในระหว่างการขนส่งน้ำซึ่มไหลออกจากยางก่อนด้วยหกตามพื้นถนน

วิธีผลิตยางก่อนด้วยตาม GAP คือ 1) ระบบกรีต 1/2 หรือ 1/3 ของลำต้น กรีตวันเว้นสองวัน กรีตวันเว้นวัน หรือกรีตสองวันเว้นหนึ่งวัน มีการชะรอยแบ่งเส้นหน้า-หลังของหน้ากรีต มุมกรีต 30-35 องศา จากซ้ายบนลงขวาล่าง และกรีตลึกแต่ไม่ให้บาดจนถึงเนื้อเยื่อเจริญ 2) รางรองรับน้ำยางอยู่ห่างจากรอยกรีต 10 ซม. และถัวยรองรับน้ำยางอยู่ห่างจากรางรองรับน้ำยาง 30 ซม. 3) ใช้กรดฟอรั่มในการจับตัวในอัตราความเข้มข้น 3-5% 4) กรีตไม่เกิน 6 มีดกรีต 5) ใส่ปุ๋ยหลังเปิดกรีตปีละ 2 ครั้ง ตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือสูตร 29-5-18 หรือ 30-5-18 6) เก็บยางก่อนด้วยในถัง แข็ง หรือตะกร้า และบริเวณพื้นยานพาหนะปูด้วยวัสดุรองรับเพื่อป้องกันน้ำซึ่มหกตามพื้นถนน

กลุ่มเกษตรกรที่ได้เลือกมาเป็นกลุ่มผลิตยางก้อนถ้วยจำนวน 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางพาราบ้านหนองสาหร่าย อำเภอบางสะพาน จังหวัดนครศรีธรรมราช และ 2) กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ยางพารา สกย. บ้านโพธิ์ทอง จำกัด อำเภอสวนคนคม จังหวัดอำนาจเจริญ ในแต่ละกลุ่มได้เปรียบเทียบการผลิตยางก้อนถ้วยก่อนทำ GAP และหลังทำ GAP โดยทั้งสองวิธีนี้ จะทำในด้านของน้ำหนักของยางก้อนถ้วยที่ผลิตได้ และต้นทุนการผลิต โดยใช้ข้อมูลราคาอ้างอิงในตลาดกลางยางพารา กยท. ระยะเวลาในการดำเนินงานระหว่างปี พ.ศ. 2558-2564

การผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมตามมาตรฐาน กยท.

การผลิตยางเครปนี้จะใช้น้ำยางที่ผลิตตามวิธี GAP ซึ่งเป็นวิธีเดียวกันกับที่ใช้ทำยางก้อนถ้วย ดังนี้ 1) ผลิตยางก้อนถ้วยคุณภาพดีมาตรฐาน GAP จับตัวด้วยกรดฟอสฟอริกเท่านั้น 2) จำนวนมิตกรีตไม่เกิน 6 มิตกรีต โดยไม่จำเป็นต้องบ่ม เนื่องจากเนื้อยางมีความสม่ำเสมอและทำให้ไม่สิ้นเปลืองพลังงานในขณะรีด 3) การรีดยางเครปเริ่มจากนำยางก้อนถ้วยสดผ่านเครื่องจักรรีดเครปลายดอกหยาบประมาณ 7 ครั้ง รีดผ่านเครื่องจักรรีดเครปลาย

ดอกกลาง และสายดอกละเอียด 5 ครั้ง และ 2 ครั้ง ตามลำดับ การออกแบบดอกเครปได้กำหนดให้มีระยะห่างระหว่างดอกเครป ความลึกของร่อง และขนาดของดอกแตกต่างกัน (Figure 1-3) โดยวางเครื่องจักรในทิศทางเดียวกันในแนวขนานเพื่อสะดวกในการส่งยางที่ผ่านการรีดไปยังเครื่องจักรรีดเครปตัวถัดไป ในขณะรีดยางจะต้องมีน้ำยางเพื่อให้เนื้อยางมีความสม่ำเสมอและมีน้ำชะล้างตลอดระยะเวลาขณะรีด (ยางแห้ง 1 ตัน ใช้น้ำ 2 ลบ.ม.) กำหนดให้มีความหนาของแผ่นยางที่รีดออกมาไม่เกิน 2 มม. แผ่นยางที่ผ่านการรีดแล้วมีความยาวประมาณ 5 เมตร 4) ตัดแผ่นยางให้มีความยาวประมาณ 1 เมตร เพื่อสะดวกในการนำแผ่นยางเครปไปผึ่ง 5) นำยางเครปไปผึ่งในอาคารที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวกจนยางแห้ง ในช่วงฤดูร้อนใช้ระยะเวลาในการผึ่งไม่น้อยกว่า 15 วัน หากต้องการทำให้แผ่นยางเครปแห้งเร็วขึ้น จะต้องนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 50°C. นาน 3 วัน 6) ยางเครปที่แห้งแล้วบรรจุหีบห่อเป็นยางมัดหรืออัดแท่งน้ำหนักแท่งละ 25, 30 หรือ 35 กก. ขึ้นอยู่กับข้อตกลงของคู่ค้า บรรจุในถุงพลาสติกชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE) ระยะเวลาในการดำเนินงานระหว่างปี พ.ศ. 2560-2564

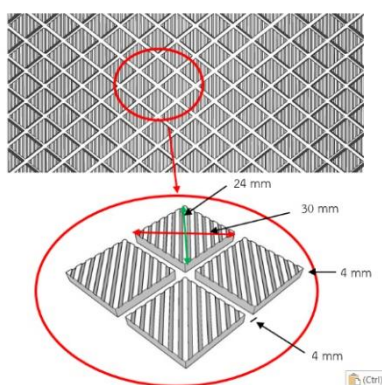


Figure 1 Coarse creper

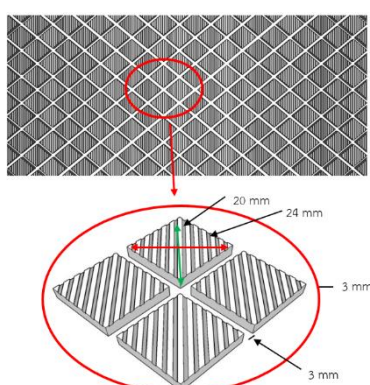


Figure 2 Middle creper

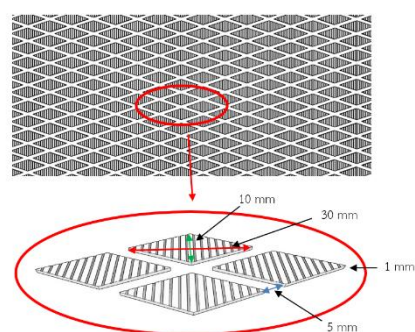


Figure 3 Fine creper

การจัดทำมาตรฐานยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมตามมาตรฐาน กยท.

สุ่มเก็บตัวอย่างยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมมาตรฐาน กยท. ที่ผลิตโดยกลุ่มเกษตรกรฐานเกษตรยางพารา จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 28 ครั้ง ๆ ละ 2 ตัวอย่าง จากการผลิตทุก 2 ตัน รวม 56 ตัวอย่าง ๆ ละไม่น้อยกว่า 600 กรัม ทดสอบสมบัติตามมาตรฐานยางแท่ง STR (Rubber Research Institute of Thailand [RRIT], 2011) โดยทำในด้านจัดทำมาตรฐานยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียม ด้วยการกำหนดรูปแบบให้มีความสอดคล้องกับรูปแบบของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) และ มกอช. เฉพาะด้านคุณลักษณะที่ต้องการ พร้อมทั้งวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ และเชื่อมโยงกับตลาดทั้งในและต่างประเทศ ระยะเวลาในการดำเนินงานระหว่างปี พ.ศ. 2561-2564

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การดำเนินงานก่อนและหลังการผลิตยางก้อนถ้วย GAP

ผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำการผลิตยางก้อนถ้วย GAP แก่กลุ่มเกษตรกร โดยให้ประเด็นความสำคัญการกรีดยางตามคำแนะนำของสถาบันวิจัยยาง (RRIT, 2018) กล่าวคือ

ระบบกรีด 1/2 หรือ 1/3 ของลำต้น กรีดวันเว้นวัน หรือสองวันเว้นหนึ่งวัน กรีดให้ถึงเส้นแบ่งรอยกรีด มุมกรีดให้ได้ 30-35 องศา กรีดลึกแต่ไม่ให้บาดจนถึงเนื้อเยื่อเจริญ ใช้กรดพอร์มิกในการจับตัว กรีดไม่เกิน 6 มีดกรีด และใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำ เพื่อเพิ่มผลผลิต และลดต้นทุนการผลิต ทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการผลิตตามมาตรฐาน GAP ในปี พ.ศ. 2562 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2563 ดังนี้

1) กลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางพาราบ้านหนองสาหร่าย อำเภอบางบาล จังหวัดนครพนม

กลุ่มฯ บ้านหนองสาหร่าย มีสมาชิกจำนวนทั้งสิ้น 80 ราย ได้รับมาตรฐาน GAP ในปี พ.ศ. 2563 จำนวน 66 ราย หรือร้อยละ 82.50 ของจำนวนสมาชิกทั้งหมด จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลดำเนินงานการก่อนและหลังทำ GAP พบว่า ปี พ.ศ. 2562 กลุ่มฯ รวบรวมยางก้อนถ้วยจากสมาชิกมีปริมาณทั้งสิ้น 474,369 กก. และในปี พ.ศ. 2563 หลังจากปฏิบัติตาม GAP พบว่าผลผลิตยางก้อนถ้วยได้ 523,599 กก. คิดเป็นปริมาณยางที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 10.38 รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 20.53 หรือ 1.77 ล้านบาท/ปี (Table 1) ทั้งนี้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมาจากการที่สมาชิกปฏิบัติตามมาตรฐาน GAP และปริมาณผลผลิตยางยังขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน สภาพภูมิอากาศ และการจัดการสวนยาง

Table 1 Yields and added value before and after GAP implementation of the Nong Sa-Rai rubber farmer group, Nakhon Phanom province during 2019 and 2020

M/Y	Before GAP			M/Y	After GAP			Δ yield +/- (%)	Added value +/- (%)
	DRC ^{1/}	Price	Revenue ^{2/}		DRC	Price	Revenue		
	(kg)	(Baht/kg)	(Baht)		(kg)	(Baht/kg)	(Baht)		
May 19	19,055	20.75	376,715.25	May 20	21,091	18.50	376,895.50	10.68	0.05
Jun 19	22,364	25.15	552,391.60	Jun 20	23,560	19.50	443,745.00	5.35	-19.67
July 19	38,160	21.80	809,325.00	July 20	40,162	19.05	744,899.10	5.25	-7.96
Aug 19	46,722	19.30	874,083.60	Aug 20	48,483	19.05	911,019.15	3.77	4.23
Sep 19	56,475	19.33	1,064,683.75	Sep 20	82,416	21.17	1,697,276.72	45.93	59.42
Oct 19	78,493	15.83	1,186,032.19	Oct 20	83,794	21.55	1,772,055.70	6.75	49.41
Nov 19	56,598	16.95	920,209.10	Nov 20	58,622	18.85	1,080,807.70	3.58	17.45
Dec 19	70,573	18.07	1,238,097.11	Dec 20	73,123	20.17	1,440,450.91	3.61	16.34
Jan 20	42,029	19.50	799,663.50	Jan 21	44,257	20.00	873,438.00	5.30	9.23
Feb 20	43,900	18.30	788,483.00	Feb 21	48,091	21.85	1,036,743.35	9.55	31.49
Total/ Average	474,369	18.73	8,609,684.10	Total/ Average	523,599	20.25	10,377,331.13	10.38	20.53

¹DRC means dry rubber content of the cup lumps. ²Revenue is defined as net sales minus expenses.

2) กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ยางพารา สกย. บ้านโพนทอง จำกัด อำเภอเสนางนิคม จังหวัดอำนาจเจริญ กลุ่มฯ สกย. บ้านโพนทอง มีสมาชิกจำนวน 334 ราย ได้รับมาตรฐาน GAP ในปี พ.ศ. 2563 จำนวน 69 ราย หรือร้อยละ 20.66 ของจำนวนสมาชิกทั้งหมด จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลดำเนินงานก่อนและหลังทำ GAP พบว่า ในปี พ.ศ. 2562 กลุ่มฯ รวบรวมยางก้อนถ้วยปริมาณทั้งสิ้น 210,793 กก. โดยในปี พ.ศ. 2563 หลังจากที่มีสมาชิกได้ปฏิบัติตามมาตรฐาน GAP สามารถรวบรวมปริมาณยางก้อนถ้วย

จำนวนทั้งสิ้น 274,409 กก. คิดเป็นปริมาณยางที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 30.18 รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 48.10 หรือ 0.91 ล้านบาท/ปี ทั้งนี้ปริมาณผลผลิตของยางก้อนถ้วยยังขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน สภาพภูมิอากาศ การจัดการระบบกรีด การใส่ปุ๋ย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนถึงร้อยละ 30.51 ประกอบกับราคาที่สูงกว่าปี พ.ศ. 2562 ทำให้มูลค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าเดือนอื่น ๆ (Table 2)

Table 2 Yields and added value before and after GAP implementation of the Phon Thong Rubber Fund Cooperative, Amnat Charoen province during 2019 and 2020

M/Y	Before GAP			M/Y	After GAP			Δ yield +/- (%)	Added Value +/- (%)
	DRC ^{1/}	Price	Revenue ^{2/}		DRC	Price	Revenue		
	(kg)	(Baht/kg)	(Baht)		(kg)	(Baht/kg)	(Baht)		
Aug 19	12,661	19.37	139,613.57	Aug 20	16,386	20.42	183,612.12	29.42	31.51
Sep 19	16,854	19.74	198,507.96	Sep 20	21,843	21.85	282,599.55	29.60	42.36
Oct 19	21,085	16.70	189,369.50	Oct 20	28,303	22.69	132,525.07	34.23	-30.02
Nov 19	46,026	16.89	182,869.14	Nov 20	60,068	19.84	625,303.12	30.51	241.94
Dec 19	50,432	17.51	458,234.32	Dec 20	65,525	19.59	739,524.75	29.93	61.39
Jan 20	42,111	19.46	513,930.06	Jan 21	54,621	18.68	585,410.28	29.71	13.91
Feb 20	21,624	17.33	203,593.92	Feb 21	27,663	21.55	244,347.65	27.93	20.02
Total/	210,793	17.95	1,886,118.47	Total/	274,409	20.21	2,793,322.54	30.18	48.10
Average				Average					

^{1/}DRC means dry rubber content of the cup lumps.^{2/}Revenue is defined as net sales minus expenses.

จากผลการดำเนินงานการผลิตยางก้อนถ้วย GAP ก่อนและหลังดำเนินงานของทั้งสองกลุ่ม มีปริมาณผลผลิตและรายได้เพิ่มขึ้นที่แตกต่างกัน เนื่องจากกลุ่มเกษตรกรบ้านหนองสาหร่าย เริ่มเปิดกรีตเดือนพฤษภาคมของทุกปี โดยระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2563 เกิดสภาวะราคายางตกต่ำส่งผลให้ไม่ได้ผลกำไรมากนัก จึงทำให้ปริมาณผลผลิต และรายได้ที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่ากลุ่ม สกย. บ้านโพนทอง อย่างไรก็ตามหากเกษตรกรได้ปฏิบัติตามข้อกำหนด GAP อย่างเคร่งครัด ตั้งแต่การจัดการแปลงปลูกก่อนการเก็บเกี่ยว เช่น เลือกสภาพพื้นที่ดินปลูกที่เหมาะสม ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำ ปรับมุมกรีตให้ได้ 30-35 องศา เลือกระบบกรีตที่เหมาะสมเพื่อให้ต้นยางได้มีเวลาพักในการสร้างน้ำยางอย่างน้อย 48 ชั่วโมงจะสามารถเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยต่อปีได้ร้อยละ 20.28 สอดคล้องกับการศึกษาของ Juntuma (2020) พบว่าการทำสวนยางตามมาตรฐาน GAP สามารถช่วยให้เกษตรกร

มีผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 29-81 และทำให้วงจรชีวิตต้นยางยาวนานขึ้น (Sadudee *et al.*, 2009)

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาล

ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของการลงทุนผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลจากยางก้อนถ้วยคุณภาพดีสามารถแจกแจงตัวแปรทางด้านต้นทุนและผลตอบแทนได้ ดังนี้

ต้นทุนการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งโดยเฉลี่ย 55% กำลังการผลิตเฉลี่ยเดือนละ 240 ตัน ใน 1 ปี ผลิตได้โดยเฉลี่ย 10 เดือน ต้นทุนคงที่ประกอบด้วยเครื่องรียางเครปกำลัง 50 แรงม้า ขนาด 16x28 นิ้ว จำนวน 2 เครื่อง ราคาเครื่องละ 650,000 บาท เครื่องรียางเครปกำลัง 50 แรงม้า ขนาด 14x28 นิ้ว จำนวน 2 เครื่อง ราคาเครื่องละ 550,000 บาท พร้อม

อุปกรณ์ รวม 3,500,000 บาท อาคารขนาด 15x20 ตร.ม. ตร.ม. ละ 1,800 บาท ห้องอบยางที่สามารถอบยางได้วันละ 8 ตัน จำนวน 2 ห้อง ๆ ละ 400,000 บาท ระบบบำบัดน้ำเสียขนาด 10x15 ตร.ม. จำนวน 1 บ่อ และขนาด 15x25 ตร.ม. จำนวน 1 บ่อ รวม 1,000,000 บาท โดยเป็นราคาที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี และเป็นราคาอ้างอิงจากบริษัทเอเชีย เกียร์ริง จำกัด จังหวัดระยอง ณ ปี พ.ศ. 2563 ส่วนค่าจ้างเหมาแรงงานจำนวน 10 คน วันละ 300 บาท/คน

ประกอบด้วย 1) รั้ววัตถุดิบ 1 คน 2) ผลิตยางเครป 3 คน 3) นำยางไปผึ่ง ตาก อบ และเก็บ 2 คน 4) บรรจุหีบห่อ และจัดเก็บ 3 คน 5) ขนย้าย 1 คน ส่วนค่าขนส่งวัตถุดิบ ครั้งละ 13,000 บาท เดือนละ 3 ครั้ง ๆ ละ 50 ตันต่อเนื้อยางแห้ง นอกจากนี้ยังมีค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า และค่าซ่อมแซมเครื่องจักรและอุปกรณ์ มีต้นทุนการผลิตรวม 2.096 บาท/กก. (Table 3)

Table 3 The production cost of crepe rubber with a capacity of 240 tons/month

Lists	Expenses (Baht)	per ton	Baht/kg
1) Machinery and equipment	3,500,000	121.52 Baht	0.122
2) Building, waste water treatment system	2,340,000	40.63 Baht	0.041
3) Wages	3,000	375 Baht	0.375
4) Transportation fee	2,000	250 Baht	0.250
5) Machinery repair		50 Baht	0.050
6) Water consumption		6.30 m ³	0.043
7) Electricity cost		31.15 unit	0.115
8) Management fee		800 Baht	0.800
9) Others			0.300
Total			2.096

ยางเครปเป็นสินค้าเกษตรที่มีความผันผวนมาก เนื่องจากราคายางถูกกำหนดจากตลาดล่วงหน้าต่างประเทศ และความต้องการของผู้ประกอบการ นอกจากนี้การควบคุมและแทรกแซงราคาจากภาครัฐด้วยวิธีกำหนดราคา จึงใช้ราคาจากราคาอ้างอิงสำนักงานตลาดกลางยางพาราจังหวัดหนองคาย และราคาขายในธุรกิจอ้างอิงจากราคายาง STR 20 ซึ่งต่ำกว่า 2 บาท เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าทั้งในส่วนของเครื่องจักร พลังงานไฟฟ้า น้ำ แรงงาน การบริหารจัดการ และการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เกรดสูงได้เช่นเดียวกับยางแท่ง STR 5 หรือ STR 10 ทั้งนี้เกษตรกรสามารถทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก การลงทุนไม่มากนัก

สำหรับต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมของกลุ่มเกษตรกรฐานเกษตรกรยางพารา อำเภอโนนสุวรรณ จังหวัดบุรีรัมย์ เมื่อคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของโครงการ 1 ปี 7 เดือน พิจารณาจากเกณฑ์การตัดสินใจการลงทุน 2 ข้อ คือ 1) เกณฑ์การตัดสินใจที่ไม่มีการปรับค่าของเวลา และ 2) เกณฑ์การตัดสินใจที่มีการปรับค่าของเวลา รายละเอียดดังนี้

เกณฑ์การตัดสินใจที่ไม่มีการปรับค่าของเวลา

จากข้อมูลต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการสามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการได้จากค่าใช้จ่ายการลงทุนเริ่มแรก 10 ล้านบาท หารด้วยกระแส

เงินสดสุทธิเฉลี่ยต่อปี (63,665,000 บาท/10 ปี) เท่ากับ 1.57 หรือ โดยประมาณ 1 ปี 7 เดือน

เกณฑ์การตัดสินใจที่มีการปรับค่าของเวลา

สำหรับเกณฑ์การตัดสินใจที่มีการปรับค่าของเวลา มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) การแสดงค่าของ NPV, B/C Ratio, IRR ในกรณีนี้มีอัตราส่วนลดเท่ากับ 7% ซึ่งส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ (NPV) มีค่าเท่ากับ 34,685,873.41 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 แสดงให้เห็นว่าความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตยางเครปบางเกรดพรีเมียมมีอัตราผลตอบแทนอยู่ในระดับมากกว่า 0

ซึ่งคุ้มค่าต่อการลงทุน อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ 64.51% แสดงว่าความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตยางเครปบางเกรดพรีเมียม เมื่อเทียบกับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้หรืออัตราส่วนลดที่กำหนดไว้ร้อยละ 7 นั้นหมายถึงอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการที่ได้รับมีค่ามากกว่า ซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุนเช่นกัน อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่าเท่ากับ 1.07 หมายความว่า ความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตยางเครปบางเกรดพรีเมียม มีอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1.07 หมายถึง ผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจากการลงทุนให้ผลมากกว่าหรือให้ผลคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่เสียไป เนื่องจากค่า B/C Ratio ที่ได้มีค่ามากกว่า 1 ดังนั้นจึงมีความคุ้มค่ากับการลงทุน (Table 4)

Table 4 The results of the cost-benefits analysis of the investment project

Initial investment (Million Baht)	Net cash inflows (Baht)	Payback period (year)	BCR (times)	NPV (Baht)	IRR (%)
10,000,000	63,665,000	1.57	1.07	34,685,873.41	64.51

จากการประเมินความคุ้มค่า พบว่าการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิตยางชนิดนี้อยู่ในเกณฑ์ที่น่าลงทุน เนื่องจากสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาสั้นเพียง 1 ปี 7 เดือน มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิมีค่าเป็นบวก และอัตราผลตอบแทนมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ จึงมีความเหมาะสมกับการสร้างผลกำไรที่ผลตอบแทนมากกว่าการนำเงินไปฝากธนาคาร จะช่วยผู้ที่สนใจในการลงทุนเห็นผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาที่รวดเร็ว ดังนั้นการลงทุนผลิตยางเครปนี้จึงมีความน่าสนใจ

การจัดทำมาตรฐานการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมของ กยท.

ผู้วิจัยได้จัดทำมาตรฐานการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียม ด้านคุณลักษณะที่ต้องการเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างยางเครปบางสีน้ำตาล ณ กลุ่มเกษตรกรฐานเกษตรยางพารา อำเภอโนนสุวรรณ จังหวัดบุรีรัมย์ ทดสอบตามสมบัติยางแท่ง STR พบว่าปริมาณสิ่งสกปรกเฉลี่ย 0.032% ค่า SD 0.007 ปริมาณสิ่งระเหยเฉลี่ย 0.55% ค่า SD 0.13 ปริมาณเถ้าเฉลี่ย 0.37% ค่า

SD 0.019 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย 0.35 ค่า SD 0.04 ความอ่อนตัวเริ่มแรก เฉลี่ย 41.50 ค่า SD 4.50 และดัชนีความอ่อนตัวเฉลี่ย 85.58 ค่า SD 10.13 (Table 5) สอดคล้องกับการศึกษาของ Tassanakul (2021b) พบว่ายางมีสมบัติที่สม่ำเสมอ เนื่องจากการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบยางก้อนถ้วย GAP ส่วนค่าความหนืดนี้ไม่ได้กำหนด เนื่องจากค่าความหนืดนี้จะสูงขึ้นตามระยะเวลาการจัดเก็บ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yunyounwattanakorn *et al.* (2003) ที่พบว่าความแข็งระหว่างการเก็บ (Storage hardening) เกิดจากอีพอกไซด์ (Epoxide) และอัลดีไฮด์ (Aldehyde) ทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหที่เชื่อมกันระหว่างโปรตีนและไขมันบริเวณปลายสายโซ่โมเลกุลยาง ส่งผลให้ยางมีความหนืดเพิ่มขึ้น

ผลจากการดำเนินงานดังกล่าว ทำให้ได้ประกาศมาตรฐานยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียม (Thin brown crepe-premium grade, TBC-P) เป็นมาตรฐานของ กยท. (SRAOT 3-2021) เพื่อเป็นช่องทางหนึ่งของกลุ่มเกษตรกรในการผลิตยางที่มีคุณภาพและมีมาตรฐานรองรับ ซึ่งเดิมไม่มียางชนิดนี้ผลิตที่ไหนมาก่อนและไม่มีมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์รองรับ มีเพียงยางเครปหนาที่ใช้การประเมิณเนื้อยางแห้งด้วยสายตา และเทคนิคการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเป็นเทคนิคที่ได้จัดทำขึ้นใหม่ ผลการจัดทำมาตรฐานทำให้ผู้ประกอบการยอมรับเนื่องจากยางมีคุณสมบัติที่โดดเด่นเมื่อเปรียบเทียบกับยางแท่ง STR 5 ซึ่งถือว่าเป็นยางแท่งเกรดสูง

Table 5 Physical properties of premium grade thin brown crepe (TBC-P) compared to STR standard

Properties	TBC-P	STR 5	STR 10	STR 20	Methods
Dirt content, max (%by weight)	0.05	0.04	0.08	0.16	ISO 249
Volatile matter, max (%by weight)	0.60	0.80	0.80	0.80	ISO 248-1
Ash content, max (%by weight)	0.60	0.60	0.60	0.60	ISO 247
Nitrogen content, max (%by weight)	0.60	0.60	0.80	0.80	ISO 1656
Origin plasticity, Po min	35	30	30	30	ISO 2007
Plasticity Retention Index, PRI min	65	60	50	40	ISO 2930

ผลการเชื่อมโยงกับตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในการนำยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมสู่การผลิตผลิตภัณฑ์

การผลิตยางเครปมาตรฐาน GMP ของกลุ่มเกษตรกรฐานเกษตรยางพารา อำเภอโนนสุวรรณ จังหวัดบุรีรัมย์ ในปี พ.ศ. 2561 และ ปี พ.ศ. 2562 พบว่าผลผลิตในปี พ.ศ. 2562 เพิ่มขึ้นร้อยละ 13.06 มูลค่าเพิ่ม เพิ่มขึ้นร้อยละ 22.16 จากการที่ผู้รับซื้อให้ราคาที่สูงกว่าราคารายแผ่นดิบเฉลี่ย 5 บาท/กก. และในปี พ.ศ. 2564 สามารถผ่านการรับรองมาตรฐานการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมจาก กยท. ยางเครปที่ผลิตได้มีคุณสมบัติทาง

วิทยาศาสตร์ตามที่กำหนด และเป็นที่ต้องการและยอมรับจากผู้ใช้อย่าง ได้แก่ บริษัท SR Tyre บริษัท บางกอกพัฒนามอเตอร์ บริษัทเคมี อินโนเวชั่น จำกัด และอื่น ๆ อีกหลายบริษัท เพื่อนำไปผลิตล้อยางยานพาหนะ สายพานลำเลียง เนื่องจากมีสมบัติทางกายภาพคงที่ สามารถลดต้นทุนการผลิตในส่วนของพลังงานไฟฟ้า น้ำ รวมทั้งของเสียที่เกิดขึ้น ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นสามารถลดมลภาวะในระบบบำบัดน้ำเสีย ส่งผลดีต่อคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของเกษตรกร การบริหารจัดการที่ง่ายขึ้น รายได้เพิ่มขึ้น และยังแก้ไขปัญหาการถูกกดราคาได้ ปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรแห่งนี้ผ่านการอนุมัติรับรอง

(Approved) จากบริษัทบริดจสโตน และบริษัทผู้ผลิตยางรายใหญ่ในประเทศ ที่สำคัญรัฐบาลได้นำมาตรฐาน GAP และ GMP ด้านยางพารา กำหนดเป็นยุทธศาสตร์ระดับประเทศ และตามนโยบายเกษตรแปลงใหญ่ โดยกำหนดให้เกษตรกรปฏิบัติตามมาตรฐาน GAP เพื่อเพิ่มรายได้ ลดรายจ่าย และสร้างความยั่งยืนให้กับพี่น้องเกษตรกรชาวสวนยาง

อย่างไรก็ตามจากการที่ กยท. ได้ส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียม (TBC-P) (Figure 4-5) สามารถส่งจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ปัจจุบันเป็นแหล่งผลิตเพียงแห่งเดียวที่ได้รับมาตรฐาน GMP มีกำลังการผลิตเฉลี่ยเดือนละ 240 ตัน



Figure 4 TBC-P processing

สรุปผลการวิจัย

การใช้หลักปฏิบัติที่ดีในการจัดการสวนยางเพื่อผลิตยางก้อนถ้วยมาตรฐาน GAP สามารถเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยต่อปีได้ร้อยละ 20.28 มูลค่าเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 34.32 ปฏิบัติโดยใช้ระบบกรีตวันเว้นหนึ่งวัน หรือสองวันเว้นหนึ่งวัน ปรับมุมกรีตให้ได้ 30-35 องศา ใส่ปุ๋ยทั้งก่อนและหลังการเปิดกรีตตามคำแนะนำของสถาบันวิจัยยาง ใช้กรดฟอร์มิคเป็นสารจับตัวยางเพื่อให้ยางมีสมบัติด้านความยืดหยุ่นดี ผลิตไม่เกิน 6 มัดกรีต และจากการส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรนำยางก้อนถ้วย GAP ผลิตเป็นยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียม เพื่อศึกษาความคุ้มค่าในเชิง

ค่าสั่งซื้อครั้งละ 4,000 ตัน/เดือน ความสามารถในการผลิตของกลุ่มฯ มีจำกัด จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องส่งเสริมการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมให้สามารถรองรับกับตลาดที่มีความต้องการนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เกรดสูงได้เช่นเดียวกับยางแผ่นรมควันและยางแท่งเกรดสูง ซึ่งเกษตรกรสามารถทำได้ง่าย การลงทุนต่ำ เทคโนโลยีไม่ยุ่งยาก มีตลาดรองรับ และที่สำคัญมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่ายางแท่ง โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Sriwarin *et al.* (2014) พบว่าต้นทุนการผลิตยางแท่ง STR 20 เท่ากับ 2.38 บาท/กก. ที่มีกำลังการผลิตเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 5 ตัน/ชั่วโมง



Figure 5 TBC-P block

เศรษฐศาสตร์พบว่า ค่า NPV มากกว่า 0 ค่า B/C Ratio มากกว่า 1 และ ค่า IRR มากกว่า 7% โดยมีระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 1 ปี 7 เดือน ด้วยค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรก 10 ล้านบาท แสดงถึงความคุ้มค่าต่อการลงทุนในการจัดทำมาตรฐานเชิงวิทยาศาสตร์ยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียม พบว่าในปี พ.ศ. 2564 ได้ประกาศเป็นมาตรฐานของ กยท. เรื่องยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียม: ข้อกำหนด เพื่อเป็นการลดข้อโต้แย้งหรือข้อพิพาทจากการประเมินด้วยสายตา และยกระดับคุณภาพยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียม โดยกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ให้มีความสอดคล้องกับสมบัติยางแท่ง STR ดังนั้น ปริมาณสิ่งสกปรกสูงสุด 0.05% ปริมาณเถ้าสูงสุด 0.60%

ปริมาณสิ่งระเหยได้สูงสุด 0.60% ปริมาณไนโตรเจนสูงสุด 0.60% ความอ่อนตัวเริ่มแรกต่ำสุด 35 หน่วย และดัชนีความอ่อนตัวต่ำสุด 60 หน่วย สำหรับการเชื่อมโยงด้านตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศพบว่าผู้ประกอบการมีความต้องการยางเครปบางสีน้ำตาลเกรดพรีเมียมเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีสมบัติที่โดดเด่นเมื่อเทียบกับยางแท่ง STR 5 มีมาตรฐานรองรับมีกระบวนการที่ตามสอบกลับได้ ซึ่ง กยท. ได้จัดทำมาตรฐานเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของผู้ นำยางไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยได้รับความไว้วางใจ และความเชื่อมั่นจากผู้ผลิตยางทั้งภายในและต่างประเทศ อีกทั้งรัฐบาลได้นำมาตรฐาน GAP และ GMP ด้านยางพารา กำหนดเป็นยุทธศาสตร์ระดับประเทศ ซึ่งถือว่าการยกระดับการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น และสร้างความยั่งยืนให้กับเกษตรกร ดังนั้นหากเกษตรกรกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจมีความต้องการผลิตยางเครปบางสีน้ำตาลจะต้องใช้ยางก้อนถ้วย GAP เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น และใช้เครื่องจักรที่ได้กำหนดรูปแบบพร้อมทั้งกรรมวิธีการผลิต เพื่อที่จะได้ยางมีคุณสมบัติคงที่สม่ำเสมอ สอดรับกับความต้องการของผู้ใช้ยางในการนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เกรดสูงได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ การยางแห่งประเทศไทย (กยท.) ที่สนับสนุนการศึกษาวิจัยด้วยงบประมาณเงินกองทุนพัฒนายางพารา มาตรา 49(3)

เอกสารอ้างอิง

- Juntuma, P. 2020. Increase productivity and income of farmers in Trang province from GAP rubber farming. **Rubber Journal** 41(2): 2-12. [in Thai]
- Rubber Research Institute of Thailand. 2011. **The Testing of Block Rubber According to STR Standards**. Bangkok: Department of Agriculture. 34 p. [in Thai]
- _____. 2018. **Para Rubber Academic Data 2018**. Bangkok: Rubber Authority of Thailand. 179 p. [in Thai]
- Rubber Authority of Thailand. 2021. Thai Rubber Statistics and Forecasts. 356 p. **In Monthly Report of Rubber Economy Division 26 April 2021**. Bangkok: Rubber Authority of Thailand. [in Thai]
- Sadudee, S., I. Yeendum and J. Petnongchum. 2009. Irrigation Management for Rubber (*Hevea brasiliensis*) to Maintain Tapping during the Period of Dry season. 105 p. **In The Complete Research Report**. Songkhla: Prince of Songkhla University. [in Thai]
- SRAOT 3–2021. **Thin Brown Crepe–premium Grade; Specifications**. Standards of the Rubber Authority of Thailand. Bangkok: Rubber Authority of Thailand. 9 p. [in Thai]

- Sriwarin, P., T. Petsungnoen, M. Ananta and A. Kunalasira. 2014. The cost of processing primary rubber at the factory level. **Rubber Journal** 35(3): 20-29. [in Thai]
- TAS 5907-2018. **Good Manufacturing Practices for Crepe Rubber**. Bangkok: National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 12 p. [in Thai]
- TAS 5910-2020. **Good Agricultural Practices for Rubber Volume 2: Production of Cup Lump**. Bangkok: National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 12 p. [in Thai]
- Tassanakul, P. 2013. A Handbook for the Production of a Good-quality Cup Lump. pp. 2-10. *In The Guidance Document for Rubber Farmers*. Bangkok: Rubber Technology Research and Development Division, Rubber Authority of Thailand. [in Thai]
- Tassanakul, P. 2015. Stop using sulfuric acid for latex coagulation. **Rubber Journal** 36(4): 26-30. [in Thai]
- _____. 2020. Upgrading GAP Cup Crumbs Toward GMP Crepe Rubber Production. pp. 10-17. *In Meeting Academic Thailand Quality Conference & The 21st Symposium on TQM-Best Practices in Thailand*. Bangkok: TQM Promotion Foundation in Thailand. [in Thai]
- _____. 2021a. The Establishment of Premium Grade Thin Brown Crepe Standards of the Rubber Authority of Thailand. pp. 3-36. *In The full Report*. Bangkok: Rubber Authority of Thailand. [in Thai]
- _____. 2021b. Production of premium grade thin brown crepe from good quality cup lumps. **Journal of Science Innovation for Sustainable Development** 3(1): 1-14. [in Thai]
- Thai Rubber Association. 2021. The Problem of Adulterated Coagulation Added in Latex, Cup Lumps or Natural Rubber Raw Materials. pp. 1-3 *In The Message Memo 24 December 2021*. Songkhla: Thai Rubber Association. [in Thai]
- The Rubber Manufacturers Association. 1979. **International Standards of Quality and Packing for Natural Rubber Grades. (The Green Book)**. Washington, D.C.: Rubber Manufacturers Association, Incorporated. 19 p.
- Yunyongwattanakorn, J., Y. Tanaka, S. Kawahara, W. Klinklai and J. Sakdapipanich. 2003. Study the effect of proteins and fatty acids on storage hardening and gel formation under various conditions during accelerated storage of various kinds of natural rubber. **Rubber Chemistry Technology Journal** 76: 1228-1240.

การคาดการณ์ปริมาตรไม้สักโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2
บริเวณสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
Prediction of Teak Volume Using Sentinel-2 Satellite Imagery Data
at Thong Pha Phum Plantation, Kanchanaburi Province

วีระภาส คุณรัตนศิริ* และยุทธนา เกิงล้อม

Weeraphart Khunrattanasiri* and Yutthana Thoenglom

ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10600

*Corresponding author: weeraphart.k@ku.th

Abstract

Received :May 30, 2021

Revised :August 17, 2021

Accepted: October 04, 2022

The teak volume prediction is an important data for planning a teak plantation management. This study aimed to investigate the vegetation indices using Sentinel-2 satellite imagery data for teak volume prediction based on data from Thong Pha Phum Plantation, Kanchanaburi province. The linear regression was used to explain the relationship between teak volume and vegetation indices from Sentinel-2 satellite imagery data. Ratio Vegetation Index (RVI) Difference Vegetation Index (DVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) and Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) were used as the independent variables in the equation. The results revealed that SAVI (values with L equal to 0.5) was the best vegetation index for teak volume prediction based on Sentinel-2 satellite imagery data. The equation was $\text{teak volume (y)} = 10.064 (\text{SAVI}) - 98.736$ and the coefficient of determination was 0.73. The mean absolute error (MAE) and the root mean squared error (RMSE) were used to check the equation precision for teak volume prediction. The MAE was 1.52 and the RMSE was 1.92. The teak volume calculated based on the given equation was 199,366.68 cubic meters and the average of teak volume per rai was calculated to be 18.51 cubic meters.

Keywords: linear regression, teak volume, vegetation index, Sentinel-2 satellite imagery data
Thong Pha Phum plantation

บทคัดย่อ

การคาดการณ์ปริมาณไม้สักเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวางแผนจัดการไม้สักในสวนป่า โดยการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 สำหรับคาดการณ์ปริมาณไม้สัก บริเวณสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไม้สักที่คำนวณได้จากแปลงตัวอย่างภาคสนามและดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ได้แก่ Ratio Vegetation Index (RVI), Difference Vegetation Index (DVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) และ Atmospherically Resistant Vegetation index (ARVI) เป็นตัวแปรอิสระ ผลการศึกษาพบว่าดัชนีพืชพรรณ SAVI ที่กำหนดค่าคงที่ L เท่ากับ 0.5 เป็นตัวแปรอิสระที่เข้าสู่สมการ เป็นสมการคาดการณ์ปริมาณไม้สักที่เหมาะสมที่สุดของข้อมูลดาวเทียม Sentinel-2 โดยสมการปริมาณไม้สัก (y) = 10.064 (SAVI) - 98.736 มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.73 ตรวจสอบความแม่นยำของสมการคาดการณ์ปริมาณไม้สัก มีค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 1.52 และค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 1.92 สามารถคาดการณ์ปริมาณไม้สัก ด้วยการใช้สมการคาดการณ์ปริมาณไม้สักเท่ากับ $199,366.68$ ลูกบาศก์เมตร และปริมาณไม้สักเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 18.51 ลูกบาศก์เมตร

คำสำคัญ: การถดถอยเชิงเส้น ปริมาณไม้สัก
ดัชนีพืชพรรณ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
Sentinel-2 สวนป่าทองผาภูมิ

คำนำ

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ เป็นองค์กรหลักในการปลูกสร้างสวนป่าของภาครัฐ โดยมีพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่าที่ครอบคลุมทุกภูมิภาคของประเทศไทย เพื่อตอบสนองต่อการใช้ประโยชน์จากไม้ภายในประเทศ โดยเฉพาะไม้สักที่เป็นไม้เศรษฐกิจหลักของประเทศไทย (Sangcharoen, 1973) ในการบริหารจัดการผลผลิตของสวนป่าจำเป็นต้องมีการคาดการณ์ปริมาณของไม้ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยใช้เทคนิคการวางแผนสำรวจซึ่งต้องอาศัยแรงงานคนในการเก็บข้อมูล แต่การศึกษาปริมาณไม้ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ มาใช้งานเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนสำหรับบริหารจัดการผลผลิตภายในสวนป่า การรับรู้ระยะไกลทางด้านดาวเทียมเป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากทำให้สะดวกรวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล (Lillesand *et al.*, 2015)

ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation index) เป็นกระบวนการสังเคราะห์ชั้นข้อมูลใหม่จากการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในแถบความถี่ที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ 2 แถบความถี่ขึ้นไป โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่ออกแบบมาเพื่อให้มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของพืช ได้แก่ รงควัตถุ (Pigment) องค์ประกอบของน้ำ และโครงสร้างภายในพืช (Huete *et al.*, 2002) จากศึกษาของ Redowan *et al.* (2015) ที่ได้ศึกษาการคาดการณ์ปริมาณไม้บริเวณพื้นที่ป่า ในประเทศบังคลาเทศ โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไม้และดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ระบบบันทึกภาพ TM พบว่าสมการคาดการณ์ปริมาณไม้ที่ดีที่สุดมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.77 และ Nuthammachot *et al.* (2018) ที่ได้ศึกษาการ

คาดการณ์ชีวมวลเหนือพื้นดินบริเวณพื้นที่ป่า Girisekar และ Jetis ประเทศอินโดนีเซีย โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชีวมวลเหนือพื้นดินและดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 พบว่าสมการคาดการณ์ชีวมวลเหนือพื้นดินที่ดีที่สุดมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.74 ในครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เป็นดาวเทียมระบบ Passive ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ สามารถดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายจึงพิจารณาเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 สำหรับสร้างดัชนีพืชพรรณเพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์กับปริมาณไม้สัก

การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาบริเวณสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เนื่องจากสวนป่าทองผาภูมิถือได้ว่าเป็นสวนป่าที่ให้ผลผลิตไม้สักที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทย (Forest Industry Organization, 2014) โดยมีพื้นที่ปลูกไม้สักขนาดใหญ่และมีการปลูกไม้สักหลายชั้นอายุ อีกทั้งยังได้รับรองตามมาตรฐานของ Forest Standard Certification (FSC) ในการเก็บข้อมูลสำหรับคำนวณปริมาณไม้สักต้องอาศัยแรงงานคน ทำให้เกิดปัญหา เช่น ความถูกต้องในการเก็บข้อมูลต้นไม้ ใช้งบประมาณมาก และใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการคาดการณ์ปริมาณไม้สัก โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 บริเวณสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นแนวคิดที่นำเทคนิคทางด้านการรับรู้ระยะไกลที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาช่วย เพื่อให้ประหยัดงบประมาณ รวดเร็ว และมีความถูกต้องสำหรับคาดการณ์ปริมาณไม้สัก

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

สวนป่าทองผาภูมิ เป็นหน่วยงานในสังกัดองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (อ.อ.ป.) ซึ่งเป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ในความดูแลของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำนักงานสวนป่าทองผาภูมิ ตั้งอยู่หมู่ที่ 6 ตำบลห้วยเขย่ง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ลักษณะภูมิประเทศทางทิศตะวันออกมีลักษณะเป็นภูเขาหินปูนทอดตลอดแนวจากด้านเหนือถึงด้านใต้ และทางทิศตะวันตกมีลักษณะเป็นภูเขาแกรนิต เป็นเนินเขาลูกคลื่นลอนชันสลับลูกคลื่นลอนลาด และลักษณะภูมิอากาศแบ่งออกได้ 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1,764.6 มิลลิเมตร และฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 26.5 องศาเซลเซียส (Forest Industry Organization, 2014) ในปัจจุบันมีพื้นที่รับผิดชอบทั้งหมด 19,243.55 ไร่ มีพื้นที่ปลูกไม้สักทั้งหมด 15,231.90 ไร่ โดยพื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่แปลงปลูกไม้สักที่มีระยะปลูก 4×4 เมตร อายุ 15 ปีขึ้นไป มีทั้งหมด 19 ชั้นอายุ ได้แก่ แปลงปลูกปี พ.ศ. 2524 อายุ 38 ปี มีขนาดพื้นที่ 149.16 ไร่ แปลงปลูกปี พ.ศ. 2525 อายุ 37 ปี มีขนาดพื้นที่ 362.93 ไร่ แปลงปลูกปี พ.ศ. 2526 อายุ 36 ปี มีขนาดพื้นที่ 20.13 ไร่ แปลงปลูกปี พ.ศ. 2527 อายุ 35 ปี มีขนาดพื้นที่ 3.01 ไร่ แปลงปลูกปี พ.ศ. 2529 อายุ 33 ปี มีขนาดพื้นที่ 356.71 ไร่ แปลง

ปลูกปี พ.ศ. 2530 อายุ 32 ปี มีขนาดพื้นที่ 751.09 ไร่
แปลงปลูกปี พ.ศ. 2531 อายุ 31 ปี มีขนาดพื้นที่ 784.83 ไร่
แปลงปลูกปี พ.ศ. 2532 อายุ 30 ปี มีขนาดพื้นที่ 280.62 ไร่
แปลงปลูกปี พ.ศ. 2534 อายุ 28 ปี มีขนาดพื้นที่ 132.67 ไร่
แปลงปลูกปี พ.ศ. 2535 อายุ 27 ปี มีขนาดพื้นที่ 722.79 ไร่
แปลงปลูกปี พ.ศ. 2536 อายุ 26 ปี มีขนาดพื้นที่ 2,169.91 ไร่
แปลงปลูกปี พ.ศ. 2537 อายุ 25 ปี มีขนาดพื้นที่ 843.25 ไร่
แปลงปลูกปี พ.ศ. 2538 อายุ 24 ปี มีขนาดพื้นที่ 245.07 ไร่
แปลงปลูกปี

พ.ศ. 2539 อายุ 23 ปี มีขนาดพื้นที่ 1,040.00 ไร่
แปลงปลูกปี พ.ศ. 2543 อายุ 19 ปี มีขนาดพื้นที่ 895.53 ไร่
แปลงปลูกปี พ.ศ. 2544 อายุ 18 ปี มีขนาดพื้นที่ 344.33 ไร่
แปลงปลูกปี พ.ศ. 2545 อายุ 17 ปี มีขนาดพื้นที่ 86.73 ไร่
แปลงปลูกปี พ.ศ. 2546 อายุ 16 ปี มีขนาดพื้นที่ 925.96 ไร่
และแปลงปลูกปี พ.ศ. 2547 อายุ 15 ปี มีขนาดพื้นที่ 653.98 ไร่
ซึ่งพื้นที่ศึกษามีขนาดพื้นที่รวมเท่ากับ 10,768.70 ไร่ (Figure 1)

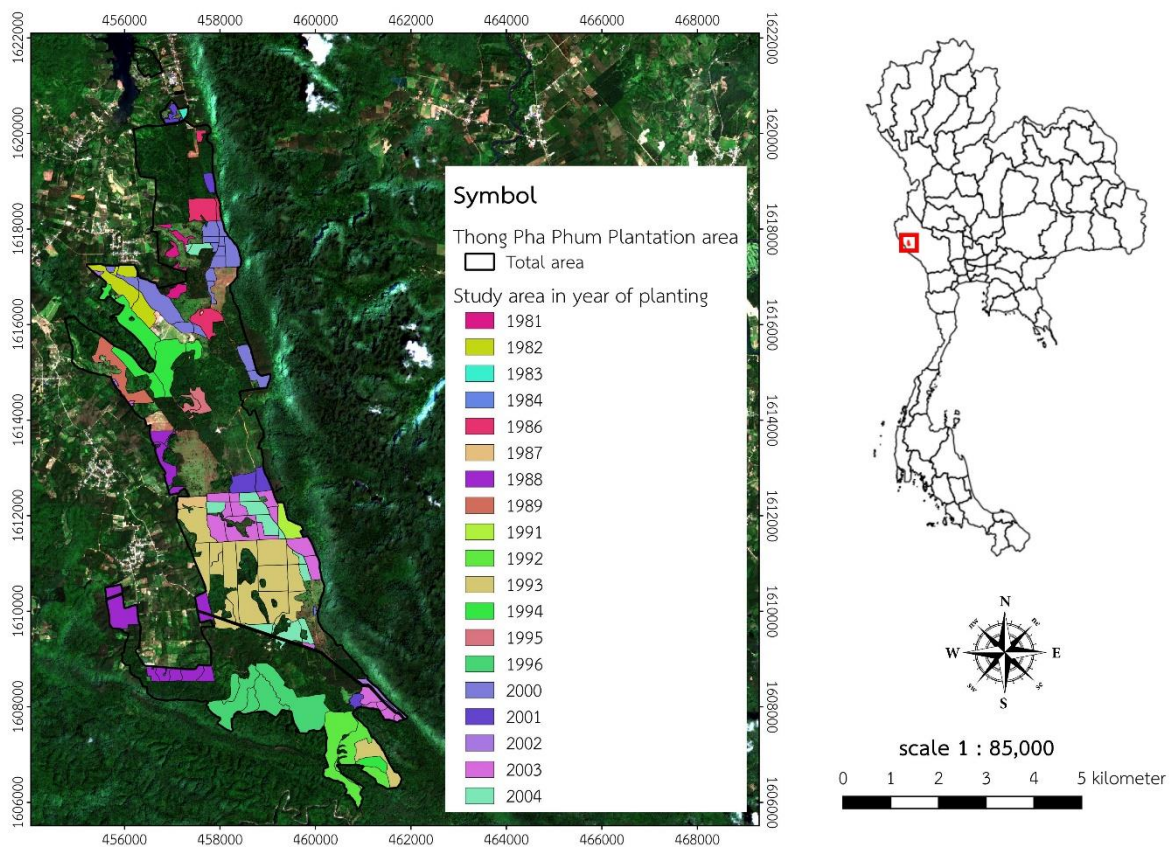


Figure 1 Study area in Thong Pha Phum plantation, Kanchanaburi province

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยกำหนดแปลงตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 80 แปลง แบ่งแปลงตัวอย่างตามการศึกษาของ Redowan *et al.* (2015) สำหรับคำนวณสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักร้อยละ 70 มีจำนวน 56 แปลงตัวอย่าง และสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักร้อยละ 30 มีจำนวน 24

แปลงตัวอย่าง ใช้แปลงตัวอย่างรูปแบบวงกลมพื้นที่ 0.05 เฮกตาร์ หรือขนาดรัศมีเท่ากับ 12 เมตร กำหนดตำแหน่งวางแปลงตัวอย่างกระจายครอบคลุมพื้นที่ศึกษา โดยทำการสุ่มตำแหน่งแปลงตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยใช้โปรแกรม QGIS (Figure 2) สำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

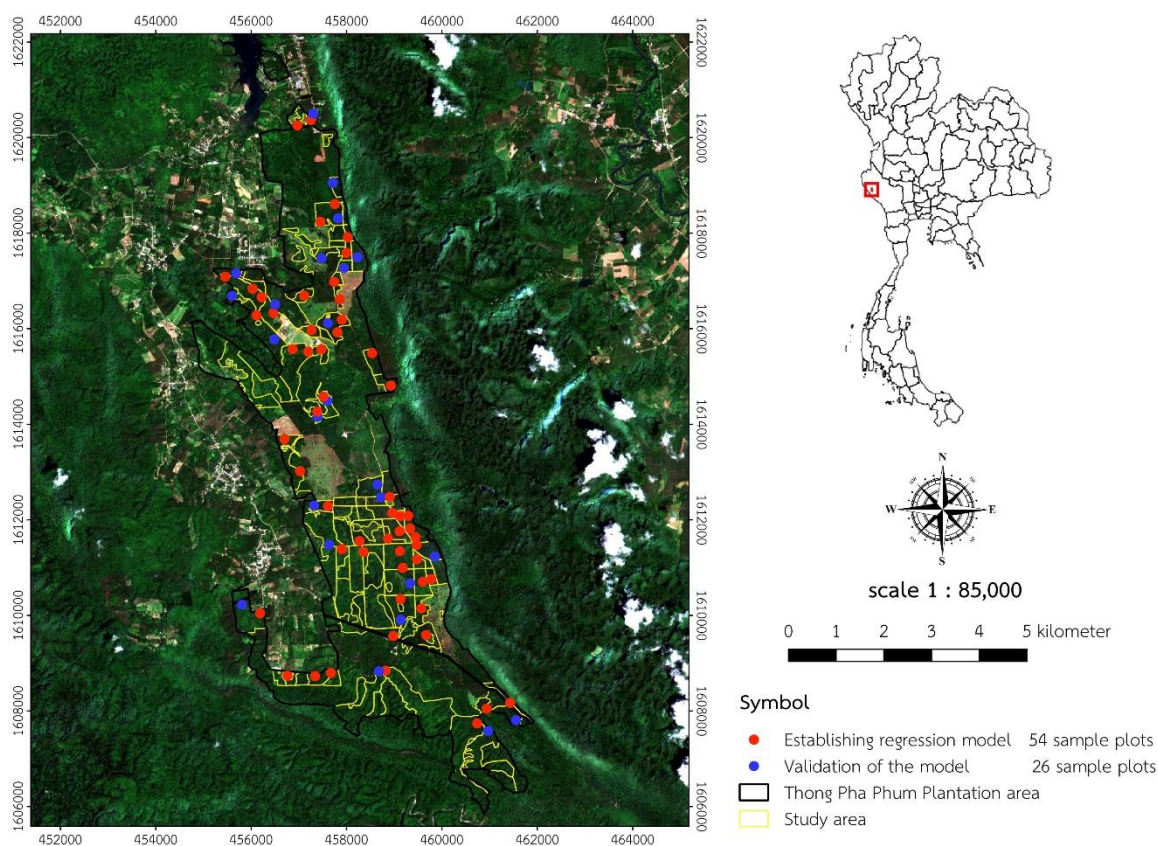


Figure 2 Field samples in Thong Pha Phum plantation, Kanchanaburi province

เก็บข้อมูลขนาดของไม้สักทุกต้นในแปลงตัวอย่าง โดยทำการเก็บข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางที่โคนท่อน โดยวัดที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 10 เซนติเมตร (Prasomsin, 1991) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกซึ่งเป็นการวัดที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร ทำการวัดด้วยเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ (Diameter tape) ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง

กึ่งกลางท่อน เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงที่เป็นสินค้าได้ ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ทำการวัดด้วยเครื่องมือวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ Pentaprism caliper ความสูงที่เป็นสินค้าได้ ใช้ระดับความสูงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และความสูงทั้งหมดทำการวัดด้วยเครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ Nikon forestry pro รุ่นที่ 2

การเตรียมข้อมูลภาพดาวเทียม

ข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2 ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2B ระบบบันทึกภาพ Multispectral Instrument (MSI) ผลิตภัณฑ์แบบ L2A ซึ่งข้อมูลภาพดาวเทียมได้มีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (Radiometric correction) ให้เป็นการสะท้อนแสงที่ Bottom of Atmosphere (BOA) และมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) เลือกใช้แถบความถี่ที่มีความละเอียดทางตำแหน่งราบ 10 เมตร จำนวน 4 แถบความถี่ ได้แก่ แถบความถี่น้ำเงิน (Blue) แถบความถี่เขียว (Green) แถบความถี่แดง (Red) และแถบความถี่อินฟราเรดใกล้ (Near infrared) (European Space Agency, 2015) เนื่องจากเป็นแถบความถี่ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ บันทึกภาพวันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2562 มีเมฆปกคลุมพื้นที่ร้อยละ 7.65 โดยเลือกช่วงเวลาที่ดินดาวเทียมบันทึกภาพให้ใกล้เคียงกับช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ปริมาตรไม้สักได้จากการคำนวณผลรวมของปริมาตรไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ และปริมาตรไม้สักท่อนสุดท้ายที่ไม่สามารถทำเป็นสินค้าได้ โดยใช้สมการคำนวณปริมาตรไม้สัก ดังนี้

1. การคำนวณปริมาตรไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ โดยใช้สมการของ Newton's formular ดังสมการ (1) ซึ่งเป็นสมการที่ขจัดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความ

เรียวและทำให้ได้ปริมาตรที่ใกล้เคียงปริมาตรจริงมากที่สุด (Husch *et al.*, 2003)

$$V = \frac{h}{6} (A_b + A_m + A_u) \quad (1)$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ (ลูกบาศก์เมตร)

A_b คือ พื้นที่หน้าตัดที่โคนท่อน (ตารางเมตร)

A_m คือ พื้นที่หน้าตัดที่กึ่งกลางท่อน (ตารางเมตร)

A_u คือ พื้นที่หน้าตัดที่เป็นสินค้าได้ (ตารางเมตร)

h คือ ความสูงที่เป็นสินค้าได้ (เมตร)

2. การคำนวณปริมาตรไม้สักท่อนสุดท้ายที่ไม่สามารถทำเป็นสินค้าได้ โดยใช้สมการคำนวณปริมาตรรูปทรงกรวย (Cone) ดังสมการ (2) (Husch *et al.*, 2003)

$$V = \frac{1}{3} (A_u h) \quad (2)$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรไม้สักท่อนสุดท้าย (ลูกบาศก์เมตร)

A_u คือ พื้นที่หน้าตัดที่เป็นสินค้าได้ (ตารางเมตร)

H คือ ผลต่างของความสูงทั้งหมดกับความสูงที่เป็นสินค้าได้ (เมตร)

การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2 ที่ใช้ในการศึกษา (Table 1) สำหรับนำไปหาความสัมพันธ์กับปริมาตรไม้สัก

Table 1 Vegetation Index used in education

Vegetation Index	Equation	References
Ratio Vegetation Index (RVI)	$\frac{\text{NIR}}{\text{RED}}$	Jordan (1969)
Difference Vegetation Index (DVI)	$\text{NIR} - \text{RED}$	Tucker (1979)
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$\frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$	Kriegler <i>et al.</i> (1969)
Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)	$\frac{\text{NIR} - \text{GREEN}}{\text{NIR} + \text{GREEN}}$	Gitelson <i>et al.</i> (1996)
Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	$\frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED} + L} \times (1 + L)$	Huete (1988)
Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI)	$\frac{\text{NIR} - \text{RED} - \gamma(\text{BLUE} - \text{RED})}{\text{NIR} + \text{RED} - \gamma(\text{BLUE} - \text{RED})}$	Kaufman and Tanre (1992)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไม้สักที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามและผลรวมของค่าดัชนีพืชพรรณในหน้าต่างขนาด 3x3 จุดภาพจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ได้แก่ Ratio Vegetation Index (RVI), Difference Vegetation Index (DVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) และ Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) ในบริเวณตำแหน่งเดียวกันกับแปลงตัวอย่างภาคสนามด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) โดยกำหนดปริมาณไม้สักทั้งหมดที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามเป็นตัวแปรตาม และดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เป็นตัวแปรอิสระ แสดงรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้น ดังสมการ (3) (Ravindranath, 1981)

$$y = a + bx \quad (3)$$

เมื่อ y คือ ค่าการคาดการณ์ปริมาณไม้สัก
 a คือ ค่าที่เส้นสมการถดถอยตัดแกน Y
 b คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการถดถอย
 x คือ ค่าดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ได้แก่ RVI, DVI, NDVI, GNDVI และ ARVI ตามลำดับ

พิจารณาความเหมาะสมของสมการคาดการณ์ปริมาณไม้สัก โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of determination: R^2) ที่มีค่าสูงที่สุด และพิจารณาผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมการความสัมพันธ์ด้วยสถิติทดสอบ Overall F-test จากตาราง ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α เท่ากับ 0.05)

ตรวจสอบความถูกต้องของสมการคาดการณ์ ปริมาตรไม้สัก โดยนำข้อมูลแปลงตัวอย่างที่ใช้สำหรับ ตรวจสอบความถูกต้อง มาเปรียบเทียบกับผลต่างระหว่าง ปริมาตรไม้ที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนาม และ ปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากสมการคาดการณ์ปริมาตร ไม้สัก และตรวจสอบความแม่นยำของสมการคาดการณ์ ปริมาตรไม้สัก โดยใช้ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ โดยใช้สถิติทดสอบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α เท่ากับ 0.05)

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาตรไม้สัก

ผลการวิเคราะห์ปริมาตรไม้สักจากแปลงตัวอย่าง ภาคสนามจำนวน 80 แปลงตัวอย่าง พบว่าปริมาตรไม้สัก ที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามมีปริมาตรไม้สัก ต่อไร่อยู่ระหว่าง 11.88 ถึง 23.75 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาตร ไม้สักเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 18.43 ลูกบาศก์เมตร ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 2.92 แสดงตารางข้อมูลแปลงตัวอย่าง ภาคสนาม และปริมาตรไม้สักในแปลงตัวอย่างและปีที่ปลูก (Table 2) และแผนภาพการกระจายของปริมาตรไม้สัก เฉลี่ยต่อไร่ในแต่ละปีที่ปลูก (Figure 3)

Table 2 The field sample plots data and teak volume in sample plots each year of planting

Year of planting	Number of sample plots	Average number of tree	Average DBH (cm)	Teak volume (m ³ /rai)		
				Minimum	Maximum	Average
1981	1	5.00	39.00	-	22.24	22.24
1982	4	6.75	33.49	18.43	21.78	19.97
1983	2	18.00	26.53	21.04	21.49	21.27
1986	6	10.17	29.62	14.58	22.60	19.22
1987	2	5.50	36.81	20.64	21.76	21.2
1988	7	10.43	28.00	14.89	23.75	18.62
1991	3	14.00	25.31	18.03	21.62	20.01
1992	2	16.00	24.96	18.65	21.70	20.17
1993	12	15.25	23.86	11.88	23.27	18.91
1994	6	15.17	23.54	16.17	21.69	19.44
1995	4	18.25	22.64	16.55	19.37	18.23
1996	2	20.00	22.93	16.21	23.70	20.19
2000	11	28.18	18.62	14.03	20.75	18.59

Table 2 (Continued)

Year of planting	Number of sample plots	Average number of tree	Average DBH (cm)	Teak volume (m ³ /rai)		
				Minimum	Maximum	Average
2001	3	28.00	19.16	20.51	20.75	18.43
2002	2	23.00	19.39	16.92	19.86	18.39
2003	7	28.00	17.67	13.21	19.87	15.08
2004	6	29.17	16.77	11.98	18.00	14.26
Average teak volume (m ³ /rai)						18.43
Standard deviation						2.92

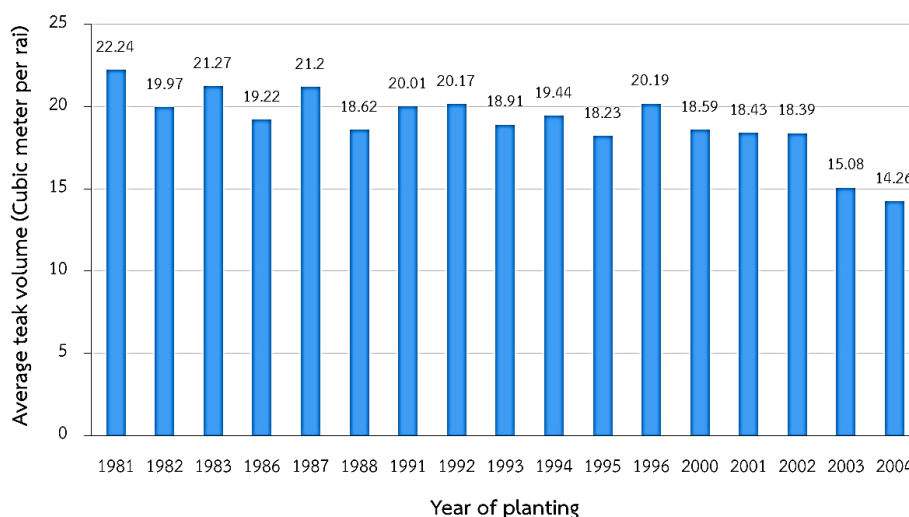


Figure 3 Average teak volume per rai in each year of planting

การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2

ผลการวิเคราะห์ผลรวมของค่าดัชนีพืชพรรณ ในหน้าต่างขนาด 3×3 จุดภาพ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ได้แก่ RVI, DVI, NDVI, GNDVI, SAVI และ ARVI ในบริเวณตำแหน่งเดียวกันกับแปลงตัวอย่าง ภาคสนามจำนวน 80 แปลงตัวอย่าง พบว่าดัชนีพืชพรรณ RVI มีค่าอยู่ระหว่าง 82.43 ถึง 159.85 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

123.88 DVI มีค่าอยู่ระหว่าง 21,737 ถึง 32,029 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26,961.80 NDVI มีค่าอยู่ระหว่าง 7.20 ถึง 8.04 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.75 GNDVI มีค่าอยู่ระหว่าง 6.14 ถึง 7.13 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.72 SAVI (L เท่ากับ 0.5) มีค่าอยู่ระหว่าง 10.80 ถึง 12.06 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.62 และ ARVI (γ เท่ากับ 1) มีค่าอยู่ระหว่าง 7.10 ถึง 8.16 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.84

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้สักและดัชนีพืชพรรณ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาตรไม้สักที่คำนวณได้จากแปลงตัวอย่างภาคสนามและผลรวมของดัชนีพืชพรรณในหน้าต่างขนาด 3x3 จุดภาพ (Figure 4) โดยพิจารณารูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักที่เหมาะสมที่สุดจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดสูงสุด พบว่าดัชนีพืชพรรณ SAVI ที่กำหนดค่าคงที่ L เท่ากับ 0.5 เป็นตัวแปรอิสระที่เข้าสู่สมการ เป็นรูปแบบสมการความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.73 ดังสมการ

ปริมาตรไม้สัก (y) = 10.064 (SAVI) - 98.736 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้สถิติทดสอบแบบ Overall F-test พบว่า ค่าสถิติทดสอบ F มีค่าเท่ากับ 142.67 ให้ค่า p-value เท่ากับ 0.00 ซึ่งค่าสถิติทดสอบ F จากการทดสอบมีค่ามากกว่าค่าในขอบเขตวิกฤต $F_{0.05(1,54)}$ เท่ากับ 4.02 แสดงถึงข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α เท่ากับ 0.05) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าดัชนีพืชพรรณ SAVI ที่กำหนดค่าคงที่ L เท่ากับ 0.5 สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาตรไม้สักได้

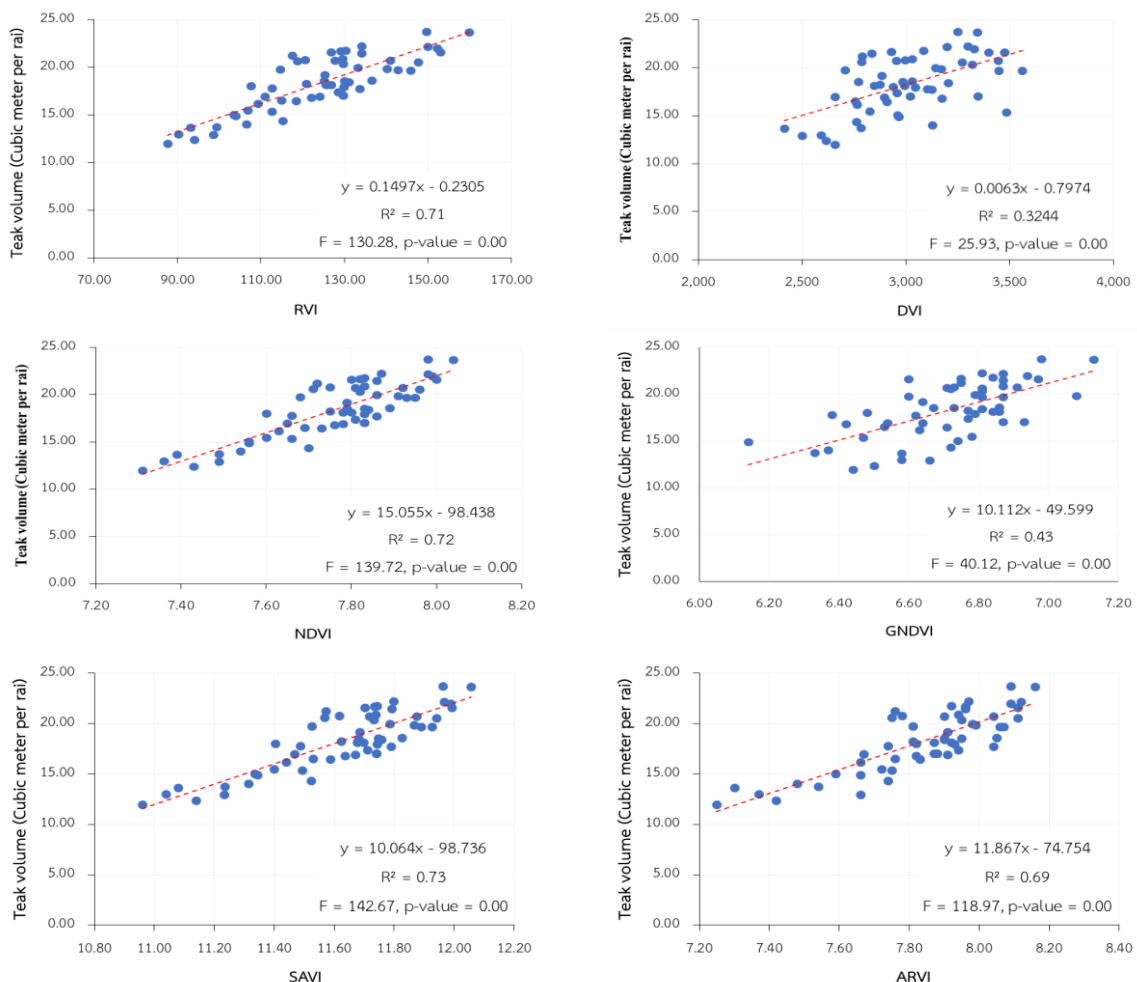


Figure 4 Scatter plot between teak volume and RVI, DVI, NDVI, GNDVI, SAVI and ARVI

การตรวจสอบความถูกต้อง

ผลการตรวจสอบความถูกต้องจากการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามและปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักของข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2 พบว่าปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามเท่ากับ 449.59 ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักเท่ากับ 439.09 ลูกบาศก์เมตร โดยผลต่างของปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามสูงกว่าปริมาตรไม้ที่คำนวณจากรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักเท่ากับ 10.50 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นผลต่างร้อยละ 2.34 ตรวจสอบความแม่นยำของรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สัก โดยใช้ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.52 และค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.92 (Table 3) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล

โดยใช้สถิติทดสอบแบบ t-test พบว่า ค่าสถิติทดสอบ t มีค่าเท่ากับ 1.12 ให้ค่า p-value เท่ากับ 0.27 ซึ่งค่าสถิติทดสอบ t จากการทดสอบมีค่าทางสถิติต่ำกว่าค่าในขอบเขตวิกฤต $t < t_{0.05(23)}$ เท่ากับ 1.71 แสดงถึงปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามและปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α เท่ากับ 0.05) แสดงการกระจายระหว่างปริมาตรไม้ที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามและปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักของข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2 (Figure 5) และพบว่าผลการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักทั้งหมดบริเวณพื้นที่ศึกษาสามารถคาดการณ์ปริมาตรไม้สักได้เท่ากับ 199,366.68 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาตรไม้สักเฉลี่ยเท่ากับ 18.51 ลูกบาศก์เมตร ต่อไร่

Table 3 The difference between teak volume calculated from field sample plots and teak volume calculated from teak volume prediction equation model

No.	Field sample plots (m ³ /rai)	Prediction equation model (m ³ /rai)	Difference (m ³)
1	18.43	18.40	0.03
2	21.04	19.75	1.29
3	14.58	14.45	0.13
4	22.60	20.91	1.69
5	21.76	18.80	2.96
6	17.80	19.83	-2.03
7	18.65	17.91	0.74
8	21.79	21.64	0.15
9	23.27	20.36	2.91
10	17.73	16.62	1.11

Table 3 (Continued)

No.	Field sample plots (m ³ /rai)	Prediction equation model (m ³ /rai)	Difference (m ³)
11	11.88	11.76	0.12
12	21.69	18.63	3.06
13	18.42	17.61	0.81
14	17.78	18.81	-1.03
15	19.37	18.02	1.35
16	19.80	20.73	-0.93
17	20.43	18.16	2.27
18	16.90	19.65	-2.75
19	16.21	19.27	-3.06
20	17.25	20.19	-2.94
21	20.51	20.60	-0.09
22	19.87	18.96	0.91
23	13.86	9.96	3.90
24	17.97	18.07	-0.10
Total	449.59	439.09	10.50
Percentage difference			2.34
Mean absolute error			1.52
Root mean squared error			1.92

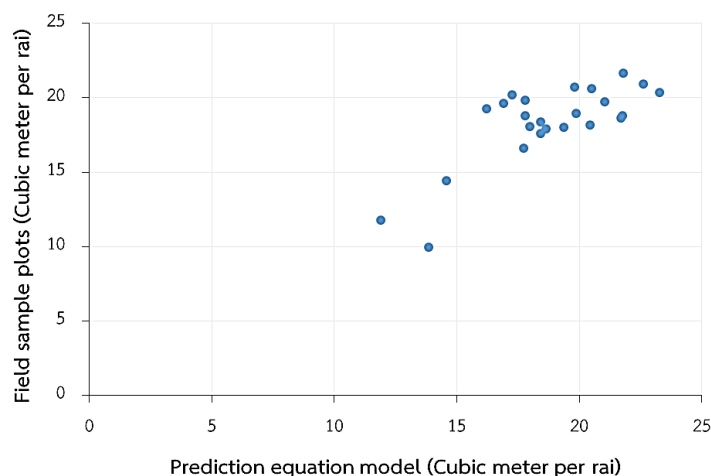


Figure 5 Scatter plot between teak volume calculated from field sample plots and teak volume calculated from teak volume prediction equation model

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้คาดการณ์ปริมาตรไม้สัก บริเวณสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ที่วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้ที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามและดัชนีพืชพรรณ SAVI ที่กำหนดค่าคงที่ L เท่ากับ 0.5 เป็นตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการมีความเหมาะสมที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.73 โดยดัชนีพืชพรรณ SAVI ถูกพัฒนาเพื่อลดผลกระทบจากการสะท้อนพลังงานของดินจากการใช้ค่าคงที่ L สำหรับพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมสูงค่าคงที่ L เท่ากับ 0 หรือ 0.25 พื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมปานกลางค่าคงที่ L เท่ากับ 0.5 และพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมต่ำค่าคงที่ L เท่ากับ 0.75 (Huete, 1988) จากการเก็บข้อมูลภาคสนามพบว่า ค่าคงที่ L เท่ากับ 0.5 เป็นค่าที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษามากที่สุด เนื่องจากการเก็บข้อมูลแปลงปลูกไม้สักที่มีระยะปลูก 4x4 เมตร อายุ 15 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นแปลงปลูกไม้สักที่มีการตัดสางขยายระยะ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างลำต้นมากขึ้น จึงส่งผลให้มีผลกระทบเกี่ยวกับการสะท้อนพลังงานของดิน

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดที่ได้จากรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สัก พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดของรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.73 เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับรายงานการวิจัยของ Chang and Shoshany (2016) ที่ได้ศึกษาการคาดการณ์ชีวมวลเหนือพื้นดินของไม้พุ่มบริเวณชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดของรูปแบบสมการคาดการณ์มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้พุ่มจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 มีค่าเท่ากับ 0.72 และ Nuthammachot *et al.* (2018) ที่ได้ศึกษาการคาดการณ์ชีวมวลเหนือพื้นดินบริเวณพื้นที่ป่า Girisekar และ Jetis ประเทศอินโดนีเซีย โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดของรูปแบบสมการคาดการณ์มวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 มีค่าเท่ากับ 0.74

เมื่อพิจารณาความแม่นยำของสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักมีค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 1.52 และค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

เท่ากับ 1.92 และพิจารณาความแตกต่างของข้อมูลระหว่างปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามและปริมาตรไม้ที่คำนวณจากรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักของข้อมูลภาพถ่ายเทียม Sentinel-2 ถือได้ว่ามีความใกล้เคียงกัน และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α เท่ากับ 0.05) ดังนั้นสามารถนำรูปแบบสมการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์ปริมาตรไม้สัก บริเวณสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ได้โดยไม่ต้องเข้าไปสำรวจภาคสนามทั้งหมด เพื่อลดระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักสำหรับนำข้อมูลไปสนับสนุนในการบริหารจัดการสวนป่า อย่างไรก็ตามในการนำรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักมาใช้สำหรับคาดการณ์ปริมาตรไม้สักในปีต่อไป ต้องคำนึงถึงช่วงเวลาสำหรับดาวเทียม Sentinel-2 โดยข้อมูลภาพถ่ายเทียมบริเวณพื้นที่ศึกษาต้องปราศจากเมฆ และเป็นช่วงที่ไม้สักยังไม่ผลัดใบ เนื่องจากการผลัดใบของไม้สักส่งผลให้ค่าการสะท้อนแสงลดลงทำให้ปริมาตรไม้สักที่คาดการณ์ได้ลดลงตามไปด้วย ดังนั้นควรเลือกดาวเทียม Sentinel-2 ในช่วงปลายฝนต้นหนาว (เดือนตุลาคม – เดือนพฤศจิกายน) ซึ่งเป็นช่วงที่มีเมฆบดบังน้อยและไม้สักยังไม่ผลัดใบ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในปีนั้น ๆ

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามและดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายเทียม Sentinel-2 ได้แก่ Ratio Vegetation Index (RVI), Difference Vegetation Index (DVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) และ Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) โดยกำหนดปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากแปลง

ตัวอย่างภาคสนามเป็นตัวแปรตาม และดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายเทียม Sentinel-2 เป็นตัวแปรอิสระ พบว่าการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาตรไม้สักที่คำนวณได้จากแปลงตัวอย่างภาคสนามและผลรวมของค่าดัชนีพืชพรรณในหน้าต่างขนาด 3×3 จุดภาพ โดยมีดัชนีพืชพรรณ SAVI ที่กำหนดค่าคงที่ L เท่ากับ 0.5 เป็นตัวแปรอิสระที่เข้าสู่สมการ เป็นรูปแบบสมการความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด ดังสมการปริมาตรไม้สัก (y) = $10.064(\text{SAVI}) - 98.736$ มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.73 ตรวจสอบความแม่นยำของรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สัก มีค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 1.52 และค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 1.92 เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล โดยใช้สถิติทดสอบแบบ t-test พบว่าปริมาตรไม้สักทั้งหมดที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามและปริมาตรไม้สักทั้งหมดที่คำนวณจากรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α เท่ากับ 0.05) ผลการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักทั้งหมดบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่าสามารถคาดการณ์ปริมาตรไม้สักได้เท่ากับ 199,366.68 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาตรไม้สักเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 18.51 ลูกบาศก์เมตร

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลในสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักที่ได้เหมาะสำหรับใช้ในสวนป่าทองผาภูมิเท่านั้น ในสวนป่าท้องที่อื่น ๆ หากจะนำรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักดังกล่าวไปใช้ ต้องมีการทดสอบรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สัก โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างปริมาตรไม้สักที่คำนวณจากแปลงตัวอย่างภาคสนามและปริมาตรไม้ที่คำนวณจากรูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สัก ถ้าไม่แตกต่างกันก็สามารถนำไปใช้คาดการณ์ปริมาตรไม้สักได้

2. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้สักกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมควรเลือกแปลงปลูกไม้สักที่มีเรือนยอดชิดกัน เพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับการสะท้อนของดินหรือไม้พื้นล่างชนิดอื่นที่ไม่ต้องการ จะทำให้รูปแบบสมการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักที่ได้มีความแม่นยำในการคาดการณ์ปริมาตรไม้สักมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณเสด็จ สุยอวน หัวหน้างานสวนป่า คุณภาณุวัฒน์ คำกาบ ผู้ช่วยหัวหน้างานสวนป่า และเจ้าหน้าที่สวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการวิจัย ที่พัก และให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนามจนเสร็จสิ้น

เอกสารอ้างอิง

- Chang, J. and M. Shoshany. 2016. Mediterranean Shrublands Biomass Estimation using Sentinel-1 and Sentinel-2. pp. 5300-5303. *In Proceedings of the 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. Beijing: IEEE Xplore.
- European Space Agency. 2015. **Sentinel-2 User Handbook**. Paris: European Space Agency. 64 p.
- Forest Industry Organization. 2014. **Sustainable Forest Management Thong Pha Phum Plantation**. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. 14 p. [in Thai]
- Gitelson, A.A., Y.J. Kaufman and M.N. Merzlyak. 1996. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment** 58(3): 289-298.
- Huete, A.R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment** 25(3): 295-309.
- Huete, A.R., K. Didan, T. Miura, E.P. Rodriguez, X. Gao and L.G. Ferreira. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment** 83(1-2): 195-213.
- Husch, B., T. Beers and J.A. Kershaw. 2003. **Forest Mensuration**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 456 p.
- Jordan, C.F. 1969. Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. **Ecology** 50(4): 663-666.
- Kaufman, Y.J. and D. Tanre. 1992. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing** 30(2): 261-270.
- Kriegler, F., W. Malila, R. Nalepka and W. Richardson. 1969. Preprocessing Transformations and Their Effects on Multispectral Recognition. pp. 97-131. *In Proceedings of the 6th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. Ann Arbor, MI: University of Michigan.

- Lillesand, T.M., R.W. Kiefer and J.W. Chipman. 2015. **Remote Sensing and Image Interpretation**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 736 p.
- Nuthammachot, N., W. Phairuang, P. Wicaksono and T. Phairuang. 2018. Estimating Aboveground Biomass on Private Forest Using Sentinel-2 Imagery. **Journal of Sensors** 2018(2): 1-11. DOI:10.1155/2018/6745629.
- Prasomsin, P. 1991. **A Manual of Forest Mathematics Operations**. Bangkok: Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University. 138 p. [in Thai]
- Ravindranath, M.H. 1981. **Manual of Research Methods for Crustacean Biochemistry and Physiology**. Madras: Central Marine Fisheries Research Institute. 172 p.
- Redowan, M., R. Akter, M. Islam, K.M. Masum and M.S.H. Chowdhury. 2015. Estimating growing stock volume in a Bangladesh forest site using Landsat TM and field-measured data. **International Journal of Geomatics and Geosciences** 6(2): 1607-1619.
- Sangcharoen, R. 1973. A role of teak in economic development. **KU News** 18(6): 36-49. [in Thai]
- Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment** 8(2): 127-150.

กระบวนการและเงื่อนไขความสำเร็จในการพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์
ของเกษตรกรในจังหวัดนครปฐม

Process and Conditions for Success in Farmer Development as Smart Farmers
in Nakhon Pathom Province

พรรณวิภา โชคพิกุลทอง* และนพพร จันทรนำชู

Panwipa Chokpigunthong* and Nopporn Chantararnamchoo

สาขาวิชาพัฒนศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม 73000

Development Education, Faculty of Education, Silpakorn University, Nakhon Pathom, Thailand 73000

*Corresponding author: panwipa.milky@gmail.com

Received: September 24, 2020

Revised: August 17, 2021

Accepted: February 25, 2022

Abstract

The objective of this research was to examine the process and conditions for success in farmer development to become smart farmers in Nakhon Pathom province. A qualitative research method was employed using an in-depth interview. Twelve key informants, which included model smart farmers in Nakhon Pathom province who registered with the Nakhon Pathom Provincial Agricultural Extension Office, officials of the Nakhon Pathom Provincial Agricultural Extension Office, and academics involved in smart farmers program. Instrumentation used for this study involved a semi-structured interview form and a documentary study for a content analysis to construct a grounded theory. Research results were reported in descriptive presentation and descriptive analysis. Results showed that smart farmers development process in Nakhon Pathom province involved: 1) cost-effective usage of production factors; 2) production on demands by planning prior to producing products; 3) efficient management; and 4) various marketing management with supporting multi-level markets. Criteria for success in smart farmer development comprised: 1) appropriate use of innovation and technology; 2) knowledge management with goals; 3) pride as farmer resulting in love and cherish; 4) good entrepreneurship by creating new products to meet the demands of consumers and the market; and 5) support from internal and external agencies.

Keywords: smart farmer development, success of development, Nakhon Pathom province

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการและเงื่อนไขความสำเร็จในการพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ของเกษตรกรในจังหวัดนครปฐม โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้ให้ข้อมูลหลัก ได้แก่ สมาร์ทฟาร์มเมอร์ต้นแบบในจังหวัดนครปฐม ที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานเกษตรจังหวัดนครปฐม เจ้าหน้าที่จากสำนักงานเกษตรจังหวัดนครปฐม และนักวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสมาร์ทฟาร์มเมอร์ รวม 12 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และการศึกษาเอกสาร แล้วนำมาวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อสร้างทฤษฎีฐานราก และนำเสนอผลการวิจัยในลักษณะเชิงพรรณนาและพรรณนาวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ในจังหวัดนครปฐม ประกอบด้วย 1) กระบวนการพัฒนาเพื่อใช้ปัจจัยการผลิตอย่างคุ้มค่า 2) การผลิตตามความต้องการโดยวางแผนก่อนการผลิตสินค้า 3) การจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ 4) การจัดการการตลาดหลายรูปแบบโดยมีตลาดหลายระดับรองรับสำหรับเงื่อนไขความสำเร็จของการพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ ประกอบด้วย 1) การใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม 2) การจัดการองค์ความรู้อย่างมีเป้าหมาย 3) ความภูมิใจที่เป็นเกษตรกรส่งผลให้เกิดความรักและห่วงแหน 4) การเป็นผู้ประกอบการที่ดีโดยสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและตลาด 5) การสนับสนุนจากหน่วยงานภายในและภายนอก

คำสำคัญ: แนวทางการพัฒนาสมาร์ทฟาร์มเมอร์
ความสำเร็จของการพัฒนา จังหวัดนครปฐม

คำนำ

ในอนาคตภาคเกษตรกรรมจะเผชิญกับปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความยั่งยืน ไม่ว่าจะเป็นจำนวนประชากร การบริโภคที่หลากหลาย ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การกระจายรายได้ การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ จึงเป็นเหตุผลที่ควรให้ความสำคัญในการวางแผนระยะยาวเพื่อแก้ไขปัญหาในด้านอาหารและภาคเกษตรกรรม (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018) นอกจากนี้ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาเกษตรกรให้เป็นศูนย์กลางการพัฒนาอย่างสมดุล มีการรวมกลุ่มเป็นสถาบันเกษตรกรในชุมชนต่าง ๆ เพื่อผลักดันให้สามารถดำเนินงานในรูปของธุรกิจเกษตรที่สามารถพึ่งพาตนเองได้โดยน้อมนำปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราชบรมนาถบพิตร มาขยายผลและประยุกต์ใช้อย่างต่อเนื่อง เพราะการพัฒนาการเกษตรในระยะต่อไป ถือเป็นก้าวสำคัญของการพัฒนาประเทศ จากวิถีการทำเกษตรแบบดั้งเดิม ไปสู่การบริหารจัดการเกษตรกรรมสมัยใหม่ โดยอาศัยเทคโนโลยีและนวัตกรรม มาสนับสนุนการผลิตสินค้าเกษตร (Department of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2017) สมาร์ทฟาร์มเป็นแนวคิดในการจัดการฟาร์ม โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อเพิ่มคุณภาพและปริมาณสินค้าเกษตรกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยเกษตรกรได้นำระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก การตรวจวัดดิน การจัดการข้อมูล และเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการทำเกษตรกรรม ทำให้สามารถติดตามประเมินผล ป้องกันผลกระทบต่อผลผลิตได้ทันเวลาที่และมีประสิทธิภาพ (Schuttelaar and Partners, 2017)

จังหวัดนครปฐม เป็นจังหวัดที่มีบทบาทในด้านเกษตรกรรม ในปี พ.ศ. 2560 ได้รับการจัดให้เป็นจังหวัดเกษตรก้าวหน้า เนื่องจากเกษตรกรรมมีศักยภาพสูง สามารถเรียนรู้วิทยาการแบบใหม่ผ่านการนำเทคโนโลยีมาใช้ และมีการวางแผนจัดการการผลิตเพื่อเชื่อมโยงการส่งออก รวมทั้งมีระบบชลประทานที่ดี ซึ่งสมาร์ทฟาร์มเมอร์มีความสำคัญในการผลักดันให้เกิดเกษตรก้าวหน้า โดยนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเกษตร มีการวางแผน และการจัดการการผลิตและองค์ประกอบต่าง ๆ ให้นำไปสู่การพัฒนาที่ดีขึ้น สมาร์ทฟาร์มเมอร์ในจังหวัดนครปฐมมีจำนวนน้อย หากเปรียบเทียบกับจำนวนเกษตรกรและนโยบายของจังหวัดนครปฐม ซึ่งต้องเร่งพัฒนาให้สอดคล้องและทันสมัยกับสถานการณ์ในปัจจุบัน (Nakhon Pathom Provincial Agricultural Extension Office, 2017)

เห็นได้ว่าทิศทางในการพัฒนาภาคการเกษตร โดยเฉพาะเกษตรกรรมนั้นเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งต้องปรับวิถีการทำเกษตรกรรมให้เหมาะสมและก้าวทันความเปลี่ยนแปลงของโลก เพื่อให้มีประสิทธิภาพทั้งเกษตรกรและสินค้าทางการเกษตร จึงได้ทำการวิจัยนี้ขึ้นมาเพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาเกษตรกรด้วยกระบวนการและเงื่อนไขไปสู่ความสำเร็จของการเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ เพื่อนำเสนอผลสัมฤทธิ์ของการพัฒนาแล้วนำไปสู่การพัฒนาภาคการเกษตรไทยให้มีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดเครือข่ายสมาร์ทฟาร์มเมอร์ที่เข้มแข็งและสามารถเชื่อมโยงความรู้และถ่ายทอดให้เกษตรกรรายอื่น ๆ จนนำไปสู่การพัฒนาเกษตรกรให้มีชีวิตที่ดี ชุมชนมีคุณภาพเข้มแข็ง และการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนที่ยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดยวิธีการเก็บข้อมูลจากเอกสาร (Documentary) ผ่านการศึกษา แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบข้อมูลเบื้องต้น

ที่เกี่ยวข้องกับสมาร์ทฟาร์มเมอร์ และการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) ผ่านการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ซึ่งกลุ่มเป้าหมาย คือ สมาร์ทฟาร์มเมอร์ต้นแบบ โดยปี พ.ศ. 2562 มีผู้ผ่านคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานเพื่อขึ้นทะเบียนเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ต้นแบบกับสำนักงานเกษตรจังหวัดนครปฐม จำนวน 40 คน และบุคคลที่เกี่ยวข้องกับสมาร์ทฟาร์มเมอร์เพื่อให้ข้อมูลในมิติอื่น ๆ ดังนั้นผู้ให้ข้อมูลหลัก คือ สมาร์ทฟาร์มเมอร์ต้นแบบ จำนวน 10 คน เจ้าหน้าที่จากสำนักงานเกษตรจังหวัดนครปฐม ที่รับผิดชอบในการพัฒนาสมาร์ทฟาร์มเมอร์ และนักวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสมาร์ทฟาร์มเมอร์ รวมทั้งสิ้น 12 คน และนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) และการสร้างทฤษฎีฐานราก (Grounded theory) เพื่อศึกษากระบวนการและเงื่อนไขการพัฒนาเกษตรกรเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ โดยมีตัวชี้วัดตัวแปรมาจากเกณฑ์คุณสมบัติและปัจจัยสำคัญในการเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ จึงได้กรอบแนวคิดในการวิจัย คือ บริบทของสมาร์ทฟาร์มเมอร์ในจังหวัดนครปฐม ที่นำไปสู่เงื่อนไขความสำเร็จ และกระบวนการพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ข้อมูลสมาร์ทฟาร์มเมอร์ในจังหวัดนครปฐม

จากการศึกษาข้อมูล และการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลัก พบว่าสมาร์ทฟาร์มเมอร์และสมาร์ทฟาร์มเมอร์ต้นแบบ ร้อยละ 90 เป็นเกษตรกรที่มีการทำงานเป็นกลุ่มมาก่อน ไม่ว่าจะเป็นการรวมกลุ่มทำการเกษตรในครอบครัว กลุ่มวิสาหกิจชุมชนระดับตำบล กลุ่มแปลงใหญ่ เช่น กลุ่มนาแปลงใหญ่จังหวัดนครปฐม สมาชิกหรือหัวหน้าศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร เป็นต้น ส่วนสมาร์ทฟาร์มเมอร์และสมาร์ทฟาร์มเมอร์ต้นแบบ ร้อยละ 10 มักเป็นเกษตรกรรุ่นใหม่ที่พัฒนาตนเองมาจากการเป็นเกษตรกรรุ่นใหม่ ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายที่จะเป็นกำลังสำคัญในภาค

การเกษตรในอนาคต เพื่อทดแทนเกษตรกรรุ่นเก่าที่เข้าสู่ วัยสูงอายุ และสามารถฟาร์มเมอร์และสามารถฟาร์มเมอร์ ต้นแบบที่เป็นเกษตรกรรุ่นใหม่มาก่อนนั้น ค่อนข้างมีความ ทันสมัยต่อเทคโนโลยี มีความกระตือรือร้นในการศึกษา หาความรู้ใหม่ ๆ อยู่เสมอ และมีกำลังในการปฏิบัติงาน โดยอาศัยการบริหารจัดการและแบ่งเบาภาระการทำงาน ให้สะดวกและมีประสิทธิภาพ

กระบวนการพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ของเกษตรกร ในจังหวัดนครปฐม

1) การใช้ปัจจัยการผลิตอย่างคุ้มค่า ซึ่งมีส่วน สำคัญมากในการริเริ่มทำเกษตรกรรมสมัยใหม่ และการ เป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ ไม่ว่าจะเป็นการถือครองที่ดิน เป็นของตนเองหรือเช่าพื้นที่ รวมถึงแหล่งน้ำ และความ อุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดิน เพื่อใช้ในการทำ เกษตรกรรม โดยเน้นทำน้อยได้มาก มีการจัดสรรพื้นที่ ทำการเกษตร มีการปลูกพืชที่หลากหลาย เพื่อให้ได้ผลผลิต คนละช่วงเวลา เป็นการกระจายรายได้ให้มีรายได้ทั้งปี และพัฒนาสินค้าเป็นสินค้าสีเขียว และของเสียเหลือศูนย์ อีกทั้งต้องรู้จักสภาพที่ดินของตนเอง และเลือกปลูกพืช ที่เหมาะสม รวมทั้งหมั่นดูแล รักษา พื้นฟูที่ดินของตนเอง ให้อุดมสมบูรณ์อยู่ตลอด สำหรับแรงงานในการทำ เกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปัจจุบันประเทศไทย ได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ แรงงานภาคการเกษตรมีอายุเฉลี่ย มากขึ้น และมีคนรุ่นหลังสนใจทำเกษตรกรรมน้อยลง ดังนั้นควรมีการส่งเสริมและปลูกฝังให้ลูกหลานเห็น ความสำคัญของอาชีพทางการเกษตร ซึ่งภาครัฐได้มี นโยบายที่พัฒนาเกษตรกรเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ และการ พัฒนาคือรุ่นหลังให้เป็นเกษตรกรรุ่นใหม่ และมีการ ปรับเปลี่ยนจากทำด้วยตนเองทั้งหมดเป็นการจ้างงาน คนที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะ หรือจ้างบริษัทเพื่อนำ เทคโนโลยีและเครื่องมือมาช่วยลดการใช้แรงงานคน รวมทั้งช่วยลดระยะเวลาในการทำงาน เช่น ใช้โดรนเพื่อ ฉีดยาหรือให้น้ำ

นอกจากนี้ทุนยังเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อน ให้สามารถพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ได้ ทั้งทุนในรูป ตัวเงิน ซึ่งเป็นต้นทุนและเงินทุนเวียนของการลงทุน ในการสร้างผลผลิตทางการเกษตร และทุนในรูปแบบวัสดุ เครื่องมือ และสาธารณูปโภค เช่น เครื่องจักร น้ำ ไฟฟ้า และเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น รวมถึงการได้รับการสนับสนุนจาก ภาครัฐที่เห็นถึงความสำคัญในการช่วยลงทุนเครื่องมือ เครื่องจักรให้เกษตรกรได้ใช้ร่วมกันเพื่อทำการเกษตร สมาร์ทฟาร์มเมอร์ให้ความสนใจในด้านเทคโนโลยี เพื่อ นำมาใช้พัฒนาการทำเกษตรกรรมและการผลิตสินค้า ทางทางการเกษตร รวมถึงผู้ประกอบการ ซึ่งสมาร์ทฟาร์มเมอร์ ต้นแบบส่วนใหญ่มักพัฒนาตนเองมาจากการทำ การเกษตรแบบภายในครอบครัว หลังจากนั้นเริ่มมีการ รวมกลุ่มกันกับเพื่อน ญาติ และคนในชุมชน จนเกิดเป็น กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทำให้สามารถสร้างรายได้ สร้าง ชื่อเสียงของผลผลิตให้ตนเองและชุมชน สอดคล้องกับ Makinen (2013) ที่รายงานไว้ว่า วิธีที่ดีที่สุดที่ทำให้ประสบ ความสำเร็จ คือ การคิดอย่างมียุทธศาสตร์ และการ ปรับตัวให้เป็นผู้ประกอบการของเกษตรกร ทำให้ เกษตรกรมีวิสัยทัศน์ที่ชัดเจนเกี่ยวกับทิศทางการพัฒนา ฟาร์ม มีการคิดแผนธุรกิจภายใต้แผนการลงทุน และมีการ วางเป้าหมายระยะสั้น

ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ให้ ประสบความสำเร็จได้ ต้องอาศัยการใช้ปัจจัยการผลิต อย่างคุ้มค่า โดยใช้ประโยชน์การปัจจัยการผลิตที่มีให้เกิด ประโยชน์สูงสุด เพื่อเป็นปัจจัยพื้นฐานในการเริ่มต้นทำ เกษตรกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยข้างต้นที่เกษตรกร ไม่จำเป็นต้องมีที่ดินจำนวนมาก แต่ต้องรู้จักการจัดการ ที่ดินของตนเอง หันมาใช้เทคโนโลยีหรือเครื่องจักรเพื่อลด แรงงาน ลดระยะเวลาในการผลิต และสามารถขายสินค้า ผ่านช่องทางที่เหมาะสมกับผลผลิตในช่วงนั้น ๆ

2) การผลิตตามความต้องการ โดยสมาร์ท ฟาร์มเมอร์ต้นแบบในจังหวัดนครปฐม ได้นำเทคโนโลยี และนวัตกรรมต่าง ๆ เข้ามาใช้ในการผลิตสินค้าทางการ

เกษตร มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการพัฒนากระบวนการผลิตสินค้าเกษตร ไปจนถึงผู้บริโภค ยังใช้ในการยกระดับคุณภาพการผลิต ลดต้นทุน รวมทั้งพัฒนามาตรฐานสินค้า เกิดเป็นสินค้าที่ดึงดูดความต้องการของผู้บริโภค และมีรูปลักษณ์ที่น่าสนใจ อีกทั้งผลิตสินค้าทางการเกษตรนั้นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค ด้วยมาตรฐานการจัดการเกษตรที่ดี (Good Agriculture Practice: GAP) การจัดการโรงงานที่ดี (Good Manufactory Practice: GMP) และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เนื่องจากในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาบริโภคสินค้าที่ปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น การผลิตสินค้าอย่างปลอดภัยจึงเป็นการคำนึงถึงคุณภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภค สังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกษตรกรสามารถใช้ผลผลิตทางการเกษตรที่ได้ทั่วไป มาแปรรูปเป็นเครื่องมือในการกำจัดศัตรูพืชและโรคต่าง ๆ รู้จักนำของเสียหรือของเหลือมาสร้างประโยชน์

นอกจากนี้การผลิตสินค้าต้องคำนึงถึงวิธีการผลิต และคำนึงถึงความต้องการของตลาด คือ หากเมื่อได้ผลผลิตออกมาจะนำไปจำหน่ายหรือบริโภค เพื่อสามารถกำหนดการดำเนินงานและระยะเวลาในการผลิตได้ พร้อมทั้งหาตลาดที่เหมาะสมไว้รองรับก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับ Neumann (2016) ที่ศึกษาปัจจัยทางบุคคลในการออกแบบระบบการผลิต และประสิทธิภาพทางคุณภาพ พบว่ามีปัจจัยเสี่ยงทางคุณภาพที่ต้องออกแบบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเฉพาะตามงาน การออกแบบกระบวนการที่เป็นการกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานหรือการแบ่งงาน กลวิธีในการจัดหาวัสดุและการออกแบบสถานที่ให้มีขนาดที่เหมาะสมขณะปฏิบัติงาน

การผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมีส่วนสำคัญมากที่ช่วยให้เกิดการพัฒนามาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ เนื่องจากการทราบถึงความต้องการของตลาดและผู้บริโภคจะช่วยให้ผลิตสินค้าได้ตามความต้องการ ทั้งปริมาณและรูปแบบสินค้า ดังนั้นเกษตรกร

ต้องผลิตสินค้าโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม และตรงตามความต้องการของผู้บริโภคและตลาด

3) การจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ มีการกำหนดรูปแบบการทำงานแบบมีขั้นตอน มีการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาประเมินและวิเคราะห์การทำงาน และสามารถตรวจสอบที่มาของผลผลิตพร้อมทั้งติดตามผล ซึ่งแตกต่างกับการทำเกษตรแบบดั้งเดิมที่เป็นการทำตามกันมานับตั้งแต่รุ่นบรรพบุรุษ ไม่มีลำดับขั้นตอนการทำงานอย่างชัดเจน อีกทั้งยังไม่มีกระบวนการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินผล หรือการดำเนินการติดตามหรือควบคุมผลผลิต จากการสัมภาษณ์สมาชิกรวมมิตรต้นแบบพบว่าไม่มีวิธีในการจัดการงานด้านการเกษตรที่หลากหลาย รวมถึงการวางแผนในการดำเนินการ โดยใช้แผนธุรกิจช่วยในการทำเกษตรกรรมให้เป็นรูปแบบธุรกิจเกษตร

นอกจากนี้การจัดทำระบบบัญชี สามารถช่วยให้เกษตรกรสามารถทำการเกษตรได้อย่างมีระบบ ทำให้ทราบถึงที่มาของรายได้ ต้นทุน และผลกำไร อีกทั้งยังสามารถบริหารจัดการหนี้ที่ต้องชำระกับธนาคาร และบริหารค่าใช้จ่ายในครัวเรือน เพื่อหาสาเหตุของต้นทุนที่สูงขึ้นและนำไปปรับปรุงการทำงานในอนาคต หากรายได้น้อยเกินไปเกษตรกรสามารถวางแผนเพิ่มผลผลิตให้เหมาะสมได้ และการจัดการยังต้องมีการจัดระเบียบหรือโครงสร้างของการทำงานภายในองค์กรให้เป็นระบบ มีการสั่งการให้ปฏิบัติงานตามคำสั่ง และควบคุมให้งานบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ เนื่องจากการทำเกษตรกรรมให้ประสบผลสำเร็จและมีอำนาจในการแข่งขัน ต้องอาศัยการรวมกลุ่มกันของคนในชุมชนท้องถิ่น ดังนั้นหากมีการจัดการองค์กรให้เป็นระบบ จะทำให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สอดคล้องกับการรายงานของ Karlsson *et al.* (2017) ที่ศึกษานวัตกรรมรูปแบบธุรกิจ พบว่ามี 6 ปัจจัยที่ได้รับการพิจารณาในเครือข่ายของก๊าซชีวภาพที่ผลิตในฟาร์ม คือ มุมมองระยะยาว กลยุทธ์ทางธุรกิจ ผู้นำที่มีอำนาจ ความร่วมมือ ทักษะการเป็นผู้ประกอบการ

ตลาดที่มีความปลอดภัย และแถมมองระยะยาว มีความสำคัญมากที่สุดต่อความสามารถในการทำกำไร โดย 6 ปัจจัยนี้ ถ้าหากนำมาใช้เพื่อสร้างกรอบแนวคิดทางธุรกิจ และการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ อาจช่วยให้บริหารกิจการและผลผลิตได้อย่างราบรื่น โดยอาศัยการวางแผน บริหารจัดการ ตั้งแต่ทุน แรงงาน ขั้นตอนการผลิต และผลผลิต

4) การจัดการการตลาดหลายรูปแบบ การทำสมาร์ฟาร์มต้องมีตลาดในการจำหน่ายสินค้าตั้งแต่ก่อนทำการผลิต เพื่อให้สามารถจำหน่ายสินค้าได้ และไม่ส่งผลกระทบต่อในเรื่องปริมาณสินค้าที่ล้นตลาด และการถูกเอาเปรียบด้านราคา สมาร์ฟาร์มเมอร์มีทั้งตลาดเอง และจำหน่ายผ่านพ่อค้าคนกลาง ขึ้นอยู่กับประเภทของสินค้า และปริมาณในการผลิต หากมีสินค้าจำนวนมากจนสินค้าล้นตลาด หรือต้องการเพิ่มมูลค่าสินค้าสามารถทำได้โดยการแปรรูปสินค้าให้เป็นอีกสินค้าหนึ่งโดยมีพื้นฐานจากผลผลิต สร้างสรรค์สินค้าใหม่ ๆ เพื่อเป็นการดึงดูดลูกค้า พร้อมปรับเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์ให้มีสีสันและขนาดตรงกับความต้องการของผู้บริโภค

ผลการวิจัยสอดคล้องกับ Zhang *et al.* (2019) ที่ศึกษาในประเทศจีน พบว่าสหกรณ์การเกษตรเป็นผู้กำหนดราคาสินค้าในตลาด และช่องทางการจำหน่ายสินค้าให้แก่สมาชิก ซึ่งบางครั้งได้ให้ความช่วยเหลือสำหรับจัดซื้อวัตถุดิบและขายสินค้า เกษตรกรจึงเลือกที่จะเข้าร่วมสหกรณ์การเกษตร เพื่อเป็นช่องทางในการจัดการการตลาด ซึ่งการเลือกตลาดเพื่อผลิตสินค้านั้นมีส่วนส่งเสริมให้สามารถจำหน่ายสินค้าและได้ผลตอบแทนที่ดี ซึ่งตรงกับการรายงานของ Grebitus (2017) ที่กล่าวว่า เกษตรกรในเมืองทำให้พฤติกรรมผู้บริโภคเพิ่มขึ้น และต้องการช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากขึ้น ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของการบริโภคและการเติบโตของการผลิต

ด้วยเหตุนี้สมาร์ฟาร์มเมอร์นั้นมีการจัดการการตลาดที่หลากหลายรูปแบบ โดยอาศัยตลาดไว้ก่อนทำการผลิตหรือก่อนผลผลิตออก ซึ่งส่งผลให้มีอำนาจในการต่อรองราคาสินค้า มีตลาดรองรับสินค้า และไม่เกิด

สินค้าล้นตลาด จึงสามารถจำหน่ายสินค้าได้ตลอดการผลิต และสร้างรายได้ให้ตนเอง ครอบครัว ชุมชน และประเทศ

เงื่อนไขความสำเร็จของกระบวนการพัฒนาเกษตรกรรมเป็นสมาร์ฟาร์มเมอร์ในจังหวัดนครปฐม

1) การใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม การใช้เทคโนโลยีและการจัดการข้อมูลนั้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางการผลิต เพื่อให้เกิดการใช้ปัจจัยการผลิตอย่างคุ้มค่าและเหมาะสมกับสภาพของดินฟ้าอากาศ การใช้เทคโนโลยีอาจช่วยประหยัดเวลา เนื่องจากสมาร์ฟาร์มเมอร์ต้องไปประชุม เข้าร่วมอบรม และให้ความรู้แก่ผู้อื่นอยู่เสมอ จึงต้องบริหารจัดการงานให้สามารถเสร็จได้ในเวลาที่กำหนด รวมทั้งต้องศึกษาองค์ความรู้ใหม่ ๆ จากอินเทอร์เน็ตที่สามารถเข้าถึงค้นข้อมูลได้ตลอดเวลา ส่งผลให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับ และสามารถสร้างรายได้ที่สูงขึ้นให้แก่เกษตรกร

ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับ Muhammad *et al.* (2019) ที่กล่าวว่า เทคโนโลยีที่หลากหลายโดยเฉพาะ Internet of Things ทำให้ภาคเกษตรกรรมทันสมัยมีประสิทธิภาพ และพร้อมรับมือกับเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด เช่นเดียวกับ Pivoto *et al.* (2018) ที่พบว่าในบราซิลมีการใช้ GPS ที่ใช้ในการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว ผ่านเครื่องตรวจวัดทางไกลและโดรนพร้อมกล้อง เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างทันฤดูกาล และประหยัดเวลา

การทำเกษตรกรรมต้องปรับเปลี่ยนไปตามยุคสมัย ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยเข้าสู่ยุคประเทศไทย 4.0 ที่เน้นการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยี ซึ่งอาจช่วยให้สามารถทำงานได้อย่างสะดวกขึ้น และลดความผิดพลาดในการทำงาน ส่งผลให้สามารถผลิตได้มากและต้นทุนต่ำ

2) การจัดการองค์ความรู้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ความต้องการและสิ่งที่ตนเองมีอยู่จึงเป็นสิ่งสำคัญในการริเริ่มทำเกษตรกรรม รวมทั้งงานอื่น ๆ เนื่องจากทำให้ทราบความต้องการที่แท้จริง สถานภาพ

ของตนเอง เพื่อใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยใช้การวิเคราะห์ SWOT Analysis คือ การวิเคราะห์ จุดเด่น จุดด้อย โอกาส และอุปสรรค

การจัดการองค์ความรู้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกษตรกรประสบความสำเร็จ เนื่องจากเกษตรกรได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน เพื่อนำความรู้ที่ได้รับมาพัฒนาการผลิตของตนเอง รวมถึงมีการจัดบันทึก จัดทำเอกสารความรู้ การรวมกลุ่ม และการเป็นผู้นำท้องถิ่น ทำให้องค์ความรู้ไม่สูญหาย สามารถนำมาต่อยอด และประยุกต์ใช้ในการทำงาน

ซึ่งสอดคล้องกับ Nuraeni (2013) ที่พบว่า ความรู้และประสบการณ์ช่วยให้เกิดการพัฒนา ไม่ว่าจะเป็นผลผลิตที่เพิ่มขึ้น การลดความเสียหาย ปรับปรุงที่ดิน การป้องกันน้ำท่วม และหน้าดินถล่ม โดยเฉพาะความรู้ และประสบการณ์จากบรรพบุรุษและเครือข่าย สามารถนำความรู้ที่มีมาแก้ไขปัญหาได้ทันที ทำให้สามารถวางแผนการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล (Skobelev *et al.*, 2019)

การจัดการองค์ความรู้อย่างมีเป้าหมายจึงมีความสำคัญกับสมรรถภาพรุ่มเมอร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาว่า องค์ความรู้จะช่วยในการทำเกษตรกรรมได้อย่างประสบความสำเร็จ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงเป็นสิ่งหนึ่งที่เกษตรกรที่ต้องการพัฒนาเป็นสมรรถภาพรุ่มเมอร์ต้องมี เพื่อก้าวทันสถานการณ์ใหม่ ๆ อยู่เสมอ

3. ความภูมิใจที่เป็นเกษตรกร ทศนคติเป็นปัจจัยที่กำหนดความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเกษตร หรือการศึกษาค้นคว้าใหม่ ๆ โดยผู้ให้ข้อมูลหลักมีความเห็นตรงกันว่า เจือใจที่ทำให้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาเป็นสมรรถภาพรุ่มเมอร์ คือ ความภูมิใจที่เป็นเกษตรกรที่ริเริ่มในการทำเกษตร การพัฒนาตนเอง แสวงหาความรู้ใหม่ ๆ รู้จักคิดและวางแผน การเป็นสมรรถภาพรุ่มเมอร์ต้องมีความภูมิใจในความเป็น

เกษตรกร คือ มีความมุ่งมั่นในการประกอบอาชีพการเกษตร รักและหวงแหนพื้นที่และอาชีพทางการเกษตรไว้ให้รุ่นต่อไป มีความสุขและพึงพอใจในการประกอบอาชีพการเกษตร อีกทั้งการปลูกฝังให้ลูกหลานมีความภาคภูมิใจในอาชีพเกษตรกร ผ่านการลงมือปฏิบัติ จนเกิดความผูกพันและความรัก ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้คนรุ่นหลังได้เห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ในการทำเกษตรกรรมที่สามารถสร้างอาชีพได้ เป็นนายของตนเอง สร้างรายได้ และสามารถเลี้ยงครอบครัวได้ จนต้องการเป็นผู้สานต่ออาชีพเกษตรกรให้ดำรงอยู่ต่อไป

สอดคล้องกับ Allahyari (2016) ที่ศึกษาทัศนคติของผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรแม่นยำ ในประเทศอิหร่านทางตอนเหนือ พบว่าการเพิ่มขึ้นของทัศนคติ จะช่วยให้เกษตรกรต้องการมีส่วนร่วมกับการดำเนินงานมากยิ่งขึ้น และความภูมิใจที่เป็นเกษตรกรเป็นปัจจัยที่กำหนดความตั้งใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเกษตร อีกทั้งทำให้เกิดความภาคภูมิใจในการทำอาชีพเกษตรกรที่เป็นอาชีพที่สืบทอดมาตั้งแต่บรรพบุรุษ สร้างความเป็นอยู่ที่ดีแก่ครอบครัว จนส่งผลให้เกิดความรัก ห่วงหวั่นดำรงอาชีพเกษตรกร และสนับสนุนให้ลูกหลานสืบทอดต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับ Nuraeni (2013) ที่ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยภายในและภายนอกที่ส่งผลต่อการรับรู้และมีส่วนร่วมของเกษตรกรพบว่า ทัศนคติ ความเข้าใจ ความรู้สึก อาจช่วยส่งเสริมการทำเกษตรกรรม และทำให้เกษตรกรอยากมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ

ดังนั้นความภาคภูมิใจในการทำอาชีพเกษตรกรที่เป็นอาชีพที่สืบทอดมาตั้งแต่บรรพบุรุษทำให้พัฒนาเป็นสมรรถภาพรุ่มเมอร์ได้ เนื่องจากเห็นความสำคัญว่าสามารถสร้างความเป็นอยู่ที่ดีแก่ครอบครัว จนส่งผลให้เกิดความรัก ห่วงหวั่น และดำรงอาชีพเกษตรกร แม้ว่าภาคอุตสาหกรรมจะเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในปัจจุบัน เกษตรกรยังคงทำกิจการทางการเกษตรต่อไป โดยเปลี่ยนแปลงวิธีการให้เข้ากับยุคสมัย พร้อมสนับสนุนให้ลูกหลานสืบทอดอาชีพต่อไป

4) การเป็นผู้ประกอบการที่ดี สมาร์ทฟาร์มเมอร์ ต้องมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการเงิน การจัดการ วัตถุดิบ และการเผชิญกับความเสี่ยงในการริเริ่มหรือ ดำเนินธุรกิจ มีความคิดสร้างสรรค์ มีการริเริ่มสิ่งใหม่ ๆ เพื่อให้สามารถประกอบอาชีพเกษตรกรได้เหมาะสม ต่อยุคสมัย พร้อมทั้งผลิตสินค้าได้ตามความต้องการของ ตลาดและผู้บริโภค นอกจากนี้ความเป็นผู้ประกอบการที่ดี นั้นเกี่ยวข้องกับความสามารถในการบริหารงานทั่วไป จัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ อย่างเหมาะสม เพื่อให้สามารถ ดำเนินงานได้อย่างราบรื่นและมีแบบแผนในการทำงาน และต้องมีความคิดสร้างสรรค์ในการริเริ่มสิ่งใหม่ ๆ จน เกิดเป็นสินค้าที่หลากหลายและแปลกใหม่ พร้อมทั้งมีการ สร้างนวัตกรรมผ่านการใช้กระบวนการใหม่ ๆ ในการ ผลิตสินค้า การดำเนินธุรกิจ การตลาด และการจัดการ องค์กร เกษตรกรไม่จำเป็นต้องผลิตทุกอย่างได้เอง ของ บางอย่างมีผู้เชี่ยวชาญทำออกมาจำหน่ายอยู่แล้ว เกษตรกรสามารถแลกเปลี่ยนปัจจัยการผลิตและความรู้ ระหว่างกันได้ และยังเป็นการสร้างเครือข่าย อีกทั้งยัง ช่วยลดระยะเวลาและลดต้นทุนในการผลิต

ซึ่งสอดคล้องกับ Makinen (2013) ที่พบว่าวิธี ที่ดีที่สุดที่ทำให้ประสบความสำเร็จ คือ การคิดอย่างมี ยุทธศาสตร์ และการปรับตัวให้เป็นผู้ประกอบการของ เกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีวิสัยทัศน์ที่ชัดเจนเกี่ยวกับ ทิศทางการพัฒนาฟาร์ม มีการคิดแผนธุรกิจภายใต้ แผนการลงทุน และมีการวางแผนระยะสั้น

ดังนั้นการเป็นผู้ประกอบการที่ดีจะส่งเสริมให้ สมาร์ทฟาร์มเมอร์สามารถจัดการการผลิต การตลาด การ จำหน่ายสินค้า และคุณภาพสินค้าที่เหมาะสมและ ปลอดภัยต่อผู้บริโภค สามารถสร้างผลผลิตได้และขายเป็น ส่งผลให้ประสบความสำเร็จในการเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ และการทำการเกษตร

5) การสนับสนุนจากหน่วยงานภายในและ ภายนอก สมาร์ทฟาร์มเมอร์ได้รับการสนับสนุน ที่หลากหลาย โดยเริ่มจากการสนับสนุนจากภายในโดยการ ลงทุนเอง แสวงหาความรู้เอง ต่อมาเริ่มมีการรวมกลุ่มกับ

คนในครอบครัวเป็นการเกษตรแบบครอบครัว การ รวมกลุ่มกับคนในชุมชนเป็นวิสาหกิจชุมชน เพื่อให้ สามารถผลิตสินค้าได้ในปริมาณที่ตลาดต้องการ มีอำนาจในการต่อรองราคา และมีความสามารถในการ แข่งขันกับผู้อื่น

นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนหลักจาก หน่วยงานภายนอก โดยเฉพาะภาครัฐ เช่น สำนักงาน เกษตรจังหวัดนครปฐม สำนักงานเกษตรอำเภอ เป็น หน่วยงานในสังกัดของกรมส่งเสริมการเกษตร ที่สนับสนุน ในการให้ความรู้ในการทำเกษตรกรรม เช่น พัฒนา เกษตรกรให้เป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ การจัดอบรมหลักสูตร ต่าง ๆ รวมถึงสนับสนุนเครื่องมือเครื่องจักรให้เกษตรกร และการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัด นครปฐม ที่เข้ามาสร้างและส่งเสริมให้คนในชุมชนมีอาชีพ ผ่านโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) กรม พัฒนาที่ดินที่ช่วยตรวจสอบสภาพของดิน เพื่อใช้ในการ ปรับปรุงคุณภาพที่ดิน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ อนุรักษ์พลังงาน สนับสนุนโรงเรือนอบแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์ การส่งเสริมเพื่อพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ผ่านการจัดโครงการอบรมเพื่อพัฒนาเป็นสมาร์ต ฟาร์มเมอร์และยังสมาร์ทฟาร์มเมอร์ ในเขตภาคกลางตะวันตก เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับเกษตร 4.0 และการเป็นสมาร์ต ฟาร์มเมอร์ เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรพัฒนาตนเองเป็น สมาร์ตฟาร์มเมอร์ได้ และยังเป็นผู้ให้คำปรึกษาผ่านการ เป็นพี่เลี้ยงให้เกษตรกรนำความรู้ที่ได้ไปใช้ได้จริง

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการสนับสนุนจากหน่วยงาน ภายในและภายนอก สอดคล้องกับการรายงานของ Chen *et al.* (2015) ที่กล่าวว่า ความสัมพันธ์แบบ ครอบครัว ความสัมพันธ์แบบธุรกิจ และความสัมพันธ์ แบบชุมชน สามารถช่วยในการพัฒนาการเข้าถึงข้อมูล สารสนเทศ ขณะที่ความสัมพันธ์แบบรัฐช่วยส่งเสริมการ เข้าถึงทรัพยากร ความสัมพันธ์ภายในเครือข่ายจะทำให้ เกิดการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ และประสบความสำเร็จ ในการสร้างนวัตกรรม

กล่าวได้ว่าการสนับสนุนเป็นแรงผลักดันสำคัญในการประกอบอาชีพและการเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ ไม่ว่าจะเป็นการสนับสนุนจากครอบครัว การสร้างเครือข่ายในชุมชน การสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ เช่น กรมพัฒนาที่ดิน กรมส่งเสริมการเกษตร ฯลฯ ที่ต้องเข้ามาสนับสนุนให้เกษตรกรมีความรู้ ความสามารถ และเครื่องมือในการพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ อีกทั้ง

หน่วยงานภาคเอกชนและสถาบันการศึกษาควรเข้ามาร่วมส่งเสริม เพื่อให้สามารถพัฒนาได้อย่างรวดเร็วและรอบด้านมากขึ้น

ซึ่งจากผลวิจัยสามารถสรุปกระบวนการและเงื่อนไขความสำเร็จในการพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ของเกษตรกรในจังหวัดนครปฐมได้ดัง Figure 1

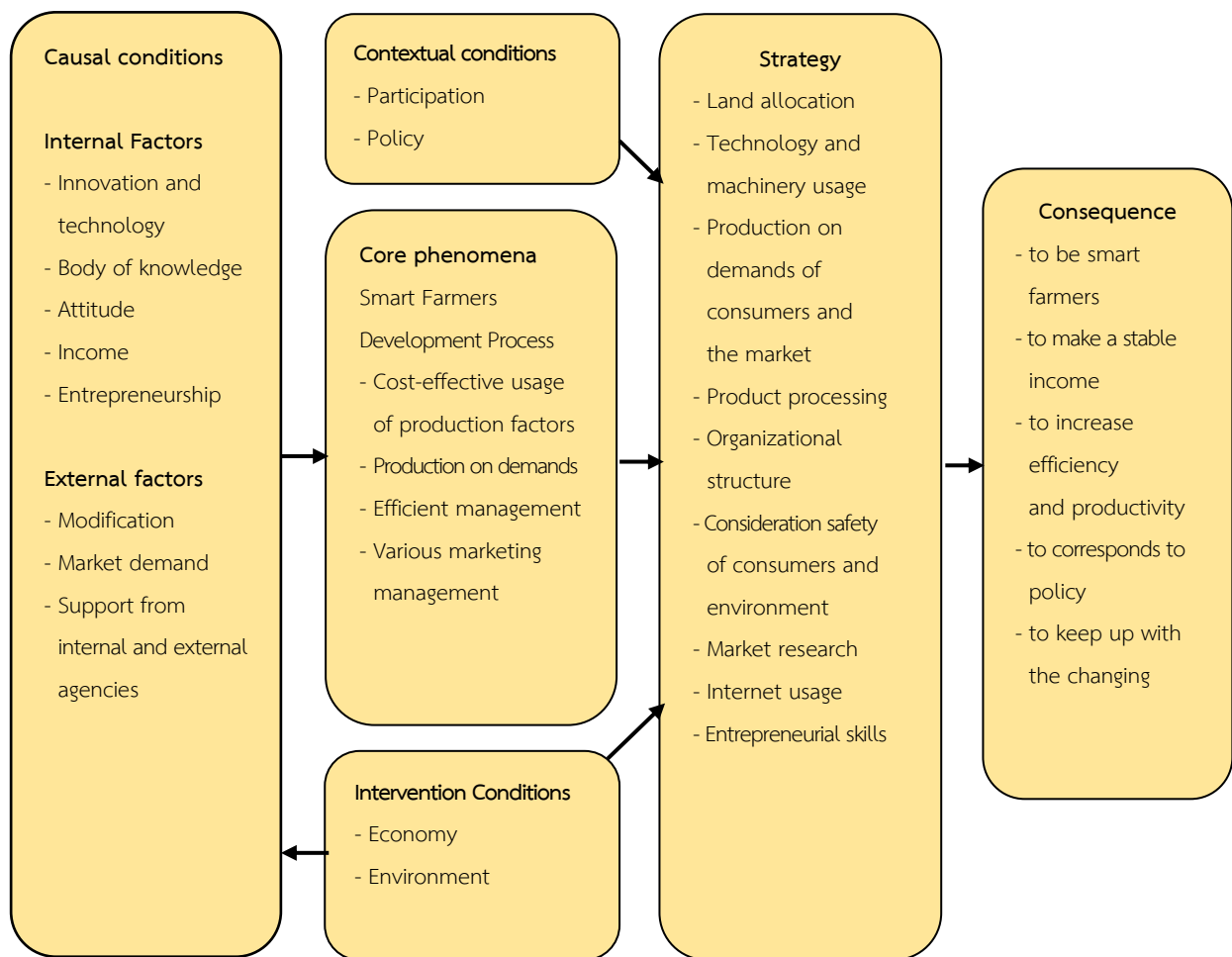


Figure 1 Process and conditions for success in farmer development as smart farmers in Nakhon Pathom province

สรุปผลการวิจัย

1. การใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม เป็นเงื่อนไขสำคัญในการพัฒนาจากเกษตรกรรมแบบดั้งเดิมเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ ซึ่งต้องปรับตัวให้เข้ากับยุคสมัยที่มีการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้ในการทำเกษตรกรรม เช่น เครื่องสีข้าว เครื่องแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร การรดน้ำอัตโนมัติ ส่งผลให้เกษตรกรทำงานได้สะดวกสบายมากขึ้น สินค้ามีคุณภาพได้มาตรฐาน มีประสิทธิภาพ อีกทั้งประเทศไทยประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานภาคเกษตรกรรม เนื่องจากคนรุ่นใหม่หันไปทำงานในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น จึงมีความสนใจทำเกษตรกรรมน้อยลง การใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีจึงช่วยทุ่นแรงในการทำงาน ส่งผลให้ใช้แรงงานน้อยลงแต่มีผลผลิตเช่นเดิมหรือเพิ่มขึ้น

2. การจัดการองค์ความรู้อย่างมีเป้าหมาย สมาร์ทฟาร์มเมอร์มีการจัดการองค์ความรู้อย่างมีเป้าหมาย ผ่านการวิเคราะห์ข้อดี ข้อด้อย ปัญหา และอุปสรรค สำรวจความรู้ที่มีนำไปสู่การเรียนรู้เพิ่มเติม และถ่ายทอดให้ผู้อื่น ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่หาความรู้ผ่านการอบรมและอินเทอร์เน็ต ส่งผลให้มองเห็นองค์ความรู้ที่หลากหลายมาใช้ในการทำเกษตรกรรม พร้อมเรียนรู้เสมอ และแบ่งปันความรู้ให้ผู้อื่นได้

3. ความภูมิใจที่เป็นเกษตรกร ความภูมิใจที่เป็นเกษตรกรเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ส่งผลให้มีความตั้งใจในการทำสิ่งต่าง ๆ และทำให้ภูมิใจในอาชีพเกษตรกร ที่เป็นอาชีพที่สามารถสร้างรายได้เลี้ยงครอบครัวและผลิตสินค้าทางการเกษตรมาตอบสนองความต้องการผู้บริโภค ส่งผลให้คนรุ่นใหม่มีความภาคภูมิใจต้องการปฏิบัติตาม และสืบทอดอาชีพเกษตรกรให้คงอยู่ต่อไป

4. การเป็นผู้ประกอบการที่ดี การมีทักษะการเป็นผู้ประกอบการส่งผลให้สมาร์ทฟาร์มเมอร์มีการวางแผนการผลิต พร้อมผลิตสินค้าได้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคและตลาด สามารถจำหน่ายสินค้าได้ และรู้จักแปรรูปสินค้าเพื่อดึงดูดความสนใจ และลดปัญหา

สินค้าล้นตลาด ทำให้มีรายได้ที่แน่นอนและหลากหลายช่องทาง เป็นการพัฒนาจากการทำเกษตรแบบดั้งเดิมเป็นธุรกิจเชิงเกษตร ที่เกษตรกรต้องสามารถผลิตสินค้าและมีความสามารถในการจำหน่ายสินค้าได้

5. การสนับสนุนจากหน่วยงานภายในและภายนอก เป็นเงื่อนไขสำคัญที่ทำให้พัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ได้อย่างถูกต้องทิศทางและรวดเร็ว เนื่องจากได้รับการร่วมมือจากคนในชุมชนที่รวมกลุ่มกันในการทำเกษตรกรรม รวมถึงพัฒนาสินค้าของชุมชน และการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ เอกชน สถาบันการศึกษา สำหรับการให้ความรู้ สนับสนุนเครื่องมือเครื่องจักร และการร่วมลงทุน และสามารถพัฒนาเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ได้

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรมีการวิจัยเชิงปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วม (Participatory action research) เพื่อพัฒนาการดำเนินงานของสมาร์ทฟาร์มเมอร์ ที่สอดคล้องกับบริบทและความต้องการของเกษตรกร และให้สมาร์ทฟาร์มเมอร์ได้มีส่วนร่วมคิด ร่วมปฏิบัติ และร่วมดำเนินการในการพัฒนาเกษตรกร

2. ควรมีการทำวิจัยและพัฒนา (Research and development) เพื่อศึกษาตัวแบบความสำเร็จในการพัฒนาเกษตรกรเป็นสมาร์ทฟาร์มเมอร์ และสามารถนำตัวแบบที่ได้ไปใช้พัฒนาสมาร์ทฟาร์มเมอร์ในพื้นที่อื่นต่อไป

3. ควรมีการวิจัยตัวแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal relation model) เพื่อศึกษาอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการพัฒนาสมาร์ทฟาร์มเมอร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสมาร์ทฟาร์มเมอร์ในจังหวัดนครปฐม เจ้าหน้าที่จากสำนักงานเกษตรจังหวัดนครปฐม และนักวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสมาร์ทฟาร์มเมอร์ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Allahyari, M.S. 2016. Agricultural experts' attitude towards precision agriculture: evidence from Guilan Agricultural Organization, Northern Iran. **Information Processing in Agriculture** 3(1): 183-189.
- Chen, M.H., Y.Y. Chang and C.Y. Lee. 2015. Creative entrepreneurs' guanxi networks and success: information and resource. **Journal of Business Research** 68: 900-905.
- Department of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2017. **20 Years agriculture extension strategic plan and 5 years acting plan**. [Online]. Available https://ssnet.doae.go.th/wp-content/uploads/2017/10/PPT_แผนยุทธศาสตร์๒๐ปี_-1.pdf (September 22, 2019). [in Thai]
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. **The Future of Food and Agriculture – Alternative Pathways to 2050**. Summary version. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 64 p.
- Grebitus, C. 2017. Relationship between consumer behavior and success of urban agriculture. **Ecological Economics** 136: 189-200.
- Karlsson, N.P.E., F. Halila, M. Mattsson and M. Hoveskog. 2017. Success factors for agricultural biogas production in Sweden: a case study of business model innovation. **Journal of Cleaner Production** 142(1): 2925-2934.
- Makinen, H. 2013. Farmers' managerial thinking and management process effectiveness as factors of financial success on finnish dairy farms. **Agricultural and Food Science** 22: 452-465.
- Muhammad, A., A.U. Mohammad, S. Zubair, M. Ali and M. Aggoune. 2019. Internet-of-Things (IoT) Based Smart Agriculture: Towards Making the Fields Talk. **IEEE Access** 7: 129551-129583.
- Nakhon Pathom Provincial Agricultural Extension Office. 2017. **The agricultural development plan of Nakhon Pathom province**. [Online]. Available <http://www.nakhonpathom.doae.go.th/> (September 22, 2019). [in Thai]
- Neumann. 2016. Human factors in production system design and quality performance – a systematic review. **IFAC-PapersOnLine** 49(12): 1721-1724.
- Nuraeni, A. Muchdar, L. Basri, M. Jusoff and M.D. Basri. 2013. The influence of internal and external factors on farmers' perception and participation in Jeneberang watershed conservation. **World Applied Sciences Journal** 22(11): 1639-1643.

- Pivoto, D., P.D. Waquilb, E. Talamini, C. Finocchic, C.V. Dalla and M.G. Vargas. 2018. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. **Information Processing in Agriculture** 5: 21-32.
- Schuttelaar and Partners. 2017. **Smart farming is key for the future of agriculture.** [Online]. Available [https:// www.schuttelaarpartners.com/news/2017/smart-farming-is-key-for-the-future-of-agriculture](https://www.schuttelaarpartners.com/news/2017/smart-farming-is-key-for-the-future-of-agriculture) (September 22, 2019).
- Skobelev, P.O., E.V. Simonova, S.V. Smirnov, D.S. Budaev, G.Y. Voshchuk and A.L. Morokov. 2019. Development of a knowledge base in the “smart farming” system for agricultural enterprise management. **Procedia Computer Science** 150: 154-161.
- Zhang, Y.Y., G.W. Ju and J.T. Zhan. 2019. Farmers using insurance and cooperatives to manage agricultural risks: a case study of the swine industry in China. **Journal of Integrative Agriculture** 18(12): 2910-2918.

**การรับรู้และการตัดสินใจในการเลือกปัจจัยของการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตร
ของเกษตรกรตำบลอุโลก อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์**
**Perception and Decision Making on Choosing Factors for Crops Growing Selection
Using Agri-Map of Farmers Ulok Subdistrict, Lamduans District, Surin Province**

เพชรรัตน์ พรหมทา* นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย ต่อตระกูล เหมียदनอก นันทา สมเป็น และสุวรรณี สุมหิรัญ
Petcharat Promatar*, Nitipat Pattanachatchai, Tortrakul Meadnok, Nundha Sompen
and Suwunnee Sumhirun

คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

Faculty of Agriculture and Agricultural Industry, Surindra Rajabhat University, Surin, Thailand 32000

*Corresponding author: promatar.pr@sru.ac.th

Received: September 20, 2021

Revised: August 08, 2022

Accepted: August 29, 2022

Abstract

The agri-map is an assisted technology for making decision of the farmers to grow the suitable crops in particular area, however, its use is still limited. Thus, the objectives of this research were: 1) to study the socio-economic and farming characteristics of farmers; 2) to study the farmers' perception level and channels of agri-map; 3) to study the important level of decision making on choosing Factors for Crops Growing Selection (FCGS) according to agri-map and 4) to compare the socio-economic and farming characteristic with the important level of decision making on choosing FCGS using agri-map of the farmers in Uloke sub-district, Lamduan district, Surin province. The samples were 285 farmers in Uloke sub-district. Structured questionnaires were used as research instrument. The statistics used for data analysis were frequency, percentage, mean, standard deviation, independent-sample t-test and one-way analysis of variance. Data were analyzed using statistics package for social science.

It was found that the farmers mostly perceived agri-map information through community leader and television channels, respectively. Level of decision making on choosing FCGS using agri-map was indicated at high level. Community factor showed the highest mean of decision making. Comparison between the important level of decision making on choosing FCGS with socio-economic and farming characteristics were found that different genders affected the level of decision making on choosing different area, equipment, machinery and crop yield factors. Different ages influenced machinery, labor and community factors. Different marital status and gross monthly income had no effect on the level of decision making on choosing different crop growing factor. Different educational level affected the level of decision making on choosing different area, cost and labor factors. Different main occupations

influenced the level of decision making on choosing different area, cost, labor, crop yield and community factors. Different current crop growing periods affected the level of decision making on choosing different area, cost, crop yield, government policies and community factors.

Keywords: perception, decision making, agri-map, choosing factors, crop growing

บทคัดย่อ

แผนที่เกษตรเป็นเทคโนโลยีช่วยเหลือเกษตรกรในการตัดสินใจเลือกชนิดพืชที่เหมาะสมต่อการปลูกในแต่ละพื้นที่ แต่ความรู้ ความเข้าใจ และการใช้ประโยชน์มีข้อจำกัด การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลและลักษณะข้อมูลในการทำเกษตรของเกษตรกร 2) เพื่อศึกษาระดับและช่องทางการรับรู้เกี่ยวกับแผนที่เกษตรของเกษตรกร 3) เพื่อศึกษาระดับความสำคัญในการตัดสินใจในการเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรของเกษตรกร และ 4) เพื่อเปรียบเทียบลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลและลักษณะข้อมูลในการทำเกษตร กับระดับความสำคัญในการตัดสินใจของการเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรของเกษตรกรในตำบลอุโลก อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ ในกลุ่มตัวอย่างการวิจัยทั้งหมด จำนวน 285 คน ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามชนิดมีโครงสร้าง สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Independent-sample t-test และวิเคราะห์ความแปรปรวน

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรรับรู้เกี่ยวกับแผนที่เกษตรผ่านช่องทางผู้นำชุมชนและโทรทัศน์ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ ระดับความสำคัญในการตัดสินใจเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรมีภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยปัจจัยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านชุมชน การเปรียบเทียบระดับความสำคัญในการตัดสินใจเลือกปัจจัยของการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตร กับลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลและลักษณะข้อมูลในการทำเกษตรพบว่า เพศที่แตกต่างกันมีผลต่อระดับ

การให้ความสำคัญในการตัดสินใจเลือกปัจจัยพื้นที่ ต้นทุน อุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องจักร และด้านผลผลิตแตกต่างกัน อายุที่แตกต่างกันมีผลต่อระดับการให้ความสำคัญในการตัดสินใจเลือกปัจจัยด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร แรงงาน และด้านชุมชนที่แตกต่างกัน สถานภาพการสมรสและรายได้รวมต่อเดือนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อระดับการให้ความสำคัญในการตัดสินใจเลือกปัจจัยในการปลูกพืชที่แตกต่างกัน ระดับการศึกษาที่แตกต่างกันมีผลต่อระดับการตัดสินใจเลือกปัจจัยพื้นที่ ต้นทุน และด้านแรงงานที่แตกต่างกัน อาชีพหลักที่แตกต่างกันมีผลต่อระดับการให้ความสำคัญในการตัดสินใจเลือกปัจจัยด้านพื้นที่ ต้นทุน ด้านแรงงาน ผลผลิต และด้านชุมชนที่แตกต่างกัน และระยะเวลาการปลูกพืชที่ปลูกในปัจจุบันที่แตกต่างกันมีผลต่อระดับการให้ความสำคัญในการตัดสินใจเลือกปัจจัยด้านพื้นที่ ต้นทุน ผลผลิต นโยบายของรัฐ และด้านชุมชนที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: การรับรู้ การตัดสินใจ แผนที่เกษตร ปัจจัยในการเลือก ชนิดพืชที่ปลูก

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ดังนั้นจำเป็นต้องให้ความสำคัญในส่วนของการประชากรที่มีการประกอบอาชีพเกษตรกรรมดังกล่าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรโดยตรง และเพื่อให้ถึงเป้าหมาย “ไทยแลนด์ 4.0” ที่มุ่งหวังให้ประเทศ “มั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน” ภายใต้อาณัติหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

(Thesarin, 2018) จึงได้พัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อจะช่วยให้เกษตรกรสามารถทำการเกษตรให้มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผล แผนที่เกษตร (Agri-Map) เพื่อการบริหารจัดการเชิงรุกออนไลน์ เป็นเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่สามารถช่วยเหลือเกษตรกรในการตัดสินใจเลือกชนิดของพืชที่จะปลูกหรือเลือกชนิดสัตว์เลี้ยง และด้านการตลาดของสินค้าเกษตรได้อย่างเหมาะสมกับพื้นที่แต่ละแห่ง ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้พัฒนาให้สามารถเข้าถึงได้ง่ายและเป็นประโยชน์ (Agri-Map, 2018)

จากการศึกษาข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกในแผนที่เกษตรเพื่อการบริหารจัดการเชิงรุกพบว่า จังหวัดสุรินทร์เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่การใช้ที่ดินทั้งหมด 5,504,022 ไร่ มีพื้นที่ในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ 4,110,444 ไร่ (Agri-Map, 2018) ซึ่งจะเห็นได้ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำการเกษตร และพบว่าในบางอำเภอของจังหวัดสุรินทร์มีการปลูกพืชที่ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ เช่นพื้นที่ในตำบลอุโลก อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกพืชซึ่งเป็นชนิดที่ไม่เป็นไปตามคำแนะนำของแผนที่เกษตรเป็นผลให้การผลิตพืชไม่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกอย่างที่เหมาะสมจะเป็นตามข้อมูลอ้างอิงในแผนที่เกษตร (Agri-Map, 2018) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจในการศึกษาถึงระดับการรับรู้เกี่ยวกับแผนที่เกษตรจากช่องทางต่าง ๆ ระดับความสำคัญในการตัดสินใจเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตร และการเปรียบเทียบลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลและลักษณะข้อมูลในการทำการเกษตรกับระดับความสำคัญในการตัดสินใจในการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตร

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในเรื่องนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณที่มีกลุ่มเป้าหมาย คือ เกษตรกรในตำบลอุโลก อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 983 ครัวเรือน ทำการสุ่มตัวอย่างโดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random

Sampling: SRS) และคำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้กลุ่มตัวอย่าง 284.31 ครัวเรือน ใช้จำนวน 285 ครัวเรือน และกำหนดให้ผู้ตอบแบบสอบถามครัวเรือนละ 1 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยจาก 2 แหล่ง คือ ข้อมูลทุติยภูมิของตำบลอุโลก อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ (Research and Development Institute, Surindra Rajabhat University, 2018) และข้อมูลปฐมภูมิโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย เก็บรวบรวมโดยตรงจากเกษตรกรเป็นรายบุคคล การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้เมื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลและลักษณะข้อมูลในการทำการเกษตรของเกษตรกร อธิบายโดยค่าการแจกแจงความถี่และค่าร้อยละ ซึ่งลักษณะข้อมูลด้านการทำการเกษตรเฉพาะด้านถือครองที่ดินและด้านชนิดพืชที่เพาะปลูกในปัจจุบัน ใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบการสร้างเซตของตัวแปร (Define multiple response sets) ที่กำหนดเซตของตัวแปรแบบ Dichotomy Sets (Wanichbancha, 2009)

ตอนที่ 2 ระดับการรับรู้เกี่ยวกับแผนที่เกษตร อธิบายโดยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ โดยมีหลักเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ รับรู้มากที่สุด (Most) 5 คะแนน รับรู้มาก (More) 4 คะแนน รับรู้ปานกลาง (Moderate) 3 คะแนน รับรู้น้อย (Seldom) 2 คะแนน และไม่เคยรับรู้ (Never know) 1 คะแนน

ตอนที่ 3 ระดับความสำคัญในการตัดสินใจของการเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกชนิดพืชปลูก อธิบายโดยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ โดยมีหลักเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ให้มีความสำคัญในการตัดสินใจมากที่สุด (Most important) 5 คะแนน ให้มีความสำคัญในการตัดสินใจมาก (Important) 4 คะแนน

ให้ความสำคัญในการตัดสินใจปานกลาง (Moderately important) 3 คะแนน ให้ความสำคัญในการตัดสินใจน้อย (Least important) 2 คะแนน ให้ความสำคัญในการตัดสินใจน้อยที่สุด (Not important) 1 คะแนน

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบลักษณะของข้อมูลส่วนบุคคลและลักษณะข้อมูลในการทำการเกษตรกับระดับความสำคัญในการตัดสินใจของการเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูก วิเคราะห์และอธิบายโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) โดยลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลเฉพาะด้านเพศอธิบายโดย Independent-samples t-test สำหรับด้านอายุ สถานภาพการสมรส ระดับการศึกษา อาชีพหลัก รายได้รวมเฉลี่ยต่อเดือน และระยะเวลาการปลูกพืช อธิบายโดยค่า F-test จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามและลักษณะข้อมูลด้านการทำการเกษตร

พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 71.60 และร้อยละ 28.40 เป็นเพศชาย กลุ่มตัวอย่างมากกว่าครึ่ง คิดเป็นร้อยละ 59.30 มีอายุอยู่ระหว่าง 41-60 ปี รองลงมา มีอายุ 61 ปี ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 28.10 (Table 1)

สถานภาพการสมรส พบว่ากลุ่มตัวอย่างร้อยละ 82.80 สมรสแล้ว รองลงมา ร้อยละ 11.20 เป็นหม้าย มีเพียงร้อยละ 3.50 ที่ยังโสด

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 70.20 มีการศึกษาในระดับประถมศึกษา รองลงมา คิดเป็นร้อยละ 14.00 มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า และร้อยละ 9.80 มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหรือเทียบเท่า

จากการศึกษาพบว่าอาชีพของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 65.60 ทำเกษตรกรรม รองลงมา ร้อยละ 20.70 มีอาชีพหลักอื่น ๆ และร้อยละ 13.30 มีอาชีพรับจ้างทั่วไป

กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 55.80 มีรายได้รวมของครอบครัวต่อเดือนต่ำกว่า 5,000 บาท รองลงมา ร้อยละ 38.20 มีรายได้อยู่ระหว่าง 5,000-10,000 บาท ร้อยละ 3.50 มีรายได้อยู่ระหว่าง 1,0001-15,000 บาท มีเพียง 7 คน ที่มีรายได้มากกว่า 15,000 บาทขึ้นไป

สำหรับแหล่งรายได้หลักของครอบครัวนั้น เกษตรกรรมมากกว่าครึ่งคิดเป็นร้อยละ 58.20 มาจากการทำนา รองลงมา ร้อยละ 28.10 มาจากอาชีพอื่น เช่น ทอผ้า เลี้ยงสัตว์ และร้อยละ 10.50 มาจากการรับจ้างทั่วไป

ในเรื่องแหล่งเงินทุนที่เป็นหนี้สินในปัจจุบัน กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 50.40 มาจากกองทุนหมู่บ้าน รองลงมา ร้อยละ 28.60 มาจากสหกรณ์ออมทรัพย์ ร้อยละ 4.50 มาจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จำนวนใกล้เคียงกันมาจากธนาคารพาณิชย์และบริษัท ลิสซิ่ง คิดเป็นร้อยละ 3.40 และ 3.00 ตามลำดับ

Table 1 The personal data of the respondents and the agricultural activities data

Personal data	Frequency	Percentage
Sex		
Male	81	28.40
Female	204	71.60
Age		
20-40 years	36	12.60
41-60 years	169	59.30
61 years and over	80	28.10
Status		
Single	10	3.50
Married	236	82.80
Divorced	7	2.50
Widowed	32	11.20
Educational level		
Uneducate	14	4.90
Primary school	200	70.20
Secondary school or equivalent	28	9.80
High school or equivalent	40	14.00
Diploma or equivalent	1	0.40
Bachelor's degree	2	0.70
Main occupation		
Farmer	187	65.60
Government officer	1	0.40
General employee	38	13.30
Others (Weaver, Brahman, Trader)	59	20.70

Table 1 (Continued)

Personal data	Frequency	Percentage
Family income per month		
lower than 5,000 Baht	159	55.80
5,000-10,000 Baht	109	38.20
10,001-15,000 Baht	10	3.50
15,001 Baht onwards	7	2.50
The main source of family income		
Field crops farm	6	2.10
Rice farm	166	58.20
Horticultural farm	3	1.10
General employee	30	10.50
Others (Textile, Animal farm)	80	28.10
Current source of debt capital		
Village fund	134	50.40
Savings cooperative	76	28.60
Bank for agriculture and Agricultural cooperatives	12	4.50
Commercial bank	9	3.40
Leasing company	8	3.00
Capitalist, Trader	3	1.10
Other (Pawnshop)	1	0.40
Total	285	100.00

ในเรื่องของการถือครองที่ดิน กลุ่มตัวอย่างตอบมากกว่า 1 คำตอบ และส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 80.70 เป็นเจ้าของที่ดินของตนเอง คำตอบรองลงมาคิดเป็นร้อยละ 18.40 คือ ถือครองที่ดินในลักษณะเช่า และร้อยละ 0.90 เป็นคำตอบที่ไปใช้ประโยชน์จากที่ดินของญาติพี่น้อง (Table 2)

สำหรับชนิดของพืชที่ปลูก กลุ่มตัวอย่างตอบมากกว่า 1 คำตอบเช่นกัน และคำตอบเกือบทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 91.30 คือ ปลูกข้าวนาปี รองลงมาร้อยละ

3.60 คือ อ้อย ร้อยละ 2.30 ปลูกยูคาลิปตัสและพืชสวน ส่วนจำนวนคำตอบที่ใกล้เคียงกัน คือ มันสำปะหลัง และยางพารา คิดเป็นร้อยละ 1.60 และ 1.30 ตามลำดับ

ส่วนระยะเวลาที่ปลูกนั้น กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 88.10 มีระยะเวลาการเพาะปลูกพืชที่ปลูกในปัจจุบันตั้งแต่ 11 ปีขึ้นไป รองลงมาคิดเป็นร้อยละ 6.30 มีระยะเวลาเพาะปลูกน้อยกว่า 3 ปี ร้อยละ 3.90 มีระยะเวลาการเพาะปลูก 6-10 ปี และมีกลุ่มตัวอย่าง 5 คน มีระยะเวลาการเพาะปลูก 3-5 ปี

Table 2 Agricultural data of the respondents

Farming information	Frequency	Percentage
Land tenure¹		
Owner	267	80.70
Rental	61	18.40
Other (relative's)	3	0.90
Total	331	100.00
Current crops type¹		
Rice	282	91.30
Sugar cane	11	3.60
Cassava	5	1.60
Rubber	4	1.30
Others (eucalyptus, horticulture)	7	2.30
Total	309	100.00
Current crop growing period²		
Less than 3 years	18	6.30
3-5 years	5	1.80
6-10 years	11	3.90
11 years or more	251	88.10
Total	285	100.00

¹calculated based on the number of answers as a multiple answer in each question²calculated from the number of respondents

ตอนที่ 2 ระดับการรับรู้เกี่ยวกับแผนที่เกษตรของเกษตรกร

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับการรับรู้เกี่ยวกับแผนที่เกษตรโดยรวมในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.62 โดยช่องทางที่รับรู้ในระดับมาก คือ จากหัวหน้าชุมชน มีค่าเฉลี่ย 4.40 รองลงมาจากสื่อโทรทัศน์มีค่าเฉลี่ย 3.47 สำหรับช่องทางการรับรู้ในระดับปานกลาง คือ ช่องทาง

การรับรู้จากนักวิชาการของหน่วยงานภาครัฐ มีค่าเฉลี่ย 2.75 ส่วนช่องทางจากสื่อวิทยุ กลุ่มตัวอย่างมีระดับการรับรู้น้อยมาก มีค่าเฉลี่ยเฉลี่ย 2.32 (Table 3) เป็นที่น่าสังเกตว่ากลุ่มตัวอย่างไม่มีการรับรู้เกี่ยวกับแผนที่เกษตรจากเว็บไซต์/ไลน์/เฟสบุ๊ค เพื่อนบ้าน และสื่อสิ่งพิมพ์ คือ ใบปลิว/หนังสือพิมพ์

Table 3 The perceptive level about agri-map through different channels

Perceptive channels	$\bar{x}$	S.D.	Level of perception
Community leader	4.04	0.74	Most
Television	3.47	8.20	Most
Government	2.75	0.73	Moderate
Radio	2.32	1.01	Seldom
Website/Line/Facebook	1.74	1.08	Never know
Neighbor	1.40	0.73	Never know
Leaflet/newspaper	0	0	Never know
Total	2.62	0.731	Moderate

ตอนที่ 3 ระดับความสำคัญการตัดสินใจของการเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูก

ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับความสำคัญในการตัดสินใจของการเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูกของเกษตรกรอยู่ในระดับปานกลาง โดยปัจจัยด้านที่มีค่าเฉลี่ยความสำคัญมากที่สุด คือ ปัจจัยด้านชุมชน มีค่าเฉลี่ย 4.46 รองลงมาคือ ปัจจัยด้านต้นทุนมีค่าเฉลี่ย

ความสำคัญในระดับมากคือ 3.59 รองลงมาคือ ปัจจัยด้านแรงงาน มีค่าเฉลี่ยคือ 3.44 สำหรับปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยความสำคัญในระดับปานกลาง ได้แก่ ปัจจัยด้านผลผลิต มีค่าเฉลี่ย 3.40 รองลงมาคือ ปัจจัยด้านพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ย 3.03 ปัจจัยด้านนโยบายของรัฐ มีค่าเฉลี่ย 2.82 และปัจจัยด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 2.73 (Table 4)

Table 4 The important level of decision making on choosing factors for crops growing selection according to agri-map

Factors for crops growing selection	$\bar{x}$	S.D.	Level of important
Community factors	4.46	0.891	Most important
Cost factors	3.59	1.021	Important
Labor factors	3.44	1.144	Important
Product factors	3.40	0.951	Moderately important
Area factors	3.03	0.942	Moderately important
Policy factors	2.82	0.868	Moderately important
Equipment factors	2.73	1.048	Moderately important
Total	3.35	0.981	Moderately important

ผลการวิจัยด้านพื้นที่พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 3.03 โดยประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการเพาะปลูก มีค่าเฉลี่ย 3.42

รองลงมา คือ สภาพอากาศในพื้นที่เหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 3.24 และการมีแหล่งน้ำในชุมชนเพียงพอสำหรับพื้นที่เพาะปลูกมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ 2.43 (Table 5)

Table 5 The important level of decision making on choosing area factors

Area factor	$\bar{X}$	S.D.	Level of important
Enough area for planting	3.42	0.907	Important
Suitable climate in the area	3.24	0.993	Moderately important
Sufficient water source for planting	2.43	0.926	Least important
Total	3.03	0.942	Moderately important

ผลการวิจัยด้านต้นทุนพบว่า ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.59 โดยประเด็นในการเลือกปัจจัยด้านต้นทุนที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ เป็นพืชที่ปลูกและดูแลง่าย มีค่าเฉลี่ย 3.89 รองลงมา คือ สามารถเข้าถึงแหล่งสนับสนุนเงินทุนในการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิดได้ง่าย

มีค่าเฉลี่ย 3.75 คือ สามารถหาซื้อปัจจัยการผลิตเพื่อนำมาเพาะปลูกพืชได้ง่าย มีค่าเฉลี่ย 3.70 และการมีต้นทุนเพียงพอสำหรับการลงทุนเพาะปลูกมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 3.04 (Table 6)

Table 6 The important level of decision making on choosing cost factors

Cost factor	$\bar{X}$	S.D.	Level of important
Easily cultural practice crops	3.89	1.081	Important
Easily access to source of fund for planting	3.75	1.115	Important
Easily procure of input for planting	3.70	0.978	Important
Sufficient fund for planting investment	3.04	0.913	Moderately important
Total	3.59	1.021	Important

ผลการวิจัยในด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรพบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง โดยการมีเครื่องมือ

เครื่องจักรสนับสนุนการเพาะปลูก มีค่าเฉลี่ย 2.7 (Table 7)

Table 7 The important level of decision making on choosing equipment factors

Equipment factor	$\bar{X}$	S.D.	Level of important
Sufficient equipment to support planting	2.73	1.048	Moderately important

ผลการวิจัยในด้านแรงงานพบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.44 โดยประเด็นในการเลือกปัจจัยด้านแรงงานที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ จ้างแรงงานในชุมชน ด้วยราคาไม่แพง มีค่าเฉลี่ย 3.48 และรองลงมา คือ มีแรงงานจากสมาชิกในครอบครัวที่เพียงพอ มีค่าเฉลี่ย 3.41 (Table 8)

Table 8 The important level of decision making on choosing labor factors

Labor factor	$\bar{X}$	S.D.	Level of important
Enough family labor	3.41	1.063	Important
The hiring community workers is expensive	3.48	1.226	Important
Total	3.44	1.144	Important

ผลการวิจัยในด้านผลผลิตพบว่า ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 โดยประเด็นปัจจัยด้านผลผลิตที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ผลผลิตเป็นที่ต้องการของตลาด มีค่าเฉลี่ย 4.26 รองลงมา คือ การขนส่งสะดวก มีค่าเฉลี่ย 4.20 ได้ผลผลิตปริมาณมาก มีค่าเฉลี่ย 2.83 และราคาผลผลิตมีราคาสูง มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ 2.34 (Table 9)

Table 9 The important level of decision making on choosing product factors

Product factor	$\bar{X}$	S.D.	Level of important
Expensive product	2.34	0.805	Least important
Gain high product	2.83	0.791	Moderately important
Market-demanded product	4.26	1.067	Most important
Convenient transportation	4.20	1.141	Important
Total	3.40	0.951	Important

ผลการวิจัยในด้านนโยบายรัฐบาลพบว่า ค่าเฉลี่ยอยู่ระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.82 โดยประเด็นปัจจัยด้านนโยบายของรัฐบาลที่มีค่าเฉลี่ยระดับปานกลางเท่ากัน คือ รัฐบาลให้การสนับสนุนเงินทุนกับปัจจัยการผลิตและรัฐบาลมีนโยบายประกันราคา มีค่าเฉลี่ย 2.89 รองลงมา รัฐบาลให้ความรู้สนับสนุนการเพาะปลูก มีค่าเฉลี่ย 2.70 (Table 10)

Table 10 The important level of decision making on choosing policy factors

Policy factor	$\bar{X}$	S.D.	Level of important
Government supports capital and inputs	2.89	0.877	Moderately important
Government's price assurance policy	2.89	0.853	Moderately important
Government supports knowledge for planting	2.70	0.876	Moderately important
Total	2.82	0.868	Moderately important

ผลการวิจัยในด้านชุมชนพบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.46 โดยประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ เป็นพืชที่ปลูกมาตั้งแต่บรรพบุรุษ มีค่าเฉลี่ย 4.50 รองลงมาคือ เป็นพืชที่คนในชุมชนนิยมปลูก มีค่าเฉลี่ย 4.49 และการมีความรู้และประสบการณ์ในการปลูก มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ 4.40 (Table 11)

Table 11 The important level of decision making on choosing community factors

Community factor	$\bar{X}$	S.D.	Level of important
Crops have been cultivated for a long time	4.50	0.867	Most important
Popular crops to grow by villagers	4.49	0.879	Most important
Having knowledge and experience to grow	4.40	0.928	Most important
Total	4.46	0.891	Most important

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบลักษณะของข้อมูลส่วนบุคคล และลักษณะข้อมูลในการทำการเกษตรกับระดับความสำคัญในการเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูก

การเปรียบเทียบระหว่างระดับความสำคัญในการตัดสินใจในการเลือกปัจจัยของการเลือกชนิดพืชปลูกกับลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลและลักษณะข้อมูลในการทำการเกษตรในแต่ละด้าน ผลการศึกษาพบว่า

ด้านเพศ พบว่าเพศที่แตกต่างกันมีระดับความสำคัญในการตัดสินใจในการเลือกปัจจัยของการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรที่แตกต่างกัน ในปัจจัยด้านพื้นที่ ดันทุ่น อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร และปัจจัยด้านผลผลิต

ด้านอายุ พบว่าอายุที่แตกต่างกันมีระดับความสำคัญในการตัดสินใจในการเลือกปัจจัยของการเลือก

ชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรที่แตกต่างกัน ในปัจจัยด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร แรงงาน และปัจจัยด้านชุมชน

ด้านสถานภาพการสมรส พบว่าสถานภาพการสมรสที่แตกต่างกันมีระดับความสำคัญในการตัดสินใจในการเลือกปัจจัยของการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรที่แตกต่างกัน ในปัจจัยด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร

ด้านระดับการศึกษา พบว่าระดับการศึกษาที่แตกต่างกันมีระดับความสำคัญในการตัดสินใจในการเลือกปัจจัยของการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรที่แตกต่างกัน ในปัจจัยด้านพื้นที่ ดันทุ่น และปัจจัยด้านแรงงาน

ด้านอาชีพหลัก พบว่าอาชีพหลักที่แตกต่างกันมีระดับความสำคัญในการตัดสินใจในการเลือกปัจจัยของการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรที่แตกต่างกัน

ในปัจจัยด้านพื้นที่ ปัจจัยด้านต้นทุน แรงงาน ผลผลิต และปัจจัยด้านชุมชน

ด้านรายได้รวมเฉลี่ยต่อเดือน พบว่ารายได้รวมเฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างกันมีระดับความสำคัญในการตัดสินใจในการเลือกปัจจัยของการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรที่ไม่แตกต่างกันในทุกปัจจัย

ด้านระยะเวลาการปลูกพืช พบว่าระยะเวลาการปลูกพืชที่แตกต่างกันมีระดับความสำคัญในการตัดสินใจในการเลือกปัจจัยของการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรที่แตกต่างกัน ในปัจจัยด้านพื้นที่ ต้นทุน ผลผลิต นโยบายของรัฐ และปัจจัยด้านชุมชน (Table 12)

Table 12 Comparison of the important decision making on the selection of factors for selecting plant species according to the agri-map with personal data of the respondents and the agricultural data

Factors for crops growing selection	Sex		Age		Status		Educational level		Main occupation		Family income per month		Current crops growing period	
	Different	No diff.	Different	No diff.	Different	No diff.	Different	No diff.	Different	No diff.	Different	No diff.	Different	No diff.
Area factors	0.014**		0.104		0.172		0.040*		0.003**		0.515		0.008**	
Cost factors	0.038*		0.057		0.320		0.007**		0.002**		0.334		0.050*	
Equipment factors	0.008**		0.043*		0.010**		0.647		0.641		0.529		0.103	
Labor factors	0.105		0.025*		0.098		0.034*		0.001**		0.635		0.076	
Product factors	0.014**		0.104		0.172		0.238		0.001**		0.515		0.008**	
Government policy factors	0.149		0.187		0.816		0.861		0.575		0.608		0.019**	
Community factors	0.086		0.013**		0.508		0.205		0.000**		0.425		0.000**	

*Statistically significant level at 0.05; **Statistically significant level at 0.01

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรมีระดับการรับรู้เกี่ยวกับแผนที่เกษตรจากช่องทางต่าง ๆ ในระดับปานกลาง และมีความเข้าใจว่าเป็นระบบที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะกับหน่วยงานสังกัดกรมพัฒนาที่ดิน เท่านั้น จากข้อค้นพบดังกล่าว การให้ข้อมูลเกี่ยวกับการรับรู้เรื่องแผนที่เกษตรแก่เกษตรกร เพื่อนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกชนิดพืชที่จะปลูก

ได้อย่างเหมาะสมกับพื้นที่ จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งที่หน่วยงานที่รับผิดชอบในการจัดทำแผนที่เกษตรจะต้องตระหนักและเร่งดำเนินการถ่ายทอดสู่เกษตรกรอย่างเป็นรูปธรรม สำหรับประเด็นช่องทางการรับรู้เกี่ยวกับแผนที่เกษตรเพื่อเลือกชนิดพืชปลูกพบว่า เกษตรกรรับรู้จากผู้นำชุมชนและโทรทัศน์ในระดับมาก ในขณะที่การรับรู้จากนักวิชาการของหน่วยงานภาครัฐในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามรายละเอียดของแผนที่เกษตรซึ่งได้ประชาสัมพันธ์ผ่านทั้ง 2 ช่องทางการรับรู้

ดังกล่าว ยังคงขาดความชัดเจนที่เพียงพอต่อการทำความเข้าใจในการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่าวิธีการใช้แอปพลิเคชันแผนที่เกษตรมีความยากต่อการทำความเข้าใจโดยเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นของข้อมูลสารสนเทศ ที่ทำความเข้าใจได้ค่อนข้างยาก ควรใช้สื่อบุคคลเพื่อให้เกษตรกรเข้าใจโดยตรง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ เรื่องลักษณะของสิ่งเร้าที่มีผลต่อการรับรู้ของบุคคล คือ บุคคลจะเลือกรับรู้จากสิ่งเร้าภายนอกที่มีคุณสมบัติและคุณลักษณะของสิ่งเร้าที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ ถ้าสิ่งเร้ามีคุณสมบัติและลักษณะที่สนองธรรมชาติในการรับรู้ของบุคคลจะทำให้มีความตั้งใจในการรับรู้ดีขึ้น (Suwansaeng, 2001)

ระดับความสำคัญในการตัดสินใจของการเลือกปัจจัยของการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรพบว่า ในภาพรวมมีการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก โดยระดับการให้ความสำคัญในการตัดสินใจของการเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูกจากปัจจัยด้านชุมชนมากที่สุด อาจเป็นเพราะว่าชนิดของพืชที่ปลูกนั้นปลูกมาตั้งแต่บรรพบุรุษ เป็นพืชที่คนในชุมชนนิยมปลูกและเกษตรกรเองมีความรู้และมีประสบการณ์ในการเลือกพืชชนิดนั้น ๆ มาก่อน ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการตัดสินใจในขั้นตอนของการประเมินค่าข่าวสาร การกำหนดทางเลือก การเลือกทางเลือกและการปฏิบัติตามการตัดสินใจ (Chamnong, 1980) เนื่องจากข้อมูลที่เกษตรกรได้รับรู้เกี่ยวกับชนิดพืชปลูกมาจากบรรพบุรุษ ร่วมกับการเป็นชนิดพืชที่นิยมปลูกในท้องถิ่น และเกษตรกรมีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับพืชชนิดที่ปลูกมาก่อน ล้วนแล้วแต่มีผลต่อการประเมินค่าว่าข้อมูลดังกล่าวมีความเหมาะสมเพียงใด อันจะนำไปสู่การกำหนดทางเลือกเพื่อเลือกชนิดพืชที่จะปลูกและเลือกพืชชนิดนั้น ๆ เพื่อปลูก ซึ่งในขั้นนี้เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าเป็นการตัดสินใจอย่างแท้จริง (Chamnong, 1980) และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sirimongkonlertkun and Kongvee (2014) ที่พบว่าปัจจัยด้านชุมชนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจ

ในการปลูกข้าวโพดบนพื้นที่สูงมากที่สุด และยังสอดคล้องกับพฤติกรรมเดิมในการตัดสินใจเลือกปลูกข้าวของเกษตรกรในพื้นที่วิจัยในครั้งนี้ที่ยังคงเลือกปลูกข้าวเป็นพืชหลัก เนื่องจากเกษตรกรและคนในชุมชนมีการเพาะปลูกข้าวมาเป็นเวลานานตั้งแต่รุ่นบรรพบุรุษสืบเนื่องมาถึงปัจจุบัน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับความเหมาะสมของชนิดพืชที่ต้องปลูกตามที่ระบุไว้ในแผนที่เกษตรแล้วพบว่าไม่สอดคล้องตามคำแนะนำที่ระบุไว้ในแผนที่เกษตร ซึ่งแนะนำให้ปลูกมันสำปะหลัง ยางพารา อ้อย และข้าวโพด ซึ่งมีความเหมาะสมมากกว่าข้าวนาปี

สรุปผลการวิจัย

เกษตรกรรับรู้เกี่ยวกับแผนที่เกษตรผ่านช่องทางของผู้นำชุมชนและโทรทัศน์เป็นส่วนใหญ่ สำหรับระดับความสำคัญในการตัดสินใจของการเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรส่วนใหญ่เลือกชนิดพืชปลูกปัจจัยด้านชุมชน และในการเปรียบเทียบลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลและลักษณะข้อมูลในการทำเกษตรกับระดับความสำคัญในการตัดสินใจของการเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูกตามแผนที่เกษตรพบว่า เพศ ระดับการศึกษา อาชีพหลัก และระยะเวลาการปลูกพืชที่แตกต่างกันมีผลต่อระดับการให้ความสำคัญในการตัดสินใจเลือกปัจจัยด้านต้นทุนที่แตกต่างกัน สำหรับสถานภาพสมรสและรายได้รวมต่อเดือนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อระดับการให้ความสำคัญในการตัดสินใจเลือกปัจจัยในการเลือกชนิดพืชปลูก การที่จะทำให้เกษตรกรเปลี่ยนชนิดพืชที่ปลูกเดิมให้มีความสอดคล้องกับแผนที่เกษตรจึงมีความเป็นไปได้น้อย เนื่องจากระดับการรับรู้เกี่ยวกับแผนที่เกษตรจากช่องทางต่าง ๆ ของเกษตรกรอยู่ในระดับปานกลางและการให้ความสำคัญในการตัดสินใจกับปัจจัยด้านชุมชนมากที่สุด อย่างไรก็ตามแผนที่เกษตรยังมีความสำคัญในการชี้แนะให้เกษตรกรได้ปลูกพืชที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่

ข้อเสนอแนะ

1. กรมพัฒนาที่ดินควรมีการถ่ายทอดให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้แอปพลิเคชันแผนที่เกษตรต่อเกษตรกรในลักษณะที่เข้าใจได้ง่ายต่อการนำไปใช้ประโยชน์อย่างแท้จริงและต่อเนื่อง โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับพฤติกรรมปลูกข้าวนาปีของเกษตรกร
2. กรมพัฒนาที่ดินควรมีการสร้างเกษตรกรต้นแบบหรือสร้างศูนย์เรียนรู้ชุมชนที่แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จจากการปลูกพืชตามแผนที่เกษตร
3. กรมพัฒนาที่ดินควรเลือกช่องทางที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการสื่อสารเกี่ยวกับแผนที่เกษตรให้เกษตรกรรับรู้ว่าเป็นรูปธรรม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Agri-Map. 2018. **Surin crop growing area**. [Online]. Available <https://agri-map-online.moac.go.th> (December 20, 2018). [in Thai]

Chamnong, W. 1980. **Decision-making Behavior**. 1st ed. Bangkok: Odeon Store. 247 p. [in Thai]

Research and Development Institute, Surindra Rajabhat University. 2018. **Data of Surin province**. [Online]. Available https://surin.srru.ac.th/download?fbclid=IwAR2sLaCZL-_cjWswC41ZHFzdiBMTokDNFprlU-tGVwPPEGGoVmEkuUaPL8 (December 5, 2018). [in Thai]

Sirimongkonlertkun, N. and S. Kongvee. 2014. Study on the effective factors to maize cultivation in hilly area: a case study in Wawee sub-district, Mae-Sruai district, Chiang Rai province. **FEU Academic Review** 1(1): 163-171. [in Thai]

Suwansaeng, K. 2001. **General Psychology**. 5th ed. Bangkok: Aksorn Wittaya Publishing House. 243p. [in Thai]

Thesarin, B. 2018. **Thailand 4.0 new economic model**. [Online]. Available <http://www.drborworn.com/articledetail.asp?id=16223> (December 20, 2018). [in Thai]

Wanichbancha, K. 2009. **Using SPSS for Windows in Data Analysis**. 15th ed. Bangkok: Thammasarn. 520 p. [in Thai]

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

ความคิดเห็นต่อการพึ่งพากันได้ในชุมชนของเกษตรกรในระบบชลประทานขนาดเล็ก
ในจังหวัดเชียงใหม่

Farmers' Opinions towards the Interdependency of their Community
in Small Scale Irrigation System, Chiang Mai

จุฑาทิพย์ เฉลิมผล ภัทรสุดา จบแล้ว* และรุจ ศิริสัญลักษณ์

Juthathip Chalermphol, Pattarasuda Joblaew* and Ruth Sirisunyaluck

ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: pattarasuda.237@gmail.com

Received: January 07, 2021

Revised: April 09, 2022

Accepted: April 25, 2022

Abstract

The main purpose of this research was to study the relationship between obstacles in agricultural occupation and the interdependence of people in the community. The sample group was 589 farmers living in an area under a small scale irrigation system in Chiang Mai. Data was collected via questionnaires and analyzed using statistics including frequency, percentage, minimum, maximum, mean, standard deviation, and Pearson's product moment. The results showed that 79.12% of farmers were male, lived in the community for an average of 48.54 years, had an average income from agriculture of 3,060.32 Baht per month, and most (73.68%) had debt. Farmers' overall opinion was at the level of agreeing that people in the community could be interdependent ($\bar{x}=2.72$). They agreed that most of the people in their community were honest and trustworthy, willing to help when needed, and ready to help when there was an urgent matter. Farmers' obstacles to farming were the fast-changing price of inputs, uncertain product price, and collapse of irrigation infrastructure. This study revealed that obstacles in occupation were significantly correlated with interdependency ($r=0.113$). This means that the higher the level of occupational obstacles, the more interdependency of the community.

Keywords: interdependence, obstacles in agricultural occupation, agricultural community

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุปสรรคในการประกอบอาชีพการเกษตรกับการพึ่งพากันได้ของคนในชุมชน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา คือ เกษตรกรในระบบชลประทานขนาดเล็กในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 589 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรร้อยละ 79.12 เป็นเพศชาย อาศัยอยู่ในชุมชนมาเป็นเวลาเฉลี่ย 48.54 ปี มีรายได้จากการเกษตรเฉลี่ย 3,060.32 บาทต่อเดือน ส่วนใหญ่ร้อยละ 73.68 มีหนี้สิน เกษตรกรมีความคิดเห็นโดยภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยว่า คนในชุมชนสามารถพึ่งพากันได้ ($\bar{X}=2.72$) โดยเห็นว่าคนในชุมชนมีความซื่อสัตย์และเชื่อถือได้ มีความเต็มใจช่วยเหลือเมื่อต้องการให้ช่วย และเมื่อมีเรื่องเร่งด่วนคนในชุมชนพร้อมที่จะช่วย เกษตรกรมีอุปสรรคในการประกอบอาชีพการเกษตร คือ ราคาปัจจัยการผลิตที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ความไม่แน่นอนของราคาผลผลิต และความเสียหายของโครงสร้างระบบชลประทาน และเมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรคในการประกอบอาชีพการเกษตรกับการพึ่งพากันได้ของคนในชุมชนพบว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงบวก ($r=0.113$) อธิบายได้ว่า ถ้ามีระดับอุปสรรคในการประกอบอาชีพการเกษตรมากขึ้น ชุมชนจะมีการพึ่งพากันมากขึ้น โดยอุปสรรคในการประกอบอาชีพการเกษตรมีความสัมพันธ์กับการพึ่งพากันได้ของคนในชุมชน

คำสำคัญ: การพึ่งพากัน อุปสรรคในการประกอบอาชีพการเกษตร ชุมชนเกษตร

คำนำ

สังคมไทยมีพื้นฐานดั้งเดิมเป็นสังคมเกษตรกรรม คนไทยส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในชนบท มีวิถีชีวิตผูกพันอยู่กับอาชีพเกษตรกรรม (Posita, 2012) โดยมีประชากรในภาคเกษตรกรรมถึงประมาณ 25 ล้านคน หรือเกือบร้อยละ 40 ของประชากรทั้งประเทศ (Junthapong and Thepkham, 2018) ภาคเกษตรกรรมจึงมีความสำคัญต่อสังคมไทยในชนบทมาเป็นระยะเวลายาวนาน วิถีชีวิตของชุมชนหมู่บ้านไทยอยู่อย่างพึ่งพิงกับธรรมชาติ ซึ่งเป็นระบบคุณค่าที่ทำให้กลุ่มคนอยู่รวมกันอย่างเป็นสุขได้ ไม่ว่าจะเป็นพิธีสืบชะตา ดิน น้ำ ป่า พิธีบวชป่า ระบบเหมืองฝาย การขอฝน และการเอามือเอาแรงลงแขก เป็นต้น ในการผลิตทางการเกษตรชาวบ้านมีครอบครัวเป็นหน่วยการผลิต มีแรงงานจากสมาชิกในครอบครัว อาศัยวัตถุดิบที่มีในชุมชนท้องถิ่น ชาวบ้านจะคิดถึงการผลิตเพื่อให้สามารถเลี้ยงตนเองและครอบครัวได้ก่อน หากมีเหลือจากการบริโภคจึงขาย หรือแลกเปลี่ยนกันภายในชุมชน ซึ่งลักษณะวิถีชีวิตแบบนี้สะท้อนให้เห็นถึงการพึ่งพาตนเองของชาวบ้าน การพึ่งพิงกันเองในชุมชน และการพึ่งพิงกับสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ (Thailand Plus, 2018)

อย่างไรก็ตามในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมมักมีอุปสรรคมากมาย จากบทความนวัตกรรมการเกษตร: ทางออกปัญหาความเหลื่อมล้ำของไทย Junthapong and Thepkham (2018) พบว่าอาชีพเกษตรกรรมไม่สามารถให้ความมั่นคงกับครัวเรือน และมีรายได้ไม่เพียงพอทำให้สมาชิกครัวเรือนต้องเคลื่อนย้ายแรงงานไปยังนอกภูมิภาคเพื่อหารายได้อื่น ๆ เป็นแหล่งรายได้สนับสนุนอีกทางหนึ่ง โดยปัญหาหลักของเกษตรกรไทย คือ ปัญหาด้านที่ดินและการใช้ที่ดิน เกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่ถือครองขนาดเล็ก ปัญหาราคาพืชผลไม่แน่นอน ปัญหาความไม่เพียงพอของน้ำที่ใช้ในการเกษตร

ปัญหาสภาพภูมิอากาศแปรปรวนทำให้ผลผลิตเสียหาย การขาดความรู้และไม่ได้รับคำแนะนำที่เพียงพอ รวมถึง ปัญหาความเสี่ยงจากการดำเนินนโยบายของภาครัฐและ เอกชน (Petcharat *et al.*, 2019)

ในสถานการณ์ที่ชุมชนของเกษตรกรกำลัง ประสบปัญหาต่าง ๆ อยู่ นั่น หากเกษตรกรสามารถ ช่วยเหลือตนเองได้ โดยยึดหลักของการพออยู่พอกิน ช่วยเหลือตนเองก่อนที่จะขอความช่วยเหลือจากผู้อื่น ตลอดจนเกษตรกรมีการพึ่งพาช่วยเหลือกันได้ในระดับ ชุมชน อาศัยการมีส่วนร่วม มีคุณธรรมต่อกัน รักษา ผลประโยชน์ส่วนรวมร่วมกัน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ แบ่งปัน ประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ร่วมกันคิด ร่วมกันทำ (Punyasing, 2014) อาจสามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าวได้ และจะส่งผลเชิงบวกต่อการพัฒนาประเทศ ในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นเชิงเศรษฐกิจ การเมือง และ สังคม เนื่องจากชุมชนท้องถิ่นเป็นหน่วยพื้นฐานและเป็น รากฐานที่สำคัญของประเทศ (Weeraphanpong, 2014) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งน้ำและระบบชลประทานเป็น ปัจจัยสำคัญในการสนับสนุนศักยภาพการผลิตและเพิ่ม รายได้ให้แก่เกษตรกร จากข้อมูลสถิติที่พบว่า คราวเรือน ภาคการเกษตรในพื้นที่ชลประทานมีรายได้สูงกว่า คราวเรือนที่อยู่นอกเขตชลประทานถึงประมาณ 3 เท่า การจัดสรรน้ำตามความต้องการและเหมาะสมจึงมี ความสำคัญต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ส่งผล อย่างยิ่งต่อรายได้และชีวิตความเป็นอยู่ของครัวเรือน เกษตรกร (Phongrattananugul and Sirikanchanarak, n.d.) การจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำในระบบชลประทานขนาดเล็ก ในจังหวัดเชียงใหม่ เป็นกิจกรรมหนึ่งที่กรมชลประทาน ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ใช้น้ำมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการ น้ำชลประทาน และบำรุงรักษาระบบชลประทานได้อย่าง เข้าใจตามหลักวิชาการ สอดคล้องกับความต้องการของ เกษตรกรในพื้นที่นั้น ๆ กลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทาน คือ กลุ่ม เกษตรกรซึ่งนับเป็นกลุ่มหลักของชุมชนชนบท การศึกษาและทำความเข้าใจถึงอุปสรรคในการทำ

การเกษตรเชื่อมโยงถึงการพึ่งพากันของคนในชุมชน จะสามารถสะท้อนถึงศักยภาพในการใช้ทรัพยากรร่วมกัน ของชุมชน โดยเฉพาะทรัพยากรน้ำที่มีความสำคัญต่อการ ทำการเกษตร และมีความอ่อนไหวต่อความสัมพันธ์ของ คนในชุมชนที่มีส่วนเป็นเจ้าของร่วมกัน การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกร ในระบบชลประทานขนาดเล็กต่อการพึ่งพากันได้ในชุมชน อุปสรรคที่มีผลต่อการประกอบอาชีพการเกษตรของ เกษตรกร และการหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุปสรรค ในการประกอบอาชีพการเกษตรกับการพึ่งพากันได้ ของคนในชุมชน ผลการศึกษาครั้งนี้อาจเป็นประโยชน์ แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาการอยู่ร่วมกันของ คนในชุมชน โดยส่งเสริมการพึ่งพากันได้ของคนในชุมชน อันเป็นพื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนาชุมชนเกษตร ได้อย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความคิดเห็นของเกษตรกร ต่ออุปสรรคที่มีผลต่อการประกอบอาชีพการเกษตรกับระดับ ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการพึ่งพากันได้ในชุมชน และตั้งสมมติฐานว่าถ้ามีอุปสรรคมากจะมีการพึ่งพากัน ในชุมชนมากขึ้น ทำการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2562 เก็บข้อมูล ในพื้นที่ 11 อำเภอ ของจังหวัดเชียงใหม่ ประชากร เป้าหมาย คือ เกษตรกรผู้ใช้น้ำในระบบชลประทานขนาดเล็ก จำนวน 30 กลุ่ม กลุ่มละ 40-50 ราย รวมทั้งหมด 1,248 ราย ซึ่งอาศัยอยู่ตามอำเภอต่าง ๆ ได้แก่ สันทราย ดอยสะเก็ด สารภี สันป่าตอง จอมทอง แม่แจ่ม แม่แตง แม่วาง แม่อาย ไชยปราการ และฝาง ผู้วิจัยกำหนดขนาด ตัวอย่างตาม Yamane (1973) ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 โดยยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง ได้ 3 เปอร์เซ็นต์ ($e=0.03$) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 589 ราย ทำการสุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย

(Simple random sampling) จากกลุ่มผู้ใช้น้ำทั้ง 30 กลุ่ม ตามสัดส่วนที่คำนวณได้ของแต่ละกลุ่ม (Proportional allocation) จนครบจำนวน 589 ราย เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายปิดและปลายเปิด ในส่วนของคำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการพึ่งพากันได้ในชุมชน เป็นคำถามที่ให้ตอบตามมาตรวัด 4 ระดับ คือ 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 2 = ไม่เห็นด้วย 3 = เห็นด้วย 4 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก ดังนี้

1.00 – 1.75 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

1.76 – 2.50 = ไม่เห็นด้วย

2.51 – 3.25 = เห็นด้วย

3.26 – 4.00 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง

และคำถามเกี่ยวกับอุปสรรคที่มีผลต่อการประกอบอาชีพการเกษตรของเกษตรกรเป็นคำถามที่ใช้มาตรวัด 5 ระดับ คือ 1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = มาก 5 = มากที่สุด

1.00 – 1.80 = น้อยที่สุด

1.81 – 2.60 = น้อย

2.61 – 3.40 = ปานกลาง

3.41 – 4.20 = มาก

4.21 – 5.00 = มากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติอ้างอิง คือ สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's product moment) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุปสรรคในการประกอบอาชีพการเกษตรกับระดับการพึ่งพากันได้ในชุมชน

ผลการวิจัย

ลักษณะพื้นฐานบางประการทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษากลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ใช้น้ำในระบบชลประทานขนาดเล็ก จำนวน 589 ราย พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 79.12 เป็นเพศชาย จำนวนประมาณ 1 ใน 3 (ร้อยละ 38.71) มีอายุระหว่าง 51-60 ปี ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 70.62) จบการศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษา อาศัยอยู่ในชุมชนมาเป็นเวลาเฉลี่ย 48.54 ปี ส่วนใหญ่มีรายได้จากการเกษตรเฉลี่ย 3,060.32 บาทต่อเดือน เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 73.68) มีหนี้สิน (Table 1)

Table 1 Farmers' demographic data

(n = 589)

Variables	Number	Percent	Min	Max	$\bar{x}$	SD
Gender						
Male	466	79.12				
Female	123	20.88				
Age (years)						
≤ 20	1	0.17	17	85	55.90	10.897
21 – 30	11	1.87				
31 – 40	41	6.96				
41 – 50	115	19.52				
51 – 60	228	38.71				
> 60	193	32.77				
Education level						
No formal education	20	3.40				
Primary	416	70.62				
Secondary	110	18.68				
Diploma	15	2.55				
Bachelor's degree	28	4.75				
Period living in community (years)						
≤ 20	42	7.14	1	84	48.54	16.540
21 – 30	70	11.88				
31 – 40	65	11.03				
41 – 50	109	18.51				
51 – 60	162	27.50				
> 60	141	23.94				
Agricultural income (Baht/month)						
≤ 1,000	178	30.20	0	27,158.10	3,060.32	3,639.978
1,001 – 5,000	325	55.17				
5,001 – 10,000	58	9.90				
10,001 – 15,000	14	2.37				
15,001 – 20,000	11	1.86				
> 20,000	3	0.50				
Indebtedness						
No debt	155	26.32				
In debt	434	73.68				

ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการพึ่งพกันได้ในชุมชน

การศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการพึ่งพกันได้ในชุมชนในประเด็นต่าง ๆ จำนวน 12 ประเด็น พบว่า โดยภาพรวมเกษตรกรมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}$ =2.72) ว่าในชุมชนของตนสามารถพึ่งพกันได้ ประเด็นสำคัญที่เห็นด้วย คือ เมื่อมีปัญหาสามารถขอความช่วยเหลือจากคนในชุมชนได้ ($\bar{X}$ =3.18) คนส่วนใหญ่ในชุมชนนี้มีความเต็มใจช่วยเหลือได้เมื่อต้องการ ($\bar{X}$ =3.16) คนส่วนใหญ่ในชุมชนเป็นคนซื่อสัตย์

และเชื่อถือได้ ($\bar{X}$ =3.08) และเมื่อมีเรื่องเร่งด่วนคนในชุมชนพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือ ($\bar{X}$ =2.97)

เกษตรกรมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่งว่าตนเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนนี้ ($\bar{X}$ =3.39) และรู้สึกว่ามีคนอย่างตนในหมู่บ้าน จะสามารถทำให้หมู่บ้านนี้น่าอยู่มากขึ้น ($\bar{X}$ =3.29) ในทางตรงกันข้ามเกษตรกรไม่เห็นด้วยว่า ในชุมชนนี้มีใครบางคนพยายามเอาเปรียบตน ($\bar{X}$ =2.16) คนในชุมชนสนใจแต่สวัสดิภาพของตนเองตลอดเวลา ($\bar{X}$ =2.28) และตนไม่สนใจในความคิดเห็นของคนอื่น ($\bar{X}$ =2.20) (Table 2)

Table 2 Farmers' opinions towards community interdependence

(n = 589)

Farmers' opinion	$\bar{X}$ (SD)	Meaning
Most of the people in this community are honest and trustworthy.	3.08 (0.637)	Agree
People in the community are always interested in their welfare.	2.28 (0.784)	Disagree
Someone in this community has tried to take advantage of you.	2.16 (0.843)	Disagree
You are not interested in the thoughts of others in the community.	2.20 (0.911)	Disagree
Most people in this community are willing to help when someone need it.	3.16 (0.650)	Agree
You have a feeling of belonging to this community.	3.39 (0.630)	Strongly agree
When urgent matter, there are people in the community ready to help.	2.97 (0.771)	Agree

Table 2 (Continued)

Farmers' opinion	$\bar{X}$ (SD)	Meaning
When you have a problem, you can seek help from people in the community.	3.18 (0.714)	Agree
If someone in the village borrows money from other people in the village, the borrower will bring the money back.	2.91 (0.814)	Agree
You can leave your children with someone in the village, when away from home for one day or have urgent matters.	1.70 (0.932)	Strongly disagree
If you borrow a small amount of money from your neighbor because of urgent matters, neighbors will lend you free of interest.	1.73 (0.943)	Strongly disagree
If there are people like you in the village, they can make the village more livable.	3.29 (0.957)	Strongly agree
Total	2.72 (0.324)	Agree

อุปสรรคที่มีผลต่อการประกอบอาชีพการเกษตรของเกษตรกร

การศึกษาอุปสรรคที่มีผลต่อการประกอบอาชีพการเกษตรของเกษตรกรในประเด็นต่าง ๆ จำนวน 7 ประเด็น พบว่าเกษตรกรมีความคิดเห็นโดยภาพรวมต่ออุปสรรคทั้ง 7 ประเด็นอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =3.43) เมื่อ

พิจารณาในประเด็นย่อยต่าง ๆ พบว่าประเด็นที่เกษตรกรมีความคิดเห็นว่ามีผลต่อการประกอบอาชีพการเกษตรในระดับมาก ได้แก่ ราคาปัจจัยการผลิตที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ($\bar{X}$ =3.96) ความไม่แน่นอนของราคาผลผลิต ($\bar{X}$ =3.83) และความเสียหายของโครงสร้างพื้นฐานการชลประทาน ($\bar{X}$ =3.54) ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Obstacles affecting agricultural occupation of farmers

(n = 589)

Obstacles	$\bar{x}$ (SD)	Meaning
Climate change	3.37 (0.961)	Moderate
Changes in government regulations and subsidies	3.27 (1.074)	Moderate
Prices for fast-changing inputs, such as fuel oil, seed, fertilizer and pesticides	3.96 (0.892)	High
Product price uncertainty	3.83 (0.942)	High
Migration of rural workers to work in the city	2.81 (1.113)	Moderate
Collapse of irrigation infrastructure	3.54 (1.164)	High
Natural disasters that cause floods	3.21 (1.301)	Moderate
Total	3.43 (0.649)	High

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุปสรรคที่มีผลต่อการประกอบอาชีพการเกษตรของเกษตรกรกับความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการพึ่งพากันได้ในชุมชน

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรคในการประกอบอาชีพการเกษตรกับการพึ่งพากันได้ของคนในชุมชน ผลการศึกษาพบว่า ในภาพรวมระดับอุปสรรคต่อการประกอบอาชีพการเกษตรมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับการพึ่งพากันได้ในชุมชน ($r=0.113$, $P\text{-value}=0.006$) หมายความว่า ถ้าเกษตรกรเห็นว่ามีอุปสรรคในการประกอบอาชีพมากขึ้น จะมีความเห็นว่าสามารถพึ่งพาคนในชุมชนได้มากขึ้น เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของระดับอุปสรรคต่อการประกอบอาชีพการเกษตรกับความคิดเห็นต่อการพึ่งพากันได้

ในชุมชนในแต่ละประเด็นย่อยพบว่า ประเด็นสำคัญของการพึ่งพากันได้ที่มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับอุปสรรคในการประกอบอาชีพของเกษตรกร ได้แก่ (1) เมื่อมีปัญหาสามารถขอความช่วยเหลือจากคนในชุมชนได้ ($r=0.183$) (2) คนส่วนใหญ่ในชุมชนนี้มีความเต็มใจช่วยเหลือได้เมื่อต้องการ ($r=0.172$) (3) เมื่อมีเรื่องเร่งด่วนมีคนในชุมชนที่พร้อมช่วย ($r=0.167$) (4) ถ้าใครยืมเงินจากคนในชุมชน ผู้ยืมจะนำเงินไปคืนแก่ผู้ที่ให้ยืม ($r=0.112$) และ (5) ความรู้สึกว่าเป็นส่วนหนึ่งของชุมชน ($r=0.095$) ตามลำดับ อธิบายได้ว่า ในความคิดเห็นของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง ถ้าเกษตรกรเห็นว่าตนมีอุปสรรคในการประกอบอาชีพการเกษตร เขาจะรู้สึกว่ายังสามารถพึ่งพาคนในชุมชนได้ โดยคนส่วนใหญ่ในชุมชน

ยินดีที่จะให้ความช่วยเหลือ ถ้าเป็นเรื่องเร่งด่วนคนในชุมชนก็พร้อมที่จะช่วย คนในชุมชนมีความรับผิดชอบหากยืมเงินจากคนในชุมชน ผู้ยืมจะนำเงินไปคืนแก่ผู้ที่ยืม และเห็นว่าตนยังเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนเสมอ ในทางตรงกันข้ามประเด็นที่มีความสัมพันธ์เชิงลบที่สำคัญได้แก่ (1) คนในชุมชนมักจะสนใจแต่เรื่องของตนเอง

($r=-0.104$) และ (2) ใครบางคนในชุมชนพยายามที่จะเอาเปรียบตน ($r=-0.103$) อธิบายได้ว่า เมื่อเกษตรกรเห็นว่าตนมีอุปสรรคในการประกอบอาชีพ จะไม่เกิดความรู้สึกหรือเห็นว่าคนในชุมชนไม่สนใจตนเพราะกลัวแต่สนใจเรื่องส่วนตัว และไม่รู้สึกว่าใครสักคนในชุมชนพยายามจะเอาเปรียบตน (Table 4)

Table 4 The relationship between the level of obstacles in agricultural occupation and interdependence in the community

(n = 589)

Item	r	P-value
Most of the people in this community are honest and trustworthy.	0.086*	0.037
People in the community are always interested in their welfare.	-0.104*	0.012
Someone in this community has tried to take advantage of you.	-0.103*	0.012
You are not interested in the thoughts of others in the community.	0.000	0.991
Most people in this community are willing to help when they need it.	0.172**	0.000
You have a feeling of belonging to this community.	0.095*	0.021
When urgent matter, there are people in the community ready to help.	0.167**	0.000
When you have a problem, you can seek help from people in the community.	0.183**	0.000
If someone in the village borrows money from other people in the village, the borrower will bring the money back.	0.112**	0.006
You can leave your children with someone in the village, when away from home for one day or have urgent matters.	0.038	0.356
If you borrow a small amount of money from your neighbor because of urgent matters, neighbors will lend you free of interest.	0.005	0.909
If there are people like you in the village, they can make the village more livable.	-0.012	0.763
Overview	0.113**	0.006

**Correlation is significant at the 0.01 level. *Correlation is significant at the 0.05 level.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาความคิดเห็นต่อการพึ่งพากันได้
ในชุมชนของเกษตรกรในระบบชลประทานขนาดเล็ก
ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่
เป็นเพศชาย อายุค่อนข้างมาก จบการศึกษาระดับต่ำกว่า
ภาคบังคับ อาศัยอยู่ในชุมชนมาเป็นเวลานาน และมี
หนี้สิน ซึ่งเป็นลักษณะโดยทั่วไปของเกษตรกรไทย คือ เป็น
แรงงานการเกษตรที่มีอายุมาก การศึกษาต่ำ และมีหนี้สิน
ลักษณะดังกล่าวเป็นจุดอ่อนที่มีโอกาสได้รับอุปสรรค
ในการประกอบอาชีพการเกษตร ซึ่งเป็นอาชีพที่มีความ
เสี่ยงสูง เพราะต้องขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ราคา
ผลผลิต ตลอดจนการตลาดที่ไม่แน่นอน

เกษตรกรในระบบชลประทานขนาดเล็กใน
จังหวัดเชียงใหม่ เผชิญกับอุปสรรคที่มีผลต่อการประกอบ
อาชีพการเกษตรอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง
ในด้านราคาผลผลิตที่ไม่แน่นอน และราคาปัจจัยการผลิต
ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ตลอดจนความเสียหายของ
โครงสร้างพื้นฐานการชลประทาน และพบกับอุปสรรค
ในระดับปานกลางในด้านการเปลี่ยนแปลงของสภาพ
ภูมิอากาศ ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ทำให้เกิดน้ำท่วม และ
ปัญหาการย้ายถิ่นของแรงงานในชุมชนไปทำงานในเมือง
อุปสรรคดังกล่าวมีผลกระทบอย่างมากต่อการประกอบ
อาชีพการเกษตรของเกษตรกร โดยเฉพาะเกษตรกรที่ขาด
ศักยภาพในด้านความรู้ในการผลิต จำนวนแรงงาน และ
เงินทุนที่จะนำเทคโนโลยีมาใช้ในการประกอบการ
หรือแก้ไขปัญหาต่าง ๆ

การวิจัยครั้งนี้พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความ
คิดเห็นในระดับเห็นด้วยว่า ในชุมชนที่ตนอาศัยอยู่
สามารถพึ่งพากันได้ กล่าวคือเมื่อมีปัญหาสามารถ
ขอความช่วยเหลือจากคนในชุมชนได้ คนส่วนใหญ่ในชุมชน
มีความเต็มใจที่จะให้ความช่วยเหลือได้เมื่อต้องการ คน
ส่วนใหญ่ในชุมชนมีความซื่อสัตย์และเชื่อถือได้ และเมื่อมี
เรื่องเร่งด่วนคนในชุมชนพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือได้
ซึ่งจะเห็นได้ว่าเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติที่ดีต่อ

คนในชุมชนของตน และเห็นว่าสามารถพึ่งพาได้ เกษตรกร
เห็นด้วยอย่างยิ่งว่าตนเป็นส่วนหนึ่งของชุมชน และคิดว่า
ถ้าคนในชุมชนมีลักษณะนิสัยคล้ายกับตนจะทำให้ชุมชน
น่าอยู่ ในทางตรงกันข้ามกลุ่มตัวอย่างไม่เห็นด้วยว่าคน
ในชุมชนสนใจแต่เรื่องของตนเองโดยไม่สนใจผู้อื่น

การพึ่งพาอาศัยกันในชุมชนเป็นต้นทุนที่สำคัญ
ในการพัฒนาชุมชนให้แข็งแกร่งยิ่งขึ้น Brennan (2013)
กล่าวว่า ไม่มีใครอยู่ได้ด้วยตัวคนเดียว โดยปราศจากความ
ช่วยเหลือหรือสนับสนุนใด ๆ จากผู้อื่น แต่ละคนควรที่จะ
ทำงานร่วมกับผู้อื่นและให้การสนับสนุนกลุ่มและสมาชิก
ทุกคนให้บรรลุความสำเร็จในระดับที่สูงขึ้น นอกจากนี้
Open textbooks for Hong Kong (2016) ได้ระบุไว้ว่า
การมีปฏิสัมพันธ์เป็นสิ่งสำคัญยิ่งเมื่อพิจารณาควบคู่
ไปกับการพึ่งพาซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่ม
คนทำงาน การพึ่งพาอาศัยกันและกันเกี่ยวข้องกับ
ความจำเป็นในการทำงานร่วมกันเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วง
ไปด้วยดี ในการทำงานแต่ละคนต้องทำงานของตนเองและ
ร่วมกันทำงานเพื่อให้กลุ่มทำงานได้ คนในกลุ่มต้องพึ่งพา
อาศัยกันและกันเพื่อให้งานบรรลุเป้าหมาย เมื่อสมาชิก
ในกลุ่มมีการพึ่งพาอาศัยกันและกันได้ พวกเขาจะมีการ
เชื่อมโยงซึ่งกันและกัน มีการติดต่อสื่อสารกันมากขึ้น
ทำให้เกิดประสิทธิผลของงานมากขึ้น

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุปสรรค
ในการประกอบอาชีพการเกษตรกับการพึ่งพากันได้ของ
คนในชุมชน พบว่าระดับความคิดเห็นต่ออุปสรรคในการ
ประกอบอาชีพการเกษตรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับ
การพึ่งพากันได้ในชุมชน เกษตรกรที่เห็นว่าตนมีอุปสรรค
ในการประกอบอาชีพการเกษตรจะมีความคิดเห็นว่าจะ
สามารถพึ่งพาคนในชุมชนได้ ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากการ
รู้จักคุ้นเคยกันเพราะอาศัยอยู่ในชุมชนด้วยกันมาเป็น
เวลานาน (โดยเฉลี่ย 48.54 ปี) และแต่ละคนมีสภาพ
พื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมที่ไม่แตกต่างกันมากนัก
เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อคนในชุมชนว่าส่วนใหญ่มีความ
ซื่อสัตย์และเชื่อถือได้ ดังจะเห็นได้จากการมีความคิดเห็น
ในระดับเห็นด้วยว่า ถ้าใครยืมเงินจากคนในชุมชนผู้ยืมจะ

นำเงินไปคืนแก่ผู้ที่ให้ยืม ลักษณะดังกล่าวเป็นทุนทางสังคมที่ดี ซึ่งเป็นทุนทางสังคมของชนบทไทย คือ ความมีน้ำใจ ความเอื้ออาทร ความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน อันเป็นมรดกทางสังคมไทยมาโดยตลอด (Intriat, 2017)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความคิดเห็นต่อการพึ่งพากันได้ในชุมชนของเกษตรกรในระบบชลประทานขนาดเล็กในจังหวัดเชียงใหม่ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้น้ำในเขตชลประทานขนาดเล็ก ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 51-60 ปี จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา อาศัยอยู่ในชุมชนมาเป็นเวลาเฉลี่ย 48.54 ปี มีรายได้เฉลี่ย 3,060.32 บาทต่อเดือน และมีหนี้สิน

ในด้านการพึ่งพากันได้ในชุมชนพบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยว่าชุมชนของตนสามารถพึ่งพากันได้ โดยเห็นว่าเมื่อมีปัญหาสามารถขอความช่วยเหลือจากคนในชุมชนได้ คนส่วนใหญ่ในชุมชนมีความเต็มใจให้ความช่วยเหลือเมื่อต้องการ คนในชุมชนส่วนใหญ่เป็นคนซื่อสัตย์และเชื่อถือได้ ตลอดจนเมื่อมีเรื่องเร่งด่วนคนในชุมชนพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือทันที

เมื่อศึกษาถึงอุปสรรคในการประกอบอาชีพของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง พบว่าเกษตรกรมีความคิดเห็นในระดับมากกว่า มีปัญหาอุปสรรคในเรื่องราคาปัจจัยการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ความไม่แน่นอนของราคาผลผลิต และความเสียหายของโครงสร้างพื้นฐานการชลประทาน

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้พบว่าระดับอุปสรรคต่อการประกอบอาชีพการเกษตรของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการพึ่งพากันได้ในชุมชน อธิบายได้ว่าเกษตรกรที่มีความเห็นด้วยว่าตนมีอุปสรรคในการประกอบอาชีพการเกษตร จะมีความคิดเห็นว่าตนสามารถพึ่งพาคนในชุมชนได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ Ostrom Center for the Advanced Study of Natural Resources Governance (OCeAN) สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย สำหรับทุนสนับสนุนการทำวิจัย และขอขอบคุณเกษตรกรผู้ใช้น้ำในระบบชลประทานขนาดเล็ก จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบสัมภาษณ์ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Brennan, M.L. 2013. **The importance of interdependence.** [Online]. Available <https://psychcentral.com/blog/balanced-life/2013/06/the-importance-of-interdependence#1> (November 27, 2021).
- Intriat, M. 2017. Social capital. **Narkbhutparitat Journal** 9(2): 14-25. [in Thai]
- Junthapong, S. and P. Thepkham. 2018. **Agricultural innovation: solution to Thailand's inequality problem part 1.** [Online]. Available https://www.bot.or.th/Thai/ResearchAndPublications/DocLib/_Article_11Apr2018.pdf (December 10, 2020). [in Thai]
- Open textbooks for Hong Kong. 2016. **Communication, interdependence, and group structure.** [Online]. Available <http://www.opentextbooks.org.hk/ditatopic/17339> (December 10, 2020).

- Petcharat, C., P. Phocherd and B. Kuensuwong. 2019. **Agricultural production patterns of rural Thai households' data from Townsend Thai data**. [Online]. Available <https://www.pier.or.th/abridged/2019/10/#top> (December 10, 2020). [in Thai]
- Phongrattananugul, S. and D. Sirikancharak. n.d. **Irrigation system and Thai agriculture**. [Online]. Available https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Northern/DocLib_Article/ThailandIrrigationAgriSector (November 27, 2021). [in Thai]
- Posita, C. 2012. Rural Thai villages in capitalism. **The Journal of the Royal Society of Thailand** 37(4): 163-185. [in Thai]
- Punyasing, S. 2014. Self-development and indicators of farming families' well-being in accordance with sufficiency economy philosophy approach in Northeast Thailand. **Journal of Humanities and Social Sciences, Khon Kaen University** 31(3): 121-138. [in Thai]
- Thailand Plus. 2018. **Community way of life agriculture**. [Online]. Available <https://www.thailandplus.tv/archives/1777> (December 10, 2020). [in Thai]
- Weeraphanpong, A. 2014. Factors influencing self-reliance community: the case of Klongladmayom Community, Talingchan, Bangkok. **Governance Journal** 3(1): 59-82. [in Thai]
- Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis**. 3rd. New York: Harper and Row Publication. 1130 p.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติในการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือน
ของเกษตรกรในเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
Factors Related to Attitude towards Food Security Creating
at the Household Level of Farmers in Kham District, Xiengkoung Province
Lao People's Democratic Republic

Khantavanh Phlasaboud พุฒิสรรค์ เครือคำ* สายสกุล ฟองมูล และปิยะ พลະปัญญา
Khantavanh Phlasaboud, Phutthisun Kruekum*, Saisakul Fongmul and Piya Palapanya

สาขาวิชาพัฒนทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: rungsun14@hotmail.com

Received: September 25, 2020

Revised: October 29, 2021

Accepted: April 25, 2022

Abstract

This study aimed to explore attitude towards creating food security at the household level and factors related to the attitude. The sample group consisted of 279 farmers in Kham district, Xiengkoung province, LAO P.D.R. A set of questionnaires was used for data collection and analyzed by using descriptive statistics and multiple regression. Results of the study revealed that, as a whole, the respondents had a high level of attitude towards food security creating at the household level ($\bar{x}=4.18$). Based on its details, food utilization had a highest level of an agreement. This was followed by food availability, access to food, and food stability, respectively. There were six variables having statistically significant relationships at 0.05 with the attitude. However, five variables had positive relationships: incomes earned from the agricultural sector; incomes earned from non-agricultural sector; frequency of the participation in food security perception; and knowledge about food security creating. Only household expenses had a negative relationship with the attitude.

Keywords: farmer attitude, food security, household level

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาทัศนคติที่มีต่อการสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกร และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติในการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรในเขตเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จำนวน 279 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา และการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรมีทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (ค่าเฉลี่ย 4.18 คะแนน) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยทัศนคติที่เห็นด้วยมากที่สุด คือ ด้านการใช้ประโยชน์จากอาหาร รองลงมา ได้แก่ ด้านการมีอาหารเพียงพอ ด้านการเข้าถึงอาหาร และด้านความมีเสถียรภาพของอาหารตามลำดับ ส่วนปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติในการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีจำนวน 6 ตัวแปร โดยเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกจำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ รายได้ภาคการเกษตร รายได้นอกภาคการเกษตร จำนวนการเข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร จำนวนการรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร และความรู้เกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร ในขณะที่ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ ได้แก่ รายจ่ายในครัวเรือน

คำสำคัญ: ทัศนคติของเกษตรกร ความมั่นคงทางอาหาร ระดับครัวเรือน

คำนำ

ปัจจุบันความมั่นคงด้านอาหารเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจทั้งในระดับประชาคมโลก ระดับประเทศ ระดับชุมชน และระดับครัวเรือน เนื่องจากอาหารเป็นหนึ่งในปัจจัย 4 ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ด้วยเหตุนี้ความมั่นคงทางอาหารจึงได้กลายเป็นปัญหาความมั่นคงรูปแบบใหม่ที่หลายประเทศกำลังเผชิญ และสร้างมาตรการรับมือกับความท้าทายดังกล่าว เพื่อความอยู่รอดของประชากรในประเทศและประชากรโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งนับเป็นปัญหาที่กำลังทวีความรุนแรงมากขึ้น อันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ การเกิดวิกฤตด้านพลังงาน ความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม และการให้ความสำคัญของการผลิตพืชอาหารลดลง เน้นการผลิตพืชพลังงานมากขึ้น ตลอดจนการลดลงของพื้นที่ทำการเกษตรจากการขยายตัวของเมือง ทำให้ราคาพืชอาหารปรับตัวสูงขึ้นส่งผลให้ประชากรที่ยากจนไม่สามารถเข้าถึงอาหารได้ ในปัจจุบันสถานการณ์ความมั่นคงด้านอาหารและโภชนาการของโลกอยู่ในสถานะลัมเลว เนื่องจากจำนวนคนขาดสารอาหารของโลกเพิ่มสูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2560 มีจำนวนคนขาดสารอาหาร 821 ล้านคน หรือประมาณ 1 ใน 9 ของประชากรโลก โดยมีสาเหตุมาจากความแปรปรวน และความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018)

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย และมีชายแดนติดกับหลายประเทศ อาทิ ด้านเหนือติดกับประเทศจีน ด้านตะวันตกเฉียงเหนือติดกับ

ประเทศเมียนมา ด้านตะวันตกติดกับประเทศไทย ด้านใต้ติดกับประเทศกัมพูชา และด้านตะวันออกติดกับประเทศเวียดนาม โดยมีการแบ่งเขตเศรษฐกิจของประเทศออกเป็นสามภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ซึ่งแต่ละภูมิภาคได้ให้ความสำคัญแก่ภาคการเกษตรในฐานะเป็นแหล่งรายได้หลักของประชาชนและของประเทศ (Buathong, 2016) โดยมีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 28.1 ล้านไร่ มีผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80) เป็นพืชและปศุสัตว์ และส่วนที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 20 เป็นผลผลิตที่ได้จากภาคการประมงและป่าไม้ ซึ่งพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ยางพารา และกาแฟ (Department of International Trade Promotion, 2017)

ในการทำการเกษตรภาคเหนือของประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยเฉพาะในเขตเมืองคำ แขวงเชียงขวาง ประชาชนส่วนมากได้ยึดการทำการเกษตรเป็นอาชีพหลัก ซึ่งเมืองคำถือเป็นพื้นที่หนึ่งที่พื้นที่ส่วนใหญ่มีสภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่สูง หรืออาจล้อมไปด้วยภูเขาถึงเกือบสองในสามของพื้นที่ทั้งหมด อย่างไรก็ตามเกษตรกรส่วนมากยังขาดความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจ เช่น การมีรายได้ต่ำ การยังชีพขึ้นอยู่กับธรรมชาติ หรือที่ตั้งของหมู่บ้านอยู่ในเขตชนบทห่างไกลจากเขตชุมชนเมือง ทำให้ครัวเรือนเกษตรกรส่วนใหญ่ขาดความสามารถในการเข้าถึงแหล่งอาหาร ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากถนนหรือการคมนาคมมีความยากลำบาก เครือข่ายด้านการติดต่อสื่อสารยังกระจายไม่ทั่วถึงทุกพื้นที่ ส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดการติดต่อกับสังคมภายนอก และการรับข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ยังล่าช้า (Sub-Committees of the General Assembly of Mueang Kham, 2019) เพื่อให้การสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกรเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรม สิ่งที่สำคัญ คือ การศึกษาระดับทัศนคติหรือความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารของเกษตรกร และการศึกษาหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติในการสร้างความ

มั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือน ซึ่งถือเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่นำไปสู่การศึกษาการสร้าง ความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกร และการวางแผนเพื่อพัฒนาการผลิต และการสร้างความมั่นคงทางอาหารของประชาชนในภาคการเกษตร ในพื้นที่เมืองคำและพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศในอนาคตต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็น การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทัศนคติที่มีต่อการสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกร และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติในการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือนของเกษตรกรในพื้นที่เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ซึ่งสุ่มตัวอย่างแบบ 2 ขั้นตอน (Two-stages sampling) (Suwatthi, 1998) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการสุ่มหมู่บ้านจากทั้งหมด 4 กลุ่มบ้านที่อยู่ในพื้นที่โครงการเกษตรโคชนาการ เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยกำหนดให้มีการสุ่มหมู่บ้านในแต่ละกลุ่มบ้านจำนวน 3 หมู่บ้าน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก ได้หมู่บ้านตัวอย่างจำนวน 12 หมู่บ้าน ดังนี้ 1) บ้านและดอ 2) บ้านชายนาดู 3) บ้านหิน 4) บ้านเชียงแก้ว 5) บ้านนาทองไค้เวียง 6) บ้านม่วงไซ 7) บ้านท่า 8) บ้านนาไซ 9) บ้านบวมเพียง 10) บ้านสบเป็น 11) บ้านสบนา และ 12) บ้านสันแก้ว โดยแต่ละหมู่บ้านมีจำนวนเกษตรกรรวมทั้งหมด 925 คน จากนั้นคำนวณจากสูตร Yamane

(1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และยอมให้มีความคลาดเคลื่อนที่ระดับ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรจำนวน 279 คน

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสุ่มเกษตรกรในแต่ละหมู่บ้านตัวอย่าง โดยทำการเทียบสัดส่วนของจำนวนเกษตรกรทั้งหมดในแต่ละหมู่บ้านตัวอย่างกับขนาดตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณ เพื่อหาขนาดกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรแต่ละหมู่บ้าน เมื่อได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรแต่ละหมู่บ้านแล้วจึงทำการสุ่มเกษตรกร โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการใช้ตารางเลขสุ่มตามรายชื่อเกษตรกรแต่ละหมู่บ้าน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรในเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ในปี พ.ศ. 2563 จำนวน 279 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีจำนวน 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร และตอนที่ 2 ทักษะการคิดของเกษตรกรในการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือน มีองค์ประกอบจำนวน 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการมีอาหารเพียงพอ 2) ด้านการเข้าถึงอาหาร 3) ด้านการใช้ประโยชน์ของอาหาร และ 4) ด้านความมีเสถียรภาพของอาหาร

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสอบถามเกษตรกร จึงทำการกำหนดวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) ข้อมูลลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม และทักษะการคิดของเกษตรกรในการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือน ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์ทัศนคติของเกษตรกรในการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือน กำหนดให้เกษตรกรระบุคะแนนความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ คือ 5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 = เห็นด้วย

3 = ไม่แน่ใจ 2 = ไม่เห็นด้วย และ 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและแบ่งช่วงสำหรับการพิจารณาการตัดสินใจทัศนคติของเกษตรกร ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	ระดับทัศนคติ (ความคิดเห็น)
4.51 – 5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3.51 – 4.50	เห็นด้วย
2.51 – 3.50	ไม่แน่ใจ
1.51 – 2.50	ไม่เห็นด้วย
1.00 – 1.50	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

2) การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติของเกษตรกรในการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือนใช้สถิติการวิเคราะห์พหุคูณ (Multiple regression analysis) ซึ่งใช้โปรแกรมสถิติเพื่อสังคมศาสตร์ช่วยในการวิเคราะห์ ทั้งนี้การวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกรเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปกับตัวแปรตาม 1 ตัว ว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีระดับความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใด โดยการวิเคราะห์ในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวแปรอิสระจากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมด 18 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา ขาดทุน รายได้ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน แรงงานในครัวเรือน พื้นที่ทำการเกษตร รายได้จากภาคการเกษตร รายได้เสริมนอกภาคการเกษตร รายจ่ายในครัวเรือน ภาระหนี้สิน การมีตำแหน่งทางสังคม การเข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มของชุมชน การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร การเข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร การรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร และความรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร ซึ่งจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่ โดยใช้วิธีการ

วิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation) (Saipattana and Piyapimonsit, 2004) พบว่าไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดที่มีค่าความสัมพันธ์ (r) สูงกว่า 0.80 ที่จะทำให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเองสูง (Multicollinearity) และส่งผลให้เกิดการละเมิดเงื่อนไขของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Prasitrat, 2003)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 42.93 ปี มีสถานภาพสมรส สำเร็จ การศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ส่วนใหญ่เป็นชาติพันธุ์ลาวลุ่ม มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 6 คน มีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 3 คน มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 10.66 ไร่ มีรายได้ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 302,525.46 บาทต่อปี มีรายได้เสริมนอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 11,059.13 บาทต่อปี มีรายจ่ายในครัวเรือนเฉลี่ย

25,802.92 บาทต่อปี มีภาระหนี้เฉลี่ย 2,179.82 บาทต่อปี ส่วนใหญ่ไม่มีตำแหน่งทางสังคม ได้เป็นสมาชิกกลุ่มในชุมชนเฉลี่ย 4 กลุ่ม ส่วนใหญ่ไม่ได้ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร มีการเข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหารเฉลี่ย 1.32 ครั้งต่อปี ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตรเฉลี่ย 19.22 ครั้งต่อเดือน เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับแนวทางการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนอยู่ในระดับปานกลาง

ทัศนคติที่มีต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกร

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีค่าเฉลี่ยทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (ค่าเฉลี่ย 4.18 คะแนน) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยทัศนคติมากที่สุด คือ ด้านการใช้ประโยชน์จากอาหาร รองลงมา ได้แก่ ด้านการมีอาหารเพียงพอ ด้านการเข้าถึงอาหาร และด้านความมีเสถียรภาพของอาหาร ตามลำดับ (Table1)

Table 1 Attitude towards food security creating at the household level of farmer in Kham district, Xiangkoun province, Lao People's Democratic Republic

(n=279)

Attitude towards food security creating at the household level	$\bar{x}$	S.D.	Description
Food availability	4.20	0.704	Agree
Food access	4.18	0.699	Agree
Food utilization	4.26	0.804	Agree
Food stability	4.08	0.800	Agree
Total	4.18	0.671	Agree

4.51-5.00 = strongly agree, 3.51-4.50 = agree, 2.51-3.50 = neither agree nor disagree, 1.51-2.50 = disagree, 1.00-1.50 = strongly disagree

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติในการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกร

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือนของเกษตรกรในเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่าตัวแปรอิสระทั้ง 18 ตัวแปร สามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม คือ ทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร ร้อยละ 47.1 ($R^2=0.471$) และเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่ามีทั้งหมด 6 ตัวแปร โดยเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกจำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ รายได้จากภาคการเกษตร ความรู้เกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร และการรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 รายได้นอกภาคการเกษตร และการเข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ ได้แก่ รายจ่ายในครัวเรือน ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Table 1) โดยตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งหมด 6 ตัวแปร สามารถอธิบายและวิจารณ์ผลการศึกษาดังนี้

1. รายได้ในภาคการเกษตร ถ้าเกษตรกรที่มีรายได้ในภาคการเกษตรเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้มีทัศนคติที่ดีต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการมีรายได้จากภาคการเกษตรถือเป็นแหล่งเงินทุนหลักของเกษตรกรในพื้นที่ และเป็นหลักประกันสำคัญสำหรับโอกาสในการเข้าถึงปัจจัยพื้นฐานในการยกระดับการดำเนินชีวิตของเกษตรกรให้ดีขึ้น โดยเฉพาะการมีอาหารที่มีคุณภาพ สะอาดและปลอดภัยมาให้กับในครอบครัวได้บริโภคอย่างพอเพียง (Yaimuang, 2012) และยังสอดคล้องกับ Vongsay *et al.* (2014) ที่ได้ศึกษาความหลากหลาย

ของทรัพยากรธรรมชาติ สู่ความมั่นคงทางอาหารของชุมชนเปี้ยลาด อำเภอสั่งทอง นครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยพบว่า นอกจากชาวชุมชนเปี้ยลาดจะทำการเพาะปลูกพืชผักเพื่อการบริโภคแล้ว ยังนำผลผลิตที่เป็นส่วนเกินจากการบริโภคมาจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้ในอีกทางหนึ่ง

2. รายได้นอกภาคการเกษตร จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ถ้าเกษตรกรมีรายได้นอกภาคการเกษตรหรือเรียกในอีกทางหนึ่งว่า รายได้เสริมนอกเหนือจากการทำเกษตรกรรมเพิ่มขึ้น จะทำให้เกษตรกรมีแนวโน้มเห็นด้วยต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกรสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้การมีรายได้เสริมที่ได้ นอกจากการทำเกษตรกรรมที่มากขึ้นผนวกกับการมีรายได้จากในภาคการเกษตร ยิ่งทำให้เกษตรกรสามารถวางแผนหรือมีศักยภาพในการสร้างความมั่นคงทางอาหารเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของห้องการเกษตร และป่าไม้ เมืองคำ แขวงเชียงขวาง ในปี พ.ศ. 2562 ได้แสดงให้เห็นถึงสภาพการประกอบอาชีพเสริมเพื่อหารายได้นอกเหนือจากการทำเกษตรกรรมในพื้นที่เมืองคำ คือ การเก็บของป่า และการทอผ้า เพื่อจำหน่ายหารายได้เข้าครอบครัว (Kham District Agriculture and Forestry Office, 2019)

3. รายจ่ายในครัวเรือน จากผลการวิเคราะห์พบว่า ถ้าเกษตรกรมีรายจ่ายในครัวเรือนเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้ทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารมีแนวโน้มไปในทิศทางลบ ทั้งนี้การแบกรับภาระค่าใช้จ่ายในครัวเรือนของเกษตรกรนั้น เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรขาดหรือมีทุนทรัพย์ไม่เพียงพอสำหรับการเข้าถึงแหล่งอาหารที่มีประโยชน์ ตลอดจนทำให้ศักยภาพในการเพาะปลูกหรือเลี้ยงสัตว์เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหรือจำหน่ายเพื่อเป็นรายได้ของครัวเรือนลดลง สะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ในสภาพปัจจุบันการที่เกษตรกรจะมีแหล่งอาหารที่มีคุณภาพและถูกหลักโภชนาการ รวมถึงสามารถผลิตสินค้าทางการเกษตรให้ได้มาตรฐานตามระบบเกษตรปลอดภัยต้องใช้ต้นทุนในการผลิตที่สูง

เพื่อให้สามารถดำเนินการผลิตได้ภายใต้สภาพดินที่เสื่อมโทรม การระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช และการขาดแคลนน้ำจากสภาวะโลกร้อน ดังนั้นจึงเป็นมูลเหตุที่ทำให้เกษตรกรยังให้ความสำคัญต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับที่ไม่มากเท่าที่ควร เช่น การผลิตอาหารที่มีคุณภาพ หรือการซื้ออาหารที่มีประโยชน์ตามหลักโภชนาการ แต่กลับต้องให้ความสำคัญกับภาระค่าใช้จ่ายในส่วนอื่น ๆ แทน เช่น การศึกษาเล่าเรียนของบุตร หรือค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ของสมาชิกในครัวเรือน ดังผลการศึกษาของ Thammavong *et al.* (2019) ที่พบว่า การเกิดปัญหาร้ายธรรมชาติ เช่น ภัยแล้ง และน้ำท่วม เป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรมีปริมาณน้อย ไม่เพียงพอต่อการบริโภค และถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อครัวเรือนยากจนของเมืองบัวละพา แขวงคำม่วน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

4. การเข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์ได้ว่า ถ้าเกษตรกรมีการเข้าร่วมมากขึ้นในรอบหนึ่งปี จะส่งผลให้เกษตรกรมีทัศนคติหรือเห็นด้วยในระดับที่สูงขึ้นต่อการสร้างความมั่นคงในระดับครัวเรือน หรืออาจกล่าวได้ว่า การจัดโครงการเกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหารมีส่วนสำคัญในการสร้างความสนใจหรือปรับเปลี่ยนทัศนคติของเกษตรกรไปในทางที่ดีเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร ทั้งนี้ในการจัดโครงการทำให้เกษตรกรได้รับรู้ถึงข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญของการบริโภคอาหารที่มีคุณภาพถูกหลักโภชนาการ การผลิตอาหารที่มีความหลากหลายหรือไม่เน้นการปลูกพืชเชิงเดี่ยว ตลอดจนการหันมาผลิตสินค้าเกษตรในระบบเกษตรปลอดภัยหรือเกษตรอินทรีย์ ซึ่งล้วนแต่เป็นหลักพื้นฐานสำคัญของการสร้างความมั่นคงทางอาหาร โดยผลการศึกษาสามารถเทียบเคียงได้กับผลการศึกษาของ Masawas *et al.* (2016) ที่พบว่า การส่งเสริมกิจกรรมนอกฟาร์มควบคู่กับกิจกรรมภายในฟาร์ม การช่วยเหลือกิจกรรมการผลิตทางการเกษตร การส่งเสริมการทำเกษตรผสมผสาน และการดำเนินโครงการ จะช่วยลด

ความเสี่ยงต่อความไม่มั่นคงด้านอาหารของครัวเรือนในประเทศไทยได้

5. การรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการที่เกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารเพิ่มขึ้นในรอบปีนั้น ถือเป็นส่วนสำคัญทำให้เกษตรกรมีแนวโน้มเห็นด้วยกับการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะในปัจจุบันการรับข้อมูลข่าวสารของเกษตรกรมาจากการประชาสัมพันธ์โดยใช้สื่อในช่องทางที่หลากหลายมากขึ้น และมีการจัดการข้อมูลให้เข้าใจง่ายและสะดวกต่อการเข้าถึง เช่น โทรทัศน์และวิทยุ ตลอดจนสื่อออนไลน์ในโทรศัพท์มือถือ เว็บไซต์ และสื่อสิ่งพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ คาดการณ์ วางแผน และเพิ่มความเชื่อมั่นต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือนของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ Dam-orn and Paiwithayasiritham (2020) ที่พบว่า การประชาสัมพันธ์และการสื่อสาร เป็นหนึ่งในเงื่อนไขในการขับเคลื่อนการจัดการเครือข่ายชุมชนเพื่อความมั่นคงทางอาหาร

6. ความรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร ซึ่งสามารถอธิบายผลการวิเคราะห์ได้ว่า ถ้าเกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้มีทัศนคติที่ดีต่อการสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารในระดับครัวเรือนมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากการมีองค์ความรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารจะสามารถทราบและเข้าใจถึงประโยชน์และแนวทางการปฏิบัติเกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร โดยเฉพาะวิธีการผลิต การเข้าถึง และจัดหาอาหารให้เพียงพอต่อสมาชิกในครอบครัว และการเลือกอาหารที่มีคุณภาพ สะอาด ถูกสุขลักษณะ และมีโภชนาการตามมาตรฐาน ซึ่งถือเป็นฐานความรู้ที่สำคัญที่ทำให้เกษตรกรมีมุมมองที่ดี และเห็นด้วยกับการสร้างความมั่นคงทางอาหารให้แก่ตนเองและครอบครัว โดยผลการศึกษาดังกล่าวสามารถเทียบเคียงได้กับการศึกษาการสร้างสร้างความมั่นคงทางอาหารของเกษตรกรอินทรีย์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

ของ Fakket *et al.* (2016) ที่พบว่ากลวิธีการสร้างความมั่นคงของเกษตรกรอินทรีย์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ให้มีความมั่นคงด้านการบริโภค ด้านการผลิต และด้านทรัพยากร คือ การใช้ความรู้และเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการกระบวนการผลิตและปัจจัยในการผลิต

Table 2 Factors associated with attitude towards food security creating at the household level of farmers in Kham district, Xiengkoung province, Lao People's Democratic Republic

Independent variables	Dependent variable		
	Attitude towards food security creating at household level of farmers		
	B	t	Sig.
1. Gender	-0.003	-0.049	0.961
2. Age	0.002	0.064	0.949
3. Marital status	-0.007	-0.059	0.953
4. Educational attainment	0.169	1.719	0.087
5. Ethnicity	0.064	0.891	0.374
6. Number of household members	0.000	0.011	0.991
7. Number of laborers	0.002	0.058	0.954
8. Agricultural area	-0.004	-0.758	0.449
9. Agricultural income	9.271E-06	5.816	0.000**
10. Extra/additional income	4.705E-06	2.076	0.039*
11. Expenses	-5.749E-06	-3.902	0.000**
12. Debt burden	-2.042E-06	-0.435	0.664
13. Social position	-0.012	-0.147	0.883
14. Participation in community work	0.047	1.165	0.245
15. Agricultural official contact	0.020	0.751	0.454
16. Participation in a training	0.034	2.239	0.026**
17. Receiving information from a variety of sources	0.017	5.718	0.000**
18. Knowledge about food security in households	0.103	8.955	0.000**
Constant	1.977	8.261	0.000**
R² = 0.471 (47.10%), F = 14.759, Sig. F = 0.000**			

*Statistically significant level at 0.05; **Statistically significant level at 0.01

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ทิศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกรในเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว อยู่ในระดับเห็นด้วยมากในส่วนปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในเชิงบวกมีจำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ รายได้จากภาคการเกษตร รายได้นอกภาคการเกษตร จำนวนการเข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร จำนวนการรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร และความรู้เกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร ในขณะที่ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบมีเพียง 1 ตัวแปร คือ รายจ่ายในครัวเรือน

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของรายได้ทั้งในและนอกภาคการเกษตรมีผลต่อการมีทัศนคติที่ดีต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกร ดังนั้นหน่วยงานโดยเฉพาะแผนกสิทธิกรรมและป่าไม้ และโครงการเกษตรโภชนาการ เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ควรจัดทำโครงการจัดตั้งตลาดนัดชุมชนเพื่อเป็นแหล่งจำหน่ายและรับซื้อผลผลิตทางการเกษตร ตลอดจนส่งเสริมและการพัฒนามูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์พื้นบ้านของเกษตรกร เช่น การจัดทำบรรจุภัณฑ์ การสร้างตราสินค้า รวมถึงการจัดทำระบบการจำหน่ายผลผลิตแบบออนไลน์ เป็นต้น

2. แผนกสิทธิกรรมและป่าไม้ เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ควรสนับสนุนให้มีโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับจัดทำผลิตภัณฑ์บำรุงพืชผลทางการเกษตร เช่น ปุ๋ยหมัก ผลิตภัณฑ์ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช รวมถึงผลิตภัณฑ์

ที่เกี่ยวกับการเลี้ยงสัตว์หรือการปศุสัตว์ เช่น การผลิตอาหาร การจัดทำโรงเรือน โดยการประยุกต์ใช้วัสดุหรือทรัพยากรที่หาได้จากในพื้นที่เข้ามาร่วมในการผลิต ทั้งนี้ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน และยังเป็นการส่งเสริมให้ผลผลิตทางการเกษตรมีความปลอดภัยไม่มีสารเคมีร้ายแรงที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคตามแนวคิดความมั่นคงทางอาหาร

3. จากผลการศึกษาพบว่า ถ้าเกษตรกรมีการรับรู้ข้อมูลข่าวสารและมีความรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารเพิ่มขึ้นนั้น จะมีแนวโน้มทำให้เกิดทัศนคติไปในทิศทางบวกต่อการสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารในระดับครัวเรือนตามไปด้วย ดังนั้นหน่วยทั้งจากภาครัฐ โดยเฉพาะหน่วยงานภายใต้กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงกสิกรรมและป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และกระทรวงอุตสาหกรรม และการค้า ควรมีการร่วมกันพัฒนาสื่อหรือช่องทางการประชาสัมพันธ์องค์ความรู้เกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหารให้แก่เกษตรกร เช่น องค์ความรู้ด้านโภชนาการ และการใช้ประโยชน์จากอาหารที่หลากหลาย องค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการปัจจัยการผลิตภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ หรือการเพาะปลูกที่ไม่ใช้สารเคมีและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการสนับสนุนองค์ความรู้เกี่ยวกับช่องทางการจำหน่ายหรือการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรกรเพื่อเพิ่มมูลค่า โดยมุ่งเน้นให้เกษตรกรมีการรับรู้ เข้าใจ จนนำไปสู่การให้ความสำคัญของการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนในที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลงได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ โดยการได้รับความร่วมมือและการช่วยเหลือร่วมดำเนินการวิจัยจากเกษตรกร ผู้นำชุมชน เจ้าหน้าที่แผนกสิทธิกรรมและป่าไม้ และโครงการเกษตรโภชนาการ เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- Buathong, C. 2016. **Agriculture in Lao People's Democratic Republic.** [Online]. Available <http://www.agri.ubu.ac.th/mis/course-article/upload/12.pdf> (September 18, 2020). [in Thai].
- Dam-orn, N. and C. Paiwithayasiritham. 2020. Model of community network management for food security. **Journal of Social Science and Buddhist Anthropology** 5(8): 470-485. [in Thai]
- Department of International Trade Promotion. 2017. **Agro-processing industry in the Lao PDR.** [Online]. Available https://ditp.go.th/contents_attach/161371/161371.pdf (September 18, 2020). [in Thai]
- Fakket, P., C. Morachat and U. Unphim. 2016. Creating food security of organic farmers in the lower Northeast of Thailand. **Nakhon Phanom University Journal** 6(2): 96-104. [in Thai].
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. **The 45th Session of the Committee on World Food Security Report.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 13 p.
- Kham District Agriculture and Forestry Office. 2019. **Report on the Export of the Non-timber Forest Products of Muang Kham, Xieng Khwang Province Lao People's Democratic Republic.** Xieng Khwang: Kham District Agriculture and Forestry Office. 15 p.
- Masawas, P., P. Sirisupaluxana and N. Bunyasiri. 2016. Factors affecting food security of Thai agricultural households. **VRU Research and Development Journal** 11(2): 347-356. [in Thai]
- Prasitratsin, S. 2003. **Social Research Methodology.** Bangkok: National Institute of Development Administration. 711 p. [in Thai]
- Saipatthana, U. and C. Piyapimonsit. 2004. Collinearity. **Parichart Journal** 17(1): 55-62. [in Thai]
- Sub-Committees of the General Assembly of Mueang Kham. 2019. **Report on the 5-Year Economic and Social Report of Mueang Kham, Xieng Khwang Province Lao People's Democratic Republic.** Xieng Khwang: Mueang Kham Governor's Office. 10 p.
- Suwatthi, P. 1998. Principles of statistics. **NIDA Development Journal** 38(3): 103-130. [in Thai]

Thammavong, K., C. Vaseenonta, L. Romyen and S. Singyabuth. 2019. Factors affecting the poor households in Boualapha district, Khammouane province, Lao People's Democratic Republic. **Journal of Humanities & Social Sciences** 17(2): 239-253. [in Thai]

Vongsay, C., P. Tanpichai, S. Srisuantang and W. Soopunyo. 2014. The variety of natural resources to food security of Pialat community, Sangthong district, Vientiane capital of the Lao People's Democratic Republic (Lao PDR). **Veridian E-Journal** 7(2): 156-172. [in Thai]

Yaimuang, S. 2012. **Indicators of Food Security at Community Level.**

Nonthaburi: Biothai. 192 p. [in Thai]

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

การประยุกต์ใช้ข้อมูลต้นทุนฐานกิจกรรมในกระบวนการผลิตเคฟกูดเบอร์รี่
เพื่อรับรู้จุดคุ้มทุนและแนวทางการพัฒนากลุ่มสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก่งน้อยให้ยั่งยืน
Application of Activity-based Costing Data in the Production Process
of the Cape Gooseberry to Determine the Break-even Point and to Develop
the Guidelines for Kae Noi Royal Project Cooperative Members' Sustainable

วิไลพร ไชโย^{1*} วิภาวี ศรีคะ¹ กมลทิพย์ คำใจ¹ ขจรอรุณพน พงศ์วิริทธิ์ธร^{2,3} และสกลวัฒน์ เสวตรัตนกุล⁴

Wilaiporn Chaiyo^{1*}, Wipawee Srika¹, Kamolthip Kamchai¹,

Kajornatthapol Pongwirithon^{2,3} and Sakollawat Sawetrattanakul⁴

¹คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

²คณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น ตาก 63000

³คณะไอคิวอาร์เอ บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยจีโอมาติกา กัวลาลัมเปอร์ 54200

⁴วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180

¹Faculty of Management Sciences, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50300

²Faculty of Business Administration, Northern College, Tak, Thailand 63000

³IQRA Business School, University of Geomatika, Kuala Lumpur, Malaysia 54200

⁴Asian Development College for Community Economy and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50180

*Corresponding author: tok2029@gmail.com

Received: June 09, 2022

Revised: August 17, 2022

Accepted: October 12, 2022

Abstract

The purpose of this study was to analyze the activity-based costing in cape gooseberry production process in order to determine the break-even point and to develop the guidelines for Kae Noi Royal Project Cooperative members' sustainable. The sample size was determined by using non-probability sampling method, started with the selection of the population based on the five criteria of the Equitable Education Fund, which is the funding source, and determined the quota sampling of 60 sample. The sample was randomly selected by convenience sampling and purposive sampling, the respondents must be voluntary to provide the information. The results showed that the yield of cape gooseberry of Kae Noi Royal Project Cooperative members (target group) was 2,500 kilograms per rai, with the total area of 20 rais of cape gooseberry farming. There were 7 activities in the production process, each with different costs. The overall cost for the production of cape gooseberry in the area of 20 rais was 1,099,481.60 Baht per year. The price that the Royal Project bought from the farmers were 50, 55 and 60 Baht per kilogram, while the break-even point of the selling price of the cape gooseberry production of the farmers were 1,099.48, 999.53 and 916.23 kilograms per rai, respectively. As a result,

the yield of the next production of cape gooseberry should be higher than 1,099.48 kilograms per rai, then the target group can earn the profits at a price that not less than the lowest buying price of The Royal Project at 50 Baht per kilogram. In conclusion, in order to sustainable develop the guidelines, the Kae Noi Royal Project Cooperative members should focus on the transformation of the Thai agricultural sector to the new normal concept and adapt themselves to the concept of the sustainable development goals (SDGs), including the activities such as reducing the use of chemicals, weed control, prevention and elimination of pests and plant diseases, fertilizer cost control, operation according to the sufficiency economy philosophy, and produce a variety of agriculture.

Keywords: activity-based costing, plant production process, product, cape gooseberry

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมในกระบวนการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่เพื่อรับรู้จุดคุ้มทุนและแนวทางการพัฒนากลุ่มสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก่งน้อยให้ยั่งยืน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น เริ่มต้นจากการคัดเลือกประชากรที่มีคุณสมบัติทั้ง 5 ข้อ ตามหลักเกณฑ์ของแหล่งทุนที่ได้กำหนดไว้และกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างแบบโควตา จำนวน 60 คน ต่อมาใช้วิธีการสุ่มโดยใช้ความสะดวกและเจาะจงรายบุคคล โดยมีเงื่อนไขของกลุ่มตัวอย่างต้องให้ความสนใจในการให้ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า ผลผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ของสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก่งน้อย (กลุ่มเป้าหมาย) จำนวน 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ และมีพื้นที่ในการปลูกเคฟกู๊ดเบอร์รี่ทั้งหมด 20 ไร่ โดยมีกิจกรรมในกระบวนการผลิตทั้งหมด 7 ฐานกิจกรรม ในแต่ละกิจกรรมมีต้นทุนที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน การวิเคราะห์ต้นทุนโดยรวมในการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ที่จำนวนการปลูก 20 ไร่ คือ 1,099,481.60 บาทต่อปี ราคาขายที่โครงการหลวงรับซื้อผลผลิต ณ ระดับราคาต่อกิโลกรัมที่ 50.00, 55.00 และ 60.00 บาท ซึ่งปริมาณจุดคุ้มทุน ณ ระดับราคาขายของผลผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่อยู่ที่จำนวน 1,099.48, 999.53 และ 916.23 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้การกำหนดการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่

ในครั้งถัดไป จำเป็นต้องกำหนดให้มีปริมาณที่สูงกว่า 1,099.48 กิโลกรัม/ไร่ จึงจะทำให้กลุ่มเป้าหมายได้กำไร ณ ระดับราคาที่ไม่ต่ำกว่า 50 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นราคาที่รับซื้อผลผลิตที่ต่ำที่สุด แนวทางการพัฒนากลุ่มสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก่งน้อยให้ยั่งยืนเพื่อบริหารต้นทุนฐานกิจกรรมในกระบวนการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ สรุปได้ว่าควรมุ่งเน้น 1) การเปลี่ยนแปลงภาคการเกษตรไทยสู่วิถีชีวิตใหม่ และ 2) การพัฒนาแห่งสหธรรมิข ได้แก่ กิจกรรมลดการใช้สารเคมีควบคุมวัชพืช การป้องกัน การกำจัด โรคแมลงและศัตรูพืชและต้นทุนค่าปุ๋ย ดำเนินการตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เกษตรหลากหลาย

คำสำคัญ: ต้นทุนฐานกิจกรรม กระบวนการผลิตพืชผลผลิต เคฟกู๊ดเบอร์รี่

คำนำ

ประเทศไทยเผชิญหน้ากับโคโรนาไวรัส/โควิด-19 มานานกว่า 1 ปีแล้ว หากนับจำนวนครั้งของการระบาดจัดได้ว่ามี 2 ระลอกใหญ่ และระลอกที่ 3 กำลังเกิดขึ้น แม้ว่าประชากรส่วนหนึ่งเริ่มได้รับวัคซีนแล้ว แต่จากสถานการณ์ทั้งภายในและภายนอกประเทศทำให้คาดการณ์ได้ไม่ยากว่า โควิด-19 ทำให้ประชาชนเกิด

ความวิตกกังวลไปทั่วโลก มีการป้องกันและควบคุมการแพร่ระบาดของไวรัสดังกล่าว ไม่ว่าจะเป็นมาตรการปิดประเทศ การยกเลิกเที่ยวบินภายในประเทศและต่างประเทศ ทำให้สถานที่ท่องเที่ยวไม่มีนักท่องเที่ยวทำให้เกิดการลดลงของรายได้หลายธุรกิจ ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การลดพนักงาน การเลิกจ้าง หรือปิดกิจการ เป็นต้น และประชาชนต้องปฏิบัติตามกฎหมายการควบคุมการแพร่ระบาด ได้แก่ กำหนดให้ประชาชนห้ามออกนอกบ้าน ไม่ให้มีการประชุมสัมมนา การเดินทางข้ามจังหวัด และติดตามข่าวสารเพื่อการแพร่ระบาด (Leerapan, 2020)

ในบริบทของสหกรณ์การเกษตรโครงการหลวง แก่น้อย ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เป็นแหล่งการผลิตใหญ่ที่สุดของเคฟกู๊ดเบอร์รี่ในประเทศไทย และผลผลิตเกษตรอื่น ๆ อีกหลายชนิด ซึ่งการดำเนินงานของสหกรณ์และโครงการหลวง แก่น้อย เป็นการส่งเสริมสนับสนุนแหล่งทรัพยากรที่ใช้ในการเกษตรและสร้างเสริมรายได้ให้กับกลุ่มสมาชิก โดยในทางปฏิบัติเป็นสถาบันการเงินที่ดูแลสมาชิกกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ เพื่อให้เกิดการทำงานแบบรวมกลุ่มของเกษตรกร ที่ไม่สามารถมีแหล่งเงินทุนกู้ยืมที่มีต้นทุนอย่างเหมาะสมผล หรือไม่สามารถจัดซื้อหรือขายสินค้าได้ราคาตลาดอย่างเหมาะสมตามโครงสร้างตลาดที่เป็นอยู่ การดำเนินงานของสหกรณ์มีความเข้มแข็งและมีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสหกรณ์ แต่ในความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นใหม่จากการระบาดของโควิด-19 นั้น ทำให้กลุ่มสมาชิกในพื้นที่มีหนี้สินจากการกู้ยืมเพิ่มขึ้นในการลงทุนการเกษตร และความเสียหายที่เกิดจากการไม่สามารถขายผลผลิตได้ ทำให้ความเสี่ยงนี้อาจจะกระทบต่อความกินดีอยู่ดีและคุณภาพชีวิตในอนาคต หากไม่ได้รับการแก้ไข (Kae Noi Royal Project Cooperative, 2020) ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ในปี พ.ศ. 2564-2565 สมาชิกและเกษตรกรได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ด้านสังคมและคุณภาพชีวิตจากระบบเศรษฐกิจที่หดตัวลง เนื่องจากการปฏิบัติตามมาตรการต่าง ๆ

เพื่อหน่วงการระบาดของโควิด-19 ซึ่งนำไปสู่ปัญหาการเคลื่อนย้ายปัจจัยการผลิตสินค้าเกษตรและอาหารที่ต้องชะลอตัว รวมทั้งปริมาณความต้องการของตลาดและผู้บริโภคลดลง ส่งผลให้สินค้าเกษตรส่วนเกินในระบบอาหารก่อให้เกิดปัญหาด้านรายได้ของครัวเรือนลดลง และหากสถานการณ์ขยายตัวจะทำให้ครัวเรือนขาดสภาพคล่อง โดยเฉพาะครัวเรือนขนาดเล็กที่มีระดับเงินออมต่ำและ/หรือมีรายได้รายวัน

เนื่องจากมาตรการด้านสาธารณสุข ทั้งการเว้นระยะห่างและการกักตัวรูปแบบต่าง ๆ จากการวิเคราะห์ปัญหาภาวะวิกฤติจากข้อมูลและข้อเท็จจริงจากพื้นที่และหน่วยงานศูนย์ถ่ายทอดองค์ความรู้ นวัตกรรมเทคโนโลยี ภูมิปัญญาท้องถิ่น (กิจการเพื่อสังคม) พบว่าพื้นที่โครงการหลวงแก่น้อยเป็นแหล่งผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ที่สามารถให้ผลผลิตสูง เพราะมีวิธีการปลูกและการดูแลรักษาที่ดี เนื่องจากการผลิตมีกระบวนการผลิตหลายกิจกรรมและต้องหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีในทุกขั้นตอนการผลิต ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ดังนั้นกลุ่มเกษตรกรจึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ต้นทุนของการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่อย่างถูกต้อง เนื่องจากในปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรได้รับโควตาการผลิตและมีการกำหนดราคาขายเบื้องต้น แต่ไม่ได้พิจารณาต้นทุนอย่างละเอียดในทุกกิจกรรม ทำให้เกิดการขาดทุนสะสมและหนี้สินครัวเรือนจากประเด็นดังกล่าว หากทราบข้อมูลต้นทุนฐานกิจกรรมในกระบวนการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่เพื่อรับรู้จุดคุ้มทุน จะทำให้เกิดแนวทางการพัฒนาเกษตรกรกลุ่มสมาชิกสหกรณ์ที่จะช่วยแก้ปัญหาให้แก่สมาชิกสหกรณ์และเกษตรกรในระยะยาว คือ วางแผนการผลิตเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดและเวลา รวมถึงการจำหน่ายผลผลิตการเกษตรที่เหมาะสมกับแต่ละภูมิภาค เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรและยกระดับรายได้ให้เพิ่มสูงขึ้น

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ คณะดำเนินงานได้สนใจที่จะทำการศึกษาและวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมในกระบวนการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ เพื่อรับรู้จุดคุ้มทุน

เพื่อให้เกิดความยั่งยืนและลดหนี้สินภาคครัวเรือน โดยการวางแผนการผลิตของแต่ละรอบการผลิต และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการกำหนดนโยบายขององค์กรหรือหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาให้แก่เกษตรกรในระยะสั้นและระยะยาว โดยคาดว่าจะสามารถนำผลการศึกษาไปเป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางการพัฒนาเกษตรกรกลุ่มสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวง แก่น้อย ในการพัฒนาและยกระดับคุณภาพชีวิตให้แก่เกษตรกรในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1) ต้นทุน โดย LCCI International Qualifications (2019) ได้ให้ความหมายของคำว่า ต้นทุน (Cost) หมายถึง การใช้ทรัพยากรของบริษัท เช่น การจ่ายเงินสด การสัญญาว่าจะจ่ายเงินสดหรือการหมดไปของมูลค่าสินทรัพย์เพื่อให้ได้มาซึ่งประโยชน์ในรูปแบบของสินค้าและบริการ ต้นทุนเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการอยู่รอดของธุรกิจ เนื่องจากต้นทุนที่เกิดขึ้นนั้นเป็นการซื้อวัตถุดิบการซื้อสินทรัพย์และการจ่ายค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เป็นต้น ในขณะที่ต้นทุนอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ธุรกิจล้มเหลวได้ ถ้าการคำนวณต้นทุนของกิจการสูงหรือต่ำจากความเป็นจริง ระบบบัญชีต้นทุนของบริษัทจึงต้องจัดหาข้อมูลที่มีความแม่นยำและทันเวลา ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการควบคุมต้นทุนและการวางแผนสำหรับอนาคต การจำแนกประเภทต้นทุนได้มีการกำหนดหลักเกณฑ์ไว้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีจะช่วยให้การตัดสินใจในโครงการต่าง ๆ ในแต่ละด้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการดำเนินการสามารถแยกประเภทเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ คือ การจำแนกต้นทุนตามพฤติกรรมของต้นทุน และจำแนกต้นทุนตามหน้าที่ของต้นทุน

2) การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ ซึ่งต้นทุนและผลประโยชน์เป็นการศึกษาความคุ้มค่าของ

การผลิต หมายถึง การผลิตทางการเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยคำนึงถึงต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ที่สามารถจับต้องได้และไม่ได้ด้วยมูลค่าทางการเงิน (Nemes, 2009) การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จะทำให้ผู้ผลิต หรือเกษตรกรนั้นได้คำนึงถึงการใช้จ่ายการผลิตที่ทำให้เกิดผลลัพธ์สูงสุดในระยะยาว ภายใต้การมีทรัพยากรที่จำกัด ต้นทุนการผลิตสามารถพิจารณาได้ดังนี้

2.1) ต้นทุนคงที่ทั้งหมด (Total fixed cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปในกระบวนการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยคงที่ ซึ่งหมายถึง ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปในกระบวนการผลิตที่ไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้ 2.1.1) ต้นทุนคงที่ที่เป็นตัวเงิน (Tangible fixed cost) เป็นค่าใช้จ่ายคงที่ที่ผู้ผลิตต้องสูญเสียไปในรูปของการจ่ายเงินในจำนวนที่คงที่ต่อปี ได้แก่ ค่าเช่าที่ดิน ค่าภาษีที่ดิน ค่าเบี้ยประกัน เป็นต้น สูตรคำนวณที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนคงที่มีดังนี้ “ต้นทุนคงที่เฉลี่ย = ต้นทุนคงที่ทั้งหมด / ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด” 2.1.2) ต้นทุนคงที่ที่ไม่เป็นตัวเงิน (Intangible fixed cost) เป็นค่าใช้จ่ายคงที่ที่ผู้ผลิตไม่ได้สูญเสียไปในรูปของการจ่ายเงิน แต่เป็นต้นทุนที่เกิดจากการประเมิน ได้แก่ ค่าใช้ที่ดินของตนเอง และ 2.1.3) ค่าเสื่อมราคาของโรงเรือน ค่าเสื่อมของเครื่องจักรที่เกิดขึ้นจากการใช้มาเป็นเวลานาน ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ทำการเกษตร เป็นต้น ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าเสื่อมราคาต่าง ๆ แบบเส้นตรง ได้ตามสูตรคำนวณดังนี้ “ค่าเสื่อม = (มูลค่าทรัพย์สินแรกซื้อ - มูลค่าซาก) / อายุการใช้งาน (ปี)”

2.2) ต้นทุนผันแปรทั้งหมด (Total variable cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปในกระบวนการผลิต ต้นทุนประเภทนี้จะผันแปรตรงตามปริมาณการผลิต ค่าใช้จ่ายประเภทนี้เป็นค่าใช้จ่ายประเภทที่ผู้ผลิตสามารถควบคุมได้ในระยะเวลาการผลิต ต้นทุนผันแปรคำนวณได้จากการนำจำนวนปัจจัยผันแปรทั้งหมดคูณด้วยราคาของปัจจัยผันแปรต่อหน่วยต้นทุนผันแปรทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์ได้ ดังนี้ 2.2.1) ค่าแรงงานในการประกอบกิจกรรมการผลิต คือ แรงงานของคน

ในครอบครัว แรงงานช่วยเหลือ และแรงงานจ้าง ซึ่งแรงงานของคนในครอบครัวและแรงงานช่วยเหลือสามารถประเมินได้ตามอัตราการค่าจ้างแรงงานของเกษตรกรในท้องถิ่น ค่าแรงงานสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะของกิจกรรมการผลิต คือ ค่าแรงงานในการเตรียมดิน ค่าแรงงานในการหว่านเมล็ดพันธุ์หรือเพาะกล้า ค่าแรงงานในการใส่ปุ๋ย ค่าแรงงานในการกำจัดวัชพืช ค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิต ค่าแรงงานในการบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น 2.2.2) ค่าวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าต้นกล้า ค่าสารเคมีกำจัดวัชพืช ค่าปุ๋ย และค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น และ 2.2.3) ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ได้แก่ ค่าซ่อมแซมเครื่องอุปกรณ์ และค่าเสียโอกาสเงินลงทุน เป็นต้น

3) ต้นทุนฐานกิจกรรม คือ หลักการต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-Based Costing: ABC) หมายถึง การวัดต้นทุน และผลการปฏิบัติงานอันเกิดจากการใช้ทรัพยากรไปในกิจกรรมต่าง ๆ ของธุรกิจภาคการผลิต ภาคบริการ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในรูปของสิ่งที่ต้องการคิดต้นทุน โดยขั้นตอนของระบบต้นทุนกิจกรรม (Step in ABC system design) ตาม Ishter and Akram (2015) ได้ให้แนวทางการประยุกต์ต้นทุนกิจกรรม สรุปได้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ต้นทุนกิจกรรม (Activity-Based Costing: ABC) การวางระบบบัญชีต้นทุนกิจกรรมมีความซับซ้อนเพียงใดขึ้นอยู่กับข้อกำหนดวัตถุประสงค์ของการประยุกต์ต้นทุนกิจกรรม ถ้าวัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้ต้นทุนกิจกรรมเพื่อต้องการข้อมูลต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับกิจกรรมการผลิตของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เป็นแนวทางในการลดต้นทุนของกิจกรรม การปรับปรุงกระบวนการผลิต การลดต้นทุนการผลิต ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์และระบุกิจกรรม (Activity analysis) เป็นขั้นตอนการแบ่งการดำเนินงานของธุรกิจขององค์กร เพื่อให้สามารถระบุกิจกรรมที่เกี่ยวข้องได้ เช่น การดำเนินธุรกิจด้านการผลิต การบริการ ประกอบด้วยกิจกรรมการสั่งซื้อวัตถุดิบต่าง ๆ

การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ การจัดเตรียมการผลิต การประกอบชิ้นส่วน และการตรวจสอบคุณภาพ เป็นต้น ขั้นตอนที่ 3 การระบุต้นทุนกิจกรรม หมายถึง ต้นทุนของทรัพยากรที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ วัตถุดิบแรงงาน ค่าล่วงเวลา ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร ค่าบริการ และค่าสิ่งอำนวยความสะดวก ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดตัวผลักดันต้นทุน (Cost driver) หมายถึง ปัจจัยที่ทำให้ต้นทุนรวมของกิจกรรมเปลี่ยนแปลงไป โดยปัจจัยสาเหตุที่ทำให้เกิดต้นทุนและการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามมา และ ขั้นตอนที่ 5 การคำนวณต้นทุนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ ตามระบบต้นทุนกิจกรรมถือว่ากิจกรรมเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดต้นทุนส่วนผลิตภัณฑ์ หรือบริการเป็นผลที่ได้รับจากการกระทำกิจกรรม การคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์หรือต้นทุนการให้บริการจึงต้องทราบว่ามีกิจกรรมใดบ้างแล้วจึงกำหนดตัวผลักดันต้นทุนกิจกรรม และคำนวณอัตราต้นทุนกิจกรรม

4) การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน หมายถึง การวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการต่าง ๆ บางครั้งต้องการทราบว่าจำนวนผลผลิตที่จะผลิตคุ้มทุนควรเป็นเท่าไร เพื่อเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจ จุดคุ้มทุน (Break-even analysis) คือ จุดที่รายได้กับรายจ่ายเท่ากัน นั่นคือกำไรเป็นศูนย์ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต้นทุนรายได้ และผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่าง ๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเหมาะสมกับโครงการระยะสั้นที่มีเงื่อนไขต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดโครงการ เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงจะมีผลทำให้การตัดสินใจคลาดเคลื่อน บางครั้งใช้การพยากรณ์การผลิตในอนาคต เพื่อให้ผู้ศึกษาใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ต้นทุน (Yampan, 2006) การคำนวณหาจุดคุ้มทุนโครงการเดี่ยวสามารถวิเคราะห์โดยสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ต้นทุนรวมในการผลิต } C = F + vN \quad (1)$$

$$\text{รายได้ } R = pN \quad (2)$$

$$\text{กำไร } P = pN - (F + vN) \quad (3)$$

ปริมาณที่จุดคุ้มทุนพอดี โดยที่

C คือ ต้นทุนรวมในการผลิต (Total cost)

F คือ ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

V คือ ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

N* คือ จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน

N คือ จำนวนการผลิตที่จุดใดๆ

v คือ ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

หน่วยพัฒนาอาชีพและคณะผู้ดำเนินโครงการได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากรที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์การเกษตรโครงการหลวงแก๋น้อย จำกัด จำนวน 145 คน (Kae Noi Royal Project Cooperative, 2020) โดยมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ของหน่วยสนับสนุนทุนโครงการกองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา (กสศ.) ได้แก่ 1) อายุระหว่าง 30-65 ปี และเป็นผู้ขาดแคลนทุนทรัพย์ 2) มีความรู้ต่ำกว่าระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 3) อาชีพหลักอยู่ในภาคการเกษตรทั้งหมด 4) ครวเรือนของเกษตรกรที่มีแรงงานนอกภาคการเกษตรไม่เกินร้อยละ 10 ของเกษตรกรทั้งหมด 5) มีรายได้จากการประกอบอาชีพเฉลี่ยต่อคนไม่เกิน 6,500 บาท/เดือน การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น เริ่มต้นจากการใช้การคัดเลือกประชากรที่มีคุณสมบัติทั้ง 5 ข้อที่กล่าวมาข้างต้น และกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างแบบโควตาตามหลักเกณฑ์ของแหล่งทุนจำนวน 60 คน ต่อมาใช้วิธีการสุ่มโดยใช้ความสะดวกและเจาะจงรายบุคคล โดยมีเงื่อนไขของกลุ่มตัวอย่างต้องสมัครใจในการให้ข้อมูล เพื่อที่จะสะท้อนให้เห็นถึงความต้องการในการส่งเสริม สนับสนุน และให้ความช่วยเหลือผู้ขาดแคลนทุนทรัพย์ และผู้ด้อยโอกาสให้ได้รับการศึกษาหรือพัฒนา เพื่อให้มีความรู้ความสามารถในการประกอบอาชีพตามความถนัด และมีศักยภาพที่จะพึ่งพาตนเองในการดำรงชีวิตได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview) เป็นเครื่องมือในดำเนินโครงการ โดยข้อคำถามที่ใช้วัดตัวแปรและเนื้อหาต่าง ๆ ในแบบสอบถามจะครอบคลุมแนวคิดต่าง ๆ ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม เพื่อให้ตรงประเด็นและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในการวัดตัวแปร คณะผู้ดำเนินโครงการได้ทบทวนวรรณกรรมเพื่อกำหนดหัวข้อหรือประเด็นไว้ล่วงหน้า ผ่านผู้เชี่ยวชาญด้านบริหารจัดการและบัญชี ซึ่งได้ลักษณะคำถามปลายเปิดในการสัมภาษณ์ที่สามารถปรับเปลี่ยน/เพิ่มเติม เพื่อให้เกิดความชัดเจนของคำตอบได้ โดยครอบคลุมประเด็นการวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมในกระบวนการผลิตกาแฟก๊วตเบอร์รี่ รายได้ จำนวนผลผลิต จุดคุ้มทุน และแนวทางการพัฒนากลุ่มสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก๋น้อยให้ยั่งยืน จึงนำมาสร้างเป็นแบบสัมภาษณ์กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการ “กิจกรรมข้อมูลยืมใช้ คืนข้อมูลสู่ชุมชน”

การวิเคราะห์ข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ซึ่งมีการใช้เกณฑ์การรับรู้ตามหลักการบัญชีแสดงผลการวิเคราะห์ตัวเลขค่าใช้จ่าย ต้นทุนต่าง ๆ รายได้จากการจำหน่ายผลผลิต ที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาคำนวณค่า ดังแสดงใน Table 1 และ 2 ทำให้คณะผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อนำมาตรวจสอบความครบถ้วนของเนื้อหาว่าครอบคลุมทุกวัตถุประสงค์หรือไม่ ก่อนนำมาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยนำข้อมูลจากเอกสารการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสังเกตแบบมีส่วนร่วมมาตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูล (Content analysis) โดยจำแนกตามวัตถุประสงค์ประเด็นการศึกษา สังเคราะห์เพื่อให้ได้ภาพรวมภายใต้แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สรุปผลการศึกษา และนำเสนอผลการศึกษาโดยการพรรณนาความ (Descriptive)

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการผลิตและต้นทุนจากการเก็บข้อมูล โดยสามารถวิเคราะห์กิจกรรมการปลูกเคพกู๊ดเบอร์รี่ ทั้งหมด 7 ฐานกิจกรรม ประกอบด้วย **กิจกรรมที่ 1** การเลือกใช้ต้นกล้าพันธุ์ที่มาจากโครงการหลวง (คิดเป็นตะกร้า ๆ ละ 100 ต้น ราคา 230 บาท) **กิจกรรมที่ 2** ค่าเช่าที่ดินและการเตรียมดิน คือ การไถขึ้นแปลงปลูกและการทำค้ำไม้ไผ่ (คิดค่าเช่าแบบเหมาจ่าย อัตราการจ้างในพื้นที่ไร่ละ 600 บาท โดยที่ดินไม่มีเอกสารสิทธิ์ครอบครองเพราะเป็นพื้นที่ควบคุมพิเศษของทหาร) **กิจกรรมที่ 3** การปลูก เป็นการนำต้นกล้าที่ได้จากฐานกิจกรรมที่ 1 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น คือ ค่าจ้างคนปลูก (คิดแบบเหมาจ่ายจากอัตราการจ้างงานในพื้นที่วันละ 300 บาท) **กิจกรรมที่ 4** การจัดการและควบคุมความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งประกอบไปด้วยมูลสัตว์และปุ๋ยเคมี ต้นทุนที่เกิดขึ้น คือ ค่าปุ๋ยและค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ย **กิจกรรมที่ 5** การควบคุมวัชพืช การป้องกันและการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช ในขั้นตอนนี้ทำการฉีดพ่น ซึ่งมีค่าแรงงานสำหรับฉีดพ่นยาและสารเคมี **กิจกรรมที่ 6** การบำรุงรักษาอุปกรณ์และค่าวัสดุอื่น ๆ น้ำมันเชื้อเพลิงและค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ และ**กิจกรรมที่ 7** ค่าเก็บเกี่ยว รวบรวม การตัดแต่งผลผลิตและค่าขนส่งไปยังสถานที่รับซื้อ ยังมีค่าแรงงานและค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (คิดแบบเหมาจ่ายเฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่าง อัตรา 800 บาทต่อไร่) ซึ่งจากการสอบถามพบว่า ผลผลิตเคพกู๊ดเบอร์รี่ของสมาชิกสหกรณ์ โครงการหลวงแก่งน้อยเก็บเกี่ยว

ผลผลิตได้เฉลี่ย 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ และมีพื้นที่กลุ่มตัวอย่างที่ได้กำหนดไว้ จำนวน 60 คน มีการปลูกเคพกู๊ดเบอร์รี่ทั้งสิ้นจำนวน 20 ไร่

การวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมของการผลิตเคพกู๊ดเบอร์รี่ จำแนกออกเป็น 7 ฐานกิจกรรม ดังแสดงในส่วนของการรวบรวมข้อมูล โดยใช้หลักการวิเคราะห์จำแนกต้นทุนตามความสัมพันธ์กับระดับของกิจกรรม ซึ่งพิจารณาต้นทุนใน 2 ประเภท คือ ต้นทุนผันแปร (Variable costs) และต้นทุนคงที่ (Fixed costs) ซึ่งไม่มีต้นทุนคงที่ในกิจกรรมครั้งนี้ จากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น จาก Table 1 การวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมพบว่า กิจกรรมที่ใช้ต้นทุนผันแปรในการดำเนินการสูงที่สุด คือ กิจกรรมที่ 5 การควบคุมวัชพืช การป้องกัน และการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช ในขั้นตอนนี้ทำการฉีดพ่น ซึ่งมีค่าแรงงานสำหรับฉีดพ่นยาและสารเคมี ซึ่งมีต้นทุนสูงที่สุดถึง 16,000.00 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ กิจกรรมที่ 4 การจัดการและควบคุมความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งประกอบไปด้วยมูลสัตว์ และปุ๋ยเคมี ต้นทุนที่เกิดขึ้น คือ ค่าปุ๋ยและค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ย จำนวน 15,312.00 บาทต่อไร่ ทั้งนี้ยังพบว่ากิจกรรมที่ 7 ค่าเก็บเกี่ยว รวบรวม การตัดแต่งผลผลิต และค่าขนส่งไปยังสถานที่รับซื้อ นอกจากนี้ยังมีค่าแรงงานและค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นต้นทุนผันแปรเมื่อดำเนินการวิเคราะห์ต้นทุนของกิจกรรมต่าง ๆ จนครบถ้วนแล้ว นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ต้นทุน กำไร และจุดคุ้มทุน ในลำดับต่อไป

Table 1 Activity based costing analysis

Activity	Activity cost		Unit cost
	Fixed cost	Variable cost	
1. Selection of seedlings	-	920.00	Baht per rai
2. Land rental and soil preparation	-	5,500.00	Baht per rai
3. Planting costing	-	5,500.00	Baht per rai
4. Soil fertility control management	-	15,312.00	Baht per rai
5. Weed control, prevention, elimination of diseases, insects and pests	-	16,000.00	Baht per rai
6. Maintenance of equipment and other material costs	-	2,500.00	Baht per rai
7. The cost of harvesting, collecting, pruning and transportation costs	-	9,242.08	Baht per rai
Total	-	54,974.08	Baht per rai

การวิเคราะห์ต้นทุนโดยรวม กำไร และจุดคุ้มทุน เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดราคาขายของเคฟกูดเบอร์รี่ของสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแกน้อย ได้เริ่มจากการวิเคราะห์ต้นทุนและกำไรที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งได้กำหนดตามราคาของการรับซื้อที่ได้รับจากโครงการหลวงฯ โดยวิเคราะห์จากราคาขายปลีกของเคฟกูดเบอร์รี่ต่อกิโลกรัมของสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแกน้อย ในปัจจุบัน คือ 50.00, 55.00 และ 60.00 บาท (Kae Noi Royal Project Cooperative, 2020) จากนั้นทำการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เพื่อนำมากำหนดราคาขายใหม่ในอนาคต โดยการใช้ 3 สมการ เพื่อวิเคราะห์จากราคาขายในปัจจุบันของสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแกน้อย (กลุ่มเป้าหมาย) ณ ระดับราคา 50.00, 55.00 และ 60.00 บาทต่อกิโลกรัม สามารถคำนวณได้ดังนี้

กำหนดให้ F คือ ต้นทุนคงที่ของการผลิต

N* คือ จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน

v คือ ต้นทุนผันแปรต่อหน่วยของการผลิต

เคฟกูดเบอร์รี่ เท่ากับ 54,974.08 บาทต่อไร่

N คือ จำนวนการผลิตเคฟกูดเบอร์รี่ต่อปีของกลุ่มเป้าหมายเท่ากับ 20.00 ไร่ต่อปี

p คือ ราคาขายต่อหน่วยของเคฟกูดเบอร์รี่ตามโครงการหลวง ที่ได้ทำการประกันราคาในการรับซื้อเท่ากับ 50.00, 55.00 และ 60.00 บาทต่อกิโลกรัม

โดยสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแกน้อย ขายเคฟกูดเบอร์รี่ได้ 2,500.00 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นราคาขายต่อไร่สามารถคำนวณได้ ดังนี้

p1 = ราคาขาย 50 บาทต่อกิโลกรัม ได้ราคาขายต่อไร่ -> $p1 = 50.00 \times 2,500.00 = 125,000.00$ บาทต่อไร่

p2 = ราคาขาย 55 บาทต่อกิโลกรัม ได้ราคาขายต่อไร่ -> $p2 = 55.00 \times 2,500.00 = 137,500.00$ บาทต่อไร่

p3 = ราคาขาย 60 บาทต่อกิโลกรัม ได้ราคาขายต่อไร่ -> $p3 = 60.00 \times 2,500.00 = 150,000.00$ บาทต่อไร่

จากค่าพารามิเตอร์ข้างต้นสามารถทำการวิเคราะห์ต้นทุนโดยรวม รายได้ และกำไรต่อปี ดังนี้ (Yampan, 2006)

ต้นทุนโดยรวมในการผลิตต่อปี

$$C = F + vN \quad (1)$$

$$C = 0 + (54,974.08 \times 20)$$

$$C = 1,099,481.60 \text{ บาทต่อปี}$$

ดังนั้นต้นทุนรวมในการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ที่จำนวนการปลูก 20 ไร่ คือ 1,099,481.60 บาทต่อปี

รายได้ $R = pN \quad (2)$

$$R1 = 50.00 \times 2,500.00 = 125,000.00 \text{ บาทต่อไร่}$$

รายได้ที่ราคาขาย 50.00 บาทต่อกิโลกรัม เท่ากับ 125,000.00 บาทต่อปี

$$R2 = 55.00 \times 2,500.00 = 137,500.00 \text{ บาทต่อไร่}$$

รายได้ที่ราคาขาย 55.00 บาทต่อกิโลกรัม เท่ากับ 137,500.00 บาทต่อปี

$$R3 = 60.00 \times 2,500.00 = 150,000.00 \text{ บาทต่อไร่}$$

รายได้ที่ราคาขาย 60.00 บาทต่อกิโลกรัม เท่ากับ 150,000.00 บาทต่อปี

ดังนั้นรายได้ต่อปีในการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ที่จำนวนการปลูก 20 ไร่ เมื่อขายที่ 50.00, 55.00 และ 60.00 บาทต่อกิโลกรัม คือ 2,500,000.00, 2,750,000.00 และ 3,000,000.00 บาทต่อปี ตามลำดับ

จากนั้นนำต้นทุนโดยรวมและรายได้ที่เกิดขึ้นมาวิเคราะห์หาค่าไร ดังนี้

กำไร $P = pN - (F + vN) \quad (3)$

$$P1 = (125,000.00 \times 20) - [0 + (54,974.08 \times 20)]$$

$$= 1,400,518.40 \text{ บาทต่อปี}$$

กำไรที่ราคาขาย 50.00 บาทต่อกิโลกรัม เท่ากับ 1,400,518.40 บาทต่อปี

$$P2 = (137,500.00 \times 20) - [0 + (54,974.08 \times 20)]$$

$$= 1,650,518.40 \text{ บาทต่อปี}$$

กำไรที่ราคาขาย 55.00 บาทต่อกิโลกรัม เท่ากับ 1,650,518.40 บาทต่อปี

$$P3 = (150,000.00 \times 20) - [0 + (54,974.08 \times 20)]$$

$$= 1,900,518.40 \text{ บาทต่อปี}$$

กำไรที่ราคาขาย 60.00 บาทต่อกิโลกรัม เท่ากับ 1,900,518.40 บาทต่อปี

ดังนั้นเกษตรกรมีกำไรในการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่เมื่อขายที่ราคา 50.00, 55.00 และ 60.00 บาทต่อกิโลกรัม เท่ากับ 1,400,518.40, 1,650,518.40 และ 1,900,518.40 บาทต่อปี ตามลำดับ

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกจำนวนผลผลิตที่ผลิตแล้วคุ้มทุน และเป็นประโยชน์ต่อสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแกน้อย ซึ่งจะคำนวณจุดคุ้มทุนเมื่อกำหนดราคาขายที่ 50.00, 55.00 และ 60.00 บาทต่อกิโลกรัมเท่านั้น (Yampan, 2006)

ปริมาณที่จุดคุ้มทุนพอดีต่อไร่/กิโลกรัม

$$N^* = (F + vN)/P \quad (4)$$

$N^*1 = (0 + 54,974.08) / 50.00 = 1,099.48$ ต่อไร่/กิโลกรัม

จุดคุ้มทุนที่ราคาขาย 50.00 บาทต่อกิโลกรัม เท่ากับ 1,099.48 ต่อไร่/กิโลกรัม

$N^*2 = (0 + 54,974.08) / 55.00 = 999.53$ ต่อไร่/กิโลกรัม

จุดคุ้มทุนที่ราคาขาย 55.00 บาทต่อกิโลกรัม เท่ากับ 999.53 ต่อไร่/กิโลกรัม

$N^*3 = (0 + 54,974.08) / 60.00 = 916.23$ ต่อไร่/กิโลกรัม

จุดคุ้มทุนที่ราคาขาย 60.00 บาทต่อกิโลกรัม เท่ากับ 916.23 ต่อไร่/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ปริมาณที่จุดคุ้มทุนพอดีต่อกิโลกรัม/ไร่ เนื่องจาก 1 ไร่ผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ได้ 2,500 กิโลกรัม พบว่าเมื่อกำหนดราคาขายที่ 50.00 บาทต่อ

กิโลกรัม สมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก๋น้อยมีจุดคุ้มทุนทั้งหมดที่การผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ 1,099.48 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อกำหนดราคาขายที่ 55.00 บาทต่อกิโลกรัม สมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก๋น้อยมีจุดคุ้มทุนทั้งหมดที่การ

ผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ 999.53 กิโลกรัม/ไร่ และเมื่อกำหนดราคาขายที่ 60.00 บาทต่อกิโลกรัม สมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก๋น้อย จุดคุ้มทุนทั้งหมดที่การผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ 916.23 กิโลกรัม/ไร่ ดัง Table 2

Table 2 Volume-analysis break-even point per rai and price level

Descriptive	Unit Price		
Unit price (Baht/kilograms)	50.00	55.00	60.00
Production volume per rai/kilogram	2,500.00	2,500.00	2,500.00
Revenue per rai	125,000.00	137,500.00	150,000.00
Less production cost	54,974.08	54,974.08	54,974.08
Operating profit	70,025.92	82,525.92	95,025.92
Volume of production profit per rai/kilogram	1,400.52	1,650.52	1,900.52
Break-even production volume per rai/kilogram	1,099.48	999.53	916.23

การศึกษาและวิเคราะห์ต้นทุนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการหาต้นทุนฐานกิจกรรม จากนั้นทำการวิเคราะห์ต้นทุนโดยรวม กำไรและจุดคุ้มทุนของการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ สำหรับหาแนวทางในการกำหนดราคาขายให้แก่ของสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก๋น้อย จำนวน 60 คน ซึ่งเป็นสมาชิกของกลุ่มเป้าหมายตามคุณสมบัติของโครงการ การศึกษาข้อมูลใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง จากการศึกษาค้นคว้า ผลผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ของสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก๋น้อย (กลุ่มเป้าหมาย) จำนวน 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ และมีพื้นที่ในการปลูกเคฟกู๊ดเบอร์รี่ทั้งหมด 20 ไร่ โดยราคาขายที่โครงการหลวงรับซื้อผลผลิต ณ ระดับราคาที่ 50.00, 55.00 และ 60.00 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีกิจกรรมในกระบวนการผลิตทั้งหมด 7 ฐานกิจกรรม ในแต่ละกิจกรรมมีต้นทุนที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน ซึ่งกิจกรรมที่ใช้ต้นทุนมากที่สุด คือ กิจกรรมที่ 5 การควบคุมวัชพืช การป้องกันและการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช ในขั้นตอนนี้ทำการฉีดยา ซึ่งมีค่าแรงงาน

สำหรับฉีดพ่นยาและสารเคมี ซึ่งมีต้นทุนสูงที่สุดถึง 16,000.00 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ กิจกรรมที่ 4 การจัดการและควบคุมความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งประกอบไปด้วยมูลสัตว์และปุ๋ยเคมี ต้นทุนที่เกิดขึ้น คือ ค่าปุ๋ยและค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ย จำนวน 15,312.00 บาทต่อไร่ เมื่อทราบต้นทุนของแต่ละกิจกรรมทำการวิเคราะห์ต้นทุนรวมในการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ที่จำนวนการปลูก 20 ไร่ คือ 1,099,481.60 บาทต่อปี โดยมีกำไรในการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่เมื่อขายที่ราคา 50.00, 55.00 บาท และ 60.00 บาทต่อกิโลกรัม เท่ากับ 1,400,518.40, 1,650,518.40 และ 1,900,518.40 บาทต่อปี ตามลำดับ ซึ่งการวิเคราะห์ปริมาณที่จุดคุ้มทุนพอดีต่อไร่/กิโลกรัม จากพื้นที่ปลูก 1 ไร่ ผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ได้ 2,500 กิโลกรัม พบว่าเมื่อกำหนดราคาขาย ณ ระดับราคาที่ 50.00, 55.00 และ 60.00 บาทต่อกิโลกรัม สมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก๋น้อยมีจุดคุ้มทุนทั้งหมดของการผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่ 1,099.48, 999.53 และ 916.23 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ซึ่งส่งผลให้การกำหนดการผลิตเคฟูกูเบอร์รี่ในครั้งต่อไป จำเป็นต้องกำหนดให้มีปริมาณที่มากกว่า 1,099.48 กิโลกรัม/ไร่ จึงจะทำให้กลุ่มเป้าหมายได้กำไรจากการผลิตตามที่โครงการหลวงได้รับซื้อตามมาตรฐานการประกันราคาขั้นต่ำ ณ ระดับราคาที่ไม่ต่ำกว่า 50 บาทต่อกิโลกรัม

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมในกระบวนการผลิตเคฟูกูเบอร์รี่ เพื่อหาแนวทางในการกำหนดราคาผลผลิตทางการเกษตรของกลุ่มสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก่งน้อย มีประเด็นที่สามารถนำมาอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. กิจกรรมในกระบวนการผลิตทั้งหมด 7 ฐานกิจกรรม ในแต่ละกิจกรรมมีต้นทุนที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน ซึ่งกิจกรรมที่ใช้ต้นทุนมากที่สุด คือ กิจกรรมที่ 5 การควบคุมวัชพืช การป้องกันและการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช ในขั้นตอนนี้ทำการฉีดพ่น ซึ่งมีค่าแรงงานสำหรับฉีดพ่นยาและสารเคมี ซึ่งมีต้นทุนสูงที่สุดถึง 16,000.00 บาทต่อไร่ รองลงมา คือ กิจกรรมที่ 4 การจัดการและควบคุมความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งประกอบไปด้วย มูลสัตว์ปุ๋ยเคมี ต้นทุนที่เกิดขึ้น คือ ค่าปุ๋ยและค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ย จำนวน 15,312.00 บาทต่อไร่ ซึ่งกิจกรรมที่ 5 และกิจกรรมที่ 4 นั้น ถ้ามีการปรับเปลี่ยนให้กลุ่มเป้าหมายลดการใช้สารเคมีในการควบคุมวัชพืช การป้องกันและการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช และการใช้ปุ๋ยให้น้อยลง ก็จะทำให้กำไรจากการดำเนินงานของผลผลิตทางการเกษตรของกลุ่มเป้าหมายมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งหากมีการบริหารจัดการต้นทุนการใช้สารเคมีการควบคุมวัชพืช การป้องกันและการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช และปุ๋ยเคมีที่ดี จะส่งผลต่อรายได้ที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Jaichomphu and Jewpanya (2021) ซึ่งทำการวิเคราะห์ต้นทุนกิจกรรมของเกษตรกรกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ตำบลตลุกกลางทุ่ง อำเภอเมือง จังหวัดตาก พบว่า กิจกรรมที่ 6 การควบคุมวัชพืช และกิจกรรมที่ 7

การป้องกันและการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช ในกระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ เป็นกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non-value-added activities) ซึ่งควรลดหรือตัดกิจกรรมดังกล่าวจะทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baokhin and Tulasombat (2019) ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนกิจกรรมของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยอำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ ส่งผลให้เกษตรกรสามารถทราบกิจกรรมที่ทำให้เกิดต้นทุนมากที่สุด ทำให้ได้ข้อมูลต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับกิจกรรมการผลิต และเป็นแนวทางในการลดต้นทุน โดยปรับปรุงกระบวนการผลิตของกิจการ และยังสามารถสอดคล้องกับ Techasueb (2014) ที่ทำการคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนของการลงทุนปลูกผักกูดขายปลอดสารพิษ มีต้นทุนที่เกิดขึ้นในการผลิตทั้งสิ้น 3 ประเภท ประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการผลิต โดยต้นทุนการผลิตมีสัดส่วนของค่าแรงงานมากที่สุด ถ้าเกษตรกรสามารถทราบว่ากิจกรรมใดมีค่าใช้จ่ายเท่าใด และนำมาลดต้นทุนของแต่ละกิจกรรมให้ลดลงก็จะทำให้เกิดการลดต้นทุนและเพิ่มกำไรในกระบวนการผลิตด้านการเกษตร

2. การวิเคราะห์ปริมาณที่จุดคุ้มทุนพอดีต่อไร่/กิโลกรัม เนื่องจากพื้นที่ปลูก 1 ไร่ ผลิตเคฟูกูเบอร์รี่ได้ 2,500 กิโลกรัม และเมื่อกำหนดราคาขายที่ 50.00, 55.00 และ 60.00 บาทต่อกิโลกรัม สมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก่งน้อย (กลุ่มเป้าหมาย) คำนวณทั้งหมดที่การผลิตเคฟูกูเบอร์รี่ 1,099.48, 999.53 และ 916.23 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้การกำหนดการผลิตเคฟูกูเบอร์รี่ในครั้งต่อไปจำเป็นต้องกำหนดให้ได้ผลผลิตมากกว่า 1,099.48 กิโลกรัม/ไร่ เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายได้กำไรจากการผลิตตามที่โครงการหลวงได้รับซื้อตามมาตรฐานการประกันราคาขั้นต่ำ โดยการกำหนดราคากลางของหน่วยงานโครงการหลวงที่มีนโยบายการรับซื้อหรือการประกันราคาอยู่ที่กิโลกรัมละ 50 บาท เมื่อนำราคาดังกล่าวมาวิเคราะห์กับผลผลิตที่ได้ของกลุ่มเป้าหมาย การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ในประเด็น

ด้านรายรับ รายจ่ายของกระบวนการผลิตและจำหน่าย เคฟกูดเบอร์รี่ เพื่อวิเคราะห์ ต้นทุน ผลตอบแทนทางการเงินตามสูตรคำนวณของระดับผลผลิตคุ้มทุน พบว่า เกษตรกรจะไม่ขาดทุนจากการดำเนินงานกระบวนการผลิตทางการเกษตรนั้น กลุ่มเป้าหมายต้องได้ผลผลิต เคฟกูดเบอร์รี่มากกว่า 1,099.48 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่ง Yampean (2006) ได้กล่าวว่า การวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการต่าง ๆ บางครั้งต้องการทราบว่า จำนวนผลผลิตที่จะผลิตและคุ้มทุนควรเป็นเท่าไร เพื่อเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจ จุดคุ้มทุน (Break-even analysis) คือ จุดที่รายได้กับรายจ่ายเท่ากัน นั่นคือกำไรเป็นศูนย์ โดยการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต้นทุนรายได้ และผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่าง ๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเหมาะสมกับโครงการระยะสั้นที่มีเงื่อนไขต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดโครงการ เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงจะมีผลทำให้การตัดสินใจคลาดเคลื่อน บางครั้งใช้การพยากรณ์การผลิตในอนาคต

3. แนวทางการพัฒนากลุ่มสมาชิกสหกรณ์ โครงการหลวงแก๊น้อยให้ยั่งยืนเพื่อบริหารต้นทุนฐานกิจกรรมในกระบวนการผลิตเคฟกูดเบอร์รี่ ควรจะมุ่งเน้น 1) การเปลี่ยนแปลงภาคการเกษตรไทยสู่วิถีชีวิตใหม่ (New normal) เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการทำการเกษตรในรูปแบบใหม่ ดำเนินตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

และ 2) การพัฒนาแห่งสหประชาชาติ Sustainable Development Goals (SDGs) ตามปัจจัยที่เชื่อมโยงกันใน 5 มิติ (5P) ได้แก่ (1) การพัฒนาคน (People) ให้มีความสำคัญกับการจัดการความยากจนและความหิวโหย และลดความเหลื่อมล้ำในสังคม โดยการสร้างรายได้นอกภาคเกษตร ลดรายจ่ายครัวเรือน การสร้างการแปรรูปผลผลิต ผลิตเพื่อกินอยู่เหลือเพื่อจำหน่าย (2) สิ่งแวดล้อม (Planet) ให้มีความสำคัญกับการปกป้องและรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสภาพภูมิอากาศเพื่อพลเมืองโลกรุ่นต่อไป โดยกระบวนการสร้างเสริม ปกป้องธรรมชาติ ชุมชน (3) เศรษฐกิจและความมั่งคั่ง (Prosperity) ส่งเสริมให้ประชาชนมีความเป็นอยู่ที่ดีและสอดคล้องกับธรรมชาติ สร้างคุณภาพชีวิตให้เข้ากับธรรมชาติ การไม่ทำลายป่าไม้ และอนุรักษ์รักษาให้คงอยู่คู่กับชุมชน (4) สันติภาพและความยุติธรรม (Peace) ยึดหลักการอยู่ร่วมกันอย่างสันติ มีสังคมที่สงบสุขและไม่แบ่งแยก ด้วยการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการชุมชน ยึดมิติและความเสมอภาคของเสียงคนในชุมชน และ (5) ความเป็นหุ้นส่วนการพัฒนา (Partnership) ความร่วมมือของทุกภาคส่วนในการขับเคลื่อนวาระการพัฒนาที่ยั่งยืนในบริบทพื้นที่ชุมชน คน ป่า โรงเรียน ธรรมชาติ วิถีประเพณี สรุปได้ดัง Figure 1

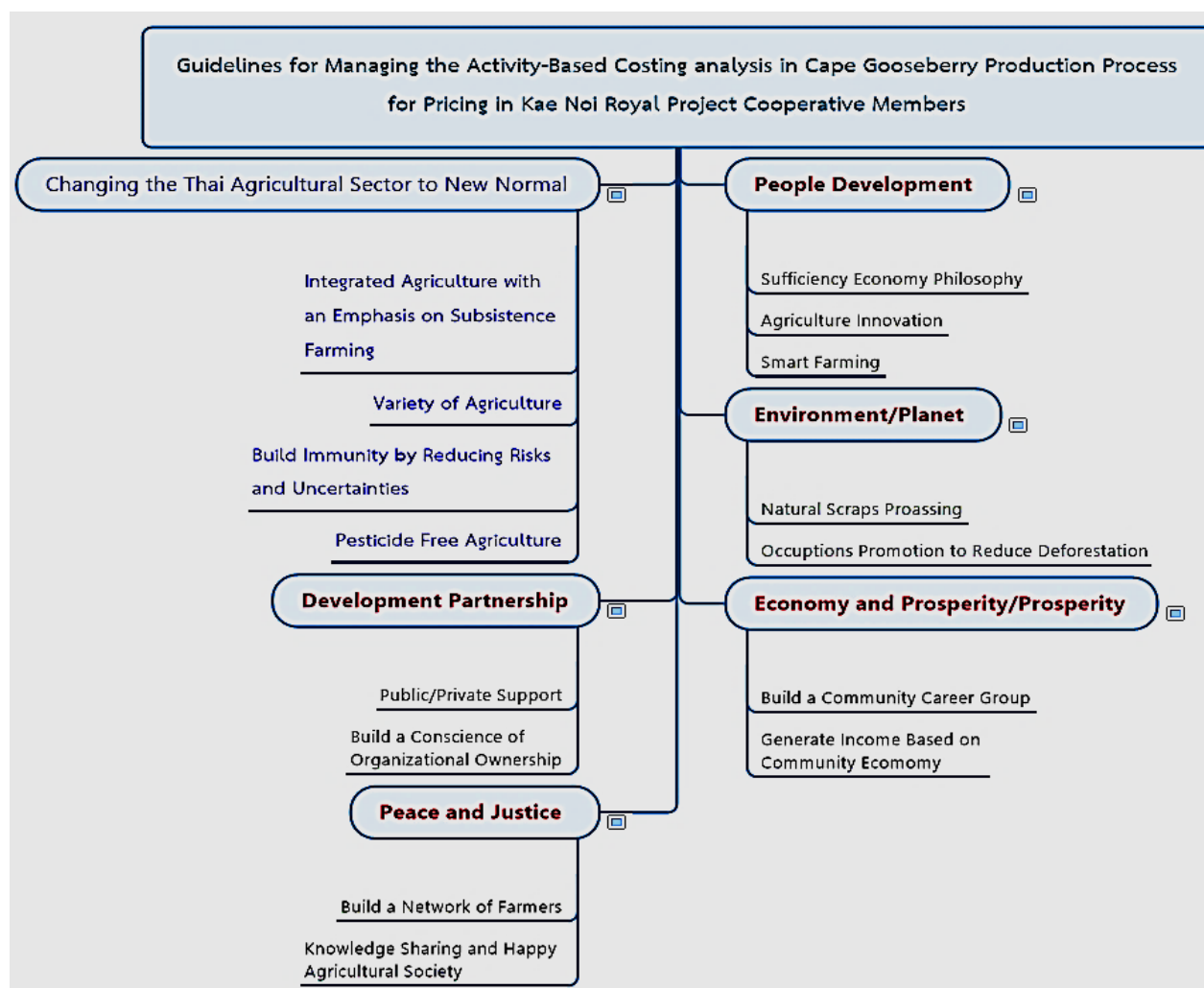


Figure 1 Guidelines for sustainable development of Kae Noi Royal Project cooperative members in order to manage the activity-based costing in cape gooseberry production process

สรุปผลการวิจัยจากการวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนของเกษตรกรที่จะไม่ทำให้เกิดผลขาดทุนจากการดำเนินงานกระบวนการผลิตทางการเกษตรนั้น กลุ่มเกษตรกรต้องได้ผลผลิตเคฟกู๊ดเบอร์รี่มากกว่า 1,099.48 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งกิจกรรมในกระบวนการผลิตทั้งหมด 7 ฐานกิจกรรม ในแต่ละกิจกรรมมีต้นทุนที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน คือ กิจกรรมที่ 5 การควบคุมวัชพืช การป้องกันและการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช ในขั้นตอนนี้ทำการฉีดพ่น ซึ่งมีค่าแรงงานสำหรับฉีดพ่นยาและสารเคมี ซึ่งมี

ต้นทุนที่สูงที่สุด และกิจกรรมที่ 4 การจัดการและควบคุมความอุดมสมบูรณ์ของดิน ประกอบไปด้วย มูลสัตว์และปุ๋ยเคมี ต้นทุนที่เกิดขึ้น คือ ค่าปุ๋ยและค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ย โดยถ้ามีการปรับเปลี่ยนให้กลุ่มเกษตรกรลดการใช้สารเคมีในการควบคุมวัชพืช การป้องกันและการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช และการใช้ปุ๋ยให้น้อยลงก็จะทำให้ กำไรจากการดำเนินงานของผลผลิตทางการเกษตรของกลุ่มเป้าหมายมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งหากมีการบริหารจัดการต้นทุนการใช้สารเคมีการควบคุมวัชพืช

การป้องกันและการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช และต้นทุนของปุ๋ยเคมีที่ดีจะส่งผลต่อรายได้ที่เพิ่มขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ต่อกลุ่มเป้าหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ (1) การสร้างฐานข้อมูลทางด้านการเกษตรบริบทพื้นที่ร่วมกับหน่วยงานองค์กร เพื่อการวางแผนการผลิตและการจำหน่าย โดยการเตรียมแผนรองรับในการป้องกันความผันผวนของราคาที่เกิดขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อระดับรายได้ ตลอดจนการวางแผนเรื่องของต้นทุนการผลิตที่มีแนวโน้มและทิศทางของราคาที่จะเพิ่มสูงขึ้นของผลผลิตทางการเกษตร (2) ส่งเสริมให้กลุ่มเป้าหมายสามารถประกอบอาชีพอย่างมั่นคงทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกภายใต้ฐานวิถีชีวิตใหม่ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง (2 ห่วง 3 เงื่อนไข) ให้เกิดความยั่งยืน โดยมุ่งเน้นส่งเสริมการสร้างรายได้ และการพัฒนาด้านการเกษตรและความมั่นคงด้านอาหารจากการแปรรูปผลผลิตเกษตรเพื่อยังชีพ และ (3) การพัฒนาความรู้ และสร้างแรงจูงใจแรงงานคืนถิ่นในการประกอบอาชีพการเกษตร และส่งเสริมให้เกษตรกรขายผลผลิตและผลิตภัณฑ์การเกษตรตรงถึงผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสมาชิกสหกรณ์โครงการหลวงแก๋น้อย (กลุ่มเป้าหมาย) ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการทำโครงการในครั้งนี้ และกองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา (กสศ.) สำหรับทุนอุดหนุนภายใต้โครงการทุนพัฒนาอาชีพและนวัตกรรมที่ใช้ชุมชนเป็นฐาน ปี พ.ศ. 2564 โครงการนี้ได้ผ่านคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ หมายเลขรับรอง IRBCMURU 2021/135.19.10 วันที่ให้รับรอง 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และหนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ ชื่อผลงาน ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดสถาบันการเงินชุมชน ทะเบียนข้อมูลเลขที่ ว1.009794 กรมทรัพย์สินทางปัญญา ณ วันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

- Baokhin, P. and S. Tulasombat. 2019. Analysis of activity based costing of sugar cane farmers Phu Khiao district, Chaiyaphum province. **National Sustainability in Business Conference and Journal 2019** 6(1): 704-720. [in Thai]
- Ishter, M. and H.Md. Akram. 2015. Activity-based costing (ABC), an effective tool for better management. **Research Journal of Finance and Accounting** 6(4): 66-73.
- Jaichomphu, P. and P. Jewpanya. 2021. The study and analysis of the organic jasmine rice production process for pricing in the Gasayt Paan Suek Agricultural Community Enterprise, Taluk Klang Thung sub-district, Muang Tak district, Tak province. **Journal of Agri. Research & Extension** 38(2): 107-118. [in Thai]
- Kae Noi Royal Project Cooperative. 2020. **Annual Report Year 2020**. Chiang Mai: Kae Noi Royal Project Cooperative. 68 p. [in Thai]
- LCCI International Qualifications. 2019. **Pearson LCCI Level 2 Certificate in Cost Accounting (ASE20110)**. London: Pearson Education Limited 2021. 12 p.

- Leerapan, B. 2020. **Thailand's COVID-19 Integrated Systems Simulation Modeling (Research Report)**. Bangkok: Health Systems Research Institute. 61 p. [in Thai]
- Nemes, N. 2009. **Comparative Analysis of Organic and Non-organic Farming Systems: A Critical Assessment of Farm Profitability**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 39 p.
- Techasueb, P. 2014. **Cost and Return of Investment in Organic Vegetable Cultivation Project for Commercial Chives in Lampang Province**. Master Thesis. University of the Nation. 156 p. [in Thai]
- Yampean, P. 2006. **Engineering Economy**. Bangkok: SE-EDUCATION. 308 p. [in Thai]

การพัฒนากลยุทธ์การสื่อสารการตลาดและตราสินค้าเพื่อขับเคลื่อนความต้องการ
ผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของกลุ่มผู้บริโภค
Marketing Communications and Brand Strategy Development to Promote
Environmentally Friendly Agricultural Products to Consumers

บุหงา ชัยสุวรรณ

Bu-nga Chaisuwan

คณะนิเทศศาสตร์และนวัตกรรมการจัดการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ กรุงเทพฯ 10250

Graduate School of Communication Arts and Management Innovation

National Institute of Development Administration, Bangkok, Thailand 10250

Corresponding author: bunga.c@nida.ac.th

Received: July 21, 2021

Revised: July 04, 2022

Accepted: September 16, 2022

Abstract

This study developed a marketing communications and brand strategy platform for agricultural products that were environmentally friendly, starting with organic vegetables. The research used the mixed methods research methodology, which includes the in-depth interview with a total of 28 academics, marketers, distributors, farmers and consumers, as well as the survey data from 400 respondents who consumed agricultural products that were environmentally friendly in Bangkok. In the second phase data was collected from two workshops to develop the marketing communications and branding strategy. From the first phase, by using cluster analysis, the consumer were divided into three groups: health conscious and interested in marketing communications group; convenience and understand in benefits group; and elderly, who were concerned about products' quality, family and health. The second phase of the research yielded the creation of from Heart to Health platform, which was defined as the sharing of goodness from farmers to consumers encouraging sustainability. The marketing communications strategy was developed into four stages which were: 1) create awareness about the commitment to grow quality standard vegetables for consumers; 2) get consumers to consider that organic vegetables can be used to make a variety of dishes; 3) create engagement within the community in the various sales channels including recommending other consumers to buy the products and 4) repeat purchase of organic vegetables from the community.

Keywords: marketing communications and brand strategy, environmentally friendly agricultural products, organic vegetable

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งพัฒนากลยุทธ์การสื่อสารการตลาดและต้นแบบแบรนด์ผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเริ่มต้นจากผักเกษตรอินทรีย์ โดยใช้การวิจัยแบบผสมผสาน ได้แก่ การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก จากผู้ให้ข้อมูลนักวิชาการ นักการตลาด เกษตรกร ผู้จัดจำหน่าย และผู้บริโภค รวม 28 คน และการวิจัยเชิงสำรวจจากผู้บริโภค 400 คน และการพัฒนากลยุทธ์การสื่อสารการตลาดและตราสินค้า ด้วยการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ จำนวน 2 ครั้ง ผลการวิจัยด้วยการทำการวิเคราะห์กลุ่ม พบว่าผู้บริโภคแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ห่วงใยสุขภาพและสนใจการสื่อสารการตลาด กลุ่มผู้ซื้อเพราะสะดวกและเข้าใจคุณประโยชน์ และกลุ่มผู้สูงวัยคำนึงถึงคุณภาพของสินค้า ครอบครัวยุคใหม่ และสุขภาพ จากนั้นในการวิจัยระยะที่สอง ทำการพัฒนาแผนกลยุทธ์การสื่อสารการตลาด โดยมีแนวคิด คือ Heart to Health จากใจชุมชนสู่สุขภาพของคุณ แสดงถึงความตั้งใจผู้ผลิตสู่สุขภาพของผู้บริโภค เพื่อให้สังคมและสิ่งแวดล้อมสามารถดำรงอยู่อย่างยั่งยืน จากนั้นพัฒนาช่องทางการสื่อสาร 4 ระยะ ได้แก่ 1) สร้างการรับรู้แก่ผู้บริโภคถึงความตั้งใจที่จะปลูกผักที่มีคุณภาพมาตรฐานและแบ่งปันให้ผู้บริโภค 2) สร้างการพิจารณาของผู้บริโภคว่าผักออร์แกนิกสามารถปรุงอาหารได้หลากหลายและดีต่อสุขภาพ 3) การสร้างการมีส่วนร่วมกับชุมชนในการซื้อสินค้าตามช่องทางการจำหน่ายต่าง ๆ รวมทั้งการบอกต่อผู้บริโภคอื่น ๆ และ 4) การกลับมาซื้อผักออร์แกนิกจากชุมชนซ้ำ

คำสำคัญ: การสื่อสารการตลาดและตราสินค้า

ผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ผักเกษตรอินทรีย์

คำนำ

ผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเกษตรอินทรีย์ เป็นแนวทางการผลิตที่ให้ความสำคัญกับคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารของผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค รวมทั้งการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน นับเป็นประเด็นที่ได้รับความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง สอดคล้องกับกระแสโลกในปัจจุบัน ดังจะเห็นได้จากการส่งเสริมเกษตรกรรมที่ยั่งยืนเป็นเป้าหมายหลักเป้าหมายที่ 2 ของการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ขององค์การสหประชาชาติ ซึ่งได้จัดทำวาระการพัฒนาภายหลังปี ค.ศ. 2015 (Post-2015 Development Agenda) โดยมีเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน เป็นกรอบกำหนดทิศทางการพัฒนาที่ยั่งยืนของโลกในอีก 15 ปี ข้างหน้า (พ.ศ. 2559-2573)

สำหรับในประเทศไทยเกษตรอินทรีย์ เป็นนโยบายสำคัญของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ขับเคลื่อนยุทธศาสตร์เกษตรอินทรีย์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 จนกระทั่งในปัจจุบันกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้มีการกำหนดแผนปฏิบัติราชการ พ.ศ. 2566 ซึ่งสอดคล้องกับทั้งวาระระดับโลก และแผนระดับที่ 1 ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580 แผนระดับที่ 2 แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ (ร่าง) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) นำมาสู่แผนระดับที่ 3 คือ นโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มุ่งดำเนินโครงการพัฒนาเกษตรกรสู่เกษตรกรปราดเปรี๊อง (Smart farmer) มีความรู้ในการผลิตสินค้าเกษตรคุณภาพสูงที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดยุทธศาสตร์ 3'S คือ "Safety" ความปลอดภัยของอาหาร "Security" ความมั่นคง มั่งคั่ง ของภาคการเกษตรและอาหาร และ

"Sustainability" ความยั่งยืนของภาคการเกษตร เช่น เกษตรผสมผสาน เกษตรอินทรีย์ เกษตรธรรมชาติ และวนเกษตร การลด ละ เลิก การใช้สารเคมี โดยมีการกำหนดแนวทางในการขับเคลื่อน คือ กำหนดยุทธศาสตร์ เทคโนโลยีเกษตร 4.0 เพื่อการพัฒนาภาคเกษตรกรรม โดยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมตลอดโซ่อุปทาน และโซ่คุณค่า (Supply-value chain) ตั้งแต่การผลิต การแปรรูป จนถึงการตลาด

ด้วยเหตุนี้ ในการดำเนินการตามนโยบาย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นอกจากเกษตรกรจะต้องมีความรู้ในกระบวนการผลิตแบบมีอาชีพแล้ว ยังต้องเป็นเกษตรกรที่มี “ตลาดนำการผลิต” อันเนื่องมาจากปัจจัยด้านกลยุทธ์การตลาดเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินงานของธุรกิจเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย (Boonthawee *et al.*, 2021) ดังนั้นการมีความเข้าใจตลาด ความต้องการของผู้บริโภค ในการบริโภคและตัดสินใจซื้ออาหารที่ผลิตจากผลิตภัณฑ์การเกษตรที่ปลอดภัยเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนรูปแบบการสื่อสารการตลาด และตราสินค้าที่ตรงใจ ตรงความต้องการของผู้บริโภค จะเป็นข้อมูลที่สำคัญที่จะทำให้เกษตรกรมีแรงจูงใจในการผลิตสินค้าเกษตรที่มีคุณภาพ มีเอกลักษณ์ ได้มาตรฐานรองรับและมีมูลค่าสูงตามความต้องการของตลาด โดยเฉพาะกลุ่มที่มีกำลังซื้อ และนำไปสู่การยกระดับราคาสินค้าด้วยการสร้างตราสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการสินค้าเกษตรตลอดโซ่อุปทาน

ในการถ่ายทอดแผนไปสู่ชุมชนยังมีความต้องการที่จะปรับแนวทางอีกมาก (Kielue, 2017) สิ่งที่ชุมชนต้องการ คือ แนวทางการประชาสัมพันธ์ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระจายสินค้าที่อยู่เพียงในชุมชนให้ออกสู่แหล่งภายนอก (Sangchan, 2017) งานวิจัยในอดีตมุ่งที่จะทำความเข้าใจในความต้องการหรือพฤติกรรมของผู้บริโภคที่จะเป็นข้อมูลในการสื่อสารการตลาด เช่น งานวิจัยของ Hongsa and Luksamee-Arunothai (2022); Saenla and Soonthonmai (2020); Sangkumchaliang and

Huang (2012) หรือทำการเสนอแนะแนวทางการส่งเสริมพัฒนาการสื่อสารการตลาดแก่เกษตรกรหรือวิสาหกิจชุมชน เช่น งานวิจัยของ Srinorachan (2019); Srinorajan and Chaisuwan (2019); Buasri and Ritimat (2021) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีงานวิจัยที่นำเสนอรูปแบบกลยุทธ์การสื่อสารการตลาดที่เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร หรือวิสาหกิจชุมชนต่าง ๆ สามารถนำไปปรับใช้ได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งหาแนวทางในการดำเนินการสื่อสารการตลาดให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค ที่จะเป็เครื่องมือช่วยขับเคลื่อนความต้องการผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากต้นน้ำ กลางน้ำ สู่ปลายน้ำ ตลอดจนหาโอกาสที่หน่วยงานของรัฐ และเอกชน สามารถสนับสนุนและส่งเสริมการดำเนินการสื่อสารการตลาดดังกล่าวให้เกิดขึ้นได้ โดยสินค้าที่ผู้บริโภคในประเทศไทยนิยมซื้อมากที่สุด คือ “ผัก” โดยผักสดและผลไม้เป็นสินค้าเกษตรอินทรีย์ที่มีปริมาณผลผลิตมาก เมื่อเทียบกับสินค้าอื่น และมีการซื้อเพื่อไปบริโภคในครัวเรือนบ่อยครั้ง (Panpleum and Pasunon, 2018) ดังนั้นผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ในกลุ่ม “ผัก” จึงมีโอกาสดีโดดเด่นได้ด้วยการส่งเสริมเพื่อก่อให้เกิดความต้องการในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวด้วยการสื่อสารการตลาดและตราสินค้า จึงได้นำมาเป็นผลิตภัณฑ์แรกในกลุ่มผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่นำมาศึกษาในครั้งนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods research) แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้ **ระยะที่ 1** ประกอบด้วยการวิจัยเชิงคุณภาพ การวิเคราะห์สถานการณ์ (Qualitative research) ด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) กับผู้มีส่วนได้เสียกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์การเกษตร เช่น นักวิชาการ นักการตลาด ผู้จัดการจำหน่าย เกษตรกร และผู้บริโภค จำนวน 28 คน ร่วมกับการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) โดยใช้การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) เก็บข้อมูล

โดยใช้แบบสอบถามกับผู้บริโภคที่เคยซื้อผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแหล่งต่าง ๆ อาทิ ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า ร้านค้าปลีกสมัยใหม่ ร้านค้าผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ร้านค้าปลีกที่ก่อตั้งขึ้นโดยพระราชดำริในพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวน 400 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงบรรยายและเชิงอนุมาน คือ การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) ซึ่งในแต่ละปัจจัยแสดงมิติต่าง ๆ ในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค จากนั้นทำการทดสอบเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค นำค่า Factor score ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย มาทำการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Cluster analysis) การวิเคราะห์กลุ่มแบบไม่เป็นขั้นตอน (Nonhierarchical cluster analysis หรือ K-Means cluster analysis **ระยะที่ 2** การพัฒนากลยุทธ์การสื่อสารการตลาดและตราสินค้าเพื่อขับเคลื่อนความต้องการผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของกลุ่มผู้บริโภค ด้วยการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เป็นการพัฒนากลยุทธ์ ด้วยการประชุมเชิงปฏิบัติการจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารการตลาด รวม 40 คน และครั้งที่ 2 เป็นการนำผลการพัฒนากลยุทธ์ดังกล่าวไปนำเสนอต่อผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อหาแนวทางการขับเคลื่อนแผนกลยุทธ์ จำนวน 25 คน และผลการวิจัยนำไปสู่การกำหนดแผนกลยุทธ์การสื่อสารการตลาด

ผลการวิจัย

การนำเสนอสรุปผลการวิจัย เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังต่อไปนี้

สถานการณ์ตลาดการบริโภคผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกจากภาคส่วนต่าง ๆ 28 คน พบว่าภาพรวมการตลาดผลิตภัณฑ์เป็นมิตรต่อ

สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผักออร์แกนิกกำลังได้รับความนิยม อันเนื่องมาจากกระแสความนิยมในเรื่องการดูแลสุขภาพเพิ่มมากขึ้น มีความหลากหลายของประเภทสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารการตลาดเพื่อส่งเสริมการจำหน่าย ผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ มีความคิดเห็นว่าสิ่งที่ควรมุ่งเน้น ได้แก่ การสร้างความเข้าใจและความสำคัญให้เกิดขึ้นในใจผู้บริโภคเพื่อกระตุ้นการซื้อหรือการสร้างเนื้อหาเรื่องราว (Story) ที่สร้างคุณค่าทางอารมณ์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ผักเกษตรอินทรีย์ เพื่อให้ผู้บริโภคเห็นถึงความคุ้มค่ากับราคาที่ต้องจ่ายไป มีประโยชน์มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม และเรื่องราวดังกล่าวจะสร้างการจดจำให้อยู่ในใจของผู้บริโภค สร้างมาตรฐานรับรองสินค้าเพื่อให้ผู้บริโภคเชื่อใจการตั้งราคาที่เหมาะสมหรืออยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้ สร้างกลยุทธ์ที่กระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดการซื้อซ้ำ การสร้างการบอกปากต่อปากของกลุ่มผู้บริโภค การประชาสัมพันธ์ และช่องทางจัดจำหน่ายในโรงพยาบาล เน้นสื่อสารให้คนรักสุขภาพหรือคนป่วย การใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการสื่อสารการตลาด

ส่วนความต้องการในการส่งเสริมการตลาดและการบริโภคผลิตภัณฑ์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของเกษตรกร ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย พบว่าเกษตรกรต้องการพัฒนาความรู้ และทักษะความเชี่ยวชาญที่เหมาะสมในเรื่องการสื่อสารการตลาด ควรมีการส่งเสริมการจัดตั้งกลุ่มเครือข่ายเกษตรกรเพื่อสร้างแนวทางในการขายสินค้า มีความต้องการให้องค์กรจากภาครัฐ เอกชน หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง เข้ามาช่วยเหลือในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นให้เกิดการซื้อสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หรือผักเกษตรอินทรีย์ ตั้งแต่ความช่วยเหลือในการจัดหาช่องทางจัดจำหน่าย การจัดหาคนกลางที่เหมาะสมในการขายสินค้าให้กับเกษตรกร การให้ความรู้ในเรื่องการสื่อสารการตลาด และที่สำคัญที่สุด คือ การณรงค์ให้เกิดความเข้าใจ และความต้องการที่จะซื้อสินค้าประเภทดังกล่าว

พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการแบ่งกลุ่มผู้บริโภคตามคุณลักษณะของผู้บริโภค

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ จากกลุ่มตัวอย่าง 400 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 51-60 ปี มากกว่าครึ่งมีระดับการศึกษาสูงสุดสูงกว่าปริญญาตรี มีอาชีพเป็นเจ้าของกิจการหรือทำธุรกิจ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 25,001-40,000 บาท พักอาศัยกับสามีหรือภรรยาโดยไม่มีลูก และพักอาศัยกับครอบครัวร่วมกับพ่อแม่ ชอบทำกิจกรรมอยู่กับครอบครัวในวันหยุดสุดสัปดาห์ มากกว่าครึ่งบริโภคอาหารมังสวิรัตบ้างเป็นบางครั้งตามเทศกาลต่าง ๆ ส่วนใหญ่ออกมาจ่ายตลาดซื้อวัตถุดิบในการปรุงอาหารวันเว้นวัน ประมาณ 4-5 ครั้งต่อสัปดาห์ ทำอาหารทานเองโดยไม่ได้ซื้ออาหารสำเร็จรูปทุกมื้อในวันเสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ คิดเป็นร้อยละ 79.00 และมากกว่าครึ่งต้องเตรียมอาหารให้สมาชิกในครอบครัว 2-3 คน ผลการวิจัยพบตัวแปรที่ส่งผลต่อการบริโภคผักเกษตรอินทรีย์ 27 ตัวแปร สามารถ

ลดจำนวนตัวแปรเป็น 4 กลุ่มปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านการสื่อสารการตลาด (Eigenvalue = 7.451, Factor loading ตั้งแต่ 0.736-0.410) (เช่น ระดับราคา จุดแสดงสินค้า การออกแบบบรรจุภัณฑ์) ปัจจัยด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สัตว์ และอาหาร (เช่น ความปลอดภัย การเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม) (Eigenvalue = 35.891, Factor loading ตั้งแต่ 0.739-0.419) (ปฏิบัติต่อสัตว์และสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม) ปัจจัยด้านบรรทัดฐานสังคม (เช่น การบริโภคเฉพาะสินค้าที่แสดงการได้รับการรับรองตามมาตรฐานเท่านั้น) (Eigenvalue = 3.641, Factor loading ตั้งแต่ 0.693-0.542) และปัจจัยการคำนึงถึงโภชนาการ และสุขภาพ (เช่น ความกังวลเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร การให้ความสำคัญเกี่ยวกับระดับคอเลสเตอรอลและไขมัน) (Eigenvalue = 2.472, Factor loading ตั้งแต่ 0.566-0.472) จากนั้นนำปัจจัยดังกล่าวมาจัดกลุ่มผู้บริโภค ด้วยสถิติ Cluster analysis พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มผู้บริโภคได้เป็น 3 กลุ่ม ดัง Table 1

Table 1 Final cluster-segmented by factors influencing buying decision making

Factors influencing buying decision making	Cluster (persons)		
	Cluster 1 (219)	Cluster 2 (110)	Cluster 3 (71)
Marketing communication factor	0.56591	0.28295	-0.55932
Environmental concern factor	-0.12006	0.15785	-0.02828
Social norm factor	-0.78362	-0.16446	0.62118
Nutrition and health factor	0.75094	-1.21227	0.32860

กลุ่มที่ 1 กลุ่มผู้บริโภคห่วงใยสุขภาพและสนใจการสื่อสารการตลาด มีจำนวนสมาชิกที่มากที่สุด คือ 219 คน เป็นกลุ่มที่มีการคำนึงถึงปัจจัยทางด้านโภชนาการและสุขภาพ อย่างไรก็ตามยังมีความกังวลด้านการสื่อสารการตลาด คือ คุณภาพของสินค้า ความสะอาด และราคาเป็นหลัก เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะประชากรของกลุ่มนี้ พบว่าอายุน้อยที่สุดมีความถี่ในการไปจ่าย

ตลาดน้อยที่สุด มีรายได้ต่ำที่สุด และค่าใช้จ่ายในการซื้อผักเกษตรอินทรีย์แต่ละครั้งต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ

กลุ่มที่ 2 กลุ่มผู้บริโภคที่ซื้อเพราะสะดวกและเข้าใจคุณประโยชน์ มีจำนวนสมาชิก 110 คน ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านการสื่อสารการตลาด และการตระหนักถึงผลกระทบของสารพิษต่อสิ่งแวดล้อมและ

ผู้บริโภค กระบวนการผลิตที่จะปฏิบัติต่อสัตว์ และความ เป็นอยู่ที่ดีของสัตว์ ลักษณะประชากรและพฤติกรรม การซื้อ พบว่าส่วนมากอยู่ในวัยทำงานและวัยหลังเกษียณ มีการศึกษาสูง กลุ่มนี้มีพฤติกรรมซื้อผักค่อนข้างถี่ ที่สุด และส่วนใหญ่มีค่าใช้จ่ายในการซื้อผักเกษตรอินทรีย์ แต่ละครั้งสูง คือ 500 บาทขึ้นไป ในขณะที่รายได้มากกว่า กลุ่มที่ 1 แต่น้อยกว่ากลุ่มที่ 3

กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มผู้สูงวัยคำนึงถึงมาตรฐาน ครอบครัวยุค และสุขภาพ มีจำนวนสมาชิกที่น้อยที่สุด คือ 71 คน กลุ่มผู้บริโภคกลุ่มนี้มีลักษณะเด่น คือ การคำนึงถึง บรรทัดฐานของสังคม มองหาสิ่งที่เป็นรูปธรรมในการ ก่อให้เกิดความมั่นใจในประโยชน์ และให้ความสำคัญกับ คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร เช่น ระดับคอเลสเตอรอล และไขมัน การปนเปื้อนของสารต่าง ๆ ในอาหาร เข้มงวด/ ระมัดระวัง/ เลือกรับประทาน ต้องการการแปรรูป ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน และมีความมั่นใจในศักยภาพ ในการซื้อผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ด้วยตนเอง ในส่วน ลักษณะประชากรและพฤติกรรม การซื้อ พบว่าอายุอยู่ใน ช่วงวัยทำงานและวัยหลังเกษียณ มีอายุเฉลี่ยสูงกว่า กลุ่มที่ 2 ซื้อผักเป็นประจำแต่ไม่ถี่เท่ากับกลุ่มที่ 2 ส่วนใหญ่มีค่าใช้จ่ายในการซื้อผักเกษตรอินทรีย์แต่ละครั้ง 500 บาทขึ้นไป และมีรายได้สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ กลุ่มอื่น

จากผลการวิจัยข้างต้นพบว่า กลุ่มที่ 3 กลุ่ม ผู้สูงวัยคำนึงถึงมาตรฐาน ครอบครัวยุค และสุขภาพ เป็น กลุ่มเป้าหมายที่เหมาะสมในการขยายตลาดผลิตภัณฑ์ เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เพราะเป็น กลุ่มเป้าหมายที่มีกำลังซื้อสูง และมีพฤติกรรมการซื้อ ค่อนข้างบ่อย มีทัศนคติที่ดีต่อการซื้อผักเกษตรอินทรีย์ แต่ยังคงอาจไม่มีความมั่นใจในคุณภาพมาตรฐาน ตลอดจน คุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังมีความถี่ในการ ซื้อไม่มากนัก ทำให้ยังมีโอกาสในการโน้มน้าวให้เกิดความ เข้าใจและเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้ ในขณะที่กลุ่มที่ 2 เป็นผู้ที่มีการซื้อเป็นประจำอยู่แล้ว จึงสามารถกำหนดให้

เป็นกลุ่มเป้าหมายรอง ในขณะที่กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีการ ซื้อและตระหนักถึงคุณประโยชน์ มีทัศนคติที่ดี แต่ยังมี กำลังซื้อไม่มากจึงยังไม่ใช่กลุ่มที่ควรมุ่งเน้นในโครงการ การสื่อสารการตลาดในระยะแรก

กลยุทธ์การสื่อสารการตลาดและต้นแบบตราสินค้า ผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คณะผู้วิจัยนำผลการวิจัยส่วนที่ 1 มานำเสนอ ในการประชุมเชิงปฏิบัติการจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัย นำไปสู่การกำหนดแผนกลยุทธ์การสื่อสารการตลาด โดยกำหนดกลยุทธ์การสื่อสารการตลาดมุ่งไปยัง กลุ่มเป้าหมายหลักจากที่กำหนดในการวิจัยส่วนแรก คือ กลุ่มที่ 3 กลุ่มผู้สูงวัยคำนึงถึงมาตรฐาน ครอบครัวยุค และ สุขภาพ ดังที่ได้กล่าวข้างต้น โดยกำหนดภายใต้แนวคิด “Heart to Health จากใจชุมชน สู่อสุขภาพของคุณ” เพื่อ แสดงให้เห็นถึงการส่งต่อสิ่งดี ๆ จากใจผู้ผลิตสู่สุขภาพของ ผู้บริโภค และแบ่งปันกับคนรอบตัว เพื่อให้สังคมและ สิ่งแวดล้อมสามารถดำรงอยู่ต่อไปอย่างยั่งยืน โดยในการ กำหนดแนวคิดนี้ผู้ให้ข้อมูลพิจารณาว่า ควรมุ่งเน้นการ สื่อสารที่เป็นการกระตุ้นความรู้สึก เพิ่มเติมจากการที่ กลุ่มผู้บริโภคกลุ่มนี้ให้ความสนใจในแง่คุณประโยชน์ พิจารณาจากผลการวิจัยที่ผู้บริโภคกลุ่มนี้มีการให้ ความสำคัญกับบริบทนอกตัวเอง เช่น มาตรฐานสังคม และครอบครัว การนำเสนอจุดมุ่งใจด้านอารมณ์จะทำให้ กลุ่มผู้บริโภคกลุ่มนี้มองข้ามเรื่องราคาที่เหมาะสมสินค้าได้

ทั้งนี้การออกแบบตราสัญลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ ผู้ให้ข้อมูลได้นำเสนอแนวคิดในการออกแบบไว้ 2 กรณี กล่าวคือ (1) ในกรณีที่ชุมชนมีตราสัญลักษณ์เดิม ชุมชน อาจเพิ่มการแสดงตราสัญลักษณ์ของชุมชนของตนเอง ควบคู่กับตราสัญลักษณ์ของโครงการได้ (2) ในกรณีที่ยัง ไม่มีตราสัญลักษณ์ของกลุ่มโดยเฉพาะ สามารถใช้ สัญลักษณ์ของโครงการและใส่ชื่อเกษตรกรผู้ผลิต/หรือ กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตร่วมด้วย



Figure 1 Campaign logo prototype

จากแนวคิดดังกล่าวจึงนำมาพัฒนาในการสร้างภาพลักษณ์ (Branding) ของผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ที่เกษตรกรสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมในการสื่อสารกับผู้บริโภค โดยกำหนดวัตถุประสงค์ของกลยุทธ์การสื่อสารการตลาด ดังต่อไปนี้ 1) เพื่อสร้างการรับรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการบริโภคผักเกษตรอินทรีย์ 2) เพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ดีในการบริโภคผักเกษตรอินทรีย์เป็นวัฒนธรรมการส่งต่อสุขภาพที่ดีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน และ 3) เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยกำหนดส่วนผสมทางการตลาด ดังนี้

1. สินค้า (Product) ผักเกษตรอินทรีย์ ต้องมีคุณภาพดี มีความสดใหม่ จะต้องคำนึงถึงการสร้างเรื่องราว และคุณค่าทางอารมณ์ ที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้ด้วยตนเองและสามารถส่งต่อความรู้สึกดังกล่าวผ่านบรรจภัณฑ์ โดยการใช้ถุงพลาสติกที่มีความสะอาดในการขนส่ง และรักษาความสดของผลิตภัณฑ์ โดยบนบรรจภัณฑ์ให้มีตราสัญลักษณ์ของโครงการ และเครื่องหมายรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ (หากมี) เพื่อเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่สินค้า และความเข้าใจให้แก่ผู้บริโภคควบคู่กันไปด้วย ส่วนบรรจภัณฑ์นอกจากข้อมูลผลิตภัณฑ์บนบรรจภัณฑ์แล้ว ควรมี QR Code เชื่อมโยงไปยังชุมชนผู้ผลิต และอาจจะมีการแยกบรรจภัณฑ์เป็นรายการอาหารในแต่ละเมนู เช่น ผักเกษตรอินทรีย์สำหรับเมนูผัดผัก ผักเกษตรอินทรีย์สำหรับทำแกงเลียง เป็นต้น เพื่อให้ง่ายต่อการประกอบอาหารและได้ปริมาณที่พอดีสำหรับแต่ละมื้อ

2. ราคา (Price) เน้นการสร้างราคาบนพื้นฐานของการคำนึงถึงความคุ้มค่าในใจของผู้บริโภค (Cost) ในมิติของ 1) ราคาที่เหมาะสม ต้องไม่ต่ำเกินไป และต้องมีการสื่อสารอย่างชัดเจนว่าผลิตภัณฑ์มีราคาแพง เพราะมีคุณภาพที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ทั่วไปอย่างไร เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายเกิดความยอมรับ และยินยอมที่จะจ่าย 2) ราคาที่แบ่งปัน มีการสื่อสารให้ผู้บริโภครับรู้และเข้าใจว่าราคดังกล่าวสามารถนำไปพัฒนาสินค้า และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนของเกษตรกรและสังคมอย่างไร

3. สถานที่จำหน่าย (Place) แบ่งสถานที่จัดจำหน่าย ออกเป็น ร้านค้าปลีก (Offline) และร้านค้าออนไลน์ (Online) เพื่อให้มีความเชื่อมโยงกันทั้งร้านค้าปลีกแบบ Omnichannel จึงควรมีการบอกตำแหน่งช่องทางการจัดจำหน่าย ผ่านการปักหมุดบนเว็บไซต์ หรือสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อเชื่อมโยงช่องทางจัดจำหน่ายทั้งสองทางเข้าด้วยกัน และเพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงข้อมูลร้านค้าผ่านสังคมออนไลน์ได้ง่าย

4. โปรโมชัน (Promotion) การส่งเสริมการขายมีหลายรูปแบบ ทั้งการโฆษณาผ่านสื่อรูปแบบต่าง ๆ การทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการขาย ทั้งที่เป็นสื่อในร้านที่จัดจำหน่าย หรือกิจกรรมที่เสริมสร้างประสบการณ์ร่วมกันในพื้นที่ชุมชนแหล่งผลิตได้

ขั้นตอนการสื่อสาร

การสื่อสาร เกษตรกรจะต้องสื่อสารภาพลักษณ์ของสินค้าออกไป ในแง่ของการส่งต่อความรักจากหัวใจเกษตรกรสู่สุขภาพของผู้บริโภค และรายได้จากผู้บริโภค

ส่งต่อไปสู่การพัฒนาเกษตรกร ทั้งนี้เพื่อให้ผู้บริโภครู้สึก และตลาดผักเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทยอีกด้วย ทั้งนี้ใน
ถึงคุณค่าในการบริโภคสินค้า ที่ไม่เพียงแต่ได้รับสุขภาพที่ดี การสื่อสารต่อผู้บริโภค ดัง Table 2
แต่ยังมีส่วนช่วยในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกร

Table 2 Marketing communications based on the consumer journey

BRAND ROLE: Passing on the love from the heart of the farmers to the health of consumers and the income goes back to the development of farmers				
HUMAN CHALLENGE: Organic vegetables are good for one's health, and those you love, and the environment. How to eat it every day?				
	1. AWARE	2. CONSIDER	3. ENGAGE	4. REPEAT
OBJECTIVE	Customers would be aware of the intent of the community determined to produce agricultural products that are good to the health of the farmers and want to share this goodness with the consumers and their beloved families.	Stimulate customers so that they will see that organic vegetables can be cooked in a variety of ways and good for the health.	Stimulate consumers to participate in the community, market, or in the online world so that they will know the story and share with others.	Promote repeat purchase
TASK	Create expectations for customers in making the purchase at distribution source or through the online system	Provide recommendations and ideas in cooking food from Thai vegetables that have beneficial health values and eat for medication, which is better than medical treatment when one gets sick.	Provide special promotion from the heart of the community, which is not discount for consumers but rather giving them the opportunity to experience the good feeling	Find platform, channel, and tools for creating community to foster customer loyalty

Table 2 (Continued)

BRAND ROLE: Passing on the love from the heart of the farmers to the health of consumers and the income goes back to the development of farmers.				
HUMAN CHALLENGE: Organic vegetables are good for one's health, and those you love, and the environment. How to eat it every day?				
	1. AWARE	2. CONSIDER	3. ENGAGE	4. REPEAT
MESSAGE	"Organic vegetables from the heart of the community is shared for your health."	"Organic vegetables can be used to cook a variety of dishes and is good for your health as well as your family. It is also good for society and farmers. It is worth the effort to try to buy it."	"Get more than vegetables. Share good things and the love for health, environment, and community."	"Special priced products for members, who love good health."
EXPECTED OUTCOME	Organic vegetables are important to good health. I am determined to select it and cook for my loved ones.	I must try to find organic vegetables to cook for my family more often.	I would visit the community that produces organic vegetables so I would be confident in the production process that it is grown with love in all stages.	I am part of the community both online and offline that support the production so that I can be confident that I have organic vegetables to eat continuously.

ปัญหาและอุปสรรค และแนวทางแก้ไขในการขับเคลื่อนความต้องการผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ผลการวิจัยจากการประชุมเชิงปฏิบัติการจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ พบว่าปัญหาและอุปสรรค และแนวทางที่ควรมีการเร่งดำเนินการสื่อสาร เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการขับเคลื่อนความต้องการผลิตสินค้าและบริการเกษตรอินทรีย์ ได้แก่

1. ผู้บริโภคบางกลุ่มขาดความรู้และเข้าใจในความแตกต่างระหว่างผักเกษตรอินทรีย์ ผักที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมชนิดอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับผักทั่วไป เป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้ผู้บริโภคไม่เข้าใจเรื่องราคา และคุณประโยชน์ต่าง ๆ ที่จะได้รับจากการบริโภคผักเกษตรอินทรีย์

2. การสื่อสารผ่านระบบออนไลน์ เช่น ในสื่อสังคมออนไลน์ เฟสบุ๊ก และเว็บไซต์ เป็นพื้นที่ที่ควรจะได้รับการพัฒนา ร่วมกับการสื่อสารแบบออฟไลน์ เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรสร้างการมีส่วนร่วมกับผู้บริโภค เช่น การจัดกิจกรรมในตลาดชุมชน ตลาดเกษตรกร การเยี่ยมชมแปลง ซึ่งเกษตรกรให้ความสนใจแต่ส่วนใหญ่ประสบปัญหาในเรื่องการขาดความเชี่ยวชาญ และขาดแนวทางเพื่อจะดำเนินการประชาสัมพันธ์อย่างมีประสิทธิภาพ

3. พื้นที่ตลาดหรือช่องทางจัดจำหน่ายมีจำนวนน้อยและหาได้ยาก พื้นที่ที่ได้รับการจัดสรรมักเป็นพื้นที่ในทำเลที่ไม่เหมาะสม เช่น เป็นพื้นที่ที่ผู้บริโภคไม่สามารถเข้าถึงได้สะดวก การจัดจำหน่ายส่วนมากทำโดยพ่อค้าคนกลาง หรือบริษัทเอกชนต่าง ๆ สำหรับแนวทางแก้ไข

อาจมีคนกลางที่เป็นผู้จัดจำหน่ายเอกชนเข้าร่วมดำเนินการได้ แต่ควรเป็นผู้จัดจำหน่ายที่มีความจริงใจกับเกษตรกร เพื่อร่วมเป็นพันธมิตรในการดำเนินการมากกว่าการเป็นคนกลางรับซื้อผลิตภัณฑ์ไปขายต่อเท่านั้น รวมทั้งอาจให้มีรูปแบบการจัดจำหน่ายแบบระบบสมาชิก สำหรับเกษตรกรที่จัดจำหน่ายเป็นกลุ่มใหญ่ และสามารถผลิตสินค้าได้เพียงพอ

4. การขาดตัวแทนที่จะเป็นผู้รวมกลุ่มเกษตรกรที่ผลิตและจำหน่ายสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือผักเกษตรอินทรีย์ โดยเฉพาะกลุ่มที่เริ่มที่ประสบความสำเร็จจะเป็นกลุ่มเกษตรกรที่สามารถรวมตัวกันได้ง่ายหากมีแกนนำในการรวมกลุ่ม ดังนั้นควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรที่เป็นผู้ผลิตสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือผักเกษตรอินทรีย์ มีการจัดตั้งกลุ่มดำเนินการ อาทิ กลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อให้เกิดการร่วมกันดำเนินการได้อย่างเข้มแข็ง

5. เกษตรกรมีกรอบความคิด (Mindset) หรือกระบวนการทางความคิดแตกต่างกัน บางกลุ่มมีระดับความเข้าใจและมุ่งมั่นที่จะผลิต ผลิตภัณฑ์ผักเกษตรอินทรีย์ให้มีปริมาณมากและนำไปจัดจำหน่าย ในขณะที่เกษตรกรบางกลุ่มยังไม่มีความมั่นใจในการผลิตผลิตภัณฑ์ผักเกษตรอินทรีย์ เนื่องจากไม่มั่นใจในตลาดรองรับ และปัจจัยส่วนตัวที่ต้องการดำเนินการตามวิธีการเกษตรเคมีเพื่อให้ได้ผลผลิตที่รวดเร็ว ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐควรมีการกำหนดแนวทางการส่งเสริมที่เหมาะสมกับกรอบความคิดของเกษตรกรแต่ละกลุ่ม เพื่อปรับเปลี่ยนให้เป็นทัศนคติหรือกรอบความคิดเชิงบวกต่อการผลิต และจำหน่ายสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือผักเกษตรอินทรีย์

6. จากผลการวิจัยในส่วนกลยุทธ์การสื่อสารการตลาดและต้นแบบตราสินค้าผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถแสดงให้เห็นถึงสิ่งที่การวิจัยนำไปสู่การใช้ประโยชน์ได้ แม้จะมีการออกแบบการสื่อสารการตลาดในภาพรวมแล้ว การกำหนดตำแหน่งของตราสินค้าของแต่ละชุมชน หรือวิสาหกิจชุมชนแต่ละกลุ่มตามระดับความสามารถหรืออัตลักษณ์ชุมชน ก็นับได้ว่า

เป็นเรื่องสำคัญที่จะนำเสนอผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายแต่ละกลุ่มอีกครั้ง ซึ่งในส่วนนี้นักวิชาชีพหรือนักวิชาการด้านการสื่อสารการตลาดที่มีความชำนาญควรเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินการ

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยในส่วนของการวิจัยเชิงคุณภาพและการวิจัยเชิงปริมาณมีความสอดคล้องกัน โดยพบว่าภาพรวมการตลาดผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผักเกษตรอินทรีย์กำลังได้รับความนิยมอันเนื่องมาจากกระแสความนิยมในเรื่องการดูแลสุขภาพเพิ่มมากขึ้น (Su *et al.*, 2022) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคหลังการระบาดของไวรัสโควิด-19 ซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดการตระหนักและให้ความสำคัญกับเรื่องคุณภาพของสินค้า และการรักษาสุขภาพ และทำให้เกิดการซื้อสินค้าอาหารออร์แกนิกมากขึ้นด้วย (Sohn *et al.*, 2022) ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์การเติบโตของตลาดสินค้าออร์แกนิก เช่นเดียวกับ Australian Organic Market Report (2021) รายงานว่า มูลค่าสินค้าเกษตรอินทรีย์ในตลาดโลก ขยายตัวร้อยละ 13 โดยผู้บริโภคร้อยละ 51 พิจารณาเลือกซื้อสินค้าที่มีเครื่องหมายเกษตรอินทรีย์ บนฉลากสินค้าเป็นหลัก โดยสหรัฐอเมริกา (มีการขยายตัวร้อยละ 12.4 ต่อปี) อังกฤษ (มีการขยายตัวร้อยละ 12.6 ต่อปี) ออสเตรเลีย (มีการขยายตัวร้อยละ 7.9 ต่อปี) และนิวซีแลนด์ (มีการขยายตัวร้อยละ 6.4 ต่อปี) เช่นเดียวกับข้อมูลจากกระทรวงพาณิชย์ระบุว่า ในปี พ.ศ. 2564 ตลาดเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทยมีมูลค่าราว 900 ล้านบาท ในขณะที่มูลค่าตลาดเกษตรอินทรีย์ของไทยในต่างประเทศอยู่ที่ 2,100 ล้านบาท คิดเป็นมูลค่าส่งออกราว 0.06% ของมูลค่าตลาดโลก

ส่วนการกำหนดกลยุทธ์การสื่อสารการตลาดเพื่อส่งเสริมการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผักเกษตรอินทรีย์ ควรมุ่งเน้นการสื่อสารที่เป็นการกระตุ้นความรู้สึก (Emotional) มากกว่าการ

นำเสนอรรถประโยชน์ (Functional) ทำให้กลุ่มผู้บริโภค มองข้ามเรื่องราวราคาได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Aaker (2004) ที่เสนอว่า การสื่อสารตราสินค้าที่สามารถทำให้สินค้าขายได้และทำให้ผู้บริโภคเกิดความ จงรักภักดี ควรที่จะนำเสนอคุณค่าทางอารมณ์ของสินค้า (Emotional benefit) เพิ่มเติมจากการที่ ผู้บริโภค รับทราบคุณสมบัติของสินค้า (Functional benefit) และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Iglesias *et al.* (2011) ที่พบว่า การสร้างประสบการณ์กับตราสินค้าให้ผู้บริโภค เกิดอารมณ์ร่วม เกิดเป็นพันธะสัญญาทางใจเชิงบวกไปกับ ตราสินค้านั้น จะช่วยนำไปสู่ความจงรักภักดีของผู้บริโภค การรณรงค์ทางการสื่อสารที่ทำให้ผู้บริโภคซื้อด้วยคุณค่า ทางจิตใจจะสามารถแก้ปัญหาทัศนคติของราคาแพงได้ จะทำให้เพิ่มจำนวนผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตร ต่อสิ่งแวดล้อมที่ยินดีจ่ายได้มากขึ้น

แผนกลยุทธ์การสื่อสารการตลาดสำหรับ ผลิตภัณฑ์เกษตร ผักเกษตรอินทรีย์ 4 ระยะ ดังกล่าว สอดคล้องกับเส้นทางการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค (Consumer journey) ที่มุ่งเน้นการสื่อสาร ตั้งแต่การสร้างประสบการณ์ที่เป็นความผูกพันทางอารมณ์ และการมีส่วนร่วมจนถึงการช่วยบอกต่อ และการสร้างความ ต่อเนื่องอย่างยั่งยืนด้วยการซื้อซ้ำ การสื่อสารตลอดเส้นทาง ของผู้บริโภคด้วยความเข้าใจบทบาทของประสบการณ์ ของผู้บริโภคที่มีต่อการซื้อสินค้า จะช่วยให้ธุรกิจ สามารถอยู่รอดได้ในยุคของการแข่งขันทางเทคโนโลยี (Grewal and Roggeveen, 2020) การกำหนดกลยุทธ์ ในการสื่อสารการตลาดตลอดเส้นทางการตัดสินใจซื้อ ของผู้บริโภค ภายใต้แนวคิด “Heart to Health จากใจชุมชน สู่อสุขภาพของคุณ” ที่เน้นการสื่อสารเชิงอารมณ์เพื่อสร้าง ประสบการณ์เพิ่มเติมจากการสื่อสารเรื่องอรรถประโยชน์ ของผลิตภัณฑ์เกษตร ผักเกษตรอินทรีย์ นับว่าเป็นกลยุทธ์ ที่สำคัญในการสื่อสารการตลาดเพื่อให้ผู้บริโภคกลับมา ซื้อสินค้าของเราอย่างต่อเนื่อง เป็นการทำการตลาด ในยุคใหม่ที่มีแนวโน้มการรักษฐานลูกค้าเดิม (Li and Kannan, 2014) โดยประเด็นที่สำคัญ คือ ควรมีการบอก

เล่าเรื่องราว (Story telling) การเอาใจใส่ในกระบวนการ ผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ตัวสินค้า และพัฒนาเรื่องราว ส่งต่อไปสู่ผู้บริโภค และเพื่อให้เกิดการแบ่งปันและบอกต่อ ของผู้บริโภค (Smith and Wintrob, 2013) ตลอดจน การมีส่วนร่วมและการสร้างประสบการณ์เชิงอารมณ์ จะทำให้ผู้บริโภคมีส่วนร่วม บอกต่อ และเกิดการซื้อสินค้า อย่างต่อเนื่อง (Palazón *et al.*, 2022; Ritvits-Arkonsuo and Leppiman, 2015)

สรุปผลการวิจัย

การสื่อสารการตลาดที่เหมาะสมสำหรับ กลุ่มเป้าหมายทางการตลาด เป็นกลยุทธ์หนึ่งที่จะช่วยพัฒนา ให้เกิดการบริโภคผลิตภัณฑ์เกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผักเกษตรอินทรีย์ ซึ่งควรมีการดำเนินการที่เป็นการสร้าง มูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการ ส่งเสริมสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ภาครัฐควรมีการจัดสรรงบประมาณบุคลากรที่ดำเนินการ สื่อสาร เพื่อให้ผู้บริโภคตระหนักถึงข้อดีของผักเกษตรอินทรีย์ สอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่า ผู้บริโภคมีความห่วงใย และกังวลในสุขภาพของตนเอง และห่วงใยผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม แต่ยังขาดความเข้าใจที่มีต่อผักเกษตรอินทรีย์ ประเด็นนี้เป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้ผู้บริโภคไม่เข้าใจเรื่อง ราคา และคุณประโยชน์ต่าง ๆ ที่จะได้รับจากการบริโภค ผักเกษตรอินทรีย์ อีกทั้งหน่วยงานภาครัฐควรส่งเสริมให้ เกิดการรวมกลุ่มกันให้มากขึ้น และนำแนวคิด From Heart to Health จากใจชุมชนสู่สุขภาพของคุณ ซึ่ง ผู้ผลิตรายย่อยสามารถใช้ตราสัญลักษณ์นี้เป็นส่วน เชื่อมโยงกับการสื่อสารในภาพรวมของโครงการ โดยภาครัฐอาจเป็น ผู้รับผิดชอบเปิด Platform E-commerce ตลอดจนการสื่อสารผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ต่าง ๆ และสามารถทำการคัดเลือกเกษตรกรกลุ่มต่าง ๆ ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานตามที่กำหนดเข้าร่วม โครงการภายใต้การสื่อสารในคราวเดียวกัน เป็นต้น ส่วนเกษตรกรผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ผักเกษตรอินทรีย์

สามารถนำแนวคิด From Heart to Health จากใจชุมชน
สู่สุขภาพของคุณ ไปใช้ร่วมกับอัตลักษณ์ของชุมชน
และใช้รูปแบบการสื่อสารที่ถ่ายทอดเรื่องราวของ
กระบวนการผลิตของกลุ่มเกษตรกรของตนเองแบบง่าย ๆ
ที่ไม่จำเป็นต้องดูเป็นมืออาชีพ แต่ให้มีการดำเนินการ
ที่สม่ำเสมอเพื่อให้เกิดความต่อเนื่อง และความจริงจัง การ
จัดจำหน่ายไปยังผู้บริโภคโดยตรงทำให้ไม่ต้องผ่าน คน
กลาง เพราะยังมีผู้บริโภคอีกมากที่มีความต้องการบริโภค
ผักเกษตรอินทรีย์

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการพัฒนา
กลยุทธ์การสื่อสารการตลาดและตราสินค้า เพื่อขับเคลื่อน
ความต้องการผลิตภัณฑ์เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
ของกลุ่มผู้บริโภค ซึ่งได้รับงบประมาณ/ทุนสนับสนุนจาก
สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและ
นวัตกรรม (สกว.) ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Aaker, D.A. 2004. Leveraging the corporate brand. **California Management Review** 46(3): 6-18.
- Australian Organic Market Report. 2021. **Australian organic market 2021**. [Online]. Available <https://austorganic.com/industry/publications/market-report-2021> (January 8, 2022).
- Boonthawee, K., P. Chotivanich and E. Onsa-ard. 2021. Entrepreneurial orientation, knowledge management, marketing strategies, innovativeness and Thai organic farming business performance outcomes. **Journal of Agricultural Research and Extension** 38(1): 108-125. [in Thai]
- Buasri, R. and A. Ritimat. 2021. Promoting marketing online for organic farmer community research enterprise in North Eastern. **MBU Roi Et Journal of Global Education Review** 1(3): 22-32. [in Thai]
- Grewal, D. and A.L. Roggeveen. 2020. Understanding retail experiences and customer journey management. **Journal of Retailing** 96(1): 3-8.
- Hongsa, L. and M. Luksamee-Arunothai. 2022. Consumers' willingness to pay for organic vegetables in Chonburi province. **Academic Journal of Mahamakut Buddhist University Roi Et Campus** 11(2): 249-262. [in Thai]
- Iglesias, O., J.J. Singh and J.M. Batista-Foguet. 2011. The role of brand experience and affective commitment in determining brand loyalty. **Journal of Brand Management** 18(8): 570-582.
- Kielue, N. 2017. **Policy of Promoting Organic Agriculture in Pha Ngan, Surat Thani**. Bangkok: Chulalongkorn University. 179 p. [in Thai]

- Li, H., and P.K. Kannan. 2014. Attributing conversions in a multichannel online marketing environment: an empirical model and a field experiment. **Journal of Marketing Research** 51(1): 40-56.
- Palazón, M., M. López, M. Sicilia and I. López. 2022. The customer journey: a proposal of indicators to evaluate integration and customer orientation. **Journal of Marketing Communications** 28(5): 528-559.
- Panpleum, P. and P. Pasunon. 2018. Factors affecting consumers' willingness to pay for organic products in green markets and specialty health food chain stores in the Bangkok metropolis and vicinity. **Modern Management Journal** 14(1): 169-178. [in Thai]
- Ritvits-Arkonsuo, L. and A. Leppiman. 2015. Consumer Journey from first experience to brand Evangelism. **Research in Economics and Business: Central and Eastern Europe** 6(1): 5-28.
- Saenla, P. and V. Soonthonsmai. 2020. Prediction of intention to purchase organic vegetables of consumers in Chonburi province according to the theory of planned behavior. **Journal of Management Science, Ubon Ratchathani University** 9(2): 104-127. [in Thai]
- Sangchan, S. 2017. **Guidelines for Increasing Productivity of Organic Products (Vegetables) of Thamsua Community Members in Kaeng Krachan, Petchaburi Province**. Independent Study. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. 129 p. [in Thai]
- Sangkumchaliang, P. and W.C. Huang. 2012. Consumers perceptions and attitudes of organic food products in Northern Thailand. **International Food and Agribusiness Management Review** 15(1): 87-102. [in Thai]
- Smith, K. and M. Wintrob. 2013. Brand storytelling: a framework for activation. **Design Management Review** 24(1): 36-41.
- Sohn, S., B. Seegebath and D.M. Woisetschlager. 2022. The same only different? How a pandemic shapes consumer organic food purchasing. **Journal of Consumer Behaviour** 2022: 1-14.
- Srinorachan, S. 2019. Developing guidelines for content marketing communication to business management of farmers. **Journal of Liberal Arts, Maejo University** 7(1): 175-185. [in Thai]

Srinorajan, S. and B. Chaisuwan. 2019. Branding process and online marketing communication for organic products.

Thai Agricultural Research Journal
37(2): 177-185. [in Thai]

Su, Y., A. Khaskheli, S.A. Raza, and S.Q. Yousufi.

2022. How health consciousness and social consciousness affect young consumers purchase intention towards organic foods. **Management of Environmental Quality: An International Journal** 33(5): 1249-1270.

อัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทรเพื่อการพัฒนาการท่องเที่ยว

ในอำเภothung Song จังหวัดนครศรีธรรมราช

The Identity of Ban Wang Sai Community for Tourism Development in Thung Song District, Nakhon Si Thammarat Province

รัตนา อุ๋นจันท์¹ จารีพร เพชรชิต¹ สาทิต บัวขาว¹ และนภัสวรรณ เลี่ยมนิมิตร^{2*}

Rattana Unjan¹, Jareporn Phetchit¹, Sathit Buakhao¹ and Napassawan Liamnimitr^{2*}

¹หลักสูตรธุรกิจเกษตร สาขาเกษตรประยุกต์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

²หลักสูตรพืชศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

¹Agribusiness Programs, Applied Agriculture Branch, Faculty of Agriculture

Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

²Plant Science Program, Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture

Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

*Corresponding author: napassawan.agri@gmail.com

Abstract

Received: October 05, 2022

Revised: November 09, 2022

Accepted: November 15, 2022

The objectives of the research were to study the identity of Ban Wang Sai community and a guideline to develop the identity of Ban Wang Sai community for tourism development in Thung Song district, Nakhon Si Thammarat province. Purposive sampling was used to select 15 participants as the population and key informant groups in this study, including community leaders, the chairman and committee of Ban Wang Sai Upstream Tourism Community Enterprise, and community members who participated in various community activities. Based on the nature of the data gathering, research tools include focus group interview forms and informal interview forms for in-depth interviews. The collected data were analyzed by categorizing, explaining and content analysis. The findings revealed that Wang Sai community's identity comprises of: 1) tangible identities, for example, the community's characteristics that were rich in natural resources. This leads in an outstanding natural heritage, such as the presence of diverse forests, wildlife, and plants; and 2) intangible identities such as traditions, beliefs, rituals, and local wisdom. When the community's capacity to promote identity for development was evaluated, abundant forest resources, various species of plants, and wildlife were discovered to be strengths. As a result, promoting the community's potential to present their identity in adherence to various standards, such as natural tourist attraction quality standards, which assess the characteristics of communities rich in natural resources, and Community-Based Tourism (CBT) standards, among others,

can help promote the adoption of such community identities to the development of appropriate tourism for Ban Wang Sai community. The guidelines were tourism routes based on the community's rich forest resources and distinctiveness, as well as environmental management, improving the landscape of tourist attractions in the community, Integrated marketing through online and offline PR communication, development of local food, and creation of a community brand.

Keywords: community identity, tourism development

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทร และศึกษาแนวทางพัฒนาความเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทร เพื่อการท่องเที่ยวของอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีประชากรและกลุ่มเป้าหมายผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ประกอบด้วย ผู้นำชุมชน ประธานและคณะกรรมการวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวคนต้นน้ำบ้านวังไทร และสมาชิกชุมชนผู้เข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน จำนวน 15 คน ที่คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง ด้วยเครื่องมือวิจัยตามลักษณะการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกระหว่างการสนทนากลุ่มแบบเจาะจง และแบบสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการสำหรับการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทำการจัดหมวดหมู่ อธิบายความ และวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการศึกษาพบว่าอัตลักษณ์ของชุมชนวังไทร ประกอบด้วย 1) อัตลักษณ์ที่มีลักษณะจับต้องได้ ได้แก่ ลักษณะเฉพาะชุมชนที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรทางธรรมชาติ นำไปสู่การมีมรดกทางธรรมชาติที่โดดเด่น นั่นคือ การมีผืนป่าอันสมบูรณ์ สัตว์ป่า และพันธุ์ไม้ต่าง ๆ 2) อัตลักษณ์ที่มีลักษณะจับต้องไม่ได้ ประกอบไปด้วย ประเพณี ความเชื่อ พิธีกรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่น เมื่อทำการวิเคราะห์ศักยภาพของชุมชนเพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ไปใช้ในการพัฒนา พบว่ามีจุดแข็งทางด้านทรัพยากรป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ มีพันธุ์ไม้และพันธุ์สัตว์ป่าหลายชนิด ดังนั้นการส่งเสริมศักยภาพของชุมชนในการนำเสนออัตลักษณ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานต่าง ๆ อาทิ

มาตรฐานคุณภาพแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ มาตรฐานการท่องเที่ยวโดยชุมชน (CBT) เป็นต้น เพื่อส่งเสริมการนำอัตลักษณ์ชุมชนดังกล่าวไปสู่การพัฒนาการท่องเที่ยวที่เหมาะสมของชุมชนบ้านวังไทร ซึ่งควรมีแนวทาง คือ การพัฒนาเส้นทางการท่องเที่ยวจากทรัพยากรป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์และมีความเป็นเอกลักษณ์ของชุมชน ตลอดจนการจัดการสภาพแวดล้อม การปรับปรุงภูมิทัศน์แหล่งท่องเที่ยวในชุมชน การสื่อสารประชาสัมพันธ์การตลาดแบบบูรณาการทั้งออนไลน์และออฟไลน์ รวมถึงการพัฒนาอาหารท้องถิ่น สร้างตราสินค้าของชุมชน

คำสำคัญ: อัตลักษณ์ของชุมชน การพัฒนาการท่องเที่ยว

คำนำ

การศึกษาชุมชนเพื่อนำไปสู่การพัฒนา โดยเฉพาะการพัฒนาที่อาศัยอัตลักษณ์สำคัญและโดดเด่นของชุมชนเพื่อพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ทางเศรษฐกิจและสังคมของคนในชุมชนนั้น ต้องเข้าใจความเป็นชุมชนนั้น ๆ ในหลากหลายมิติ

นอกจากอัตลักษณ์ชุมชนจะเป็นลักษณะเฉพาะทางวัฒนธรรมของชุมชนที่ก่อตัวขึ้นมา ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งแล้วนั้น ทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของชุมชนก็ถือได้ว่าเป็นอัตลักษณ์ส่วนของชุมชนที่ได้ถูกนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยชุมชน ทำให้นักท่องเที่ยวสนใจที่จะมาท่องเที่ยวในชุมชนนั้น ๆ

ก่อให้เกิดการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนภายใต้ขีดความสามารถของธรรมชาติ ชุมชน ขนบธรรมเนียม ประเพณี วัฒนธรรมและวิถีชีวิต นำไปสู่การพัฒนาต่าง ๆ ให้มีความโดดเด่น น่าสนใจ อันเป็นอัตลักษณ์เฉพาะตัวที่สามารถบอกความเป็นตัวตนของชุมชน เกิดการพัฒนาควบคู่ไปกับการคำนึงถึงรากเหง้าทางวัฒนธรรม ตลอดจนการให้ความสำคัญกับทรัพยากรธรรมชาติของพื้นที่ ซึ่งทำให้นักท่องเที่ยวเกิดการจดจำและเกิดความประทับใจ และทำให้แหล่งท่องเที่ยวนั้นมีจุดขายที่ไม่เหมือนใคร (Pongnak, 2014)

ชุมชนบ้านวังไทร ตั้งอยู่ที่หมู่ 6 ตำบลลำใหญ่ อำเภอกู่สง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในด้านประวัติความเป็นมาเริ่มต้นจากชาวบ้านย้ายถิ่นฐานตั้งรกรากในพื้นที่แห่งนี้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 จนถึงปัจจุบัน และสภาพภูมิศาสตร์ยังคงมีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นพันธุ์ไม้ให้ศึกษาธรรมชาติและเส้นทางการเดินป่า เส้นทางเดินสำรวจธรรมชาติต้องเดินผ่านถ้ำแล้วจึงจะทะลุไปยังพื้นที่ป่าธรรมชาติ มีต้นไม้ขนาดใหญ่เหมาะสำหรับการเดินป่าและการจัดกิจกรรมในขณะเดินป่า ซึ่งนักท่องเที่ยวจะได้สัมผัสกับธรรมชาติที่แท้จริง เนื่องจากเป็นแหล่งเรียนรู้ที่มีคุณค่าทางธรรมชาติและเป็นแหล่งการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ และยังเป็นแหล่งต้นน้ำที่จะไหลเข้าสู่พื้นที่อำเภอกู่สง ลงไปยังคลองบ้านวังยวน (Ban Wang Sai Community, 2020) นอกจากสภาพทางธรรมชาติจะมีความน่าสนใจแล้วนั้น ปัจจัยภายในชุมชนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถพัฒนาให้เป็นชุมชนที่มีความโดดเด่น และมีลักษณะเฉพาะตัวในด้านอัตลักษณ์ชุมชนได้อย่างแท้จริง ทั้งนี้เป็นเพราะชุมชนแห่งนี้มีทุนทางสังคม วัฒนธรรมที่เอื้อให้ชุมชนกับธรรมชาติและสมาชิกชุมชนกับชุมชนอยู่ร่วมกันอย่างเอื้ออาทรต่อกัน มีภูมิปัญญาและคุณค่าเดิมของชุมชน ตลอดจนทรัพยากรธรรมชาติที่เอื้อต่อการนำอัตลักษณ์มาใช้พัฒนาพื้นที่ให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ยกระดับคุณภาพชีวิตของสมาชิกในชุมชนที่ประกอบอาชีพเดิมทางการเกษตร (ยางพารา) เพียงทางเดียว และต้องการเพิ่มรายได้จากทางเลือกอื่นให้กับ

ครัวเรือน รวมทั้งความพร้อมสำหรับความร่วมมือในการพัฒนาชุมชนของสมาชิกชุมชน โดยมีการรวมกลุ่มทางสังคมเป็นทุนเดิมอยู่แล้ว

ดังนั้น ในการศึกษาอัตลักษณ์ชุมชนครั้งนี้จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาของชุมชนอย่างมาก โดยเฉพาะเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวของชุมชน และการท่องเที่ยวในระดับจังหวัด เพราะอัตลักษณ์ชุมชนนอกจากจะแสดงให้เห็นถึงความเป็นตัวตนของชุมชนแล้ว ยังเป็นสิ่งที่มีความค่า และสามารถนำมาเป็นทุนในการพัฒนาชุมชนให้เกิดประโยชน์ได้ทั้งด้านเศรษฐกิจสังคม และสิ่งแวดล้อม เพื่อการยกระดับคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นของชาวชุมชน และอาจนำไปสู่การต่อยอดเพื่อการพัฒนาเป็นชุมชนที่เข้มแข็งและมีศักยภาพได้ต่อไป โดยวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยเพื่อ

- 1) เพื่อศึกษาอัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทร ตำบลลำใหญ่ อำเภอกู่สง จังหวัดนครศรีธรรมราช
- 2) เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาความเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทร เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวของอำเภอกู่สง จังหวัดนครศรีธรรมราช

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับอัตลักษณ์ (Identity)

อัตลักษณ์ คือ จิตสำนึกส่วนตัวและจิตสำนึกร่วมในสังคมที่เกิดจากการนิยามตัวเองว่าตัวเองคือใคร มีความเป็นมาอย่างไร แตกต่างจากคนอื่นอย่างไร และจะใช้อะไรเป็นเครื่องหมายของการแสดงออก คำว่า “อัตลักษณ์” นั้นหมายถึงอะไร ซึ่งถ้าพูดกันง่าย ๆ ก็คือ สิ่งที่แสดงถึงความเป็นตัวตนของคน ซึ่งส่วนหนึ่งก็จะเป็นลักษณะของตัวตนภายนอก เช่น กิริยาท่าทาง ภาษา และการแสดงออกต่อบุคคลอื่นกับลักษณะของตัวตนภายใน ได้แก่ ความรู้สึกนึกคิด นิสัยใจคอ คตินิยม ความเชื่อ และสิ่งยึดเหนี่ยวจิตใจ อัตลักษณ์นั้นเป็นเพียงคำที่ต้องการสื่อถึงคำพูดบางประการเพื่อแสดงความเป็นตัวตนของบุคคล และเป็นตัวบ่งชี้ของลักษณะเฉพาะของตัวบุคคล สังคม ชุมชน เช่น เชื้อชาติ ภาษา วัฒนธรรมท้องถิ่น และศาสนา เป็นต้น (Boonsanit, 2003)

อัตลักษณ์ (Identity) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ อัตลักษณ์ระดับปัจเจก (Individual identity) และอัตลักษณ์ร่วมของกลุ่ม (Collective identity) ในระดับปัจเจกบุคคลหนึ่งอาจมีหลายอัตลักษณ์อยู่ในตัวเอง ในขณะที่อัตลักษณ์ร่วมก่อให้เกิดความสงบในการอยู่ร่วมกันของกลุ่มชน และไม่สามารถแยกออกจากการกระทำหรือละทิ้งสถานภาพของปัจเจกในกลุ่มได้ ดังนั้นอัตลักษณ์จึงเป็นการแสดงออกถึงความเหมือนและความแตกต่างของความเป็นกลุ่มตน อัตลักษณ์ของแต่ละกลุ่มเกิดขึ้นจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนในกลุ่มซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นอัตลักษณ์หรือ Identity ไม่ใช่สิ่งที่อยู่ตาม “ธรรมชาติ” หรือเกิดขึ้นลอย ๆ แต่ก่อรูปขึ้นภายในวัฒนธรรมช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยที่วัฒนธรรมก็เป็นสิ่งสร้างทางสังคม (Social construct) และไม่ใช่อะไรที่หยุดนิ่งตายตัว หากแต่เป็นวงจรซึ่งมีผู้เรียกว่า “วงจรแห่งวัฒนธรรม” (Circuit of culture) ดังนั้นอัตลักษณ์ทั้งหลายจึงถูกผลิต (Produced) ขึ้นมา ถูกบริโภค (Consumed) และถูกควบคุมจัดการ (Regulated) อยู่ในวัฒนธรรม พร้อมกันนั้นก็มีการสร้างความหมายต่าง ๆ (Creating meanings) ผ่านระบบต่าง ๆ ของการสร้างภาพ (Ramitanon, 2015)

การพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

World Tourism Organization (2015) ได้ให้อธิบายคำจำกัดความล่าสุดของการพัฒนาการท่องเที่ยวแบบยั่งยืน (Sustainable tourism) ว่าการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนจะไม่ใช่เป็นเพียงแค่การท่องเที่ยวขนาดเล็ก

หรือการตลาดเฉพาะกลุ่ม (Niche tourism segments) หากแต่การท่องเที่ยวแบบยั่งยืนจะต้องครอบคลุมถึงการตลาดโดยรวม หรือที่เรารู้จักกันในชื่อที่เรียกว่า “การท่องเที่ยวแบบมวลชน” (Mass tourism) โดยทั่วไปการท่องเที่ยวแบบยั่งยืน หมายถึง การท่องเที่ยวที่ให้ความสำคัญต่อการเสมอภาคระหว่างเศรษฐกิจสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงสังคมและวัฒนธรรมของคนทั้งในรุ่นปัจจุบันต่อไปจนถึงคนในอนาคต ดังนั้น หลักการและแนวคิดที่สำคัญของการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนในคำจำกัดความของ WTO จึงประกอบด้วย

1) การท่องเที่ยวต้องตระหนักและใช้ทรัพยากรธรรมชาติความหลากหลายทางชีวภาพให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด

2) การเคารพในสังคม วัฒนธรรม และประเพณีของประชาชนพื้นเมือง รวมไปถึงการรู้จักปรับตัวและเข้าใจถึงความแตกต่างทางวัฒนธรรมและประเพณีของแต่ละชุมชน

3) การสร้างความเจริญมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนควรก่อให้เกิดการกระจายของรายได้อย่างเป็นธรรม และทั่วถึงแก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการท่องเที่ยว (Tourism stakeholder) นอกจากนี้ยังควรที่จะก่อให้เกิดการจ้างงานและการสร้างรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่น รวมไปถึงการมีส่วนร่วมในการช่วยลดความยากจนในท้องถิ่นด้วย

กรอบแนวคิดงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีกรอบแนวคิดในการวิจัยดัง Figure 1

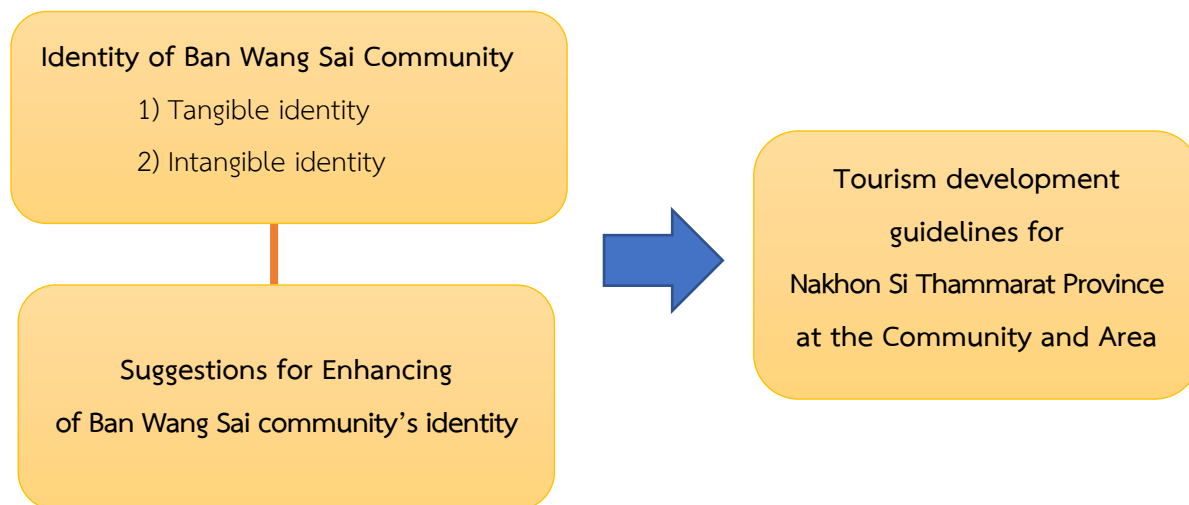


Figure 1 Research conceptual framework

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

ประชากรที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ คือ ชุมชนบ้านวังไทร ตำบลลำใหญ่ อำเภอกงสูง จังหวัดนครศรีธรรมราช

กลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) ประกอบด้วย ผู้นำชุมชน ประธานและคณะกรรมการวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวคนต้นน้ำบ้านวังไทรและสมาชิกชุมชนผู้เข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน จำนวน 15 คน ซึ่งเป็นทั้งผู้นำและกลุ่มที่มีความต้องการในการพัฒนาชุมชน พัฒนาอาชีพ เพื่อให้สมาชิกชุมชนมีโอกาสดำเนินทางเลือกเสริมในการเลี้ยงดูครอบครัว ตลอดจนสร้างความร่วมมือภายในชุมชน อนุรักษ์และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมไว้ให้กับคนรุ่นหลัง ทั้งนี้เป็นการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling)

เครื่องมือวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ การสนทนากลุ่มแบบเจาะจง (Focus group discussion) และแบบสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ เพื่อศึกษาบริบทและสถานการณ์เชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับอัตลักษณ์ของชุมชน โดยการทำกิจกรรมกลุ่มระดมความคิดเห็นระหว่างสมาชิกชุมชนและนักวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) ร่วมกับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant observation) ใช้วิธีการเก็บข้อมูลจนกว่าผู้วิจัยจะได้ข้อมูลที่ครอบคลุมตามประเด็นที่ศึกษา และจะหยุดการสัมภาษณ์เมื่อข้อมูลมีความครบถ้วนหรืออิ่มตัว (Saturation of data) ซึ่งผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key informants) ประกอบด้วย ผู้นำชุมชน ประธานและคณะกรรมการวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวคนต้นน้ำบ้านวังไทร และสมาชิกชุมชนผู้เข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน จำนวน 15 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทบทวนเอกสารงานวิจัย การสนทนากลุ่ม และการสัมภาษณ์เชิงลึก ทำการจัดหมวดหมู่ อธิบายความ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้กระบวนการในการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ในการตีความและดึงใจความสำคัญหรือ ประโยคที่เกี่ยวข้องมาทำการจัดกลุ่ม เพื่อสรุปประเด็น ต่าง ๆ ตามตัวแปรหลักในการวิจัย การทดสอบความ น่าเชื่อถือของข้อมูลโดยการตรวจสอบข้อมูล แบบสามเส้า (Triangulation) โดยใช้ข้อมูลจากการสังเกตแบบมี ส่วนร่วม ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก รวมถึงมีคณะ ผู้สัมภาษณ์และสังเกตร่วมเก็บข้อมูล (Denzin and Lincoln, 2011) รวมถึงวิเคราะห์ศักยภาพชุมชนด้วยวิธี Swot analysis

ผลการวิจัย

อัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทร ตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอกู่สง จังหวัดนครศรีธรรมราช

อัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทร สามารถแสดงถึง ความเป็นตัวตนของชุมชนซึ่งถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานของ ความเหมือนกัน ทั้งด้านวัฒนธรรม ประเพณี วิถีชีวิต ความเป็นอยู่ และเกิดการยอมรับร่วมกัน และมีการปฏิบัติ สืบต่อกันมา จนเกิดเป็นวัฒนธรรม การดำรงชีวิตที่มี ลักษณะเฉพาะของชุมชน และเป็นสิ่งที่ครอบคลุม วิธีการดำเนินชีวิตของชุมชน ผลจากการศึกษาอัตลักษณ์ ของชุมชนบ้านวังไทร ตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอกู่สง จังหวัด นครศรีธรรมราช จำแนกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1) อัตลักษณ์ที่มีลักษณะจับต้องได้ ได้แก่

ลักษณะเฉพาะชุมชนที่มีความอุดมสมบูรณ์ของ ทรัพยากรทางธรรมชาติ นำไปสู่การมีมรดกทางธรรมชาติ ที่โดดเด่น นั่นคือ การมีผืนป่าอันสมบูรณ์ สัตว์ป่า เช่น ค่างแว่น หมูควาย (ดำ) กระรอกสามสี เลียงผา แมวกลาง (แมวลายหินอ่อน) และเสือลายเมฆ เป็นต้น และพันธุ์ไม้ เช่น ลำแพน ต้นไทร ยาง กระท้อน ประดู่ และตะเคียน

ทรายมันช้าง เป็นต้น หินผารูปร่างสวยงาม เช่น หินรูป ขากรรไกรจระเข้ รวมถึงอาหารพื้นถิ่นที่ใช้วัตถุดิบจาก ธรรมชาติของพื้นที่ เป็นต้น ซึ่งทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ เหล่านี้ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในพื้นที่ป่าชุมชนของ พื้นที่ ซึ่งต้องดำเนินการตามระเบียบของป่าชุมชน และ ทรัพยากรต่าง ๆ เหล่านี้ ชุมชนร่วมกันคิดว่าจะเป็น ทรัพยากรที่จะนำเสนอให้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาการ ท่องเที่ยวโดยชุมชน ดังที่คณะกรรมการวิสาหกิจชุมชน ท่องเที่ยวคนต้นน้ำบ้านวังไทร ได้กล่าวไว้ว่า

“ชุมชนของเรามีทรัพยากรที่สามารถสร้างความ โดดเด่นให้คนภายนอกเข้ามาเยี่ยมชมและสร้างรายได้ เสริมให้คนในชุมชนได้ โดยเฉพาะพื้นที่ผืนป่าอันสมบูรณ์ ที่ได้ร่วมกันอนุรักษ์ไว้ เรานำทรัพยากรพืชป่า เช่น การ หุงข้าวกับใบเร็ด ที่มีความหอมกลิ่น ลูกขกมาทำของ หวาน ให้เป็นของดีจากป่าชุมชนบ้านวังไทร อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อชูการท่องเที่ยวของชุมชน”

“นอกจากนั้น การที่ทรัพยากรในปามีอยู่แล้ว เราก็นำเสนอที่มีความแปลก น่าสนใจ เช่น ดงป่าไผ่ ต้น แชะโบราณ กล้วยไม้ดอกไม้ริมหน้าผา ยังมีหลายอย่าง เหลือ...” (นางสาวขวัญฤทัย ยึดมั่น ผู้นำกลุ่มท่องเที่ยว และคณะกรรมการกลุ่ม เวทีสนทนากลุ่ม วันที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2563)

2) อัตลักษณ์ที่มีลักษณะจับต้องไม่ได้ ประกอบ ไปด้วยอัตลักษณ์ต่าง ๆ ดังนี้

ประเพณี ประเพณีของชุมชนบ้านวังไทร ได้แก่ ลอยกระทง สงกรานต์ งานบุญเดือนสิบ/บุญเดือนห้า และ ชักพระ ซึ่งเป็นประเพณีประจำท้องถิ่นในภาคใต้

ความเชื่อ ค่านิยม มีความเชื่อในสิ่งศักดิ์สิทธิ์ “ทวดหมื่นราม” “ทวดช่องชก” ซึ่งเป็นสิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่ชาว ชุมชนให้ความเคารพ ศรัทธา กราบไหว้ขอพร และช่วย ปัดเป่าสิ่งไม่ดี

พิธีกรรม มีการประกอบพิธีกรรมการตั้งเสาเอก ยกบ้าน โดยบวงสรวงเครื่องเซ่นไหว้ด้วยรวงข้าว มะพร้าว และน้ำตั้งเสา พิธีการขึ้นเปลเด็กอ่อน (แรกเกิด) และการ ตั้งศาลพระภูมิประจำบ้าน เป็นต้น

ภูมิปัญญาท้องถิ่นภายในชุมชน มีภูมิปัญญาท้องถิ่นในการนำวัสดุในป่าชุมชนมาทำอาหาร การแปรรูปอาหาร อาหารพื้นถิ่น เป็นวิถีซึ่งมุ่งเน้นอัตลักษณ์ของชุมชนเป็นส่วนใหญ่ วิถีอาหารพื้นถิ่นจึงอิงอัตลักษณ์ความเป็นคนต้นน้ำที่อยู่ร่วมกับป่าได้อย่างกลมกลืน ซึ่งวัสดุในป่าชุมชนที่โดดเด่น คือ “ใบเร็ด” เพื่อเป็นวัสดุในการทำ “ข้าวหลามห่อใบเร็ด” กลิ่นของใบเร็ดที่ขึ้นเต็มพื้นที่ริมสันเขาในป่าชุมชน ซึ่งเกิดเป็นอัตลักษณ์ความเป็นคนต้นน้ำที่อยู่ร่วมกับป่าได้อย่างกลมกลืน นอกจากนั้น พืชป่าที่ชุมชนนำมารับประทานเป็นของหวาน ได้แก่ ลูกชก ซึ่งมีลักษณะคล้ายต้นปาล์ม ชอบขึ้นตามแนวพื้นราบข้างภูเขาหิน มีลำต้นตรง โตเต็มที่จะมีขนาดใหญ่ สูงประมาณ 20-25 เมตร ใบยาวประมาณ 2-3 เมตร คล้ายใบมะพร้าว ใบปาล์ม และภูมิปัญญาในการทำฝายชะลอน้ำโดยใช้วัสดุในป่าชุมชน เช่น ไม้ไผ่ ทวาย หิน เศษกิ่งไม้ มาสร้างฝายในลำห้วยสาขา เพื่อกักเก็บความชุ่มชื้นในฤดูแล้ง กันตะกอนที่จะไหลไปทับถมอยู่หน้าฝายกักเก็บน้ำแบบกึ่งถาวร

“ประเพณี ความเชื่อที่นี้ก็เหมือนทั่ว ๆ ไปของคนในภาคใต้ แต่ที่แตกต่างไปเป็นภูมิปัญญาของคนโบราณที่เค้าใช้ของในป่ามาดัดแปลงทำโน่นนี่ เช่น การนำ

ใบเร็ดที่มีขนาดใหญ่มาห่อข้าวหุงกับบอกลีไผ่ นำพืชต่าง ๆ มากินเป็นอาหาร เป็นยาสมุนไพร การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติเกี่ยวกับการจัดการต้นน้ำ ด้วยการทำฝายชะลอน้ำจากวัสดุในป่า” (นายฉัตรชัย ยึดมั่นคนนำทางการเดินป่าและสมาชิกกลุ่ม เวทีสนทนากลุ่ม วันที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2563)

เมื่อทำการวิเคราะห์ศักยภาพของชุมชนเพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ไปใช้ในการพัฒนา (Table 1) ทำให้เห็นว่า ชุมชนมีจุดแข็งทางด้านทรัพยากรป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ มีพันธุ์ไม้และพันธุ์สัตว์ป่าหลายชนิด ซึ่งเมื่อมีหน่วยงานภาครัฐ/ท้องถิ่น และองค์กรเอกชนให้การสนับสนุน ทำให้มีการจัดการพื้นที่ป่าชุมชนบ้านถ้ำพระหอย เนื้อที่ 183 ไร่ 1 งาน และได้รับรางวัลป่าชุมชนตัวอย่างในระดับจังหวัด นครศรีธรรมราช จากการประกวดป่าชุมชน “โครงการกล้ายิ้ม” คนรักป่า ป่ารักชุมชน ประจำปี พ.ศ. 2552 จึงทำให้เป็นพื้นที่ป่าที่อุดมสมบูรณ์ทั้งพันธุ์ไม้และสัตว์ป่ากลายเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนที่โดดเด่น และเชื่อมโยงกับอัตลักษณ์ด้านอื่น ๆ ของชุมชน เป็นจุดขายหรือองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของชุมชนอีกทางหนึ่ง

Table 1 Analysis of the potential of Wang Sai community to promote identity in tourism development

Strengths	Weaknesses
1) A livable community with love and unity helping each other and safety in life and property.	Lack of additional occupation during the rainy season (main occupation in agriculture only rubber plantation)
2) It is a watershed forest that nourishes several areas, including Ban Namphu village, Moo. 6, Tham Yai sub-district, and Ban Wang Yuan village, Moo 6, Teewang sub-district.	

Table 1 (Continued)

Strengths	Weaknesses
4) The area is a watershed forest. As a result, a small stream flows through the village all year. 5) Ban Wang Sai community has a majority of people of the same kin, resulting in the community's collaboration in the village's ongoing development and willingness to take on new projects at any moment. 6) Local wisdom exists in relation to local resources.	
Opportunities	Threats
There are government/local agencies and private organizations to provide academic and budget support.	1) Transportation routes that are not as developed as they should be. During the rainy season, there is flooding and potholes. During the drought, there is a lot of dust. 2) Ban Wang Sai community is far from the community in village Moo. 6, Tambon Tham Yai, which has to travel through the mountains, they rarely receive information from the government and the municipality. 3) With only 34 families in the village, there is no potential for individuals to compete in politics, therefore they frequently lack government supervision and assistance for transportation budgets.

แนวทางการพัฒนาความเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทร เพื่อการท่องเที่ยวของอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากผลการวิเคราะห์ศักยภาพของชุมชน และผลจากการรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงลึกและสนทนากลุ่ม นำไปสู่ข้อเสนอแนะที่เป็นแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยว โดยมีแนวทางในลักษณะของนโยบายการส่งเสริมอัตลักษณ์ของชุมชน เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาคุณภาพชีวิตของสมาชิกชุมชน ตลอดจนนำไปสู่การท่องเที่ยวในระดับพื้นที่ ดังนี้

1) ส่งเสริมศักยภาพของชุมชนในการนำเสนออัตลักษณ์ของชุมชนให้เป็นไปตามมาตรฐานต่าง ๆ เช่น มาตรฐานคุณภาพแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ มาตรฐานความปลอดภัยด้านสุขอนามัยเพื่อนักท่องเที่ยว (SHA) มาตรฐานการท่องเที่ยวโดยชุมชน (CBT) เป็นต้น

2) เชื่อมโยงการท่องเที่ยวโดยชุมชนกับอัตลักษณ์สำคัญของพื้นที่ เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวในรูปแบบที่หลากหลายของชุมชน และยังคงความเป็นพื้นที่ที่มีทรัพยากรธรรมชาติที่สมบูรณ์ดั้งเดิมให้มากที่สุด

3) ผู้เกี่ยวข้องควรมีติดตามผลการดำเนินงานในกิจกรรมส่งเสริมการใช้อัตลักษณ์ของชุมชน สนับสนุนการท่องเที่ยวโดยชุมชนอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ

4) ส่งเสริมความรู้ในการประชาสัมพันธ์อัตลักษณ์ของชุมชนเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวของชุมชน โดยอาศัยสื่อเทคโนโลยีที่มีในปัจจุบันทั้งออนไลน์และออฟไลน์

แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวของพื้นที่ชุมชนวังไทร อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากข้อเสนอแนะที่เป็นแนวทางการพัฒนาความเป็นอัตลักษณ์ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก และการสนทนากลุ่ม ได้สรุปแนวทางในการส่งเสริมการท่องเที่ยวชุมชนวังไทร คือ การพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยวจากทรัพยากรป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์และมีความเป็นเอกลักษณ์ของชุมชน ตลอดจนการจัดการสภาพแวดล้อม การปรับปรุงภูมิทัศน์แหล่งท่องเที่ยวในชุมชนให้เหมาะสมและยังคงรักษาสภาพแวดล้อมภูมิทัศน์เดิม โดยเฉพาะพื้นที่ป่าให้คงความ

เป็นพื้นที่ต้นน้ำให้มากที่สุด การสื่อสารประชาสัมพันธ์การตลาดแบบบูรณาการทั้งออนไลน์และออฟไลน์ รวมถึงการพัฒนาอาหารท้องถิ่น สร้างตราสินค้าของชุมชน การบริหารจัดการท่องเที่ยวโดยการมีส่วนร่วมกับชุมชน ในการกำหนดอัตลักษณ์ของชุมชนที่มีส่วนส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน โดยการพัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวเส้นทางท่องเที่ยว การพัฒนาปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน รวมถึงการจัดให้มีการรวบรวมข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อก่อให้เกิดการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นในด้านต่าง ๆ ภายใต้อาณาเขตทางด้านการท่องเที่ยวโดยชุมชน

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาอัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทรสู่แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวของอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถนำวิจารณ์ผลการศึกษา ดังนี้

1. **อัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทร** ผลการศึกษาพบว่า ด้านอัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทร จำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ 1) อัตลักษณ์ที่มีลักษณะจับต้องได้ ได้แก่ ลักษณะเฉพาะชุมชนที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรทางธรรมชาติ นำไปสู่การมีมรดกทางธรรมชาติที่โดดเด่น นั่นคือ การมีผืนป่าอันสมบูรณ์ สัตว์ป่า และพันธุ์ไม้ 2) อัตลักษณ์ที่มีลักษณะจับต้องไม่ได้ ประกอบไปด้วย ประเพณี ความเชื่อ ในสิ่งศักดิ์สิทธิ์ “ทวดหมื่นราม” “ทวดช่องชก” พิธีกรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งอัตลักษณ์ที่จับต้องได้ในส่วนของความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรเป็นลักษณะเฉพาะของชุมชน มีป่าชุมชนเป็นมรดกทางธรรมชาติ เชื่อมโยงไปสู่อัตลักษณ์ที่จับต้องไม่ได้ คือ มีภูมิปัญญาท้องถิ่นในการนำวัสดุในป่าชุมชนมาทำอาหาร ซึ่งชุมชนใช้การเชื่อมโยงดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของอัตลักษณ์ชุมชนสำหรับการดึงดูดนักท่องเที่ยว โดยรูปแบบของอัตลักษณ์ที่ปรากฏของชุมชนบ้านวังไทรมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Khunpol (2015) ได้

ศึกษาเรื่องอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมความเชื่อของชุมชนเกาะยอ ผลวิจัยพบว่า อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมความเชื่อของชุมชนเกาะยอ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ความเชื่อที่ผูกพันกับศาสนาและความเชื่อที่ผูกพันการดำรงชีวิต และการทำมาหากินแสดงออกมาในรูปแบบของพิธีกรรมบุคคล และประเพณีต่าง ๆ ทั้งหมดอยู่บนหลักฐานของภูมิสถานของศาสนาที่มีอยู่เดิม ประกอบสร้างกับเรื่องเล่าหรือตำนานที่มีอยู่ในท้องถิ่น ซึ่งในชุมชนต่างมองว่าสามารถนำไปสื่อความหมายให้นักท่องเที่ยวได้ตระหนักในความสำคัญของวัฒนธรรมได้ แม้ว่าปัจจุบันจะมีการเกิดใหม่ของศาสนสถานในชุมชน แต่ไม่สามารถสร้างความเชื่อของชาวบ้านและยอมรับว่าเป็นอัตลักษณ์วัฒนธรรมของตนได้

ซึ่งจากผลการศึกษาความเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทรดังกล่าว จะเห็นได้ว่าอัตลักษณ์ของชุมชนนอกจากจะเกิดขึ้นบนความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกลุ่มบุคคลภายในวัฒนธรรมของชุมชน แต่กลับเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับธรรมชาติ ซึ่งเป็นทรัพยากรป่าไม้สำคัญของพื้นที่ ก่อเกิดเป็นวัฒนธรรมที่โดดเด่นของชุมชน โดยชุมชนนำสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้มาสรรค์สร้างขึ้นเพื่อการดำรงอยู่ของคนในชุมชน สอดคล้องกับ Ramitanon (2015) ที่กล่าวว่า อัตลักษณ์ทั้งหลายได้ถูกผลิต (Produced) ขึ้นมา ถูกบริโภค (Consumed) และถูกควบคุมจัดการ (Regulated) อยู่ในวัฒนธรรม ไม่ใช่สิ่งที่อยู่ตาม “ธรรมชาติ” หรือเกิดขึ้นลอย ๆ แต่ก่อรูปขึ้นภายในวัฒนธรรมช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยที่วัฒนธรรมก็เป็นสิ่งสร้างทางสังคม (Social construct) และไม่หยุดนิ่ง ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้กลายเป็นภูมิปัญญาสืบทอดให้แก่คนรุ่นหลังได้เรียนรู้และนำมาประยุกต์ใช้

2. แนวทางการพัฒนาความเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนบ้านวังไทร เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยว โดยส่งเสริมศักยภาพของกลุ่มท่องเที่ยวในการนำเสนออัตลักษณ์ของชุมชนให้เป็นไปตามมาตรฐานต่าง ๆ โดยเฉพาะอัตลักษณ์ที่โดดเด่นมีศักยภาพของชุมชน ซึ่งอัตลักษณ์มีลักษณะจับต้องได้ ได้แก่ ลักษณะเฉพาะชุมชนที่มีความอุดมสมบูรณ์

ของทรัพยากรทางธรรมชาติ ดังนั้น การส่งเสริมการนำอัตลักษณ์ชุมชนดังกล่าวเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวของชุมชนโดยนำมาตราฐานคุณภาพแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ (Natural attraction standard) (Office of Tourism Development, 2007) นั่นคือ แหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ คุณค่าของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติและความเสี่ยงต่อการถูกทำลายศักยภาพในการพัฒนาการท่องเที่ยว และการบริหารจัดการ ทั้งนี้ในแต่ละองค์ประกอบจะมีหลักเกณฑ์และดัชนีชี้วัดในการพิจารณาความมีศักยภาพ ความมีประสิทธิภาพ และความมีคุณภาพ เพื่อใช้ประเมินมาตรฐานของแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาตินั้น และอาจใช้มาตรฐานการท่องเที่ยวอื่น ๆ เช่น SHA, CBT มาประกอบ ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้การพัฒนาการท่องเที่ยวของพื้นที่ชุมชนวังไทร สามารถดำเนินไปเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ของคนในชุมชนและการพัฒนาการท่องเที่ยวที่ยั่งยืนต่อไป

สรุปผลการวิจัย

กล่าวโดยสรุปได้ว่า อัตลักษณ์ของชุมชนวังไทรที่โดดเด่นและเป็นจุดแข็งของชุมชน คือ การมีทรัพยากรป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ มีพันธุ์ไม้และพันธุ์สัตว์ป่าหลายชนิดเป็นอัตลักษณ์ที่จับต้องได้ และเป็นที่มาของภูมิปัญญาท้องถิ่นจากการใช้วัสดุจากป่าไม้ อาทิ การประกอบอาหารท้องถิ่น ตลอดจนการรักษาอนุรักษ์ทรัพยากรต้นน้ำของพื้นที่โดยการทำฝายชะลอน้ำ เป็นต้น ดังนั้นการส่งเสริมศักยภาพของชุมชนในการนำเสนออัตลักษณ์ของชุมชนให้เป็นไปตามมาตรฐานต่าง ๆ อาทิ มาตรฐานคุณภาพแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ มาตรฐานการท่องเที่ยวโดยชุมชน (CBT) เป็นต้น เพื่อส่งเสริมการนำอัตลักษณ์ชุมชนดังกล่าวไปสู่การพัฒนาการท่องเที่ยวที่เหมาะสมของชุมชนบ้านวังไทร ซึ่งควรมีแนวทางในการส่งเสริมการท่องเที่ยวชุมชน คือ การพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยวจากทรัพยากรป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์และมีความ

เป็นเอกลักษณ์ ของชุมชน ตลอดจนการจัดการสภาพแวดล้อม การปรับปรุงภูมิทัศน์แหล่งท่องเที่ยวในชุมชน ให้เหมาะสมและยังคงรักษาสภาพแวดล้อมภูมิทัศน์เดิม โดยเฉพาะพื้นที่ป่าให้คงความเป็นพื้นที่ต้นน้ำให้มากที่สุด การสื่อสารประชาสัมพันธ์การตลาดแบบบูรณาการทั้งออนไลน์และออฟไลน์ รวมถึงการพัฒนาอาหารท้องถิ่น สร้างตราสินค้าของชุมชน การบริหารจัดการท่องเที่ยว โดยการมีส่วนร่วมกับชุมชนในการกำหนดอัตลักษณ์ของชุมชนที่มีส่วนส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน โดยการพัฒนารูปแบบการท่องเที่ยว เส้นทางท่องเที่ยว การพัฒนาปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน รวมถึงการจัดให้มีการรวบรวมข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อก่อให้เกิดการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นในด้านต่าง ๆ ภายใต้มาตรฐานทางด้านการท่องเที่ยวโดยชุมชน

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทราบอัตลักษณ์ของชุมชน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการท่องเที่ยวในระดับชุมชนและระดับพื้นที่ ของอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนสนับสนุนการพัฒนาการท่องเที่ยวของพื้นที่ควรนำผลการศึกษาไปใช้ในการวางแผนหรือบรรจุในแผนการพัฒนาพื้นที่ ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานระดับท้องถิ่น เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หรือระดับจังหวัด นอกจากนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวในพื้นที่อื่น ๆ ที่สามารถนำอัตลักษณ์ของพื้นที่มาใช้ในการพัฒนาการท่องเที่ยว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้สนับสนุนทุนในการทำวิจัยและเอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิจัย ขอขอบคุณคณาจารย์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ราชมงคลศรีวิชัยทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำในการวิจัย การติดต่อประสานงาน การดำเนินงาน จนงานวิจัยสำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Ban Wang Sai Community. 2020. **Reforestation and check dam construction project.** [Online]. Available http://baanwangasai.com/index.php?link=detail_news&id=81 (October 11, 2020). [in Thai]
- Boonsanit, Y. 2003. **Characteristics of the Relationship between Literature and Society.** pp. 37-48. *In the Development of Literature.* Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai]
- Denzin, N.K. and Y.S. Lincoln. 2011. **The Sage Handbook of Qualitative Research.** Singapore: Sage. 992 p.
- Khunpol, S. 2015. A study of cultural identity and beliefs of Koh Yo community. **Parichart Journal Thaksin University** 28(3): 82-103. [in Thai]
- Office of Tourism Development. 2007. **Guide to Assessing Quality Standards of Natural Attractions.** Bangkok: Ministry of Tourism and Sports. 37 p. [in Thai]
- Pongnak, I. 2014. **Identity of U-Thong Ancient City Community for the Development of Cultural Tourism in Suphan Buri Province.** Master Thesis. Chulalongkorn University. 203 p. [in Thai]

Ramitanon, S. 2015. **Identity, Culture and Change**. Chiang Mai: Academic Articles of Center for Women's Studies, Faculty of Social Sciences Chiang Mai University. 13 p. [in Thai]

World Tourism Organization. 2015. **Meaning of tourism**. [Online]. Available <https://tourismatbuu.wordpress.com>. (January 25, 2020). [in Thai]

ผลกระทบของสังคมสูงวัยต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทย

The Impacts of Aging Society on the Agricultural Total Factor Productivity of Thailand

ณฐกานต์ บุญอาสา* และวิชญ์ อรรถวานิช

Natakarn Boonarsa* and Witsanu Attavanich

ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author: natakarn.b@ku.th

Received: March 04, 2023

Revised: April 16, 2023

Accepted: April 27, 2023

Abstract

This study aimed to examine and forecast the impact of the aging society on the total factor productivity of Thai agriculture by using the Stochastic production frontier analysis with unique constructed farm-level dataset. The study mainly used the data obtained from the survey of socioeconomic, household, and agricultural labor conditions from the crop years 2010/2011 to 2019/2020 collected by the Office of Agricultural Economics. We found that the aging society had a negative impact on the agricultural total factor productivity of Thailand. As a result, when the proportion of aging agricultural workers to all agricultural workers in farmers' households increased by 0.01 on average, the agricultural total factor productivity declined about 0.0367 percent. In addition, the study found that large-scale farm households were mostly affected by the aging society, followed by small-scale farm households and medium-scale farm households, respectively. The study predicted that by 2029, the higher level of entry into an aging society will lead to an average decline of 0.88% in the total factor productivity of Thailand's agricultural sector. However, the development of other factors, such as access to irrigation system, increase in education level, increase in non-agricultural income, participating as members of farmer' institutions, and increase in farm diversification, will contribute to the improvement of total factor productivity in the agricultural sector. Nevertheless, the study also revealed that the difference between the maximum and minimum temperatures had a negative impact on the total factor productivity of Thailand's agricultural sector.

Keywords: aging society, Thai agriculture, total factor productivity, Stochastic frontier analysis

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและคาดการณ์ผลกระทบของสังคมสูงวัยที่มีต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เส้นพรมแดนเชิงพื้นที่ ข้อมูลหลักที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากการสำรวจภาวะเศรษฐกิจสังคม คราวเรือน และแรงงานเกษตร ปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2553/2554 ถึงปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2562/2563 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ผลการศึกษาพบว่า สังคมสูงวัยส่งผลกระทบต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทย ทั้งนี้หากสัดส่วนของแรงงานเกษตรสูงวัยต่อแรงงานเกษตรทั้งหมดในครัวเรือนเกษตรกรเพิ่มขึ้น 0.01 ส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.0367 โดยครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดใหญ่ จะได้รับผลกระทบจากสังคมสูงวัยมากที่สุด รองลงมาคือ ครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็ก และครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดกลาง ตามลำดับ การศึกษาครั้งนี้คาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2572 การเข้าสู่สังคมสูงวัยในระดับที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทยในภาพรวมลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.88 ทั้งนี้การพัฒนาปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ การเข้าถึงระบบชลประทาน การเพิ่มระดับการศึกษา การเพิ่มรายได้นอกภาคเกษตรกรรม การเป็นสมาชิกกลุ่มสถาบันเกษตรกร และการเพิ่มความหลากหลายในการทำเกษตร จะช่วยยกระดับผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรได้นอกจากนั้นการศึกษานี้ยังพบว่า ปัจจัยความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดส่งผลกระทบต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทย

คำสำคัญ: สังคมสูงวัย ภาคเกษตรไทย
ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวม
การวิเคราะห์เส้นพรมแดนเชิงพื้นที่

คำนำ

ปัจจุบันประเทศสมาชิกสหประชาชาติทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยต่างมุ่งพัฒนาสถานะทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เพื่อบรรลุเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งการส่งเสริมการเจริญเติบโตของผลิตภาพการผลิตเป็นหนึ่งในเป้าหมายหลักในมิติด้านเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะการพัฒนาผลิตภาพการผลิตในภาคเกษตร ซึ่งนับว่าเป็นภาคเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากเป็นทั้งแหล่งอาหาร แหล่งสร้างรายได้จากการส่งออกถึง 9.25 แสนล้านบาท (Ministry of Commerce, 2023) และแหล่งจ้างงาน โดยร้อยละ 31.34 ของแรงงานผู้มีงานทำทั้งประเทศอยู่ในภาคเกษตร (National Statistical Office, 2022) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาดัชนีผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร ผลการศึกษาของกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA, 2022) กลับพบว่าในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาค่าดัชนีผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรไทยแทบไม่ปรับเพิ่มขึ้น โดยในปี ค.ศ. 2020 ค่าดัชนีผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรได้ปรับตัวลดลงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลกเป็นครั้งแรกในรอบ 21 ปี นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ในขณะที่ประเทศอื่น ๆ มีการเติบโตของผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมที่เพิ่มสูงขึ้น (Figure 1) ดังนั้น หากประเทศไทยต้องการที่จะยกระดับสถานะทางเศรษฐกิจของประเทศให้เท่าทันโลก ประเทศไทยจำเป็นต้องเร่งพัฒนาผลิตภาพการผลิตในภาคเกษตรให้กลับมาเติบโตอยู่ในระดับที่สามารถแข่งขันกับประเทศอื่นได้ อย่างไรก็ตามการพัฒนาผลิตภาพการผลิตในภาคเกษตรให้สูงขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องทราบปัจจัยที่มีนัยสำคัญในการกำหนดผลิตภาพการผลิตในภาคเกษตร โดยหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญ คือ การเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ

การที่ประชากรผู้สูงอายุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่อัตราการเกิดภายในประเทศกลับลดลง ซึ่งสะท้อนผ่านดัชนีการสูงวัยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกภูมิภาคของประเทศไทย นำมาซึ่งความกังวลต่อความมั่นคงทางด้านผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมของประเทศในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคเกษตรที่มีจำนวนแรงงานสูงอายุกว่า 2.859 ล้านคน หรือคิดเป็นสัดส่วน

ร้อยละ 60.8 ของจำนวนแรงงานสูงอายุทั้งหมดของประเทศ (National Statistical Office, 2021) นอกจากนั้น ภาคเกษตรกำลังเผชิญกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงมากขึ้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีดิจิทัล ซึ่งนับว่าท้าทายเกษตรกรสูงวัยอย่างมาก

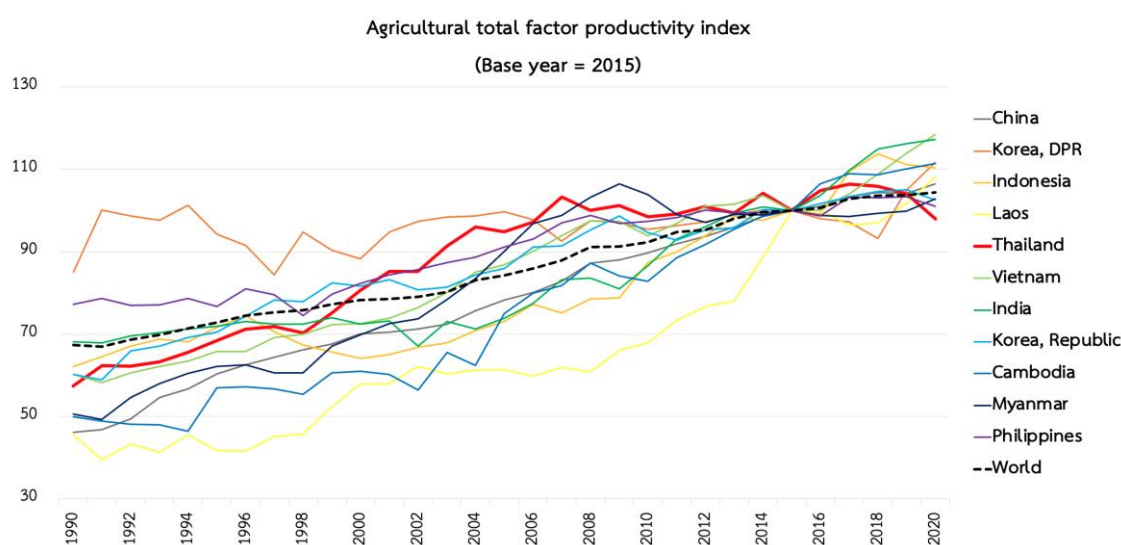


Figure 1 Agricultural total factor productivity index

Source: USDA (2022)

แม้ว่างานศึกษาที่ผ่านมาจะพยายามประเมินถึงผลกระทบของสังคมสูงวัยต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทย แต่ยังพบว่ามีจำนวนค่อนข้างจำกัด (Attavanich *et al.*, 2019; Duangbootsri *et al.*, 2020) Duangbootsri *et al.* (2020) ใช้ข้อมูลระดับครัวเรือนแต่วิเคราะห์เพียง 4 จังหวัดของประเทศไทยเท่านั้น ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์เชิงลึกถึงความแตกต่างในระดับจังหวัดของแต่ละภูมิภาคได้ และไม่สามารถวิเคราะห์ถึงภาพรวมของประเทศไทยได้ ตลอดจนวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงเทคนิคซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมเท่านั้น มีเพียงงานศึกษา

ของ Attavanich *et al.* (2019) ที่ทำการวิเคราะห์ในระดับครัวเรือนทั่วประเทศ โดยใช้ฟังก์ชัน Cobb-Douglas ที่สมมติให้ปัจจัยการผลิตแต่ละชนิดเป็นอิสระจากกัน ซึ่งในความเป็นจริงปัจจัยการผลิตแต่ละชนิดสามารถเกี่ยวเนื่องเชื่อมโยงกันได้ นอกจากนั้น ยังไม่ได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบของสังคมสูงวัย ที่อาจจะมีผลต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมที่แตกต่างกันระหว่างครัวเรือนที่มีพื้นที่ทำกินขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ไม่ได้ควบคุมปัจจัยด้านระดับการศึกษาของสมาชิกในครัวเรือน บทบาทของรายได้ของครัวเรือนนอกภาคเกษตร และการเป็นสมาชิกของสถาบันเกษตรกร รวมถึงไม่ได้ควบคุมความแตกต่าง

ในแต่ละภูมิภาค (Regional Fixed Effect) ซึ่งอาจจะมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมที่แตกต่างกันด้วย ขณะที่งานศึกษาของ Suphannachart (2013) แม้ว่าจะหาปัจจัยที่กำหนดผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรไทย แต่ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยด้านสังคมสูงวัย และใช้ข้อมูลระดับภูมิภาคและศึกษาเฉพาะข้าว ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์เชิงลึกในระดับจังหวัดและระดับครัวเรือนเกษตรได้

งานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทย โดยศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทย และคาดการณ์ผลกระทบของสังคมสูงวัยที่มีต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทย โดยได้ช่วยเติมเต็มช่องว่างของวรรณกรรมในอดีต 4 ประการ ได้แก่ 1) วิเคราะห์ข้อมูลในระดับครัวเรือนเกษตรทั่วประเทศร่วมกับข้อมูลโครงสร้างประชากรและข้อมูลสภาพอากาศระดับสถานีตรวจอากาศ 2) วิเคราะห์ด้วยวิธี Stochastic production frontier analysis ด้วยฟังก์ชันการผลิตแบบ Transcendental logarithmic function ที่ออกแบบให้ปัจจัยการผลิตแต่ละชนิดไม่เป็นอิสระจากกัน 3) วิเคราะห์ความแตกต่างของผลกระทบจากสังคมสูงวัยต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมระหว่างครัวเรือนที่มีพื้นที่ทำกินขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ และ 4) ควบคุมปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ระดับครัวเรือนเพิ่มเติมที่ส่งผลต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวม เช่น ระดับการศึกษาของสมาชิกในครัวเรือน บทบาทของรายได้นอกภาคเกษตร และการเป็นสมาชิกของสถาบันเกษตรกร รวมถึงควบคุมความแตกต่างในแต่ละภูมิภาค

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากการสำรวจภาวะเศรษฐกิจ สังคม ครัวเรือน และแรงงานเกษตร ตั้งแต่ปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2553/2554 ถึงปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2562/2563 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และข้อมูลสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา รวมระยะเวลา 10 ปี รวมครัวเรือนตัวอย่างทั้งสิ้น 69,903 ครัวเรือน ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครอบคลุมครัวเรือนเกษตร 74 จังหวัดของประเทศไทย (ยกเว้นปัตตานี ยะลา และ นราธิวาส) (Table 1) เนื่องจากข้อมูลสภาพอากาศมีการรวบรวมเป็นรายสถานี แต่ข้อมูลการสำรวจภาวะเศรษฐกิจ สังคม ครัวเรือน และแรงงานเกษตรมีการรวบรวมตามขอบเขตการปกครอง เพื่อให้ข้อมูลสภาพอากาศสามารถนำมาผนวกรวมให้สอดคล้องกับข้อมูลครัวเรือนเกษตร การศึกษาครั้งนี้ได้คำนวณค่าตัวแปรสภาพอากาศรายจังหวัด โดยประยุกต์ใช้วิธีการ Inverse Distance Weighting (IDW) จากข้อมูลแต่ละสถานี และใช้ Zonal statistics เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของพื้นที่แต่ละจังหวัด

การวิเคราะห์ทางเทคนิค

การวิเคราะห์ในส่วนที่หนึ่ง การศึกษาผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมด้วยวิธีการวิเคราะห์เส้นพรมแดนเชิงเส้นสุ่ม ได้ดำเนินการใน 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1 ประเมินการฟังก์ชันการผลิตแบบ Transcendental logarithmic function ด้วยแบบจำลอง Stochastic frontier model ร่วมกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย

วิธีการ Maximum Likelihood โดยอ้างอิงจากการศึกษาของ Aigner *et al.* (1977) และ Jondrow *et al.* (1982) ทั้งนี้การประมาณการฟังก์ชันการผลิต ได้แสดงดังสมการที่ (1)

$$\ln Y_{it} = \alpha + \beta_N \ln N_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \beta_K \ln K_{it} + \beta_{NN} \ln N_{it}^2 + \beta_{LL} \ln L_{it}^2 + \beta_{KK} \ln K_{it}^2 + \beta_{NL} \ln N_{it} \ln L_{it} + \beta_{NK} \ln N_{it} \ln K_{it} + \beta_{KL} \ln K_{it} \ln L_{it} + \lambda_t + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

โดยที่ Y_{it} คือ ผลผลิตของครัวเรือนที่ i ในปี t ; N_{it} คือ ปัจจัยที่ดินของครัวเรือนที่ i ในปี t ; L_{it} คือ ปัจจัย

แรงงานของครัวเรือนที่ i ในปี t ; K_{it} คือ ปัจจัยทุนของครัวเรือนที่ i ในปี t ; α คือ intercept; λ_t คือ Year Fixed Effects; u_{it} คือ ความไม่มีประสิทธิภาพเชิงเทคนิคของครัวเรือนที่ i ในปี t โดยกำหนดให้ $u_{it} \sim i.i.d. N^+(0, \sigma_u^2)$; v_{it} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม โดยกำหนดให้ $v_{it} \sim i.i.d. N(0, \sigma_v^2)$; t คือ ปีที่ทำการศึกษา (ปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2553/2554 ถึงปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2562/2563) และ β คือ พารามิเตอร์

Table 1 Definition and summary statistics of variables

Variable	Definition/Unit	Full sample		Small farm		Medium farm		Large farm	
		Mean	Sd.	Mean	Sd.	Mean	Sd.	Mean	Sd.
Y	Output value (Baht)	396,693.00	447,929.60	266,057.60	309,561.30	329,458.30	331,983.10	595,752.90	579,121.00
N	Land area (rai)	26.48	26.89	7.60	3.65	19.62	4.11	52.38	32.66
L	Number of labors (person)	2.45	0.77	2.32	0.69	2.44	0.75	2.59	0.85
K	Capital value (Baht)	357,414.10	929,870.20	190,677.80	592,063.10	284,567.20	802,573.30	598,548.60	1,229,898.00
Irrigate	Access to irrigation (1=access to irrigation, 0=otherwise)	0.25	0.43	0.24	0.43	0.23	0.42	0.28	0.45
ShrSchool	Proportion of agricultural workers who have completed high school to all agricultural workers in the household	0.17	0.21	0.15	0.21	0.16	0.21	0.19	0.21
ShrOld	Proportion of elderly agricultural workers to all agricultural workers in the household	0.29	0.39	0.33	0.42	0.29	0.39	0.25	0.36
ShrNonag	Proportion of non-agricultural income to total household income	0.38	0.30	0.49	0.32	0.39	0.29	0.25	0.24
Activity	Number of agricultural activities (activities)	2.21	1.22	1.87	1.07	2.26	1.20	2.49	1.29
MemberBAAC	Be a member of the BAAC group (1=yes, 0=no)	0.65	0.48	0.54	0.50	0.66	0.47	0.74	0.44
MemberCO	Be a member of a cooperative group (1=yes, 0=no)	0.12	0.33	0.12	0.32	0.12	0.33	0.13	0.34
MemberAG	Be a member of the farmer group (1=yes, 0=no)	0.12	0.32	0.12	0.32	0.12	0.32	0.11	0.32
Temp	Mean temperature during growing season (°C)	26.89	0.49	26.89	0.48	26.87	0.49	26.89	0.51
Rain	Cumulative rainfall during growing season (mm)	1,545.52	393.23	1,583.40	417.72	1,555.30	387.62	1,497.48	367.54
TempRange	Difference between maximum and minimum temperature (°C)	28.46	1.67	28.47	1.66	28.45	1.66	28.45	1.70
Poor	Household income per person less than the poverty line (1=yes, 0=no)	0.05	0.21	0.04	0.19	0.04	0.20	0.07	0.25

Table 1 (Continued)

Variable	Definition/Unit	Full sample		Small farm		Medium farm		Large farm	
		Mean	Sd.	Mean	Sd.	Mean	Sd.	Mean	Sd.
North	Whether household located in the Northern region (1=yes, 0=no).	0.22	0.42	0.24	0.43	0.19	0.39	0.25	0.43
South	Whether household located in the Southern region (1=yes, 0=no).	0.09	0.29	0.12	0.33	0.09	0.29	0.07	0.26
East	Whether household located in the Eastern region (1=yes, 0=no).	0.06	0.24	0.06	0.24	0.05	0.22	0.07	0.25
West	Whether household located in the Western region (1=yes, 0=no).	0.05	0.22	0.06	0.24	0.04	0.20	0.05	0.21
Central	Whether household located in the Central region and Bangkok (1=yes, 0=no)	0.14	0.34	0.11	0.31	0.11	0.32	0.18	0.39
Northeast	Whether household located in the Northeast region (1=yes, 0=no)	0.44	0.50	0.41	0.49	0.52	0.50	0.38	0.49
Observation		69,903		23,482		23,181		23,240	

Source: Authors' calculation

Sd. is an abbreviation of the standard deviation. The small farm has the farmland area less than or equal to 13 rai, the medium farm has the farmland area greater than 13 rai and less than 27.5 rai and the large farm has the farmland area greater than 27.5 rai.

จากนั้นในขั้นตอนที่ 2 นำผลการประมาณการฟังก์ชันการผลิตมาใช้ในการคำนวณค่าความไม่มีประสิทธิภาพเชิงเทคนิคของครัวเรือนที่ i ในปี t โดยอ้างอิงจากการศึกษาของ Jondrow *et al.* (1982) แสดงได้ดังสมการที่ (2)

$$E(u_{it}|\epsilon_{it}) = u_{*it} + \sigma_* \frac{f(\frac{-u_{*it}}{\sigma_*})}{1 - F(\frac{-u_{*it}}{\sigma_*})} \quad (2)$$

โดยที่ $f(\cdot)$ คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบปกติมาตรฐาน (Standard normal density function) และ $F(\cdot)$ คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative distribution function) ทั้งนี้

$$\epsilon_{it} = v_{it} - u_{it}, u_{*it} = \frac{-\sigma_u^2 \epsilon_{it}}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2} \text{ และ } \sigma_*^2 = \frac{\sigma_v^2 \sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}$$

ในขั้นตอนที่ 3 นำผลการประมาณการฟังก์ชันการผลิต และการคำนวณค่าความไม่มีประสิทธิภาพเชิงเทคนิคในขั้นตอนที่ 1 และ 2 มาใช้ทำการคำนวณค่าผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวม (TFP_{it}) โดยอ้างอิงจากงานศึกษาของ Chen and Gong (2021) ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ (3)

$$TFP_{it} = \exp(\alpha + \lambda_t - u_{it}) \quad (3)$$

การวิเคราะห์ในส่วนที่สอง ได้นำผลการคำนวณค่าผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวม (TFP_{it}) ที่ได้จากการวิเคราะห์ในส่วนแรกมาใช้ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร ด้วยแบบจำลอง Multiple linear regression ในรูปแบบ Semi-log model ร่วมกับวิธีการประมาณค่าแบบ Generalized least square เพื่อแก้ไขปัญหา Heteroscedasticity ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ (4)

$$\begin{aligned} \ln TFP_{it} = & \gamma_0 + \gamma_1 Irrigate_{it} + ShrSchool_{it} \\ & + \gamma_3 ShrOld_{it} + \gamma_4 ShrNonag_{it} \\ & + \gamma_5 Activity_{it} + MemberBAAC_{it} \\ & + \gamma_7 MemberCO_{it} + \gamma_8 MemberAG_{it} \\ & + \gamma_9 Poor_{it} + \gamma_{10} TempRange_{it} \\ & + \delta_1 Temp_{it} + \delta_2 Temp_{it}^2 + \delta_3 Rain_{it} \\ & + \delta_4 Rain_{it}^2 + \lambda_r + \lambda_t + w_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

โดยที่ TFP_{it} คือ ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมของครัวเรือนที่ i ในปี t ; $Irrigate_{it}$ คือ ปัจจัยการเข้าถึงชลประทานของครัวเรือนที่ i ในปี t ; $ShrSchool_{it}$ คือ ปัจจัยการศึกษาของครัวเรือนที่ i ในปี t ; $ShrOld_{it}$ คือ ปัจจัยการเข้าสู่สังคมสูงวัยของครัวเรือนที่ i ในปี t ; $ShrNonag_{it}$ คือ ปัจจัยรายได้นอกภาคเกษตรของครัวเรือนที่ i ในปี t ; $Activity_{it}$ คือ จำนวนกิจกรรมทางการเกษตรของครัวเรือนที่ i ในปี t ; $MemberBAAC_{it}$ คือ ปัจจัยการเป็นสมาชิกธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส., BAAC) ของครัวเรือนที่ i ในปี t ; $MemberCO_{it}$ คือ ปัจจัยการเป็นสมาชิกกลุ่มสหกรณ์ของครัวเรือนที่ i ในปี t ; $MemberAG_{it}$ คือ ปัจจัยการเป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกรของครัวเรือนที่ i ในปี t ; $Poor_{it}$ คือ ปัจจัยความยากจนของครัวเรือนที่ i ในปี t และ $TempRange_{it}$ คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (Table 1) ในส่วนของปัจจัยสภาพอากาศได้กำหนดให้ปัจจัยอุณหภูมิ ($Temp_{it}$) และปริมาณน้ำฝน ($Rain_{it}$) มีความสัมพันธ์ในรูปแบบที่ไม่เป็นเส้นตรงกับผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวม

นอกจากนั้น λ_r คือ Regional Fixed Effects; λ_t คือ Year Fixed Effects; t คือ ปีที่ทำการศึกษา (ปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2553/2554 ถึงปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2562/2563);

Y_0 คือ ค่าคงที่; $Y_1, Y_2, \dots, Y_{10}$ คือ พารามิเตอร์ของตัวแปรที่แสดงลักษณะของครัวเรือนและการแปรปรวนของสภาพอากาศ; $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_4$ คือ พารามิเตอร์ของตัวแปรอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน และ w_{it} คือ ความคลาดเคลื่อน ในส่วนของการแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรลักษณะของครัวเรือนและการแปรปรวนของสภาพอากาศ ($Y_n; n = 1, 2, \dots, 10$) จะพิจารณาจากร้อยละของการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงของตัวแปรตาม เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย ตามวิธีการของ Palmer (2011) โดยกำหนดให้ $\% \Delta TFP = \exp(\Delta x \hat{\gamma}_n) - 1$ และการแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน จะพิจารณาจากร้อยละของการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงของตัวแปรตาม กล่าวคือ เมื่อกำหนดให้ปัจจัยอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย ค่า TFP จะเปลี่ยนแปลงเท่ากับ $\% \Delta TFP = \exp(\delta_1 + 2\delta_2 \text{temp} + \delta_2) - 1$ และ $\% \Delta TFP = \exp(\delta_3 + 2\delta_4 \text{rain} + \delta_4) - 1$ ตามลำดับ

นอกจากนั้นการศึกษาครั้งนี้ทำการแบ่งประเภทครัวเรือนเกษตรกร โดยพิจารณาจากขนาดของที่ดินทำกินออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็ก (มีพื้นที่ถือครองทางการเกษตรน้อยกว่า/เท่ากับ 13 ไร่) ครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดกลาง (มีพื้นที่ถือครองทางการเกษตรมากกว่า 13 ไร่ แต่ไม่เกิน 27.5 ไร่) และครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดใหญ่ (มีพื้นที่ถือครองทางการเกษตรมากกว่า 27.5 ไร่ขึ้นไป) โดยการแบ่งขนาดของที่ดินพิจารณาตามการกระจายตัวของข้อมูลครัวเรือนทั้งหมด

การวิเคราะห์ในส่วนที่สาม ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความไม่มีประสิทธิภาพเชิงเทคนิคในภาคเกษตรของประเทศไทย โดยใช้แบบจำลอง Inefficiency effects model ดังสมการต่อไปนี้

$$u_{it} = \rho_0 + \rho_1 \text{Irrigate}_{it} + \rho_2 \text{ShrSchool}_{it} + \rho_3 \text{ShrOld}_{it} + \rho_4 \text{ShrNonag}_{it} + \rho_5 \text{Activity}_{it} + \rho_6 \text{MemberBAAC}_{it} + \rho_7 \text{MemberCO}_{it} + \rho_8 \text{MemberAG}_{it}$$

$$+ \rho_9 \text{Poor}_{it} + \rho_{10} \text{Temp}_{it} + \rho_{11} \text{Temp}_{it}^2 + \rho_{12} \text{Rain}_{it} + \rho_{13} \text{Rain}_{it}^2 + \rho_{14} \text{TempRange}_{it} + \lambda_r + \lambda_t + z_{it} \quad (5)$$

โดยที่ u_{it} คือ ความไม่มีประสิทธิภาพเชิงเทคนิคของครัวเรือนที่ i ในปี t ; Irrigate_{it} คือ ปัจจัยการเข้าถึงชลประทานของครัวเรือนที่ i ในปี t ; ShrSchool_{it} คือ ปัจจัยการศึกษาของครัวเรือนที่ i ในปี t ; ShrOld_{it} คือ ปัจจัยการเข้าสู่สังคมสูงวัยของครัวเรือนที่ i ในปี t ; ShrNonag_{it} คือ ปัจจัยรายได้นอกภาคเกษตรของครัวเรือนที่ i ในปี t ; Activity_{it} คือ จำนวนกิจกรรมทางการเกษตรของครัวเรือนที่ i ในปี t ; MemberBAAC_{it} คือ ปัจจัยการเป็นสมาชิก ธ.ก.ส. ของครัวเรือนที่ i ในปี t ; MemberCO_{it} คือ ปัจจัยการเป็นสมาชิกกลุ่มสหกรณ์ของครัวเรือนที่ i ในปี t ; MemberAG_{it} คือ ปัจจัยการเป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกรของครัวเรือนที่ i ในปี t ; Poor_{it} คือ ปัจจัยความยากจนของครัวเรือนที่ i ในปี t และ TempRange_{it} คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (Table 1) ในส่วนของปัจจัยสภาพอากาศในที่นี่ได้กำหนดให้ปัจจัยอุณหภูมิ (Temp) และปริมาณน้ำฝน (Rain) มีความสัมพันธ์ในรูปแบบที่ไม่เป็นเส้นตรงกับผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวม นอกจากนั้น λ_r คือ Regional Fixed Effects; λ_t คือ Year Fixed Effects; t คือ ปีที่ทำการศึกษา (ปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2553/2554 ถึงปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2562/2563); ρ_0 คือ ค่าคงที่; $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_{14}$ คือ พารามิเตอร์ และ z_{it} คือ ความคลาดเคลื่อน ทั้งนี้การศึกษาในส่วนนี้จะทำการจำแนกครัวเรือนเกษตรกรตามขนาดของที่ดินทำกิน เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในส่วนที่สอง

การวิเคราะห์ในส่วนที่สี่ การคาดการณ์ผลกระทบของสังคมสูงวัยที่มีต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรในรายจังหวัดของประเทศไทยในอนาคต ได้ดำเนินการ 5 ขั้นตอน ในขั้นแรกทำการวิเคราะห์แนวโน้มเวลา (Trend analysis) จากสมการ $\text{ShrOld}_{it} = \pi_0 +$

$\pi_1 T_i + \pi_2 T_i^2 + \varepsilon_{it}$ ^{1/} ในขั้นที่ 2 จะพยากรณ์สัดส่วนของแรงงานเกษตรสูงวัยในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2572/2573 จากสมการที่ประมาณการได้ในขั้นแรก ในขั้นที่ 3 คำนวณการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของแรงงานเกษตรสูงวัยในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2572/2573 เปรียบเทียบกับปีฐาน (ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558/2559) ในขั้นที่ 4 นำค่าการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของแรงงานเกษตรสูงวัย ($\Delta ShrOld_{it}$) จากขั้นตอนที่ 3 และผลกระทบส่วนเพิ่มของปัจจัยการเข้าสู่สังคมสูงวัย (γ_3) มาแทนค่าในสมการที่ (4) เพื่อคาดการณ์ผลกระทบของสังคมสูงวัยที่มีต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของไทยในรายจังหวัดในปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2572/2573 โดยกำหนดให้ปัจจัยอื่น ๆ คงที่

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการศึกษาในส่วนที่หนึ่ง การประมาณการฟังก์ชันการผลิต (Table 2) พบว่า ปัจจัยที่ดิน แรงงาน และทุน มีความสัมพันธ์กับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ทั้งนี้ค่า σ_v และ σ_u ถูกนำมาใช้ในการคำนวณค่าความไม่มีประสิทธิภาพเชิงเทคนิค (u_{it}) ดังสมการที่ (2) และค่าคงที่ (Constant: α) และผลจากการควบคุมปัจจัยทางด้านเวลา (Year Fixed Effects: λ_t) ถูกนำมาใช้ในการคำนวณค่าผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวม ดังสมการที่ (3)

Table 2 Estimated results of production function

Variable	lnY	
	Coefficient	S.E.
lnN	-0.2336***	0.0290
lnL	3.5551***	0.0950
lnK	-0.5296***	0.0293
lnN x lnN	0.0590***	0.0019
lnL x lnL	-0.7549***	0.0266
lnK x lnK	0.0319***	0.0014
lnN x lnL	-0.2245***	0.0112
lnN x lnK	0.0273***	0.0027
lnK x lnL	-0.0696***	0.0090
Constant (α)	12.6460***	0.1674
Year Fixed Effects (λ_t)	Yes	
σ_u	-0.7532***	0.0251
σ_v	-1.1883***	0.0135
Observation	69,903	

***, **, * account for the statistical significance at 1, 5 and 10%, respectively, and S.E. is the abbreviation of standard error.

^{1/} โดยที่ $ShrOld_{it}$ คือ สัดส่วนของแรงงานเกษตรสูงวัยในจังหวัดที่ i ในปี t ; T คือ แนวโน้มเวลา (มีค่าเท่ากับ 1 ในปี พ.ศ. 2553/2554 มีค่าเท่ากับ 2 ในปี พ.ศ. 2554/2555 มีค่าเท่ากับ 3 ในปี พ.ศ. 2555/2556 มีค่าเท่ากับ 4 ในปี พ.ศ. 2556/2557 มีค่าเท่ากับ 5 ในปี พ.ศ. 2557/2558 มีค่าเท่ากับ 6 ในปี พ.ศ. 2558/2559 มีค่าเท่ากับ 7 ในปี พ.ศ. 2559/2560 มีค่าเท่ากับ 8 ในปี พ.ศ. 2560/2561 มีค่าเท่ากับ 9 ในปี พ.ศ. 2561/2562 มีค่าเท่ากับ 10 ในปี พ.ศ. 2562/2563 ตามลำดับ ทั้งนี้ T มีค่าเท่ากับ 20 ในปี พ.ศ. 2572/2573); π คือ พารามิเตอร์ และ ε_{it} คือ ความคลาดเคลื่อน

ผลการศึกษาในส่วนที่สอง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร เมื่อพิจารณาผลกระทบส่วนเพิ่ม (Marginal effect) ของปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร (Table 3) ผลการศึกษาพบว่า โดยภาพรวมปัจจัยต่าง ๆ ส่งผลต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรตามทฤษฎีการผลิต โดยปัจจัยด้านสังคมสูงวัย (*ShrOld*) ผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนของสมาชิกในครัวเรือนที่เป็นเกษตรกรผู้สูงวัยต่อแรงงานเกษตรกรทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรในภาพรวม สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Attavanich *et al.* (2019) และ Duangbootsri *et al.* (2020) กล่าวคือ หากครัวเรือนเกษตรมีสัดส่วนของสมาชิกในครัวเรือนที่เป็นเกษตรกรผู้สูงวัยต่อแรงงานเกษตรกรทั้งหมดเพิ่มขึ้น 0.01 ส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรลดลงร้อยละ 0.0367 เมื่อนำผลการศึกษาข้างต้นมาพิจารณาร่วมกับข้อมูลครัวเรือนเกษตรระหว่างปีเพาะปลูก พ.ศ. 2562/2563 ที่พบว่า ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของจำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่เป็นเกษตรกรผู้สูงวัยต่อจำนวนแรงงานที่ทำเกษตรทั้งหมด เท่ากับ 0.34 ซึ่งสะท้อนว่าประมาณ 1 ใน 3 ของสมาชิกครัวเรือนทั้งหมดประกอบอาชีพเกษตรกรกรรมนั้น สังคมสูงวัยได้ทำให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรลดลงแล้วในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2562/2563 ประมาณร้อยละ 1.25 และหากในอนาคตสัดส่วนนี้เพิ่มจาก 0.34 เป็น 0.50 หรือครึ่งหนึ่งของแรงงานทั้งหมดทำงานในภาคเกษตรเป็นแรงงานสูงวัย ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรจะปรับลดลงอีกร้อยละ 0.59 จากค่าเฉลี่ยในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2562/2563

นอกจากนี้งานศึกษานี้ยังพบว่า สังคมสูงวัยส่งผลต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมของครัวเรือนเกษตรที่มีขนาดที่ดินทำกินแตกต่างกัน โดยผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดใหญ่จะได้รับผลกระทบเชิงลบจากสังคมสูงวัยกว่าครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็กประมาณ 1.3 เท่า และครัวเรือน

ที่มีที่ดินทำกินขนาดกลางประมาณ 1.6 เท่า กล่าวคือ หากครัวเรือนเกษตรขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ มีสัดส่วนของสมาชิกในครัวเรือนที่เป็นเกษตรกรผู้สูงวัยต่อแรงงานเกษตรกรทั้งหมดเพิ่มขึ้น 0.01 ส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรลดลงร้อยละ 0.0409, 0.0337 และ 0.0521 ตามลำดับ

นอกจากปัจจัยด้านสังคมสูงวัยแล้ว งานศึกษานี้ยังพบประเด็นที่น่าสนใจหลายประการ เช่น การศึกษาของสมาชิกครัวเรือนเกษตร สัดส่วนของรายได้นอกภาคเกษตร การเข้าถึงระบบชลประทาน และการเป็นสมาชิกของ ธ.ก.ส. และสหกรณ์การเกษตร มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการช่วยยกระดับผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร ขณะที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดส่งผลกระทบต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร

ในด้านการเข้าถึงระบบชลประทาน (*Irrigate*) การเข้าถึงระบบชลประทานของฟาร์มขนาดใหญ่จะช่วยยกระดับผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมสูงกว่าฟาร์มขนาดกลาง และฟาร์มขนาดเล็ก โดยในภาพรวมครัวเรือนเกษตรที่เข้าถึงระบบชลประทานจะมีผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมที่สูงกว่าครัวเรือนที่ไม่สามารถเข้าถึงระบบชลประทานได้เฉลี่ยร้อยละ 1.99 เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดที่ดินทำกินพบว่าครัวเรือนเกษตรที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ที่เข้าถึงระบบชลประทานจะมีผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมที่สูงกว่าครัวเรือนที่ไม่สามารถเข้าถึงระบบชลประทานได้เฉลี่ยร้อยละ 2.89, 3.75 และ 4.28 ตามลำดับ

ในด้านการศึกษา (*ShrSchool*) และรายได้นอกภาคเกษตร (*ShrNonag*) การศึกษาและรายได้นอกภาคเกษตรที่เพิ่มขึ้นจะช่วยยกระดับผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมของครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็กและขนาดกลางสูงกว่าครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดใหญ่ กล่าวคือ หากสัดส่วนของสมาชิกในครัวเรือนที่สำเร็จการศึกษาสูงกว่าระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ขึ้นไป ต่อจำนวนแรงงานเกษตรกรทั้งหมดเพิ่มขึ้น 0.01 ส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาค

เกษตรในภาพรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.0954 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.1381, 0.1068 และ 0.0335 สำหรับครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ตามลำดับ และหากสัดส่วนของรายได้นอกภาคเกษตรต่อรายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น 0.01 ส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรในภาพรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.1607 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.2068, 0.2260 และ 0.1278 สำหรับครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ตามลำดับ

ในด้านสภาพอากาศ ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมของครัวเรือนเกษตรที่มีที่ดินทำกินขนาดใหญ่และขนาดกลาง จะลดลงมากกว่าครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็ก หากต้องเผชิญกับการแปรปรวนของสภาพอากาศในระดับเดียวกัน กล่าวคือ หากความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (*TempRange*) เพิ่มขึ้น 1°C. จะส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรในภาพรวมลดลงร้อยละ 20.45 และลดลงร้อยละ 18.70, 24.20 และ 21.30 สำหรับครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ตามลำดับ

ในด้านอุณหภูมิ (*Temp*) และด้านปริมาณน้ำฝน (*Rain*) ในภาพรวมอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูการเพาะปลูกและปริมาณน้ำฝนสะสมรายปี มีความสัมพันธ์ในรูปแบบที่ไม่เป็นเส้นตรง ในลักษณะความสัมพันธ์แบบ Inverted u-shape กับผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร โดยเฉลี่ยแล้วหากอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูการเพาะปลูกเพิ่มขึ้น 1°C. และปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้น 1 มม. ส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรในภาพรวมลดลงร้อยละ 10.07 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.0049 ตามลำดับ

ในด้านการเป็นสมาชิกของสถาบันเกษตรกร ครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็กจะได้รับประโยชน์จากการเข้าร่วมเป็นสมาชิกของ ธ.ก.ส. (*MemberBAAC*) มากกว่าครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดยในภาพรวมครัวเรือนเกษตรที่เข้าร่วมเป็นสมาชิกของ ธ.ก.ส. จะมีผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมที่สูงกว่าครัวเรือนที่ไม่เข้าร่วมร้อยละ 2.90 และเมื่อพิจารณาแยกตามขนาด

ที่ดินทำกินพบว่า ครัวเรือนเกษตรที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ที่เข้าร่วมเป็นสมาชิกของ ธ.ก.ส. จะมีผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมที่สูงกว่าครัวเรือนที่ไม่เข้าร่วมร้อยละ 4.19, 2.34 และ 2.27 ตามลำดับ ในส่วนของการเข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มสหกรณ์ (*MemberCO*) และการรวมกลุ่มเกษตรกร (*MemberAG*) ในภาพรวม พบว่าเกษตรกรที่เข้าร่วมเป็นสมาชิกของกลุ่มสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร จะมีผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมที่สูงกว่าครัวเรือนที่ไม่เข้าร่วมร้อยละ 2.91 และ 1.15 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดที่ดินทำกินจะพบว่า มีเพียงครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่ได้รับประโยชน์จากการเข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มสหกรณ์ และมีเพียงครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดกลางและขนาดใหญ่เท่านั้นที่ได้รับประโยชน์จากการเข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกร

ในด้านกิจกรรมทางการเกษตร (*Activity*) การทำเกษตรที่หลากหลายจะช่วยยกระดับผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมของครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็กและขนาดกลางมากกว่าครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดใหญ่ กล่าวคือ หากเกษตรกรมีจำนวนกิจกรรมทางการเกษตรเพิ่มขึ้น 1 กิจกรรม ส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาพรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.30 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.84, 2.26 และ 1.98 สำหรับครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ตามลำดับ

ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับงานศึกษาในอดีตที่พบว่า ปัจจัยด้านสังคมสูงวัยส่งผลกระทบต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร และปัจจัยชลประทานและจำนวนกิจกรรมการเกษตร ส่งผลเชิงบวกต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร เนื่องจากการเข้าถึงชลประทานจะทำให้เกษตรกรมีน้ำเพียงพอต่อการทำเกษตร และการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรที่หลากหลายเป็นการกระจายความเสี่ยง และลดความเสียหายในการทำเกษตร (Attavanich *et al.*, 2019; Duangbootsri *et al.*, 2020; Suphannachart, 2013) อย่างไรก็ตามผลการศึกษาในครั้งนี้มีส่วนที่ตรงกันข้ามกับงานศึกษาในอดีต คือ การศึกษาครั้งนี้พบผลเชิงบวกของ

การมีรายได้นอกภาคเกษตรต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร ในขณะทำงานศึกษาของ Duangbootsri *et al.* (2020) พบผลเชิงลบของการมีรายได้นอกภาคเกษตรต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร นอกจากนี้การศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่า ปัจจัยด้านการศึกษา สภาพอากาศ การเป็นสมาชิกกลุ่มสถาบัน

เกษตรกร และความยากจนมีความสัมพันธ์กับผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมของครัวเรือนเกษตรกร

สำหรับการศึกษาดัชนีผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของไทย ผลการศึกษาพบว่า ในภาพรวมของทั้งประเทศ ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นระยะ (Figure 2)

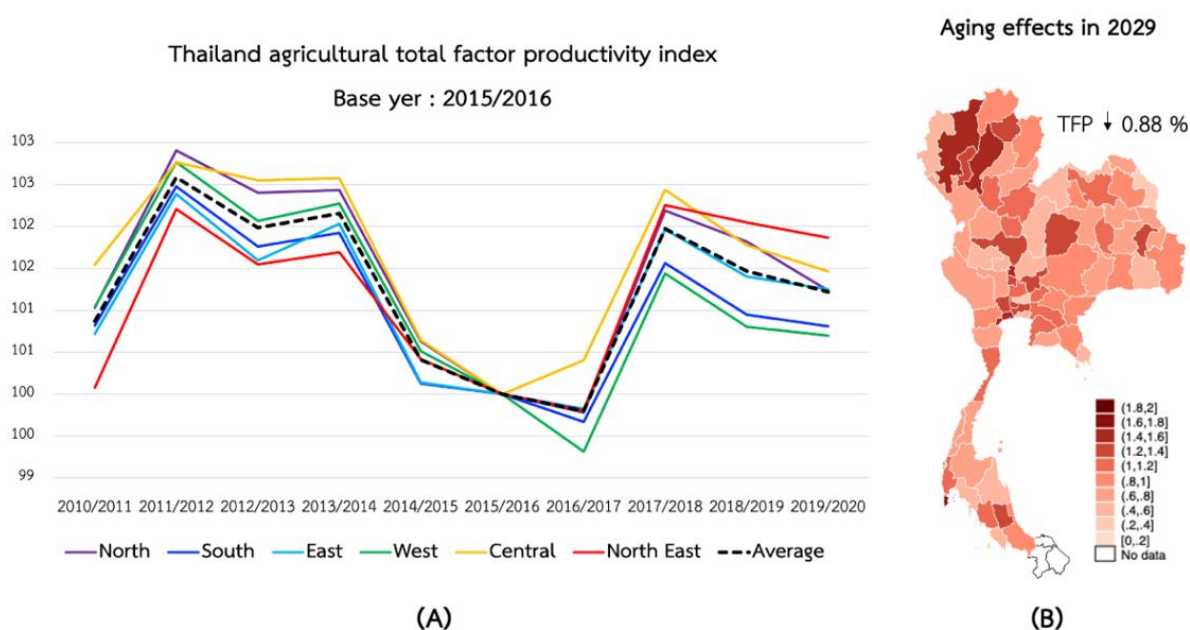


Figure 2 Thailand agricultural total factor productivity index (A) and projected impacts of aging on agricultural total factor productivity (B)

Table 3 Marginal effect of factors influencing the agricultural total factor productivity classified by farm size

Variables	ln_TFP							
	Full sample		Small farm		Medium farm		Large farm	
	Adjusted Coef.	S.E.	Adjusted Coef.	S.E.	Adjusted Coef.	S.E.	Adjusted Coef.	S.E.
Irrigate	0.0199***	0.0018	0.0289***	0.0031	0.0375***	0.0029	0.0428***	0.0027
ShrSchool	0.0954***	0.0034	0.1381***	0.0061	0.1068***	0.0055	0.0335***	0.0052
ShrOld	0.0367***	0.0020	-0.0409***	0.0033	-0.0337***	0.0032	-0.0521***	0.0032
ShrNonag	0.1607***	0.0026	0.2068***	0.0047	0.2260***	0.0043	0.1278***	0.0053
Activity	0.0230***	0.0005	0.0284***	0.0010	0.0226***	0.0009	0.0198***	0.0007
TempRange	0.2045***	0.0159	-0.1870***	0.0310	-0.2420***	0.0257	-0.2130***	0.0242
Temp	-0.1007***	1.2231	-0.0559	2.4963	0.1995	1.8844	-0.2636***	1.7886
Rain	4.90E-05***	1.18E-05	2.45E-05	2.07E-05	3.18E-05	1.76E-05	5.68E-05***	1.89E-05
MemberBAAC	0.0290***	0.0018	0.0419***	0.0029	0.0234***	0.0028	0.0227***	0.0030
MemberCO	0.0291***	0.0023	0.0242***	0.0043	-0.0010	0.0041	0.0092**	0.0033
MemberAG	0.0115***	0.0023	0.0078	0.0040	0.0290***	0.0036	0.0090**	0.0033
Poor	0.3475***	0.0082	-0.4004***	0.0184	-0.3563***	0.0138	-0.3119***	0.0111
constant	-34.4832*	16.3200	18.5783	33.4482	31.9420	25.1326	-61.9043*	23.8035
Year FE	Yes		Yes		Yes		Yes	
Region FE	Yes		Yes		Yes		Yes	
R-squared	0.3657		0.3704		0.4542		0.4794	
RMSE	0.1915		0.2006		0.1737		0.1417	
Observation	69,903		23,482		23,181		23,240	

***, **, * account for the statistical significance at 1, 5 and 10%, respectively. Adjusted Coef. is the exact percentage change in the dependent variable resulting from 1 unit change in the independent variable; S.E. is the standard error; Year FE is the year fixed effects; Region FE is the regional fixed effects and RMSE is the root mean squared error.

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของไทยมีแนวโน้มปรับตัวลดลงตั้งแต่ปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2561/2562 เป็นต้นมา สอดคล้องกับการศึกษาของ USDA (2022) ที่พบว่าในปี พ.ศ. 2561 ค่าดัชนีผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของไทยมีแนวโน้มปรับตัวลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงปี พ.ศ. 2563

ผลการศึกษาในส่วนที่สาม ปัจจัยที่มีผลต่อความไม่มีประสิทธิภาพเชิงเทคนิคในภาคเกษตรของประเทศไทย (Table 4) ผลการศึกษพบว่า ในภาพรวมระดับของการขาดประสิทธิภาพเชิงเทคนิคจะเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมลดลง เมื่อสัดส่วนของสมาชิก

ในครัวเรือนที่เป็นเกษตรกรผู้สูงวัยต่อแรงงานเกษตรกรทั้งหมดเพิ่มขึ้น การแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศรุนแรงขึ้น และครัวเรือนมีสถานะยากจน ทั้งนี้ระดับของการขาดประสิทธิภาพเชิงเทคนิคจะลดลงและส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมเพิ่มขึ้น หากครัวเรือนเกษตรกรมีการเข้าถึงระบบชลประทาน ครัวเรือนมีสัดส่วนของสมาชิกเกษตรกรที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ขึ้นไปเพิ่มขึ้น ครัวเรือนมีสัดส่วนของรายได้นอกภาคเกษตรเพิ่มขึ้น เกษตรกรมีจำนวนกิจกรรมการเกษตรที่หลากหลายมากขึ้น ตลอดจนเกษตรกรมีการเข้าร่วมกลุ่มสถาบันเกษตรกร ทั้งกลุ่ม ธ.ก.ส. กลุ่มสหกรณ์ และกลุ่มเกษตรกร

อย่างไรก็ตามเมื่อแยกการพิจารณาตามขนาดของที่ดินทำกิน กลับพบว่าการเป็นสมาชิกกลุ่มสหกรณ์ส่งผลให้ระดับของการขาดประสิทธิภาพเชิงเทคนิคลดลงเฉพาะครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็กและใหญ่ และการเป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกร ส่งผลให้ระดับของการขาดประสิทธิภาพเชิงเทคนิคลดลงเฉพาะในครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดกลางและใหญ่

ผลการศึกษาในส่วนที่สี่ การคาดการณ์ผลกระทบของสังคมสูงวัยที่มีต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าในปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2572/2573 (ค.ศ. 2029/2030)

เปรียบเทียบกับปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2558/2559 (ค.ศ. 2015/2016) พบว่าในภาพรวมของทั้งประเทศ การเข้าสู่สังคมสูงวัยในระดับที่สูงขึ้นจะทำให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรปรับตัวลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.88 (Figure 2) โดย 10 จังหวัดแรกที่ค่าผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของไทยลดลงมากที่สุดจากการเข้าสู่สังคมสูงวัย ได้แก่ ภูเก็ต (1.77%) สมุทรสาคร (1.54%) สมุทรสงคราม (1.54%) เชียงใหม่ (1.52%) ลำปาง (1.48%) สิงห์บุรี (1.45%) พะเยา (1.39%) ชัยภูมิ (1.39%) นนทบุรี (1.37%) และกรุงเทพฯ (1.33%) ตามลำดับ

Table 4 Agricultural technical inefficiency and its determinants classified by farm size

Variables	Technical Inefficiency							
	Full sample		Small farm		Medium farm		Large farm	
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
Irrigate	-0.0197***	0.0018	-0.0285***	0.0031	-0.0368***	0.0029	-0.0419***	0.0027
ShrSchool	-0.0911***	0.0034	-0.1293***	0.0061	-0.1015***	0.0055	-0.0329***	0.0052
ShrOld	0.0374***	0.0020	0.0418***	0.0033	0.0343***	0.0032	0.0536***	0.0032
ShrNonag	-0.1490***	0.0026	-0.1880***	0.0047	-0.2037***	0.0043	-0.1203***	0.0053
Activity	-0.0228***	0.0005	-0.0280***	0.0010	-0.0224***	0.0009	-0.0196***	0.0007
TempRange	0.2287***	0.0159	0.2070***	0.0310	0.2770***	0.0257	0.2395***	0.0242
Temp	-4.0543***	1.2231	-2.7254	2.4963	1.0443	1.8844	-6.1997***	1.7886
Temp ²	0.0760***	0.0229	0.0508	0.0467	-0.0224	0.0353	0.1189***	0.0336
Rain	-1.00E-04***	1.18E-05	-2.08E-05	2.07E-05	-4.36E-05	1.76E-05	-1.53E-04***	1.89E-05
Rain ²	1.66E-08***	2.72E-09	-1.16E-09	4.68E-09	3.80E-09	4.19E-09	3.22E-08***	4.35E-09
MemberBAAC	-0.0286***	0.0018	-0.0411***	0.0029	-0.0231***	0.0028	-0.0225***	0.0030
MemberCO	-0.0287***	0.0023	-0.0239***	0.0043	0.0010	0.0041	-0.0091**	0.0033
MemberAG	-0.0114***	0.0023	-0.0077	0.0040	-0.0286***	0.0036	-0.0090**	0.0033
Poor	0.4270***	0.0082	0.5114***	0.0184	0.4405***	0.0138	0.3738***	0.01111
constant	48.1289**	16.3200	31.2241	33.4482	-19.2951	25.1327	74.5418**	23.8035
Year FE	Yes		Yes		Yes		Yes	
Region FE	Yes		Yes		Yes		Yes	
R-squared	0.2109		0.2479		0.3111		0.3771	
RMSE	0.1915		0.2006		0.1737		0.1417	
Observation	69,903		23,482		23,181		23,240	

***, **, * account for the statistical significance at 1, 5 and 10%, respectively. Coef. is the coefficient; S.E. is the standard error;

Year FE is the year fixed effects; Region FE is the regional fixed effects; and RMSE is the root mean squared error.

สรุปผลการวิจัย

การเข้าสู่สังคมสูงวัยนำมาซึ่งความกังวลต่อความมั่นคงทางด้านผลิตภาพในภาคเกษตรของประเทศไทยในอนาคต แม้ว่าการศึกษาที่ผ่านมาได้พยายามประเมินผลกระทบของสังคมสูงวัยต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร แต่พบว่ามีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การวิเคราะห์เพียงบางจังหวัดของไทย ใช้ฟังก์ชันการผลิตที่ไม่ได้คำนึงถึงความสามารถในการทดแทนกันของปัจจัยการผลิตต่าง ๆ การวิเคราะห์ในระดับประเทศโดยไม่ได้พิจารณาความแตกต่างของครัวเรือนเกษตร โดยเฉพาะขนาดของพื้นที่ทำกิน และไม่ได้พิจารณาปัจจัยสำคัญที่กำหนดผลิตภาพในภาคเกษตร งานศึกษารุ่นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และคาดการณ์ผลกระทบของสังคมสูงวัยที่มีต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของประเทศไทย โดยทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Stochastic production frontier analysis ด้วยฟังก์ชันการผลิตแบบ Transcendental logarithmic function ด้วยข้อมูลระดับครัวเรือนเกษตร ผลการศึกษาพบว่า หากครัวเรือนเกษตรมีสัดส่วนของสมาชิกที่เป็นเกษตรกรผู้สูงวัยต่อแรงงานเกษตรกรทั้งหมดเพิ่มขึ้น 0.01 ส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมลดลงร้อยละ 0.0367 ทั้งนี้คาดการณ์ว่าในปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2572/2573 การเข้าสู่สังคมสูงวัยในระดับที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรลดลงร้อยละ 0.88 เมื่อเปรียบเทียบกับปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2558/2559

นอกจากนั้นการศึกษารุ่นนี้ยังพบประเด็นที่น่าสนใจหลายประการ เช่น การศึกษาของสมาชิกครัวเรือนเกษตร สัดส่วนของรายได้นอกภาคเกษตร การเข้าถึงชลประทาน และการเป็นสมาชิกสถาบันเกษตรกร มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการยกระดับผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตร ขณะที่การแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดส่งผลเชิงลบอย่างมากต่อผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวม ทั้งนี้ขนาดของผลกระทบของแต่ละปัจจัยมีความแตกต่างกันไปในแต่ละครัวเรือนซึ่งมีขนาดของพื้นที่ทำกิน

ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการจะจัดสรรงบประมาณเพื่อพัฒนาผลิตภาพปัจจัยการผลิตรวมในภาคเกษตรของรัฐบาล จึงควรลำดับความสำคัญโดยคำนึงถึงขนาดของพื้นที่ทำกินร่วมด้วย

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย 8 ประการ ได้แก่ 1) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และกระทรวงศึกษาธิการ ควรร่วมกันผลักดันมาตรการจูงใจให้แรงงานรุ่นใหม่ที่มีศักยภาพเข้าสู่ภาคเกษตรมากขึ้น เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรสูงวัยให้เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีดิจิทัล และส่งผ่านประสบการณ์จากเกษตรกรสูงวัยสู่เกษตรกรรุ่นใหม่ 2) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม และกระทรวงการคลัง ควรร่วมกับสภาหอการค้าแห่งประเทศไทยและสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ส่งเสริมและสนับสนุนตลาดเช่าบริการเครื่องจักรกลการเกษตรและเทคโนโลยีสมัยใหม่ให้ทั่วถึงทุกพื้นที่ เพื่อให้ครัวเรือนเกษตรซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยสามารถเข้าถึงเครื่องจักรกลการเกษตร และเทคโนโลยีสมัยใหม่ได้ในราคาที่สมเหตุสมผล และยังช่วยอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรสูงวัยได้อีกด้วย 3) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม และกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ควรส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลพร้อมระบบเตือนภัยล่วงหน้าที่มีความแม่นยำสูงและเข้าถึงได้ง่าย เพื่อให้เกษตรกรสามารถรับมือกับความแปรปรวนของสภาพอากาศได้อย่างทันการณ์ 4) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์และสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ควรส่งเสริมการเข้าถึงระบบชลประทานของครัวเรือนเกษตร 5) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และกระทรวงศึกษาธิการ ควรร่วมกันส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยเฉพาะกับกลุ่มเกษตรกรสูงวัยที่มีการศึกษาน้อย โดยพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายให้สอดคล้องกับศักยภาพ

ของเกษตรกร 6) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ควรร่วมมือกับสถาบันการศึกษาด้านการเกษตรในพื้นที่ ส่งเสริมและสนับสนุนการทำเกษตรหลากหลายและเกษตรหมุนเวียน และลดการทำเกษตรเชิงเดี่ยว ผ่านการสนับสนุนเงินช่วยเหลือแบบมีเงื่อนไขพร้อมให้ความรู้กับเกษตรกร 7) กระทรวงแรงงาน ควรส่งเสริมอาชีพเสริมให้กับครัวเรือนเกษตรกรเพื่อให้มีรายได้นอกภาคเกษตรเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกับครัวเรือนที่มีที่ดินทำกินขนาดเล็กและขนาดกลาง และ 8) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ควรส่งเสริมให้เกษตรกรเข้าร่วมเป็นสมาชิกของสถาบันเกษตรกร โดยเฉพาะกลุ่ม ธ.ก.ส. พร้อมส่งเสริมความเข้มแข็งของสถาบันเกษตรกร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Aigner, D., C.A.K. Lovell and P. Schmidt. 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics** 6(1): 21-37.

Attavanich, W., S. Chantararat, J. Chenphuengpawin and B. Sa-ngimnet. 2019. **Microscopic view of Thailand's agriculture through the lens of farmer registration and census data.** [Online]. Available <https://www.pier.or.th/abridged/2018/09/> (September 15, 2021).

Chen, S. and B. Gong. 2021. Response and adaptation of agriculture to climate change: evidence from China. **Journal of Development Economics** 148(C). [Online]. Available <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304387820301322> (September 17, 2021).

Duangbootsri, O., T. Stimanon, M. Stimanon, C. Chantar and P. Jitchumnong. 2020. **The impacts of aging society on farm households agricultural production and inequalities in rural Thailand.** [Online]. Available https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php/BKN_ECO/search_detail/result/401340 (September 17, 2021). [in Thai]

Jondrow, J., C.A.K. Lovell, I.S. Materov and P. Schmidt. 1982. On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. **Journal of Econometrics** 19(2-3): 233-238.

Ministry of Commerce. 2023. **The structure of Thai exports.** [Online]. Available <https://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=ExportStructure&Lang=Th> (March 1, 2023).

National Statistical Office. 2021. **Key statistical data.** [Online]. Available <http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/index.aspx> (September 16, 2021).

- _____. 2022. **2022 labor force survey (3rd Quarter)**. [Online]. Available <http://www.nso.go.th/sites/2014/Pages/สำรวจด้านสังคม/แรงงาน/ภาวะการทำงานของประชากร.aspx> (March 1, 2023).
- Palmer, C.J. 2011. Interpretation of β in log-linear models. [Online]. Available https://faculty.haas.berkeley.edu/palmer/beta_in_log-linear_regression.pdf (October 4, 2021).
- Suphannachart, W. 2013. Total factor productivity of main and second rice production in Thailand. **Applied Economics Journal** 20(1): 1-22.
- United States Department of Agriculture. 2022. **International agricultural productivity**. [Online]. Available <https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/> (January 3, 2023).

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 เรื่องที่จะตีพิมพ์ในวารสาร นอกจากบทความวิจัยแล้ว บทความทางวิชาการอื่น ๆ ที่เป็นการแสดงความคิดใหม่ หรือสมมุติฐานใหม่ที่มีหลักฐานอ้างอิง หรือเป็นการแสดงความคิดเห็นอย่างกว้างขวางหรือลึกซึ้งในสาขาวิชาการใดสาขาวิชาการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร หรือเป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ที่มีสิทธิ์ได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับบทความนั้น 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 แต่ให้เสนอในรูปของตาราง และรูปภาพโดยสรุปหลังจากวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว ทั้งนี้ คำอธิบายและรายละเอียดต่าง ๆ ของตารางและรูปภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยมีความชัดเจน กระชับ 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** รายชื่อเอกสารที่ใช้เป็นหลักในการค้นคว้าวิจัยและมีการอ้างอิงในเนื้อหา 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 ทำความเสียหายได้กับข้าวไร่และข้าวป่าต่างๆ.....”

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. Emulsions. pp. 153-185. In Hall, G.M. (ed.). **Methods of Testing Protein Functionality.** London: Chapman & Hall.

Jacober, L.F. and A.G. Rand. 1982. Biochemical of Seafood. pp. 347-365. In Martin, R.E., G.J. Flick, C.E. Hebard and D.R. Ward (eds.). **Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products.** Westport: AVI Inc.

2.3 หนังสือที่มีผู้รับผิดชอบในหน้าที่เป็นผู้รวบรวม ผู้เรียบเรียง หรือบรรณาธิการ

ชื่อผู้รับผิดชอบ./ (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): เลขที่หน้าที่ย่อ.

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): เลขที่หน้าที่ย่อ.

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. Olf. 2015. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. **European Journal of Agronomy** 69: 41-51. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.06.001> (March 20, 2020)

4. แหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

ผู้แต่งหรือผู้รับผิดชอบ./ปีที่บันทึกข้อมูล./ชื่อเรื่อง./[ระบบออนไลน์]./แหล่งที่มา/ระบุแหล่งการติดต่อเครือข่าย หรือการถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล ชื่อแฟ้มข้อมูล/(เดือน/วันที่/ปี ที่ค้นข้อมูล).

Maythyanon, T., N. Piriyaungroj and S. Soponarit. 2004. Novel vortex-fluidized bed combustor with two combustion chambers for rice-husk fuel. **SJST** 26(6): 875-893. [Online]. Available <http://www2.psu.ac.th/PresidentOffice/EduService/Journal/Firstpage.htm> (September 22, 2005). [in Thai]

National Economic and Social Development Board (NESDB). 2001. **Input-output tables of Thailand**. [Online]. Available <http://www.nesdb.go.th> (August 8, 2001).

Singh, M. and R.P. Singh. 2001. **Siderophore producing bacteria-as potential biocontrol agents of mushroom disease**. [Online]. Available <http://www.uio.no/conferences/June2000.htm#Samuels> (July 3, 2001).

Guide for Authors

Manuscripts submitted for publication should be of high academic merit and are accepted on condition that they are contributed solely to the Journal of Agricultural Research and Extension. Manuscripts, parts of which have been previously published in conference proceedings, may be accepted if they contain additional material not previously published and not currently under consideration for publication elsewhere.

Submission of a multi-authored manuscript implies the consent of all the participating authors. All manuscripts considered for publication will be peer-reviewed by at least 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://tc-thaijo.org/index.php/MJUN/index>

การส่งต้นฉบับ การตรวจสอบเบื้องต้น และการแก้ไข

1) ส่งไฟล์ต้นฉบับ ให้มีรายละเอียดครบตรงตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ และส่งพร้อมใบลงทะเบียนวารสาร โดยส่งผ่านระบบ ThaiJo ของวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร หรือลิ้งค์ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/MJUN/index> เท่านั้น

2) กองบรรณาธิการจะพิจารณาบทความเบื้องต้น 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/MJUN/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. Piyannuch Niamsup Asst. Prof. Teerapong Sawangpanyangkura	Chiang Mai University Chiang Mai University Chiang Mai University Chiang Mai University Kasetsart University Kasetsart University Khon Kaen University Srinakharinrajwong University Maejo University Chiang Mai University Chiang Mai University Chiang Mai University Khon Kaen University Naresuan University Naresuan University Maejo University Maejo University Maejo University Maejo University Maejo University Chiang Mai University Maejo University Maejo University
Operation committee:	Mrs. Thipsuda Pookmanee Ms. 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. 40 No. 2 May – August 2023

ISSN 2985-0118 (Online)

Effect of Seed Size on Germination and Seedling Growth of Arabica Coffee <i>Coffea arabica</i> L. Teeranon Pasutham, Witchaphart Sungpalee, Nednapa Insalud, Chuthamat Atnaseo, Sutteera Hermhuk Jakkrapong Kangsopa and Krissana Thongsri.....	1-11
Iron and Zinc Biofortification of Hydroponic Lettuce Hutthaya Khongsuk, Ashara Pengnoo and Chutharmard Kaewmano.....	12-23
Roles of Plant Growth Promoting Bacteria on Plant Growth under Drought Stress Khanitta Somtrakoon and Waraporn Chouychai.....	24-36
Evaluation of Total Phenolic, Flavonoid and Anthocyanin Contents in Black Glutinous Rice Seedling Hathairat Aunkaew, Narin Taokaenchan, Koblap Areesrisom, Vikanda Maifaey and Pawinee Areesrisom.....	37-46
Evaluating Biodiversity of <i>Bridelia ovata</i> by Using Morphological Characteristic and ISSR Marker Nunchaya Patpeeriya, Parichat Dittakit, Buntarika Nuntha and Phichet Bunyat.....	47-57
Effect of Coating from Passion Fruit Peel and Fish scale on Shelf Life of Strawberries Siwadol Chaemchamrat, Siriploy Yod-arj, Siriporn Phokanap and Nootjaree Singpan.....	58-70
Beef Cattle Raising Situation of Farmers in Phonxay District Luang Prabang Province, Lao People Democratic Republic (Laos PDR) Thanousinh Kandee, Phahol Sakkatat, Kangsadan Kanokhong and Saisakul Fongmul.....	71-80
Genetic Polymorphisms of Chicken Growth Hormone (cGH) Gene in Dang Surat Chicken at PhunPhin District, Suratthani Province Jirawat Mala, Sarintip Sooksai and Pitchayanipa Phongphanich.....	81-90
Effect of Live Feed and Light Influence on Survival Rate of Phyllosoma Larva of Mud Spiny Lobster (<i>Panulirus polyphagus</i> Herbst, 1793) Thanakorn Yamphan, Sorawit Prakobwaithayakit, Anurat Sookdara and Wasana Arkronrat.....	91-102
Effect of Calcium on Coagulation and Precipitation in Extracted Sugarcane Juice Duangrudee Wangpoonyai, Anutin Pattamasuwan, Jackapon Sunthornvarabhas, Klanarong Sriroth and Pramuk Parakulsuksatid.....	103-116
Enhancing the Production of Premium Thin Brown Crepe Rubber from GAP Cup Lumps Preprame Tassanakul and Buncha Somboonsuke.....	117-129
Prediction of Teak Volume Using Sentinel-2 Satellite Imagery Data at Thong Pha Phum Plantation, Kanchanaburi Province Weeraphart Khunrattanasiri and Yutthana Thoenglom.....	130-145
Process and Conditions for Success in Farmer Development as Smart Farmers in Nakhon Pathom Province Panwipa Chokpignonthong and Nopporn Chantaranamchoo.....	146-157
Perception and Decision Making on Choosing Factors for Crops Growing Selection Using Agri-map of Farmers Ulok Subdistrict, Lamduans District, Surin Province Petcharat Promatar, Nitipat Pattanachatchai, Tortrakul Meadnok, Nundha Sompem and Suwunnee Sumhirun.....	158-171
Farmers' Opinions towards the Interdependency of their Community in Small Scale Irrigation System, Chiang Mai Juthathip Chalermphol, Pattarasuda Joblaew and Ruth Sirisunyaluek.....	172-183
Factors Related to Attitude towards Food Security Creating at the Household Level of Farmers in Kham District, Xiengkoung Province, Lao People's Democratic Republic Khantavanh Phlasaboud, Phutthisun Kruekum, Saisakul Fongmul and Piya Palapanya.....	184-194
Application of Activity-based Costing Data in the Production Process of the Cape Gooseberry to Determine the Break-even Point and to Develop the Guidelines for Kae Noi Royal Project Cooperative Members' Sustainable Wilaiporn Chaiyo, Wipawee Srika, Kamolthip Kamchai, Kajornathapol Pongwirithon and Sakollawat Sawetrattanakul.....	195-209
Marketing Communications and Brand Strategy Development to Promote Environmentally Friendly Agricultural Products to Consumers Bu-nga Chaisuwan.....	210-223
The Identity of Ban Wang Sai Community for Tourism Development in Thung Song District, Nakhon Si Thammarat Province Rattana Unjan, Jareporn Phetchit, Sathit Buakhao and Napassawan Liamnimitr.....	224-235
The Impacts of Aging Society on the Agricultural Total Factor Productivity of Thailand Natakarn Boonarsa and Witsanu Attavanich.....	236-253

AGRI. RESEARCH
& EXTENSION
JOURNAL