วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2568
Vol.20 No.1 January-June 2025
ISSN 2985-2986 (Online)

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2568)

ISSN 2985 - 2986 (Online)

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000 โทรศัพท์ 06 1269 2552

กำหนดการตีพิมพ์

วารสารราย 6 เดือน (2 ฉบับ/ปี)

- ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน
- ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม

วัตถุประสงค์

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการที่ให้ความสำคัญในด้านการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงพื้นที่ทุกระดับ โดยผลการวิจัยนั้นต้องสามารถแสดงให้เห็นถึงการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริงในพื้นที่ สามารถขยายผลความสำเร็จไปยังพื้นที่อื่น หรือให้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ ซึ่งมีขอบเขตดังนี้

1. การจัดการเพื่อการพัฒนา
2. สุขภาวะชุมชน
3. เกษตรและอาหารเพื่อชุมชน
4. ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
5. การจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมชุมชน

Academic Journal Uttaradit Rajabhat University

Vol. 20 No. 1 (January - June 2023)

ISSN 2985 - 2986 (Online)

Owner

Uttaradit Rajabhat University

27 Injaime Rd. Ta-it Subdistrict, Muang Uttaradit District, Uttaradit Province, 53000 Telephone 06 1269 2552

Publishing Schedule

Six monthly (2 issues/year)

- 1st issue January - June
- 2nd issue July - December

Objectives

The Academic Journal of Uttaradit Rajabhat University has its objectives to publish and present research articles and academic articles with an emphasis on the work of solving area-based problems. the outcome of a research should demonstrate the utilization within a particular area, and expand the achievement to other areas, or provide recommendations for area-based development within the following topics.

1. Management for development
2. Community Health
3. Agriculture and food for community
4. Natural resources and environment
5. Technology and innovation management for community

บทบรรณาธิการ

สวัสดีครับ ผมในฐานะบรรณาธิการวารสารฯ มีข่าวดีแจ้งให้กับเจ้าของบทความและผู้อ่านทุกท่านทราบว่า วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ได้รับการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 5 ให้อยู่ในฐาน 1 โดยรับรองวารสารเป็นเวลา 5 ปี ระหว่าง พ.ศ.2568 - 2572 ส่วนหนึ่งก็เนื่องมาจากผู้แต่งที่ส่งบทความดีๆ มาเผยแพร่ยังวารสารฯ รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์อ่านและพิจารณาบทความอย่างเข้มข้น จนได้ผลงานดีๆ เพื่อเผยแพร่ อย่างไรก็ตามทางวารสารฯ ยังคงมุ่งมั่นรักษาคุณภาพของวารสารฯ ต่อไป และยังคงมุ่งเน้นบทความที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงเชิงพื้นที่เพื่อนำผลความสำเร็จไปขยายยังพื้นที่อื่น นอกจากนี้วารสารฯ ฉบับนี้ยังเป็นฉบับแรกที่ได้เพิ่มบทความเป็น 12 บทความ ซึ่งล้วนน่าสนใจดังนี้

1. การพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานสำหรับผู้ประกอบการมะขามหวาน
2. ระบบเหมืองฝายเมืองคอง: ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการจัดการน้ำอย่างยั่งยืนของชุมชนเกษตรกรรม ในแอ่งที่ราบ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
3. การศึกษาศักยภาพและประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระดับชุมชน
4. ปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนด้านเทคโนโลยีและการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่
5. การพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลผลิตในการผลิตมะขามหวานในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์
6. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว
7. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด เพื่อการควบคุมและป้องกันโรคเต้านมอักเสบในโคนม
8. APPLICATION OF FUZZY C-MEANS CLUSTERING ALGORITHM FOR SPATIAL STRATIFIED HETEROGENEITY OF INNOVATION CAPABILITY OF NATIONAL HIGH-TECH ZONES IN CHINA
9. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประจำท้องถิ่นชุมชนเกาะสีชัง อำเภอเกาะสีชังจังหวัดชลบุรี
10. การพัฒนาระบบการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันของคนสามวัย โดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย
11. การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสสำหรับพื้นที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี
12. ASSESSING DROUGHT-PRONE AREAS IN NON-IRRIGATED AREAS USING WATER ACCOUNTING AND THE WEAP MODEL

สุดท้ายวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ต้องของขอบคุณผู้อ่านและเจ้าของบทความทุกท่านที่สนใจอ่านและสนใจส่งบทความมาเผยแพร่ยังวารสารของเรา ต้องขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ด้วยความปรารถนาดี

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ พิญญาพงษ์

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิจัย

การพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานสำหรับผู้ประกอบการมะขามหวาน
ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์, อนันตกุล อินทรผดุง, ดุษณี ศุภวรรธนะกุล และ นัฐพงศ์ ส่งเนียม.....1

ระบบเหมืองฝายเมืองคอง: ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการจัดการน้ำอย่างยั่งยืนของชุมชนเกษตรกรรม ในแอ่งที่ราบ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
อัมพิกา อำลอย.....17

การศึกษาศักยภาพและประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระดับชุมชน
สุลักษณา มงคล, ชวโรจน์ ใจสิน, อัครินทร์ อินทนิเวศน์, ธงชัย มณีชูเกต, ภานุวิชญ์ พุทธรักษา ธัญลักษณ์ สันเดช และ สราวุธ พลวงษ์ศรี.....31

ปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนด้านเทคโนโลยีและการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่
วรรณิศา ทิพย์ปัญญาไชย, วสุ สุวรรณวิหค และ พัชรี ผาสุข.....45

การพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลผลิตในการผลิตมะขามหวานในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์
นันทนา บุญสนอง และ สุภชัย วรรณมณี.....59

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว
รัตนากร แสนทำพล และ ธรรมศาสตร์ จันทรัตน์.....70

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด เพื่อการควบคุมและป้องกันโรคเต้านมอักเสบในโคนม
ทิพย์วดี ประไพวงษ์, วิวัฒน์ วรามิตร, สุจิตรา ทิพย์ศรีราช, สรัลรัตน์ พ่วงบริสุทธิ์ และ ปรัชญา ประไพวงษ์.....85

APPLICATION OF FUZZY C-MEANS CLUSTERING ALGORITHM FOR SPATIAL STRATIFIED HETEROGENEITY OF INNOVATION CAPABILITY OF NATIONAL HIGH-TECH ZONES IN CHINA
Chenqing Su, Noppadol Amdee and Adisak Sangsongfa.....103

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประจำท้องถิ่นชุมชนเกาะสีชัง อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี
สุจารีย์ หิรัญศิริวัฒน์, นภนัย ปานเอี่ยม, อรวรรณ คล้ายสังข์, รมิตา ศรัทธาทิพย์กุล, วรอนงค์ พฤกษากิจ และ ทิพย์ลักษณ์ โกมลวณิช **117**

การพัฒนาระบบการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันของคนสามวัย โดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย
เผด็จการ กันแจ่ม, สุนีย์ กันแจ่ม และ จงรัก ดวงทอง **132**

การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสสำหรับพื้นที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี
ปณิธี สุวรรณอมรเลิศ และ ถกลรัตน์ ทักษิมา **143**

ASSESSING DROUGHT-PRONE AREAS IN NON-IRRIGATED AREAS USING WATER ACCOUNTING AND THE WEAP MODEL
Preeyaphorn Kosa and Thanutch Sukwimolseree **156**

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความส่งตีพิมพ์วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ **171**

1

การพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานสำหรับผู้ประกอบการมะขามหวาน

วันที่รับ : 16 กรกฎาคม 2567
วันที่แก้ไข : 12 พฤศจิกายน 2567
วันที่ตอบรับ : 13 พฤศจิกายน 2567

ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์[1*], อนันตกุล อินทรผดุง[1],
ดุษณี ศุภวรรธนะกุล[1] และ นัฐพงศ์ ส่งเนียม[2]
[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
กรุงเทพฯ
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพฯ
*Corresponding author e-mail: Seksunsek@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบ ทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน และศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานสำหรับผู้ประกอบการมะขามหวาน วิธีดำเนินการวิจัย เลือกใช้ข้อกำหนดคุณลักษณะทางวิศวกรรมที่ผ่านการสังเคราะห์ความต้องการด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพร่วมกับหลักทางการยศาสตร์ ออกแบบแบบร่างต้นแบบ สร้างต้นแบบ ทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ศึกษาค่าการใช้พลังงาน และศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน กำหนดความเร็วสายพานลำเลียงฝัก 0.82 เมตร/วินาที เวลาในการประมวลผลการคัดขนาดฝักมะขาม 230 มิลลิวินาที เวลาในการประมวลผลการแยกฝักมะขาม 40 มิลลิวินาที ใช้มะขามลักษณะฝักตรงพันธุ์ศรีชมภู และลักษณะฝักโค้งพันธุ์สีทอง คัดแยกขนาดฝัก 2 ขนาด แบ่งเป็น ฝักยาว และฝักสั้น ตามข้อกำหนด ใช้เซ็นเซอร์แบบอินฟราเรดสำหรับตรวจจับขนาดความยาวฝัก ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 สำหรับคัดขนาดฝักตรงพันธุ์ศรีชมภู 75 มิลลิเมตร ฝักโค้งพันธุ์สีทอง 90 มิลลิเมตร ประมวลผลสั่งการด้วย Arduino รุ่น Uno R3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่า การคัดแยกมะขามหวานลักษณะฝักตรง แบ่งเป็น ฝักยาว 153 ฝัก ฝักสั้น 191 ฝัก ใช้เวลาเฉลี่ย 2.65 นาที ปริมาณในคัดแยกได้ตามขนาดเฉลี่ย ฝักยาว 150.00 ฝัก ฝักสั้น 160.33 ฝัก ความแม่นยำในการคัดแยกฝักยาวเฉลี่ยร้อยละ 98.04 ฝักสั้นร้อยละ 83.94 ความเสียหายของฝักมะขามหลังการคัดแยกเฉลี่ย 7.33 ฝัก คิดเป็นร้อยละ 2.13 การคัดแยกมะขามหวานลักษณะฝักโค้ง แบ่งเป็น ฝักยาว 115 ฝัก ฝักสั้น 110 ฝัก ใช้เวลาเฉลี่ย 2.41 นาที ปริมาณการคัดแยกได้ตามขนาดเฉลี่ย ฝักยาว 110.33 ฝัก ฝักสั้น 94.33 ฝัก ความแม่นยำในการคัดแยกฝักยาวเฉลี่ยร้อยละ 95.94 ฝักสั้นร้อยละ 85.76 ความเสียหายของฝักมะขามหลังการคัดแยกเฉลี่ย 6.67 ฝัก คิดเป็นร้อยละ 2.96 การใช้พลังงานไฟฟ้า 0.81 หน่วย/ชั่วโมง ค่าไฟฟ้า 3.18 บาท/ชั่วโมง ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง 72.96 บาท/ชั่วโมง จุดคุ้มทุน 1,589 ชั่วโมง/ปี ระยะเวลาในการคืนทุน 0.02 ปี ผลการวิจัยจะเป็นแนวทางในการช่วยลดปัญหาคุณภาพในการคัดแยกมะขามและการมีมะขามเกรดอื่นปะปนมา ช่วยลดเวลาในการทำงานและลดต้นทุนค่าจ้าง

คำสำคัญ: เครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน, ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

THE DEVELOPMENT OF A SWEET TAMARIND POD SORTING MACHINE PROTOTYPE FOR SWEET TAMARIND ENTREPRENEURS

Received : July 16, 2024
Revised : November 12, 2024
Accepted : November 13, 2024

Saksirichai Srisawad[1*], Anantakul Intarapadung[1], Dusanee Supawantanakul[1] and Nattapong Songneam[2]
[1]Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, Thailand
[2]Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, Thailand
*Corresponding author e-mail: Seksunsek@pcru.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to develop a prototype, evaluate its operational efficiency, and conduct an economic feasibility of sweet tamarind pod sorting machine prototype for tamarind entrepreneurs. The research methodology employed the engineering specifications synthesized from users' requirements using the Quality Function Deployment (QFD) technique together with ergonomic principles. The process involved designing a prototype blueprint, building the prototype, testing its performance, analyzing energy consumption, and assessing its economic viability. The prototype of sorting machine operated with a conveyor belt speed of 0.82 meters per second. The processing time for tamarind pod size classification was 230 milliseconds, while the processing time for pod sorting was 40 milliseconds. The system was designed to sort straight tamarind pods of the "Sri Chompoo" variety and curved pods of the "Sri Thong" variety into two size categories of long and short pods, as specified. An infrared sensor was used to detect pod length, with the sensor distances set at 75 millimeters for straight pods of the Sri Chompoo variety and 90 millimeters for curved pods of the Sri Thong variety. The system was controlled by an Arduino Uno R3. The performance test results indicated that for sorting straight tamarind pods, 153 long pods and 191 short pods were sorted, with an average processing time of 2.65 minutes. The average number of pods sorted by size was 150.00 long pods and 160.33 short pods. The accuracy of sorting long pods was 98.04%, while that of short pods was 83.94%. The average number of damaged pods after sorting was 7.33, accounting for 2.13%. For sorting curved tamarind pods, 115 long pods and 110 short pods were sorted, with an average processing time of 2.41 minutes. The average number of pods sorted by size was 110.33 long pods and 94.33 short pods. The accuracy of sorting long pods was 95.94%, while that of short pods was 85.76%. The average number of damaged pods after sorting was 6.67, accounting for 2.96%. The electrical energy consumption was 0.81 units per hour, with an electricity cost of 3.18 THB per hour. From an economic standpoint, the total operating cost of the machine was 72.96 THB per hour, and the break-even point was at 1,589 operating hours per year, payback period was 0.02 years. The research results offered a solution to improve tamarind sorting quality by reducing the incidence of mixed-grade tamarinds, and decreasing processing time and labor costs.

Keywords: Sweet tamarind pod sorting machine prototype, Economic feasibility

บทนำ

มะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์มีการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดเพชรบูรณ์ แบ่งประเภทของฝักออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะฝักตรง และลักษณะฝักโค้ง (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2548) จากข้อมูลมะขามหวานช่วงปี 2562 ภาพรวมระดับประเทศ ปริมาณมะขามหวาน จำนวน 79,576,776 กิโลกรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) มูลค่าการขายมะขามฝักรวมไม่แยกฝักมีมูลค่ารวมประมาณ 614,561,175 บาท เทียบมูลค่าการขายมะขามหวานที่คัดแยกฝักมีมูลค่ารวมประมาณ 887,699,475 บาท มูลค่าต่างกันจำนวน 273,138,300 บาท และข้อมูลรายงานการส่งออกมะขามไปต่างประเทศพบปัญหาด้านคุณภาพฝักมะขามสอดคล้องกับรายงานมะขามไทยในตลาดอินเดียตอนใต้ร้านค้าปลีกและค้าส่งมากกว่า 3,000 ร้าน (สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2558) พบว่า ปัญหาและอุปสรรคของการนำเข้าสินค้าจากกลุ่มผู้ปลูกมะขามหวานที่ไม่ตรงตามสั่ง คือ คุณภาพในการคัดแยกมะขามและการมีมะขามเกรดอื่นปะปนมา และรายงานจากผู้นำเข้าสินค้าผลไม้จากออสเตรเลีย สหรัฐฯ และนิวซีแลนด์ เสนอแนะว่าการส่งออกมะขามหวานของไทยควรมีการประกันคุณภาพมะขามหวานเพื่อเพิ่มความมั่นใจในการสั่งซื้อมะขามหวานจากประเทศไทยมากยิ่งขึ้น โดยข้อมูลสะท้อนกระบวนการคัดแยกฝักมะขามจำเป็นต้องที่มีคุณภาพ สอดคล้องกับการศึกษาข้อมูลในพื้นจริงวิธีการคัดแยกฝักมะขามหวานของผู้ประกอบการมะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า การคัดแยกฝักยังคงใช้แรงงานคนในการคัดด้วยมือ ไม่มีการใช้เครื่องจักร ซึ่งแรงงานคนเหล่านี้ล้วนเป็นผู้ที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์ในการคัดแยกฝักมะขาม จากการเก็บข้อมูลผู้ประกอบการมะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์ คือ วิสาหกิจชุมชนดวงทอง ตำบลห้วยโป่ง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ การคัดแยกฝักมะขามก่อนขายฝักหรือนำไปแปรรูปแล้วขาย จะคัดแยกฝัก จำนวน 2 ขนาด ตามลักษณะสายพันธุ์มะขาม เช่น มะขามพันธุ์ศรีชมภูจะมีลักษณะฝักตรง การคัดขนาดแบ่งเป็น 1) ฝักสั้น มีความยาวฝักเฉลี่ยไม่เกิน 57 มิลลิเมตร หรือประมาณ 3 ข้อ และ 2) ฝักยาว มีความยาวฝักเฉลี่ย 70 มิลลิเมตร หรือประมาณ 4 ข้อขึ้นไป ส่วนมะขามพันธุ์ศรีทองจะมีลักษณะฝักโค้ง การคัดขนาดแบ่งเป็น 1) ฝักสั้น มีความยาวฝักเฉลี่ยไม่เกิน 64 มิลลิเมตร หรือประมาณ 3 ข้อ และ 2) ฝักยาว มีความยาวฝักเฉลี่ย 76 มิลลิเมตร หรือประมาณ 4 ข้อขึ้นไป โดยมะขามสายพันธุ์ที่มีลักษณะฝักโค้งจะมีความยาวระหว่างข้อฝักมากกว่าสายพันธุ์ที่มีลักษณะฝักตรง ส่วนการคัดแยกจะใช้การตรวจพินิจด้วยสายตาทีละฝักและจับแยกออกด้วยมือ โดยการคัดแยกฝักมะขามเป็นกระบวนการสำคัญและมีความจำเป็นที่ต้องทำเพื่อการเพิ่มมูลค่าให้กับมะขามหวานส่งผลให้ราคาขายแตกต่างกัน ได้แก่ 1) ฝักสั้นราคาขายประมาณ 70 บาทต่อกิโลกรัม 2) ฝักยาวราคาขายประมาณ 100 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนฝักรวมที่ไม่ได้คัดแยกราคาขายประมาณ 70 บาทต่อกิโลกรัม จากปริมาณรับซื้อเข้า 50,000 กิโลกรัม/ปี ของวิสาหกิจชุมชนดวงทอง ค่าใช้จ่ายในการรับซื้อมะขาม 2,500,000 บาท/ปี การจ้างแรงงานคัดแยกฝักมะขามมี 2 ลักษณะ คือ 1) จ้างคัดแยกคิดเป็นกิโลกรัมละ 0.8 บาท และ 2) จ้างเหมา 600 บาท/ตัน ช่วงเวลาการรับซื้อผลผลิตช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายนของทุกปี มีความจำต้องใช้แรงงานคนจำนวนมากในการคัดแยก ทำให้ประสบกับปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการคัดแยกคัดแยกฝักมะขามไม่ทันและจากการทำงานเป็นเวลานานจะทำให้แรงงานคัดแยกมีอาการตาพร่าเบลอส่งผลให้การคัดแยกขนาดฝักมะขามเกิดปัญหาการปลอมระหว่างฝักสั้นกับฝักยาว ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานสำหรับผู้ประกอบการมะขามหวาน ประกอบด้วย การลำเลียงฝักมะขาม การจัดเรียงฝักมะขามก่อนการคัดแยก การตรวจจับขนาดฝักมะขาม ประมวลผลสั่งการตามที่ตรวจจับ แยกขนาดฝักมะขามตามที่ตรวจจับ

จากการศึกษาเทคโนโลยีการคัดแยก เช่น ใช้ตะแกรงคัดแยกฝักมะขามหวานพันธุ์สีทอง (ธีรพงษ์ ศรีจันหอม และคนอื่นๆ, 2560, น.5) พบว่ามุมเอียงของตะแกรง 3 องศา หมุนด้วยความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที

จำนวนการป้อน 3 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพในการคัดฝักดีที่สุดร้อยละ 90.63 ความสามารถในการทำงาน 260.87 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถคัดได้เร็วกว่าแรงงานคน 3 เท่า (ธเนศ อ้อมนอก และคนอื่นๆ, 2566, น.1) ใช้การคัดแยกฝักมะขามด้วยแรงงานคนครั้งละ 5 คน บนสายพานลำเลียง โดยปริมาณการคัดแยกมะขามรวม 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้เวลา 40.04 นาที อัตราการกินไฟ 34.48 บาท ข้อจำกัดคือเมื่อความเร็วของสายพานมากขึ้นทำให้คนงานไม่สามารถคัดมะขามได้ทัน เกิดอาการตาลายจนทำให้ประสิทธิภาพการคัดแยกฝักมะขามลดลง (บัณฑิต จริโมภาศ และนิติพงษ์ ใจสิน, 2549, น.282) ใช้เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพคัดแยกฝักมะขามหวานพันธุ์สีทองและศรีชมภู ตามรูปร่าง ขนาด และรอยแตก ประสิทธิภาพการคัดขนาดมะขามพันธุ์สีทองร้อยละ 89.8 ร้อยละ 10.2 ความสามารถในการทำงาน จำนวน 1,517 ฝัก/ชั่วโมง และคัดขนาดมะขามพันธุ์ศรีชมภู ร้อยละ 94.3 ร้อยละ 5.7 และความสามารถในการทำงาน จำนวน 1,491 ฝัก/ชั่วโมง ป้อนฝักมะขามทีละฝักบนสายพานลำเลียง สอดคล้องกับ (Tangwannawit & Tangwannawit, 2022, p.344) แยกคุณสมบัติเพื่อทำนายคุณภาพมะขามหวานโดยใช้การประมวลผลภาพ เสนอแนะการพัฒนาต่อโดยการใช้อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) ร่วมกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์และเชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ตและเก็บข้อมูลลักษณะการวางฝักมะขามบนสายพาน ความเร็วการเคลื่อนที่ของฝักมะขามและระยะห่างระหว่างฝักมะขามบนสายพานลำเลียง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละเทคโนโลยีในแง่มุมของกำลังการผลิตใช้ตะแกรงคัดแยกฝักได้ปริมาณแตกต่างกับใช้สายพานลำเลียงฝักไม่มาก แต่หลักการคัดแยกฝักมะขามจะพิจารณาจากความยาวฝักหรือจำนวนข้อมิใช่ขนาดความโตของฝักมะขาม ในด้านความซับซ้อนของกลไกและการควบคุมความแม่นยำในการคัดแยก ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการคัดแยก จะเป็นการใช้เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพซึ่งถ้าใช้อุปกรณ์ที่มีสมรรถนะสูงจะมีราคาสูงซึ่งมาพร้อมกับการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญไม่เหมาะสมกับผู้ใช้งาน และผู้ประกอบการมะขามหวานในพื้นที่ต้องการได้เทคโนโลยีที่ง่าย ราคาไม่สูงการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงง่ายสามารถทำได้เอง สอดคล้องกับ (ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์ และคนอื่นๆ, 2565, น.408) ได้แปลงความต้องการของผู้ประกอบการมะขามหวานเป็นข้อกำหนดการออกแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ พบว่าข้อกำหนดคุณลักษณะทางวิศวกรรม เรียงจากมากสุดไปน้อยสุดได้แก่ (1) อุปกรณ์การตรวจจับขนาดฝักมะขาม (2) ค่าการคัดฝักมะขามที่ยอมรับได้ (3) อุปกรณ์การแยกขนาดฝักมะขามตามที่ตรวจจับ (4) ค่าปริมาณฝักมะขามหลังการคัดแยกที่ยอมรับได้ (5) ค่าการแยกฝักมะขามที่ยอมรับได้ (6) อุปกรณ์ประมวลผลสั่งการตามที่ตรวจจับ (7) อุปกรณ์ลำเลียงฝัก (8) อุปกรณ์สำหรับการจัดเรียงฝักมะขามก่อนการคัดแยกฝัก (9) อุปกรณ์ปรับแต่งความเร็วของการลำเลียงฝักมะขาม และ (10) ค่าความเสียหายที่ยอมรับได้

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงนำเสนอการพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานสำหรับผู้ประกอบการมะขามหวาน โดยใช้การลำเลียงฝักมะขามด้วยสายพานลำเลียง มีการจัดเรียงฝักมะขามก่อนการคัดแยก การตรวจจับขนาดความยาวฝักมะขามด้วยเซนเซอร์ การประมวลผลสั่งการตามที่ตรวจจับใช้อาดูโน่ แยกขนาดฝักมะขามตามที่ตรวจจับใช้นิวเมติกส์ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดหาซื้อง่ายในท้องตลาดราคาไม่สูง เพื่อเป็นทางเลือกในการปรับใช้เพื่อลดปัญหาด้านแรงงานคัดแยกฝักมะขาม เพิ่มประสิทธิภาพการคัดแยกฝักมะขามสำหรับปรับลดปัญหาเรื่องคุณภาพขนาดของฝักในขั้นตอนการคัดแยกฝักมะขามของผู้ประกอบการมะขามหวาน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานสำหรับผู้ประกอบการมะขามหวาน
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน
3. เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

การพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานสำหรับผู้ประกอบการมะขามหวาน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ข้อกำหนดคุณลักษณะทางวิศวกรรมของต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน (ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์ และคนอื่นๆ, 2565, น.408) ซึ่งมีคุณลักษณะทางวิศวกรรมของต้นแบบที่เป็นข้อกำหนดในการออกแบบ ดังตาราง 1 ร่วมกับหลักทางการยศาสตร์ โดยพิจารณาจากความสูงระดับมือและระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า โดยใช้คนปฏิบัติงานกับเครื่อง จำนวน 1 คน ส่วนข้อกำหนดการคัดแยกความยาวฝักมะขามลักษณะฝักตรง พันธุ์ศรีชมภู ดังภาพ 1 และภาพ 2

ตาราง 1 คุณลักษณะทางวิศวกรรมของต้นแบบที่เป็นข้อกำหนดในการออกแบบ

ข้อกำหนดคุณลักษณะ	ค่าเป้าหมาย
1. ขนาดเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน	280 x 4,161 x 700 มิลลิเมตร
2. ขนาดอุปกรณ์สำหรับการจัดเรียงฝักมะขามก่อนการคัดแยก	25.4 x 50 x 1,120 มิลลิเมตร
3. ระยะห่างอุปกรณ์การตรวจจับขนาดฝักและอุปกรณ์การแยกฝักมะขาม	90 มิลลิเมตร
4. ความเร็วสายพานลำเลียงฝัก	0.82 เมตร/วินาที
5. เวลาในการประมวลผลการคัดขนาดฝักมะขาม	230 มิลลิวินาที
6. ค่าความแม่นยำในการคัดฝักมะขาม	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90
7. เวลาในการประมวลผลการแยกฝักมะขาม	40 มิลลิวินาที
8. ค่าความแม่นยำในการแยกฝักมะขาม	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90
9. แรงดันลงที่ใช้ในแยกฝักมะขามหวาน	5 บาร์
10. ค่าความเสียหายของฝักมะขามหลังแยก	ไม่เกินร้อยละ 5
11. ปริมาณในการคัดแยกฝักมะขาม	ไม่น้อยกว่า 60 กิโลกรัม/ชั่วโมง
12. การคัดแยกขนาดฝักมะขาม	2 ขนาด (ฝักสั้นและฝักยาว)
13. ขนาดความยาวเฉลี่ยมะขามลักษณะฝักตรงพันธุ์ศรีชมภู	
- ฝักสั้น	ต่ำกว่า 70 มิลลิเมตร
- ฝักยาว	70 มิลลิเมตร ขึ้นไป
14. ขนาดความยาวเฉลี่ยมะขามลักษณะฝักโค้งพันธุ์สีทอง	
- ฝักสั้น	ต่ำกว่า 76 มิลลิเมตร
- ฝักยาว	76 มิลลิเมตร ขึ้นไป
15. ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 สำหรับคัดขนาดฝักตรงพันธุ์ศรีชมภู	75 มิลลิเมตร
16. ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 สำหรับคัดขนาดฝักโค้งพันธุ์สีทอง	90 มิลลิเมตร

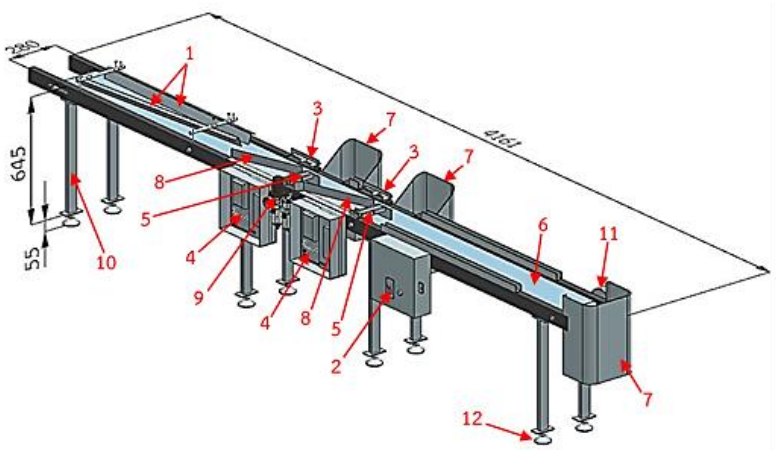
ฝักสั้นเฉลี่ยต่ำกว่า 76 มิลลิเมตร ฝักยาวเฉลี่ย 70 มิลลิเมตร ขึ้นไป

ภาพ 1 ข้อกำหนดขนาดความยาวเฉลี่ยมะขามลักษณะฝักตรง พันธุ์ศรีชมภู

ฝักสั้นเฉลี่ยต่ำกว่า 76 มิลลิเมตร ฝักยาวเฉลี่ย 76 มิลลิเมตร ขึ้นไป

ภาพ 2 ข้อกำหนดขนาดความยาวเฉลี่ยมะขามลักษณะฝักโค้ง พันธุ์สีทอง

2. การออกแบบแบบร่างต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขาม มีขนาด 280 x 4,161 x 700 มิลลิเมตร ดังภาพ 3 ตามข้อกำหนด ได้แก่ หมายเลข 1 อุปกรณ์สำหรับการจัดเรียงฝักมะขามก่อนการคัดแยก หมายเลข 2 อุปกรณ์ปรับแต่งความเร็วของการลำเลียงฝักมะขาม หมายเลข 3 อุปกรณ์การตรวจจับขนาดฝักมะขาม หมายเลข 4 อุปกรณ์ประมวลผลสั่งการตามที่ตรวจจับ หมายเลข 5 อุปกรณ์การแยกขนาดฝักมะขามตามที่ตรวจจับ หมายเลข 6 อุปกรณ์ลำเลียงฝัก หมายเลข 7 ช่องทางออกฝักมะขาม หมายเลข 8 อุปกรณ์กันฝักมะขาม หมายเลข 9 อุปกรณ์ควบคุมแรงดันลม หมายเลข 10 โครงสร้างเครื่อง หมายเลข 11 มอเตอร์ และหมายเลข 12 ขาปรับระดับฐานเครื่อง



ภาพ 3 แบบร่างต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน

3. การสร้างต้นแบบตามแบบร่างต้นแบบที่ได้ออกแบบไว้ ดังภาพ 3 และมีรายการชิ้นส่วนอุปกรณ์ประกอบต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน ดังตาราง 2 โดยหลักการทำงานจะทำการป้อนฝักมะขามที่อยู่บนโต๊ะใส่ฝักมะขามหวานลงบนสายพานลำเลียงฝักมะขาม ดังภาพ 6 โดยฝักมะขามจะเลื่อนผ่านอุปกรณ์สำหรับการจัดเรียงฝักมะขามก่อนการคัดแยกฝักจะถูกปรับทิศทางให้หันไปทางเดียวกันเพื่ออยู่ในแนวการตรวจจับขนาดฝักซึ่งเป็นชุดเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบอินฟราเรด ดังภาพ 7 โดยเงื่อนไข

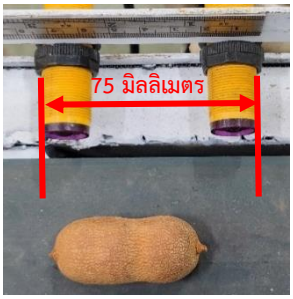
3.1 ฝักมะขามที่มีความยาวสามารถบังแสงเลเซอร์ของเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 พร้อมกัน “Yes” อุปกรณ์ประมวลผล Arduino จะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์การแยกขนาดฝักมะขามเพื่อแยกฝักลงช่องทางออกฝักมะขามบริเวณด้านข้างของตัวเครื่อง ดังภาพ 4 และภาพ 5

3.2 ฝักมะขามที่มีความยาวที่ไม่สามารถบังแสงเลเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ได้พร้อมกัน “No” อุปกรณ์ประมวลผล Arduino จะไม่ส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์การแยกขนาดฝัก ฝักมะขามจะเลื่อนผ่านไปลงช่องทางออกฝักมะขามบริเวณด้านปลายของตัวเครื่อง ดังภาพ 4 และภาพ 5

ตาราง 2 รายการชิ้นส่วนอุปกรณ์ประกอบต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน

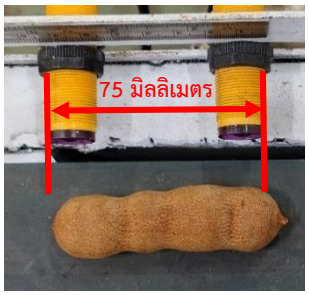
หมายเลข	รายการชิ้นส่วนอุปกรณ์ประกอบแบบร่าง
1	อุปกรณ์สำหรับการจัดเรียงฝักมะขามก่อนการคัดแยก เป็นแผ่นสเตนเลสพับมุมฉาก ขนาด 25.4x50x1,120 มิลลิเมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น
2	อุปกรณ์ปรับแต่งความเร็วของการลำเลียงฝักมะขาม ประกอบด้วย Switching Power Supply ขนาด 24 โวลต์ 750 วัตต์ 30 แอมป์ จำนวน 1 ตัว Speed Control PWM จำนวน 1 ตัว ย่านการปรับ 0-100 เซฟตี้เบรกเกอร์ 20 แอมป์ จำนวน 1 ไพล็อตแลม จำนวน 1 ตัว หม้อแปลงสวิทชิ่ง 24 โวลต์ 10 แอมป์ จำนวน 1 ตัว ตู้ไฟพลาสติก จำนวน 1 ใบ
3	อุปกรณ์การตรวจจับขนาดฝักมะขามเป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบอินฟราเรด Photoelectric Sensor DC6-36V 100mA ระยะตรวจจับ 3-80 เซนติเมตร จำนวน 4 ตัว
4	อุปกรณ์ประมวลผลสั่งการตามที่ตรวจจับ ประกอบด้วย ชุด Arduino รุ่น Uno R3 จำนวน 2 ชุด หน้าจอ LCD 1602 จำนวน 2 ตัว เซฟตี้เบรกเกอร์ 20 แอมป์ จำนวน 2 ตัว หม้อแปลงสวิทชิ่ง จำนวน 2 ตัว
5	อุปกรณ์การแยกขนาดฝักมะขามตามที่ตรวจจับ ประกอบด้วย โซลินอยด์วาล์ว รุ่น 4V110-06 Pressure 0.15~0.8 MPa ขนาด 1/8 inch จำนวน 2 ตัว กระบอกสูบแกนคู่ แรงกดดันจากงาน 1-9.0 Kgf/cm² จำนวน 2 ตัว
6	อุปกรณ์ลำเลียงฝัก เป็นสายพานลำเลียงพีวีซี ขนาด Ø4,000 x 200 x 3 มิลลิเมตร จำนวน 1 เส้น
7	ช่องทางออกฝักมะขาม จำนวน 3 ช่อง แบ่งเป็น 2 ช่อง ด้านข้างเครื่องสำหรับฝักยาว และ 1 ช่อง ส่วนปลายสายพานลำเลียงสำหรับฝักสั้น
8	อุปกรณ์กันฝักมะขาม เป็นโลหะแผ่นทาสีดำตัดเอียงองศา จำนวน 2 แผ่น
9	อุปกรณ์ควบคุมแรงดันลม ประกอบด้วย ปั๊มลมออยล์ฟรี ขนาด 30 ลิตร 800W จำนวน 1 ตัว และชุดควบคุมและปรับคุณภาพลม จำนวน 1 ชุด
10	โครงเครื่องเป็นเหล็กกล่องชุบกัลวาไนซ์ ขนาด 75x38 x1.2 มิลลิเมตร 2 เส้น และ ขนาด 280x4,161x700 มิลลิเมตร จำนวน 1 เส้น
11	มอเตอร์ DC ปรับความเร็วรอบได้ รุ่น ZY1020 T8F 24VDC 500W 2500 RPM จำนวน 1 ตัว
12	ขาปรับระดับฐานเครื่อง ระยะเกลียว 15 เซนติเมตร จำนวน 12 ตัว

ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2



ฝักสั้น ต่ำกว่า 70 มิลลิเมตร

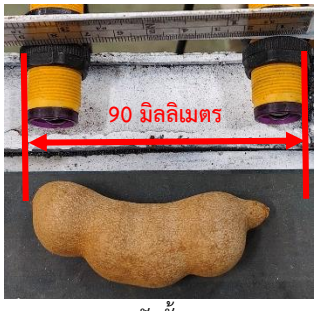
ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2



ฝักยาว 70 มิลลิเมตร ขึ้นไป

ภาพ 4 ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 สำหรับคัดฝักมะขามลักษณะฝักตรง “พันธุ์ศรีชมภู”

ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2



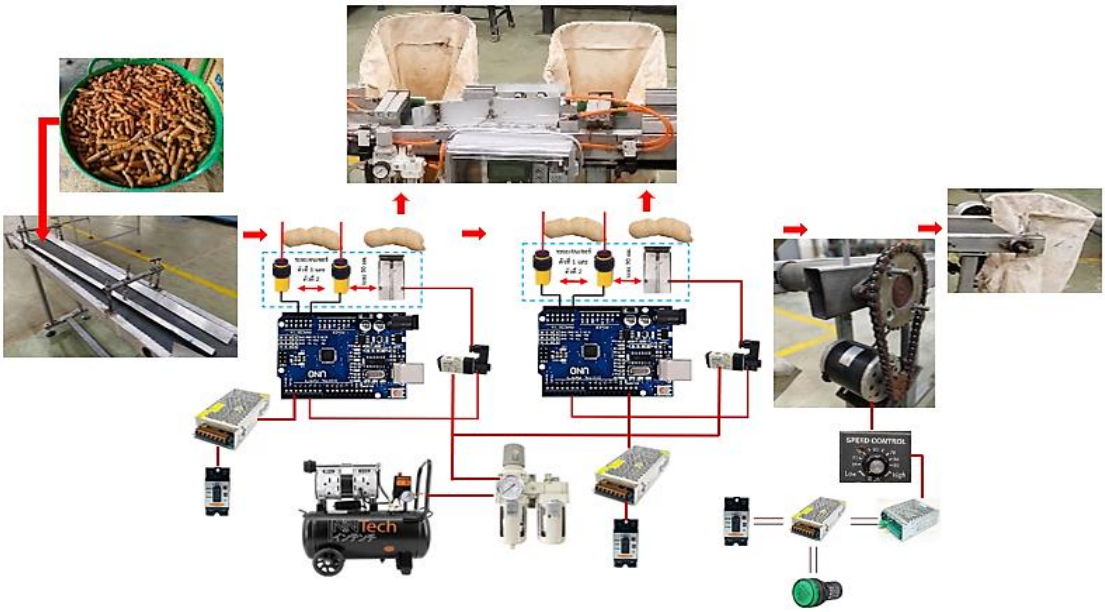
ฝักสั้น

ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2

ฝักยาว

ภาพ 5 ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 สำหรับคัดฝักมะขามลักษณะฝักโค้ง “พันธุ์สีทอง”

ภาพ 6 ต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน



ภาพ 7 แผนผังส่วนประกอบต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขาม

4. ทำการทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน วัตถุดิบที่ใช้ทดสอบเป็นมะขามหวาน 2 สายพันธุ์ ซึ่งลักษณะเด่นประจำสายพันธุ์มะขาม “พันธุ์ศรีชมภู” จะมีลักษณะฝักตรง ขนาดความโตฝักและช่วงความยาวข้อฝักจะเล็กและสั้นกว่า “พันธุ์สีทอง” จะมีลักษณะฝักโค้ง ขนาดความโตฝักและช่วงความยาวข้อฝักจะใหญ่และยาวกว่า เมื่อเทียบกับน้ำหนักต่อกิโลกรัมจึงทำให้ขนาดฝักในการทดสอบไม่เท่ากัน ด้วยการคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการทดสอบในการวิจัยครั้งนี้กำหนดประมาณมะขามที่ใช้ทดสอบที่มะขามหวานสายพันธุ์ละ 3 กิโลกรัม ดังตาราง 3 กำหนดค่าการทดสอบ ได้แก่ ระยะห่างอุปกรณ์การตรวจจับขนาดฝักและอุปกรณ์การแยกฝักมะขาม 90 มิลลิเมตร ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 สำหรับคัดฝักมะขามลักษณะฝักตรง “พันธุ์ศรีชมภู” ที่ 75 มิลลิเมตร ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 สำหรับคัดฝักมะขามลักษณะฝักโค้ง “พันธุ์สีทอง” ที่ 75 มิลลิเมตร ความเร็วสายพานลำเลียงฝัก 0.82 เมตร/วินาที เวลาในการประมวลผลการคัดขนาดฝักมะขาม 230 มิลลิวินาที และเวลาในการประมวลผลการแยกฝักมะขาม 40 มิลลิวินาที แรงดันลงที่ใช้ในแยกฝักมะขาม 5 บาร์ จากนั้นทำการแยกทดสอบโดยใช้อุปกรณ์การเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ นาฬิกาจับเวลา เก็บรวบรวมข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูล เพื่อหาประสิทธิภาพการคัดแยกฝักมะขาม คือ ปริมาณในการคัดแยกฝักมะขาม ความแม่นยำในการคัดแยก และความเสียหายของฝักมะขามหลังการคัดแยก จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ค่าร้อยละและค่าเฉลี่ย

ตาราง 3 ปริมาณฝักมะขามที่ใช้ในการทดสอบ

มะขามหวาน ลักษณะ	ฝักยาว(ฝัก)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ฝักสั้น(ฝัก)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	น้ำหนักรวม (กิโลกรัม)
ฝักตรง	153	2	191	1	3
ฝักโค้ง	115	2	110	1	3

5. ทำการศึกษาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการวัดค่าการใช้พลังงานจริงขณะทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมด โดยใช้อุปกรณ์ ได้แก่ แคลมป์มิเตอร์ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ส่วนอัตราค่าไฟฟ้าคิดที่ หน่วยละ 3.9086 บาท อ้างอิงราคาค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ณ เดือนสิงหาคม 2567

5.1 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า หาได้จากสูตรการคำนวณได้ (Marcsolarbrother, 2023) ดังสมการที่ (1)

$$P = V \times I \quad (1)$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
V = แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
I = ปริมาณกระแสไฟฟ้า (แอมป์)

5.2 การคำนวณค่าไฟฟ้า ใช้สูตร ดังสมการที่ (2)

จำนวนหน่วยต่อวัน (ยูนิต) = (กำลังไฟฟ้า (วัตต์) x จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า ÷ 1000) x จำนวนชั่วโมงที่ใช้ใน 1 วัน (2)

6. ทำการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงาน จุดคุ้มทุน และวิเคราะห์หาระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่อง โดยต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่องเท่ากันประมาณอายุการใช้งานเท่ากับ 5 ปี และค่าเสียโอกาสของเงินทุนคิดอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 10 ราคาเครื่องจักร 45,000 บาท มูลค่าซาก 10,000 บาท ต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน 1 คน เพื่อทำงานร่วมกับเครื่อง 44 บาท/ชั่วโมง ค่าไฟฟ้า 3.1816004 บาท/ชั่วโมง ค่าบำรุงรักษาร้อยละ 5 เท่ากับ 2,250 บาท และค่าซ่อมแซมร้อยละ 5 เท่ากับ 2,250 บาท ส่วนกำไรสุทธิต่อปี 2,195,715.021 บาท/ปี จากข้อมูลวิสาหกิจชุมชนดวงทอง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ณ ปี 2566 ปริมาณรับซื้อเข้า 50,000 กิโลกรัม/ปี เวลาในการทำงาน 912 ชั่วโมง

6.1 ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Total cost) (Stonier, 1980) ดังสมการที่ (3)

$$TC = \frac{F_c}{X} + VC \quad (3)$$

เมื่อ TC = ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (บาท/ชั่วโมง)
F_c = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท/ชั่วโมง)
X = ชั่วโมงการทำงานต่อปี(ชั่วโมง)
VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท/ชั่วโมง)

6.2 จุดคุ้มทุน (Break even point) (Stonier, 1980) ดังสมการที่ (4)

$$BEP = \frac{F_c}{B - VC} \quad (4)$$

เมื่อ BEP = จุดคุ้มทุน (ชั่วโมง/ปี)
F_c = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท/ปี)
B = อัตราการรับจ้าง (บาท/ชั่วโมง)
VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท/ชั่วโมง)

6.3 ระยะเวลาในการคืนทุน (Humt & Wilson, 2015) ดังสมการที่ (5)

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (5)$$

เมื่อ PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)
P = ราคาเครื่องจักร (บาท)
R = กำไรสุทธิต่อปี (บาท/ปี)

6.4 ค่าเสื่อมราคา (Stonier, 1980) ดังสมการที่ (6)

$$D = \frac{P-S}{L} \quad (6)$$

เมื่อ D = ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)
P = ราคาเครื่องจักร (บาท)
S = มูลค่าซาก (บาท)
L = อายุการใช้งาน (ปี)

6.5 ค่าดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน (Stonier, 1980) ดังสมการที่ (7)

$$l = \frac{(P+S)}{2} i \quad (7)$$

เมื่อ l = ค่าดอกเบี้ย (บาท/ปี)
i = อัตราดอกเบี้ยทศนิยม

ผลการวิจัย

การพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานสำหรับผู้ประกอบการมะขามหวาน มีผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน กำหนดความเร็วสายพานลำเลียงฝัก 0.82 เมตร/วินาที เวลาในการประมวลผลการคัดขนาดฝักมะขาม 230 มิลลิวินาที เวลาในการประมวลผลการแยกฝักมะขาม 40 มิลลิวินาที ใช้เซนเซอร์เซ็นเซอร์แบบอินฟราเรดสำหรับตรวจจับขนาดความยาวฝัก ระยะเซนเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 สำหรับคัดขนาดฝักตรงพันธุ์ศรีชมภู 75 มิลลิเมตร ฝักโค้งพันธุ์สีทอง 90 มิลลิเมตร ประมวลผลสั่งการด้วย Arduino รุ่น Uno R3

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน ตามข้อกำหนดความเร็วของสายพานคัดแยกฝักมะขามหวานที่ 0.82 เมตร/วินาที เวลาในการประมวลผลการคัดขนาดฝักมะขามที่ 230 มิลลิวินาที เวลาในการประมวลผลการแยกฝักมะขาม 40 มิลลิวินาที ระยะตรวจสอบการคัดแยกโดยมีระยะห่างเซนเซอร์ ตัวที่ 1 กับตัวที่ 2 ของมะขามลักษณะฝักตรงเท่ากับ 75 มิลลิเมตร และมะขามลักษณะฝักโค้งเท่ากับ 90 มิลลิเมตร ดังนี้

2.1 ปริมาณในการคัดแยกมะขามหวาน โดยมะขามลักษณะฝักตรง จำนวน 344 ฝัก แบ่งเป็น ฝักยาว 153 ฝัก ฝักสั้น 191 ฝัก พบว่า ปริมาณในการคัดแยกมะขาม ตามขนาดเฉลี่ยคิดเป็น ฝักยาว 150.00 ฝัก ฝักสั้น 160.33 ฝัก ไม่ตามขนาดเฉลี่ยคิดเป็น ฝักยาว 3.00 ฝัก และฝักสั้น 30.67 ฝัก ใช้เวลาคัดแยกเฉลี่ย 2.65 นาที หรือคิดเป็น 7,788.6 ฝัก/ชั่วโมง ความเสียหายของฝักมะขามเฉลี่ย 7.33 ฝัก ดังตาราง 4 ส่วนมะขามลักษณะฝักโค้ง จำนวน 225 ฝัก แบ่งเป็น ฝักยาว 115 ฝัก ฝักสั้น 110 ฝัก พบว่า ปริมาณในการคัดแยกมะขาม ตามขนาดเฉลี่ย คิดเป็น ฝักยาว 110.33 ฝัก ฝักสั้น 94.33 ฝัก ไม่ตามขนาดเฉลี่ยคิดเป็น ฝักยาว 4.67 ฝัก ฝักสั้น 15.67 ฝัก เวลาคัดแยกเฉลี่ยเท่ากับ 2.41 นาที หรือคิดเป็น 5,601.6 ฝัก/ชั่วโมง ความเสียหายของฝักมะขามเฉลี่ย 6.67 ฝัก ดังตาราง 5

ตาราง 4 ปริมาณในการคัดแยกมะขามหวานลักษณะฝักตรง

ครั้งที่	จำนวนมะขาม 344 ฝัก		เวลาคัดแยกฝัก (นาที)	ปริมาณในการคัดแยก (ฝัก)				ความเสียหายของฝักมะขาม (ฝัก)
				ตามขนาด		ไม่ตามขนาด		
	ฝักยาว	ฝักสั้น		ฝักยาว	ฝักสั้น	ฝักยาว	ฝักสั้น	
1	153	191	3.00	150	160	3	31	9
2	153	191	2.50	151	166	2	25	6
3	153	191	2.45	149	155	4	36	7
ค่าเฉลี่ย	153	191	2.65	150.00	160.33	3.00	30.67	7.33

ตาราง 5 ปริมาณในการคัดแยกมะขามหวานลักษณะฝักโค้ง

ครั้งที่	จำนวนมะขาม 225 ฝัก		เวลาคัดแยกฝัก (นาที)	ปริมาณในการคัดแยก (ฝัก)				ความเสียหายของฝักมะขาม (ฝัก)
				ตามขนาด		ไม่ตามขนาด		
	ฝักยาว	ฝักสั้น		ฝักยาว	ฝักสั้น	ฝักยาว	ฝักสั้น	
1	115	110	2.55	112	93	3	17	4
2	115	110	2.24	110	90	5	20	8
3	115	110	2.45	109	100	6	10	8
ค่าเฉลี่ย	115	110	2.41	110.33	94.33	4.67	15.67	6.67

2.2 ความแม่นยำในการคัดแยก และความเสียหายของฝักมะขามหลังการคัดแยก ข้อมูลการคำนวนมาจากตาราง 4 มะขามลักษณะฝักตรง จำนวน 344 ฝัก แบ่งเป็น ฝักยาว 153 ฝัก ฝักสั้น 191 ฝัก พบว่า มีความแม่นยำในการคัดแยก ตามขนาดเฉลี่ยคิดเป็น ฝักยาวร้อยละ 98.04 ฝักสั้นร้อยละ 83.94 ไม่ตามขนาดเฉลี่ยคิดเป็น ฝักยาวร้อยละ 1.96 ฝักสั้นร้อยละ 16.06 ความเสียหายของฝักมะขามเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 2.13 ดังตาราง 6 และข้อมูลการคำนวนมาจากตาราง 5 มะขามลักษณะฝักโค้ง จำนวน 225 ฝัก แบ่งเป็น ฝักยาว 115 ฝัก ฝักสั้น 110 ฝัก มีความแม่นยำในการคัดแยก ตามขนาดเฉลี่ยคิดเป็น ฝักยาวร้อยละ 95.94 ฝักสั้นร้อยละ 85.76 ไม่ตามขนาดเฉลี่ยคิดเป็น ฝักยาวร้อยละ 4.06 ฝักสั้นร้อยละ 14.24 ความเสียหายของฝักมะขามเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 2.96 ดังตาราง 7

ตาราง 6 ร้อยละความแม่นยำในการคัดแยก และความเสียหายของฝักมะขามลักษณะฝักตรงหลังการคัดแยก

ครั้งที่	จำนวนมะขาม 344 ฝัก		ความแม่นยำในการคัดแยก (ร้อยละ)				ความเสียหายของฝักมะขาม (ร้อยละ)
			ฝักยาว		ฝักสั้น		
	ฝักยาว	ฝักสั้น	ตามขนาด	ตามขนาด	ตามขนาด	ตามขนาด	
1	153	191	98.04	1.96	83.77	16.23	2.62
2	153	191	98.69	1.31	86.91	13.09	1.74
3	153	191	97.39	2.61	81.15	18.85	2.03
	ค่าเฉลี่ย		98.04	1.96	83.94	16.06	2.13

ตาราง 7 ร้อยละความแม่นยำในการคัดแยก และความเสียหายของฝักมะขามลักษณะฝักโค้งหลังการคัดแยก

ครั้งที่	จำนวนมะขาม 225 ฝัก		ความแม่นยำในการคัดแยก (ร้อยละ)				ความเสียหายของฝักมะขาม (ร้อยละ)
			ฝักยาว		ฝักสั้น		
	ฝักยาว	ฝักสั้น	ตามขนาด	ไม่ตามขนาด	ตามขนาด	ไม่ตามขนาด	
1	115	110	97.39	2.61	84.55	15.45	1.78
2	115	110	95.65	4.35	81.82	18.18	3.56
3	115	110	94.78	5.22	90.91	9.09	3.56
	ค่าเฉลี่ย		95.94	4.06	85.76	14.24	2.96

3. การใช้พลังงานไฟฟ้าของต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน พบว่า ปริมาณกระแสไฟฟ้าของเครื่อง โดยการใช้แคลมป์มิเตอร์วัดเท่ากับ 3.7 แอมป์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.184 หน่วย/ชั่วโมง ค่าไฟฟ้า 3.9086 บาท/หน่วยอ้างอิงราคาค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ณ เดือนสิงหาคม 2567 คิดเป็น 3.1816004 บาท/ชั่วโมง โดยคำนวนได้ ดังนี้

วิธีทำ P = 3.7 x 220

P = 814 วัตต์

จำนวนหน่วยต่อวัน (ยูนิต) = 814 ÷ 1,000 x 1 ชั่วโมง

= 0.814 หน่วย/ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้า = 3.9086 บาท/หน่วย

= 3.9086 บาท/หน่วย x 0.814 หน่วย/ชั่วโมง

= 3.1816004 บาท/ชั่วโมง

4. ผลการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานสำหรับผู้ประกอบการมะขามหวาน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง 72.96 บาท/ชั่วโมง จุดคุ้มทุน 1,589 ชั่วโมง/ปี ระยะเวลาในการคืนทุน 0.02 ปี ค่าเสื่อมราคา 7,000 บาท/ปี ค่าดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน 2,750 บาท/ปี

4.1 ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Total Cost) $TC = \frac{62,000}{912} + 4.9816004$, TC = 72.96 บาท/ชั่วโมง

4.2 จุดคุ้มทุน (Break Even Point) $BEP = \frac{62,000}{44 - 4.9816004}$, BEP = 1,589 ชั่วโมง/ปี

4.3 ระยะเวลาในการคืนทุน $PBP = \frac{45,000}{2,195,715.021}$, PBP = 0.02 ปี

4.4 ค่าเสื่อมราคา $D = (\frac{45,000 - 10,000}{5})$, D = 7,000 บาท/ปี

4.5 ค่าดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน $I = \frac{(45,000 + 10,000)}{2} 0.1$, I = 2,750 บาท/ปี

อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานตามข้อกำหนดความเร็วของสายพานคัดแยกฝักมะขามหวานที่ 0.82 เมตร/วินาที เวลาในการประมวลผลการคัดขนาดฝักมะขามที่ 230 มิลลิวินาที เวลาในการประมวลผลการแยกฝักมะขาม 40 มิลลิวินาที ระยะตรวจสอบการคัดแยกโดยมีระยะห่างเซนเซอร์ ตัวที่ 1 กับตัวที่ 2 ของมะขามลักษณะฝักตรงเท่ากับ 75 มิลลิเมตร และมะขามลักษณะฝักโค้งเท่ากับ 90 มิลลิเมตร ความเร็วของสายพานคัดแยกฝักมะขามใช้เซนเซอร์ในการคัดขนาดฝักบนสายพานลำเลียงจำเป็นต้องเรียงทีละฝักไม่สอดคล้องกับ (ธเนศ อ้อมนอก และคนอื่นๆ, 2566, น.1) ที่ลำเลียงฝักมะขามครั้งละมากและใช้คน 5 คน คัดแยกบนสายพานลำเลียงความเร็วสายพานจึงแตกต่างกัน ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพผลการทดลองด้านปริมาณในการคัดแยกมะขามลักษณะฝักตรงพันธุ์ศรีชมภู คิดเป็น 7,788.6 ฝัก/ชั่วโมง และลักษณะฝักโค้งพันธุ์สีทอง คิดเป็น 5,601.6 ฝัก/ชั่วโมง ไม่สอดคล้องงานวิจัย (บัณฑิต จริโมภาศ และนิติพงษ์ ใจสิน, 2549, น.282) คัดแยกมะขามลักษณะฝักตรงพันธุ์ศรีชมภูเฉลี่ย 1,491 ฝัก/ชั่วโมง และมะขามลักษณะฝักโค้งพันธุ์สีทอง เฉลี่ย 1,517 ฝก/ชั่วโมง และไม่สอดคล้องกับ (ธีรพงษ์ ศรีจันหอม และคนอื่นๆ, 2560, น.5) เนื่องจากใช้เทคนิคการคัดแยกที่แตกต่างกัน ความแม่นยำในการคัดแยกมะขามฝักยาวไม่แตกต่างกันมากอยู่ในเกณฑ์ค่าความแม่นยำในการคัดแยกฝักมะขามไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 แต่มะขามฝักสั้นจะต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเนื่องจากฝักสั้นของข้างกลมทำให้เกิดการกลิ้งอยู่บนสายพานและเกิดการร่วงหล่นลงไปในช่องคัดขนาดฝักยาวบ้าง ส่วนค่าความเสียหายของฝักมะขามหลังคัดแยกไม่เกินร้อยละ 5 อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง 72.96 บาท/ชั่วโมง จุดคุ้มทุน 1,589 ชั่วโมง/ปี ระยะเวลาในการคืนทุน 0.02 ปี

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวาน ผลการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่า ปริมาณในการคัดแยกมะขามหวานลักษณะฝักตรง จำนวน 344 ฝัก แบ่งเป็น ฝักยาว 153 ฝัก ฝักสั้น 191 ฝัก ใช้เวลาเฉลี่ย 2.65 นาที สามารถคัดแยกได้ตามขนาดเฉลี่ย ฝักยาว 150.00 ฝัก ฝักสั้น 160.33 ฝัก ไม่ตามขนาดเฉลี่ย ฝักยาว 3.00 ฝัก ฝักสั้น 30.67 ฝัก ความแม่นยำในการคัดแยกเฉลี่ยตามขนาดคิดเป็นฝักยาวร้อยละ 98.04 ฝักสั้นร้อยละ 83.94 ไม่ตามขนาดคิดเป็นฝักยาวร้อยละ 1.96 ฝักสั้นร้อยละ 16.06 ความเสียหายของฝักมะขามหลังการคัดแยกเฉลี่ย 7.33 ฝัก คิดเป็นร้อยละ 2.13 มะขามหวานลักษณะฝักโค้ง จำนวน 225 ฝัก แบ่งเป็น ฝักยาว 115 ฝัก ฝักสั้น 110 ฝัก ใช้เวลาเฉลี่ย 2.41 นาที สามารถคัดแยกได้ตามขนาดเฉลี่ย ฝักยาว 110.33 ฝัก ฝักสั้น 94.33 ฝัก ไม่ตามขนาดเฉลี่ย ฝักยาว 4.67 ฝัก ฝักสั้น 15.67 ฝัก ความแม่นยำในการคัดแยกเฉลี่ยตามขนาดคิดเป็นฝักยาวร้อยละ 95.94 ฝักสั้นร้อยละ 85.76 ไม่ตามขนาดคิดเป็นฝักยาวร้อยละ 4.06 ฝักสั้นร้อยละ 14.24 ความเสียหายของฝักมะขามหลังการคัดแยกเฉลี่ย 6.67 ฝัก คิดเป็นร้อยละ 2.96 การใช้พลังงานไฟฟ้า 0.814 หน่วย/ชั่วโมง คิดเป็นค่าไฟฟ้า 3.1816004 บาท/ชั่วโมง ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง 72.96 บาท/ชั่วโมง จุดคุ้มทุน 1,589 ชั่วโมง/ปี และระยะเวลาในการคืนทุน 0.02 ปี

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ควรถ่ายทอดต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานสำหรับผู้ประกอบการมะขามหวานเพื่อเป็นทางเลือกในการปรับใช้เพื่อลดปัญหาด้านแรงงานคัดแยกฝักมะขาม เพิ่มประสิทธิภาพการคัดแยกฝักมะขาม

2. ควรพิจารณาการใช้เซนเซอร์ในรูปแบบอื่น เช่น Image Processing เป็นต้น เพราะในปัจจุบันมีการใช้งานอย่างกว้างขว้าง แต่ต้องพิจารณาด้านสมรรถนะทำทำงาน ราคา และความพร้อมของผู้ใช้ในพื้นที่

3. ควรขยายผลไปใช้ในการไปใช้กับชิ้นงานอื่นๆ เช่น การคัดแยกกุ้ง สัตว์น้ำต่างๆ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาต่อยอดเพื่อให้ต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เช่น พัฒนาความแม่นยำในการคัดแยกฝักมะขามเพิ่มขึ้น พัฒนาปริมาณในการคัดแยกฝักมะขามให้เพิ่มขึ้น พัฒนาระบบสำรองข้อมูลการคัดแยกฝักมะขาม และพัฒนาโครงสร้างเครื่องให้มีขนาดกะทัดรัด

2. ในการออกแบบและพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานครั้งต่อไปควรมีการใช้ Finite Element เพื่อช่วยลดขนาดของเครื่องรวมไปถึงชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็นลงได้ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และกรรมการที่ปรึกษาทุกท่าน ขอบคุณวิสาหกิจชุมชนดวงทอง ตำบลห้วยโป่ง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลและเป็นสถานที่ในการวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพย์สินทางปัญญา. (2548). *ประกาศกรมทรัพย์สินทางปัญญา เรื่อง การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ มะขามหวานเพชรบูรณ์ ทะเบียนเลขที่ สช 48100003.*

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2563). *มะขาม*. http://www.agriinfo.doae.go.th/year63/plant/rortor/fruit/tamarine.pdf

ธเนศ อ้อมนอก, เอื้อบุญ ที่พึ่ง, นิวัตร พัฒนะ, และธาราทิพย์ ศรีสัตตบุตร. (2566). ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินไฟและความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์คัดแยกมะขามแบบสายพานลำเลียงและการพัฒนา. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, *5*(1), 1-10.

ธีรพงษ์ ศรีจันหอม, ชัยมงคล ไชยชนะ, ชัยพร พลัดกลาง, พีรณัฐ อันสุรีย, และวิทยา บุญคำ. (2560, 4-7 กรกฎาคม). *เครื่องคัดฝักมะขามหวานพันธุ์สีทอง* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.

บัณฑิต จริโมภาส และนิติพงษ์ ใจสิน. (2549). เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพคัดแยกฝักมะขาม. *ว. วิทย. กษ.*, *37*(5), 280-283.

ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์, อนันตกุล อินทรผดุง, ดุษณี ศุภวรรธนะกุล, และนัฐพงศ์ ส่งเนียม. (2565, 19 มีนาคม). *การแปลงความต้องการของผู้ประกอบการมะขามหวานเป็นข้อกำหนดการออกแบบเครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปี พ.ศ. 2565, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. (2558). *มะขามไทยในตลาดอินเดีย (ตอนใต้)*. https://www.ditp.go.th/contents_attach/139740/139740.pdf

Humt, D., & Wilson, D. (2015). *Farm Power and Machinery Management*. (11th ed.). Waveland Press.

Marcsolarbrother. (2023, June 16). *Electrical concepts: W, Wh, A, Ah, mAh, V. solarbrother*. Solar Brother. https://www.solarbrother.com/en/blog/electrical-concepts-w-wh-a-ah-mah-v/?srsltid=AfmBOoouL_eqvFgtR-tHxkwwKDfkaq8Svrkt_3hEXjNXBztl-oeP6-ru-

Stonier, A. W. (1980). *A Text Book of Economic Theory*. (5th ed.). Longman.

Tangwannawit, P., & Tangwannawit, S. (2022). Feature extraction to predict quality of segregating sweet tamarind using image processing. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *25*(1), 339-346. http://doi.org/10.11591/ijeecs.v25.i1.pp339-346

2

ระบบเหมืองฝายเมืองคอง: ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการจัดการน้ำอย่างยั่งยืนของชุมชนเกษตรกรรมในแอ่งที่ราบ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

วันที่รับ : 10 กุมภาพันธ์ 2568
วันที่แก้ไข : 21 เมษายน 2568
วันที่ตอบรับ : 23 เมษายน 2568

อัมพิกา อำลอย*
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
*Corresponding author e-mail: aumpika.amloy@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคองและบทบาทของภูมิปัญญาท้องถิ่นในการบริหารจัดการน้ำสำหรับชุมชน และเพื่อวิเคราะห์แนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาระบบเหมืองฝายให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมและความต้องการใช้น้ำของชุมชนเกษตรกรรมแอ่งที่ราบ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่อย่างยั่งยืน โดยใช้การวิจัยเชิงคุณภาพ เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก การสำรวจภาคสนาม กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย ผู้นำชุมชน 6 คน และประชาชน 30 คน รวม 36 คน ใช้วิธีการคัดเลือกตัวแทนแบบเจาะจงและแบบโควตา เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างและแบบสำรวจข้อมูลเชิงพื้นที่ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการถอดความสัมภาษณ์และการวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคองเป็นระบบบริหารจัดการน้ำที่พัฒนาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น ประกอบด้วยฝาย คลองส่งน้ำ โครงสร้างเบี่ยงน้ำ (ต๊างน้ำ) บ่อน้ำฝน และแนวคันดิน ซึ่งช่วยกระจายน้ำไปยังพื้นที่เกษตรกรรมอย่างทั่วถึง ระบบเวรใช้น้ำหมุนเวียนและบทบาทของแก่ฝาย (ผู้ดูแลฝาย) มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการจัดสรรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมและความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นได้ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบเหมืองฝาย แนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาจึงเน้นการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ากับเทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อรักษาประสิทธิภาพของระบบจัดการน้ำและเพิ่มความสามารถในการปรับตัวต่อสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง กลยุทธ์สำคัญ ได้แก่ การเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างฝาย การเพิ่มขีดความสามารถในการกักเก็บน้ำ และการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ ระบบเวรใช้น้ำยังคงเป็นกลไกหลักในการจัดสรรน้ำอย่างเป็นธรรม โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของชุมชน นอกจากนี้ การสร้างความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่างๆ ยังช่วยเสริมความยืดหยุ่นของระบบ และทำให้เมืองคองสามารถรักษาระบบการจัดการน้ำที่ยั่งยืนและสอดคล้องกับบริบทท้องถิ่นได้อย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: ระบบเหมืองฝาย, การบริหารจัดการน้ำ, ภูมิปัญญาท้องถิ่น, แก่ฝาย, ความยั่งยืน

MUANG KHONG'S TRADITIONAL IRRIGATION SYSTEM: LOCAL WISDOM FOR SUSTAINABLE WATER MANAGEMNT IN AGRICULTURAL COMMUNITIES OF TH LOWLAND BASIN, CHIANG DAO DISTRICT, CHIANG MAI PROVINCE

Received : February 10, 2025
Revised : April 21, 2025
Accepted : April 23, 2025

Aumpika Amloy*
Faculty of Architecture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand
*Corresponding author e-mail: aumpika.amloy@cmu.ac.th

Abstract

The objecitves of this study were to investigate the Muang Khong's traditional irrigation system and the role of local wisdom in community water management, and analyze the conservation and development strategies to help the system adapt to environmental changes and rising water demand in the lowland agricultural community of Chiang Dao, Chiang Mai. This study employed a qualitative approach, collecting data from in-depth interviews and field surveys. The sample group comprised 36 participants, including six community leaders and 30 residents. Research instruments included semi-structured interviews and spatial data surveys. The data were analyzed using interview transcriptions and physical site assessments. The findings revealed that the traditional irrigation system served as an effective model of water management based on local wisdom. It consisted of weirs, irrigation canals, water-diversion structures (Tang Nam), rainwater storage ponds, and embankments, which collectively distributed water to agricultural areas. The rotational water allocation system and the role of Kae Fai (weir caretakers) were crucial in ensuring efficient water distribution. However, environmental changes and the increasing water demand had challenged the system's stability. The conservation and development approach integrated local wisdom with modern technology to maintain water management efficiency and adaptability to environmental shifts. Key strategies involved strengthening weir structures, increasing water storage capacity, and integrating modern technology for efficient management. The rotational water allocation system remained a core mechanism for equitable water distribution, relying on community participation. Moreover, collaboration among stakeholders strengthened the system's resilience, ensuring that Muang Kong maintained a sustainable water management system that would align with its local context.

Keywords: Traditional irrigation system, Water management, Local wisdom, Kae Fai (weir caretaker), Sustainability

บทนำ

ภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นองค์ความรู้ที่เกิดจากประสบการณ์และการเรียนรู้ของชุมชนที่อาศัยอยู่ร่วมกับธรรมชาติ โดยมีการพัฒนาและปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับบริบททางสังคมและสิ่งแวดล้อม ช่วยให้ชุมชนสามารถบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างสมดุลและยั่งยืน ระบบเหมืองฝายเป็นหนึ่งในตัวอย่างของการจัดการทรัพยากรน้ำที่สะท้อนการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการปรับตัวให้เข้ากับภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และวัฒนธรรมของชุมชนในภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่เชิงกายภาพระดับตำบลที่มีภูมิประเทศแบบแอ่งที่ราบล้อมรอบด้วยภูเขา และมีชุมชนเกษตรกรรมกระจายอยู่หลายหมู่บ้านที่พึ่งพาน้ำจากแม่น้ำคองและระบบเหมืองฝายเป็นหลักในการดำรงชีวิตและทำการเกษตร (เดือนนภา ภู่ทอง, 2561, น.91-92)

ระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคองประกอบด้วยประกอบด้วย ฝาย คลองส่งน้ำ โครงสร้างเบี่ยงน้ำ (ต๊างน้ำ) บ่อน้ำฝน และแนวคันดิน ซึ่งเชื่อมโยงกันเป็นโครงข่ายที่กระจายน้ำเข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรม โดยมีกลไกการจัดการผ่านระบบเวรใช้น้ำและบทบาทของแก่ฝาย (ผู้ดูแลฝาย) (วิลาศ เทพทา และคนอื่นๆ, 2561, น.7-8) อย่างไรก็ตาม ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ชุมชนในเมืองคองต้องเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงหลายประการ เช่น การขยายตัวของพื้นที่เกษตรเชิงพาณิชย์ การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมการท่องเที่ยว การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการเปลี่ยนแปลงทางประชากร ซึ่งส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลในการใช้น้ำ ความเสื่อมโทรมของฝาย และการลดลงของการมีส่วนร่วมของคนรุ่นใหม่ในการจัดการน้ำ (อัมพิกา อำลอย และคนอื่นๆ, 2566, น.21-22) ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เคยมีบทบาทสำคัญในการดูแลระบบเหมืองฝายเริ่มเผชิญความท้าทายในการถ่ายทอดและปรับตัวให้สอดคล้องกับสภาพการณ์ใหม่ๆ ของชุมชน (ดารารัตน์ ธาตุรักษ์ และคนอื่นๆ, 2563, น.413-415)

ในระดับนโยบาย ประเทศไทยได้มีแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรร่วมอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น แผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580) ซึ่งส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อความมั่นคงด้านน้ำ และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีควบคู่กับภูมิปัญญาท้องถิ่น การศึกษาระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคองจึงไม่เพียงสะท้อนบริบทเฉพาะของพื้นที่ แต่ยังสามารถเชื่อมโยงกับแนวทางการพัฒนาระบบจัดการน้ำของประเทศในระดับภาพรวม

แม้ว่างานวิจัยจำนวนมากจะกล่าวถึงการบริหารจัดการน้ำโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในภาคเหนือของไทย (ยุชิตา กันหามิ่ง และคนอื่นๆ, 2566, น.126) แต่ยังขาดการศึกษาเชิงลึกที่มุ่งเน้นระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคองซึ่งมีลักษณะเฉพาะทางวัฒนธรรมและภูมิทัศน์ รวมถึงยังไม่มีการวิเคราะห์ที่เชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมเข้ากับปัญหาและศักยภาพของระบบเหมืองฝายภายใต้บริบทท้องถิ่น ตลอดจนยังไม่มีการเปรียบเทียบกับกรณีศึกษาระบบชลประทานพื้นบ้านอื่นๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อสังเคราะห์แนวทางที่เหมาะสม

ดังนั้น บทความวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคองและบทบาทของภูมิปัญญาท้องถิ่นในการบริหารจัดการน้ำ รวมถึงวิเคราะห์แนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาเพื่อให้ระบบเหมืองฝายสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมและความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นของชุมชนได้อย่างยั่งยืน โดยคาดว่าผลการศึกษานี้จะสามารถเสนอองค์ความรู้ที่มีคุณค่าแก่การพัฒนาเชิงพื้นที่ และเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการส่งเสริมระบบการจัดการน้ำที่สอดคล้องกับบริบทท้องถิ่น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระบบเหมืองฝายและบทบาทของภูมิปัญญาท้องถิ่นในการบริหารจัดการน้ำสำหรับชุมชนเกษตรกรรมแอ่งที่ราบตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

2. เพื่อวิเคราะห์แนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคองให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมและความต้องการใช้น้ำของชุมชนอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประเภทของงานวิจัย

บทความวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อทำความเข้าใจระบบเหมืองฝายและบทบาทของภูมิปัญญาท้องถิ่นในการบริหารจัดการน้ำ รวมทั้งวิเคราะห์แนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาให้ระบบเหมืองฝายสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมและความต้องการใช้น้ำของชุมชนได้อย่างยั่งยืน งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการเก็บข้อมูลจากประสบการณ์ตรงของชุมชนและการสังเกตการณ์ภาคสนาม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนความเป็นจริงของการบริหารจัดการน้ำโดยชุมชนเอง โดยได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในคนจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เลขที่ COA No. 136/67 และ CMUREC No. 67/189 เมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม พ.ศ. 2567 มีอายุถึงวันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2568

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยตั้งแต่วันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2567 จนถึงวันที่ 10 กันยายน พ.ศ. 2568 โดยใช้เทคนิคดังต่อไปนี้

2.1 การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)

กลุ่มตัวอย่าง

1) ผู้นำชุมชน จำนวน 6 คน จาก 6 หมู่บ้านในตำบลเมืองคอง หมู่บ้านละ 1 คน คัดเลือกโดยวิธีการคัดเลือกตัวแทนแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ ผู้ใหญ่บ้าน ประธานกลุ่มผู้ใช้น้ำ และ “แก่ฝาย” ซึ่งเป็นผู้ดูแลระบบเหมืองฝายในแต่ละหมู่บ้าน มีบทบาทสำคัญในการจัดสรรน้ำตามระบบเวร ดูแลการซ่อมแซมฝาย แจ้งเตือนสถานการณ์น้ำ และทำหน้าที่เป็นผู้ไกล่เกลี่ยเมื่อเกิดข้อขัดแย้งเรื่องการใช้น้ำในชุมชน

2) ประชาชนในชุมชน จำนวน 30 คน จาก 6 หมู่บ้าน หมู่บ้านละ 5 คน คัดเลือกโดยวิธีโควตา (Quota Sampling) โดยพิจารณาความหลากหลายของบทบาทและประสบการณ์ เช่น เกษตรกรที่พึ่งพาน้ำเพื่อการเพาะปลูก แม่บ้านที่ใช้น้ำในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และผู้มีความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรดิน น้ำ และป่าไม้ เพื่อสะท้อนมุมมองที่ครอบคลุมต่อระบบเหมืองฝายในมิติของผู้ใช้น้ำโดยตรง

เครื่องมือที่ใช้วิจัย

1) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) ใช้เก็บข้อมูลจากผู้นำและประชาชนในชุมชน โดยมีคำถามหลัก 4 ประเด็น ได้แก่ แนวทางการบริหารจัดการน้ำ บทบาทของภูมิปัญญาท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของชุมชน และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม เครื่องมือผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ท่าน และปรับคำถามตามข้อเสนอแนะเพื่อความเหมาะสมกับบริบทพื้นที่ศึกษา

2) แบบสำรวจข้อมูลเชิงพื้นที่ (Field Observation Form) ใช้บันทึกข้อมูลภาคสนามเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบเหมืองฝาย เช่น ประเภทฝาย วัสดุ องค์ประกอบ และการเปลี่ยนแปลงจากการใช้ภูมิปัญญา

ท้องถิ่น พัฒนาแบบฟอร์มจากกรอบแนวคิดเรื่องระบบชลประทานชุมชนภาคเหนือ และทดลองใช้ก่อนเก็บข้อมูลจริง เพื่อประเมินความเหมาะสมของแนวทางการสังเกต

2.2 การสังเกตภาคสนาม (Field Observation)

ผู้วิจัยใช้สำหรับเก็บข้อมูลเชิงประจักษ์ในพื้นที่จริง เพื่อเสริมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ โดยเน้นประเด็นเกี่ยวกับโครงสร้างเหมืองฝาย สภาพภูมิประเทศ การใช้งานจริง การดูแลรักษา ป้ายหรือสัญลักษณ์เกี่ยวกับการจัดการน้ำ และกิจกรรมของชาวบ้านในการดูแลระบบ ข้อมูลบันทึกผ่านแบบฟอร์มการสังเกตและภาพถ่าย พร้อมจัดทำแผนที่สรุปลักษณะทางกายภาพประกอบการวิเคราะห์เชิงพื้นที่

2.3 การวิเคราะห์แผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ (Spatial Data Analysis)

การวิจัยนี้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth (พ.ศ. 2567) ร่วมกับแผนที่จากกรมพัฒนาที่ดินและกรมแผนที่ทหาร เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรม ป่าไม้ และแหล่งน้ำในรอบ 10 ปี (พ.ศ. 2557 – พ.ศ. 2567) และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระบบเหมืองฝายกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ผลลัพธ์ใช้ประกอบการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลภาคสนามและแบบสัมภาษณ์ โดยแสดงในภาพ 1

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การถอดความสัมภาษณ์ (Transcription and Coding)

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ถูกถอดแบบคำต่อคำ (Word by Word Transcription) แล้วนำมาจัดหมวดหมู่ตามประเด็นการวิจัย (Coding) โดยใช้การวิเคราะห์แบบจัดประเภท (Typological Analysis) เพื่อค้นหารูปแบบและความเชื่อมโยงของข้อมูลที่สะท้อนบทบาทของภูมิปัญญาท้องถิ่นในการบริหารจัดการน้ำของชุมชน

3.2 การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation Method)

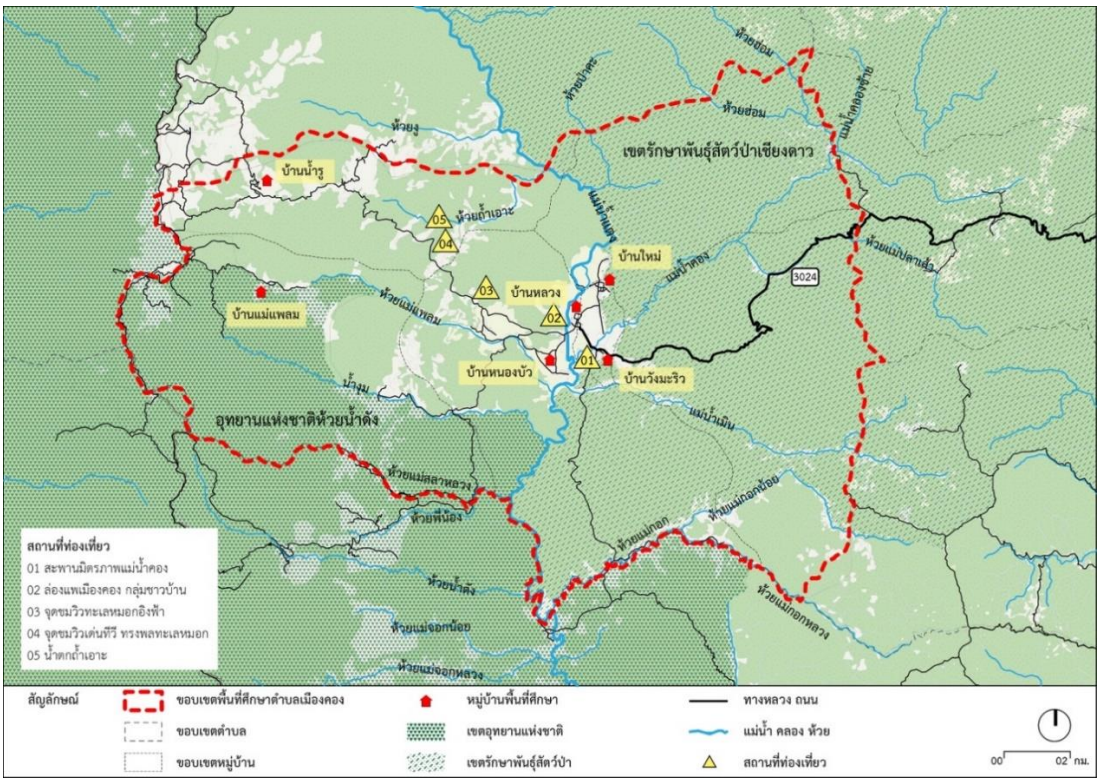
ผู้วิจัยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลจากแหล่งต่างกัน ได้แก่ ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ การสังเกตภาคสนาม และการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องและตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล ก่อนสรุปผลในรูปแบบการบรรยายทั่วไป (General Description) พร้อมกรณีศึกษาที่แสดงแนวทางการจัดการน้ำของชุมชน

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพ (Physical Data Analysis)

ผู้วิจัยศึกษาลักษณะเชิงกายภาพของพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับระบบเหมืองฝาย เช่น โครงสร้างฝาย คลองส่งน้ำ ต๊างน้ำ แนวคันดิน และพื้นที่เกษตรกรรม โดยนำเสนอในรูปแบบการบรรยายเชิงพรรณนา (Descriptive Narrative) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภูมิประเทศกับการจัดการน้ำของชุมชน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์พื้นที่และสภาพแวดล้อม

ผลการวิจัย

ตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่หุบเขาที่อุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรธรรมชาติ และมีวิถีเกษตรกรรมที่พึ่งพาน้ำจาก แม่น้ำคอง และ ระบบเหมืองฝาย ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นในการบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรและอุปโภคบริโภค ระบบนิเวศของพื้นที่ยังเชื่อมโยงกับ ป่าสงวนแห่งชาติเชียงดาว และอุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง ที่มีบทบาทสำคัญต่อความสมดุลของทรัพยากรน้ำและดิน แผนที่พื้นที่ศึกษา ดังภาพ 1 แสดงการกระจายตัวของหมู่บ้านและความสัมพันธ์กับแหล่งน้ำและพื้นที่เกษตรกรรม บทความนี้ศึกษาบทบาทของภูมิปัญญาท้องถิ่นในการจัดการน้ำผ่านระบบเหมืองฝาย และวิเคราะห์แนวทางอนุรักษ์และพัฒนาให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมและความต้องการใช้น้ำของชุมชน สามารถจำแนกตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้



ภาพ 1 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา (ปรับปรุงจากภาพถ่ายทางอากาศ 2567)

1. ระบบเหมืองฝายและบทบาทของภูมิปัญญาท้องถิ่นในการบริหารจัดการน้ำสำหรับชุมชนเกษตรกรรมแอ่งที่ราบตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

1.1 โครงสร้างของระบบเหมืองฝาย

ระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคองพัฒนาจากภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สอดคล้องกับภูมิประเทศแบบแอ่งที่ราบล้อมรอบด้วยภูเขา โดยมีโครงสร้างหลัก 4 ส่วน ได้แก่ 1) ฝาย จำนวนรวม 12 แห่ง แบ่งเป็นฝายไม้ไผ่ ฝายชั้นบันได และฝายดิน มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 5–10 ปี ขึ้นกับวัสดุและการดูแลรักษา 2) คลองส่งน้ำ (เหมืองน้ำ) ประกอบด้วยคลองหลัก คลองแขนง และคลองซึมซับน้ำ ความยาวเฉลี่ย 800–1,200 เมตร กว้าง 0.8–1.5 เมตร ใช้แรงโน้มถ่วงพาน้ำเข้าสู่พื้นที่เกษตร มีการปรับระดับและปลูกพืชคลุมดินเพื่อป้องกันการกัดเซาะ 3) โครงสร้างเบี่ยงน้ำ (ต๊างน้ำ) มีทั้งแบบไม้ไผ่ ดิน และคอนกรีต ทำหน้าที่ควบคุมการส่งน้ำเข้าแปลงเพาะปลูก 4) บ่อน้ำฝนและแนวคันดิน จำนวนบ่อน้ำตื้น 270 แห่ง เสริมด้วยแนวคันดินที่ปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาความชุ่มชื้นและลดการพังทลายของดิน ดังตาราง 1

ตาราง 1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโครงสร้างของระบบเหมืองฝายเมืองคอง

องค์ประกอบ	ลักษณะทางกายภาพ	วัสดุที่ใช้	หน้าที่หลัก	จุดเด่น	ข้อจำกัด
ฝาย	- ฝายไม้ไผ่ - ฝายชั้นบันได - ฝายดิน	- ไม้ไผ่ - หิน - ดิน	กักเก็บและควบคุมน้ำ ป้องกันตลิ่งพัง	ใช้วัสดุธรรมชาติ ซ่อมง่าย ชุมชนสร้างเอง	ถูกพัดพาในฤดูน้ำหลาก ต้องซ่อมบ่อย
คลองส่งน้ำ (เหมืองน้ำ)	- คลองหลัก - คลองแขนง - คลองซึมซับน้ำ	- ดิน - หิน - พืชคลุมดิน	กระจายน้ำสู่พื้นที่เกษตร รักษาระดับน้ำ	เสริมขอบคลอง ลดการกัดเซาะ เพิ่มการซึมซับ	พังง่ายหากขาดการบำรุง
โครงสร้างเบี่ยงน้ำ (ต๊างน้ำ)	- ไม้ไผ่ - ดิน - คอนกรีต	- ไม้ไผ่ - ดิน - หิน - คอนกรีต	ควบคุมปริมาณน้ำเข้าแปลง ลดการพังคลอง	มีทั้งแบบชั่วคราวและถาวร ยืดหยุ่น	ต้องดูแลต่อเนื่องเพื่อประสิทธิภาพ
บ่อน้ำฝนและแนวคันดิน	- บ่อน้ำฝน - คันดิน	- ดิน - หญ้าแฝก	เก็บน้ำเสริม รักษาความชื้น ป้องกันดินถล่ม	เพิ่มศักยภาพในฤดูแล้ง	ต้องใช้พื้นที่มาก และขุดลอกเป็นระยะ

นอกจากองค์ประกอบหลักดังกล่าว เมืองคองยังมีแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ แม่น้ำ 2 สาย และลำห้วย 8 แห่ง รวมถึงแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาด 110 กิโลวัตต์ 2 แห่ง ระบบประปาภูเขา 13 แห่ง และระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่มากอีก 1 แห่ง ที่ช่วยเสริมความมั่นคงของระบบน้ำในระดับครัวเรือนและชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบเหมืองฝายเมืองคองสะท้อนภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สั่งสมผ่านประสบการณ์หลายชั่วอายุคน เช่น การเลือกวัสดุจากธรรมชาติในท้องถิ่น การวางตำแหน่งฝายให้ได้แรงดันน้ำสูงสุด การคำนวณระดับลาดเอียงของคลองโดยอิงจากภูมิประเทศ การสร้างโครงสร้างเบี่ยงน้ำ (ต๊างน้ำ) เพื่อกระจายน้ำอย่างยืดหยุ่น ตลอดจนความเข้าใจในฤดูกาลและการไหลเวียนของน้ำ ภูมิปัญญาเหล่านี้กลายเป็นรากฐานของการจัดการน้ำที่สมดุลกับระบบนิเวศ และยังคงได้รับการสืบทอดและประยุกต์ใช้ในวิถีชีวิตของชุมชนจนถึงปัจจุบัน

1.2 กลไกการบริหารจัดการน้ำของชุมชน

ระบบเหมืองฝายในเมืองคองสะท้อนภูมิปัญญาท้องถิ่นผ่านกลไกการจัดการน้ำที่มีรากฐานจากระบบเวรใช้น้ำและบทบาทของแก่ฝายหรือผู้ดูแลระบบน้ำในแต่ละหมู่บ้าน ซึ่งทำหน้าที่กำหนดรอบเวร แจ้งเตือนสถานการณ์น้ำ และไกล่เกลี่ยข้อขัดแย้ง ระบบเวรใช้น้ำของชุมชนยึดหลักความเป็นธรรม โดยกำหนดลำดับการใช้น้ำจากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ และปรับเปลี่ยนตามฤดูกาล นอกจากนี้ การบำรุงรักษาฝายและคลองยังคงใช้แรงงานร่วมของชุมชน เช่น การขุดลอกคลอง ปลูกพืชคลุมดิน และซ่อมฝายก่อนฤดูฝน ทั้งหมดนี้เป็นกระบวนการที่สืบทอดกันมาหลายชั่วอายุคน และสะท้อนความรู้เฉพาะถิ่นในการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน ดังตาราง 2

ตาราง 2 การวิเคราะห์กลไกการบริหารจัดการน้ำของชุมชนเมืองคอง

กลไก การบริหารจัดการ	กระบวนการและ วิธีการดำเนินงาน	ผลกระทบต่อ ระบบน้ำและชุมชน	ข้อดี	ข้อจำกัดและ ความท้าทาย
ระบบเวรใช้น้ำ	- ประชุมชุมชนกำหนด ลำดับการใช้น้ำตามพื้นที่ - ต้นน้ำใช้ก่อน ท้ายน้ำตาม	ลดความขัดแย้ง กระจายน้ำเหมาะสม	เป็นธรรม ปรับตามฤดูกาลได้	หน้าแล้งน้ำอาจไม่พอ เกิดข้อขัดแย้งใหม่
บทบาทของแก่ฝาย	- ดูแลเวรน้ำ - เจรจาข้อขัดแย้ง - ซ่อมฝาย - ประสานชุมชน	เสริมความร่วมมือ และความยั่งยืน	ลดปัญหาน้ำ ใช้งานได้มี ประสิทธิภาพ	ขึ้นอยู่กับความสามารถ ของผู้นำ
การดูแลและ บำรุงรักษา	- ขุดลอกคลอง - ซ่อมฝาย - ปลูกพืชกันดิน - แรงงานชุมชน	คลองและฝายไม่พัง ง่าย น้ำกระจายต่อเนื่อง	ยืดอายุฝาย ลดผลกระทบ จากน้ำหลาก	ต้องใช้แรงงานมาก อาจขาดกำลังคน
มาตรการปรับตัว ต่อการเปลี่ยนแปลง ของสภาพแวดล้อม	- พัฒนาแหล่งเก็บน้ำ - ปรับโครงสร้างฝาย - ใช้พืชคลุมดิน	เพิ่มความมั่นคง ทางน้ำ ลดเสี่ยง แล้ง-น้ำท่วม	รับมือสภาพอากาศ เปลี่ยนแปลงได้ดี	ใช้งบและแรงงานสูง อาจทำไม่ได้ทุกที่

เมื่อชุมชนมีการขยายพื้นที่เกษตรและการท่องเที่ยว ระบบเวรใช้น้ำเริ่มประสบแรงกดดัน โดยเฉพาะในฤดูแล้งที่น้ำไม่เพียงพอ เช่น บ้านใหม่ซึ่งอยู่ต้นน้ำสามารถรับน้ำได้เต็มที่ ขณะที่บ้านหนองบัวซึ่งอยู่ปลายน้ำประสบปัญหาขาดแคลนน้ำ ส่งผลให้เกิดการเจรจาระหว่างชุมชนและพัฒนามาตรการเสริม เช่น การจัดทำแผนที่น้ำชุมชน การติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำในฝาย และการจัดเวทีประชาคมเพื่อปรับระบบเวรใช้น้ำให้เหมาะสมยิ่งขึ้น พร้อมทั้งจัดตั้งเครือข่ายแก่ฝายเพื่อบริหารลุ่มน้ำร่วมกัน แม้ทั้ง 6 หมู่บ้านในตำบลเมืองคองจะมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน ได้แก่ แม่น้ำแตง แม่น้ำคอง และลำห้วยประจำถิ่น แต่ละชุมชนต่างมีการปรับใช้ระบบเหมืองฝายและการจัดการน้ำที่เหมาะสมกับบริบทของตนเอง เช่น บ้านใหม่และบ้านวังมะริว ซึ่งอยู่ใกล้ฝายหลัก มีการใช้เทคโนโลยีตรวจวัดระดับน้ำประกอบการบริหารจัดการน้ำ ส่วนบ้านแม่แพลมและบ้านน้ำรูพึ่งพาระบบประปาภูเขาและน้ำจากห้วยในพื้นที่ ขณะที่บ้านหนองบัวมีการปรับเปลี่ยนการเพาะปลูกไปสู่พืชใช้น้ำน้อยเพื่อรับมือกับปัญหาน้ำไม่เพียงพอในฤดูแล้ง ดังตาราง 3 ดังนั้น การจัดตั้งเครือข่ายการบริหารจัดการน้ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการประสานความร่วมมือระหว่างหมู่บ้าน โดยใช้เวทีประชุมตำบลและกลุ่มย่อยของแก่ฝายเป็นกลไกหลักในการหารือ แบ่งรอบเวรน้ำ และแก้ไขข้อขัดแย้งอย่างเป็นธรรม โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่มีความตึงตัวของปริมาณน้ำ

ตาราง 3 สรุปการบริหารจัดการน้ำของ 6 หมู่บ้านในตำบลเมืองคอง

หมู่บ้าน	แหล่งน้ำหลัก	การใช้น้ำ	การบริหารจัดการน้ำ	การจัดการความขัดแย้ง	เครือข่าย/ความร่วมมือ	หมายเหตุ
หมู่ 1 บ้านใหม่	แม่น้ำแตง	เพาะปลูก, อุปโภค	ระบบเวรใช้น้ำชัดเจน ใช้เทคโนโลยีวัดระดับน้ำ	ขัดแย้งน้อยเพราะอยู่ต้นน้ำ	ร่วมประชุมตำบลเพื่อแบ่งรอบน้ำ	ตั้งอยู่ใกล้ฝายหลัก
หมู่ 2 บ้านวังมะริว	แม่น้ำคอง	เกษตร, อุปโภค	ใช้ฝายร่วมกับระบบเวรน้ำในพื้นที่	มีความตึงตัวช่วงแล้ง ใช้แก่ฝายเจรจา	ร่วมเวทีแก่ฝายตำบล	ตั้งอยู่ใกล้ฝายหลัก
หมู่ 3 บ้านหนองบัว	แม่น้ำแตง	เพาะปลูก	ใช้ฝายคอนกรีตและเวรน้ำร่วมบ้านใหม่	เกิดปัญหาน้ำไม่เพียงพอในหน้าแล้ง	ร่วมประชาคม ปรับรอบน้ำร่วมกัน	อยู่ปลายน้ำ
หมู่ 4 บ้านหลวง	แม่น้ำแตง	เกษตรขนาดเล็ก	ระบบเวรน้ำร่วมกับหมู่ 3 และหมู่ 1	ขัดแย้งน้อย ใช้การเจรจาในชุมชน	มีตัวแทนในกลุ่มแก่ฝายตำบล	-
หมู่ 5 บ้านน้ำรู	ห้วย	อุปโภค, เกษตร	มีฝายไม้ไผ่ 2 จุดใช้ร่วมในหมู่บ้าน	ขัดแย้งน้อยความร่วมมือสูง	แลกเปลี่ยนแรงงานและข้อมูลน้ำ	-
หมู่ 6 บ้านแม่แพลม	ห้วยแม่แพลม	อุปโภค, พืชผสม	ใช้ประปาภูเขาและน้ำฝนช่วงหน้าแล้ง	ต้องประสานขอความช่วยเหลือหมู่บ้านใกล้เคียง	ร่วมกลุ่มเครือข่ายแก่ฝายตำบล	-

1.3 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและสังคมที่ส่งผลต่อระบบเหมืองฝายเมืองคอง

ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบเหมืองฝาย สามารถจำแนกเป็น 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ 1) ภูมิประเทศและสภาพอากาศ โดยเมืองคองตั้งอยู่ในหุบเขา ปริมาณน้ำแปรผันตามฤดูกาล ฤดูฝนมีน้ำหลากทำให้ฝายเสียหาย ฤดูแล้งต้องใช้ระบบเวรใช้น้ำ การพัฒนาแหล่งกักเก็บน้ำและฟื้นฟูป่าต้นน้ำช่วยลดความเสี่ยงจากภัยแล้ง 2) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งการขยายพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มความต้องการใช้น้ำและลดความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ส่งผลให้น้ำท่วมและพังทลายของหน้าดิน ควรส่งเสริมเกษตรกรรมที่ใช้น้ำน้อยและพัฒนาแนวทางอนุรักษ์ดินและน้ำ รวมทั้ง 3) บทบาทของการท่องเที่ยว ซึ่งรีสอร์ทและโฮมสเตย์ใช้น้ำเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะฤดูแล้งอาจกระทบภาคเกษตร ควรส่งเสริมการใช้น้ำอย่างประหยัด การบำบัดน้ำ และกำหนดแนวทางใช้น้ำร่วมกัน ดังตาราง 4

ตาราง 4 การวิเคราะห์ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและสังคมที่ส่งผลต่อระบบเหมืองฝายในเมืองคอง

ปัจจัย	รายละเอียด	ผลกระทบ	แนวทางการจัดการ
ภูมิประเทศและสภาพอากาศ	ฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.) เมืองคองมีน้ำมาก เสี่ยงน้ำท่วม อาจทำให้ฝายเสียหาย ฤดูแล้ง (พ.ย.-เม.ย.) น้ำลดลง ต้องบริหารจัดการน้ำอย่างเข้มงวด	- น้ำมากเกินไป อาจทำให้ฝายเสียหายและน้ำท่วมพื้นที่เกษตรกรรม - ปริมาณน้ำลดลง ต้องจัดสรรน้ำอย่างเหมาะสมเพื่อการเกษตร	- พัฒนาแหล่งกักเก็บน้ำเพิ่มเติม - ปรับปรุงโครงสร้างฝายให้ทนต่อสภาพอากาศ - วางแผนระบบเวรใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพ - พัฒนาระบบกักเก็บน้ำเพิ่มเติม
การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	การขยายพื้นที่เกษตรกรรมเชิงพาณิชย์ ต้องการน้ำมากขึ้น การลดพื้นที่ป่า ทำให้การกักเก็บน้ำลดลง การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานน้ำไหลเข้าระบบลดลง	- ใช้น้ำมากขึ้น กระทบการจัดสรรน้ำ - ดินอุ้มน้ำได้น้อยลง เพิ่มความเสี่ยงภัยแล้ง - ลดการซึมน้ำลงสู่ดิน ทำให้ปริมาณน้ำเข้าสู่เหมืองฝายน้อยลง	- ส่งเสริมการปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อย - ฟื้นฟูพื้นที่ป่าและส่งเสริมการอนุรักษ์ - ควบคุมการก่อสร้างให้คำนึงถึงระบบนิเวศ
บทบาทของการท่องเที่ยว	จำนวนรีสอร์ทและโฮมสเตย์เพิ่มขึ้น ต้องการน้ำมากขึ้น การพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกด้านท่องเที่ยว ทำให้น้ำถูกใช้มากขึ้น การใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นอาจกระทบต่อเกษตรกรรม	- เพิ่มความต้องการใช้น้ำ กระทบปริมาณน้ำในระบบเหมืองฝาย - ความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นโดยไม่ได้อยู่ในระบบเวรใช้น้ำของชุมชน - การใช้น้ำในภาคท่องเที่ยวอาจทำให้เกษตรกรรมขาดแคลนน้ำ	- กำหนดแนวทางควบคุมปริมาณการใช้น้ำในภาคท่องเที่ยว - รณรงค์การใช้น้ำอย่างประหยัดในธุรกิจท่องเที่ยว - จัดสรรน้ำอย่างเป็นธรรมระหว่างภาคเกษตรกรรมและภาคท่องเที่ยว

2. แนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคองให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมและความต้องการใช้น้ำของชุมชนอย่างยั่งยืน

แนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาระบบเหมืองฝายให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมและความต้องการใช้น้ำของชุมชนอย่างยั่งยืน สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

2.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบเหมืองฝาย

แนวทางที่เน้นการอนุรักษ์ระบบเดิมด้วยการเสริมความแข็งแรงและยืดอายุการใช้งานของโครงสร้างหลัก ประกอบด้วย ฝาย คลองส่งน้ำ โครงสร้างเบี่ยงน้ำ (ต๊างน้ำ) บ่อน้ำฝน และแนวคันดิน โดยมีการเลือกใช้วัสดุท้องถิ่นที่ทนทาน เช่น ไม้เนื้อแข็ง หิน และดินผสมซีเมนต์ พร้อมทั้งออกแบบให้สามารถรองรับแรงน้ำในฤดูน้ำหลากได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังพัฒนาแหล่งกักเก็บน้ำเพิ่มเติม เช่น แก้มลิงและฝายชะลอน้ำ เพื่อเสริมความมั่นคงของระบบน้ำในช่วงฤดูแล้ง การดำเนินการเหล่านี้ช่วยรักษาสภาพแวดล้อมและลดความเสี่ยงจากภัยแล้งในระยะยาว

2.2 การบูรณาการเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการจัดการน้ำ

แนวทางพัฒนาเชิงระบบที่เสริมภูมิปัญญาท้องถิ่นด้วยเครื่องมือและเทคโนโลยีใหม่ เช่น การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำและปริมาณน้ำฝนในฝายและคลองส่งน้ำ พร้อมระบบแจ้งเตือนเมื่อถึงระดับวิกฤต การพัฒนาแผนที่น้ำชุมชนจากข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝน ซึ่งช่วยให้สามารถวางแผนการจัดสรรน้ำได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ยังสนับสนุนการใช้ระบบชลประทานแบบประหยัดน้ำ เช่น ระบบน้ำหยดหรือพ่นฝอย และส่งเสริมการปลูกพืชใช้น้ำน้อย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในภาคเกษตรกรรม

2.3 การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนและภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง

แนวทางนี้เน้นการพัฒนากลไกการบริหารจัดการน้ำแบบมีส่วนร่วม โดยเสนอให้จัดตั้งคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำระดับลุ่มน้ำ เพื่อประสานความร่วมมือระหว่างชุมชนต้นน้ำและท้ายน้ำ รวมถึงภาคธุรกิจท่องเที่ยว โดยคณะกรรมการมีหน้าที่กำหนดแนวทางการจัดสรรน้ำอย่างเป็นธรรมและยั่งยืน นอกจากนี้ยังเสนอให้สถานประกอบการท่องเที่ยวใช้เทคโนโลยีประหยัดน้ำ เช่น สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำและระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำของชุมชน การสนับสนุนจากภาครัฐและองค์กรท้องถิ่นในด้านงบประมาณ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการถ่ายทอดองค์ความรู้จะช่วยให้ชุมชนสามารถดูแลระบบเหมืองฝายได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพในระยะยาว

อภิปรายผลการวิจัย

ระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคองสะท้อนถึงภูมิปัญญาท้องถิ่นที่พัฒนาให้สอดคล้องกับภูมิประเทศแบบแอ่งที่ราบล้อมรอบด้วยภูเขา โดยมีโครงสร้างหลักประกอบด้วย ฝาย คลองส่งน้ำ โครงสร้างเบี่ยงน้ำ (ต๊างน้ำ) บ่อน้ำฝน และแนวคันดิน ซึ่งช่วยควบคุมและกระจายน้ำเพื่อการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ การบริหารจัดการอาศัยระบบเวรใช้น้ำหมุนเวียนและบทบาทของแก่ฝาย (ผู้ดูแลฝาย) ซึ่งสืบทอดความรู้จากรุ่นสู่รุ่น โดยมีการจัดสรรน้ำอย่างยุติธรรมตามลำดับตำแหน่งของพื้นที่เกษตร ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น เช่น เหมืองฝายในลุ่มน้ำแม่ขาน จังหวัดลำพูน หรือรอบกว๊านพะเยาที่มีการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการน้ำแบบ “Phayao Model” (พนิต ใหม่ประสิทธิกุล และคนอื่นๆ, 2559, น.60-65) จะเห็นได้ว่า เมืองคองยังคงพึ่งพาการบริหารแบบดั้งเดิมและแรงงานชุมชนเป็นหลัก ซึ่งมีจุดแข็งด้านความร่วมมือ แต่ยังขาดระบบเทคโนโลยีสำหรับการติดตามข้อมูลน้ำในเวลาจริงที่ช่วยให้แก่ฝายและชุมชนตัดสินใจได้แม่นยำยิ่งขึ้น

ระบบเวรใช้น้ำของเมืองคองยังมีลักษณะยืดหยุ่นและพึ่งพาการตกลงร่วมกันของชุมชน แตกต่างจากการจัดสรรน้ำจากอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในภาคเหนือที่มีการบริหารโดยรัฐหรือ อปท. เช่นในพื้นที่แม่ทะ จังหวัดลำปาง (ขวัญนภา สุขคร และคนอื่นๆ, 2560, น.1985) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาระดับลุ่มน้ำขนาดเล็ก พบว่าหมู่บ้านทั้ง 6 แห่งในเมืองคองมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งยังขาดการจัดตั้งเครือข่ายผู้ใช้น้ำอย่างเป็นระบบ แม้จะมีการประชุมของแก่ฝายหรือเวทีชุมชนก็ตาม ด้านการใช้ที่ดินพบว่าพื้นที่เกษตรกรรมขยายตัวเพิ่มขึ้น และมีการปลูกพืชเศรษฐกิจที่ต้องการน้ำมาก เช่น กระเทียม พริก มันฝรั่ง รวมถึงมีแนวโน้มการบุกรุกป่าต้นน้ำบางส่วน ซึ่งส่งผลต่อปริมาณน้ำและความสมดุลของระบบเหมืองฝายในระยะยาว สอดคล้องกับข้อเสนอของเดือนนภา ภู่ทอง (2561, น.91-92) ที่เน้นการอนุรักษ์ป่าชุมชนควบคู่กับการบริหารจัดการน้ำ

เมื่อพิจารณางานวิจัยต่างประเทศ เช่น หัปซารี และคนอื่นๆ (Hapsari et al., 2023, pp.219-223) และฮานีฟ และคนอื่นๆ (Hanif et al.,2021, pp.8764-8769) พบว่าชุมชนในอินโดนีเซียใช้แนวปฏิบัติทางวัฒนธรรมและศาสนา เช่น พิธี Nyadran หรือคำสอนทางพุทธศาสนาเป็นกลไกสร้างความร่วมมือในการจัดการน้ำ ซึ่งคล้ายคลึง

กับแนวทางของเมืองคองที่ใช้กลไกแก่ฝายและการประชุมหมู่บ้าน ขณะเดียวกัน กงสาส และคนอื่นๆ (Kongsat et al., 2009, pp.136-138) แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการผสมผสานภูมิปัญญาดั้งเดิมกับเทคโนโลยี เช่น การใช้เขื่อนหินร่วมกับระบบชลประทานสมัยใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารน้ำในลุ่มน้ำลำตะคอง ซึ่งเมืองคองสามารถนำแนวคิดนี้มาปรับใช้ในการพัฒนา เช่น การติดตั้งระบบวัดระดับน้ำ การใช้แผนที่น้ำชุมชน และการเสริมสร้างเครือข่ายระหว่างหมู่บ้านเพื่อบริหารจัดการน้ำอย่างเป็นระบบยิ่งขึ้นในอนาคต

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เป็นตัวอย่างเด่นของการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการบริหารจัดการน้ำที่ผสานความรู้ดั้งเดิมเข้ากับภูมิประเทศเฉพาะตัวแบบแอ่งที่ราบล้อมรอบด้วยภูเขา ชุมชนสามารถออกแบบและสร้างโครงสร้างกักเก็บน้ำทั้งจากธรรมชาติและฝีมือตนเองให้เชื่อมโยงเป็นโครงข่ายที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม ระบบเวรใช้น้ำและบทบาทของแก่ฝาย (ผู้ดูแลฝาย) สะท้อนถึงการบริหารจัดการที่เกิดจากความร่วมมือ การมีส่วนร่วม และการปรับตัวอย่างยืดหยุ่นตามฤดูกาล อย่างไรก็ตาม การขยายตัวของเกษตรเชิงพาณิชย์ การใช้พืชที่ต้องการน้ำมากขึ้น และการเติบโตของการท่องเที่ยว ได้เพิ่มแรงกดดันต่อปริมาณน้ำ ส่งผลให้บางหมู่บ้านที่อยู่ปลายน้ำประสบปัญหาในการเข้าถึงน้ำอย่างเท่าเทียม จึงจำเป็นต้องพัฒนาแนวทางอนุรักษ์และปรับตัวอย่างเป็นระบบ

ระบบเหมืองฝายชุมชนตำบลเมืองคองมีความแตกต่างจากพื้นที่อื่น เช่น จังหวัดลำพูนหรือจังหวัดเชียงรายที่มีการนำระบบเครือข่ายผู้ใช้น้ำและเครื่องมือสมัยใหม่มาใช้ เช่น แผนที่น้ำดิจิทัล หรือการจัดสรรน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กของกรมชลประทาน ซึ่งแม้จะเพิ่มประสิทธิภาพ แต่บางครั้งก็ลดบทบาทของชุมชนลง ในขณะที่เมืองคองยังคงรักษาทุนทางสังคมไว้อย่างเข้มแข็งผ่านกลไกท้องถิ่น นอกจากนี้ การเปรียบเทียบกับโมเดลต่างประเทศ เช่น การจัดการน้ำแบบรวมศูนย์ที่ใช้เทคโนโลยีเสริมในอินโดนีเซีย หรือการพัฒนาเขื่อนขนาดเล็กในศรีลังกา แสดงให้เห็นว่าเหมืองฝายเมืองคองมีคุณค่าทั้งในเชิงนิเวศ วัฒนธรรม และสังคม และหากได้รับการสนับสนุนอย่างเหมาะสมและต่อเนื่องสามารถเป็นต้นแบบของระบบบริหารจัดการน้ำโดยชุมชนที่ยั่งยืนในระดับชาติได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การผลักดันระบบเหมืองฝายให้เป็นมรดกภูมิปัญญาท้องถิ่น ควรผลักดันให้ระบบเหมืองฝายได้รับการรับรองในฐานะมรดกภูมิปัญญาท้องถิ่นของชาติ และบรรจุไว้ในแผนพัฒนาเชิงพื้นที่ระดับจังหวัดหรือยุทธศาสตร์จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อให้หน่วยงานท้องถิ่นสามารถบูรณาการการอนุรักษ์และฟื้นฟูไว้ในแผนงบประมาณประจำปีได้

2. การบูรณาการเข้าสู่แผนแม่บทระดับประเทศ ควรถูกนำไปเชื่อมโยงกับแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2580) และนโยบายการอนุรักษ์ลุ่มน้ำของกรมทรัพยากรน้ำ รวมถึงการเสนอต่อกรมชลประทาน เพื่อสนับสนุนโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านน้ำที่มีมิติทางวัฒนธรรมและสังคม โดยเฉพาะการสนับสนุนงบประมาณในการซ่อมแซมฝายเดิมและติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำร่วมกับชุมชน

3. การจัดตั้งคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำระดับลุ่มน้ำที่ประกอบด้วยตัวแทนจากชุมชนทุกหมู่บ้านในตำบลเมืองคอง เพื่อสร้างกลไกกลางในการบริหารจัดการน้ำอย่างเป็นระบบในช่วงฤดูแล้ง และเป็นช่องทางในการเจรจาไกล่เกลี่ยกรณีเกิดความขัดแย้งด้านน้ำ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการเปรียบเทียบระบบเหมืองฝายในพื้นที่อื่นอย่างเป็นระบบ เพื่อนำไปสังเคราะห์แนวทางการจัดการน้ำที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับภูมิภาคหรือประเทศได้

2. ควรศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เช่น การปลูกพืชเชิงเดี่ยวที่ใช้น้ำมาก การบุกรุกพื้นที่ป่า และการขยายตัวของแหล่งท่องเที่ยวต่อปริมาณน้ำในระบบเหมืองฝาย รวมถึงแนวทางการปรับตัวต่อสภาพอากาศแปรปรวนที่อาจส่งผลต่อความมั่นคงของระบบน้ำในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อความยั่งยืน: การศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่นในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและการเกษตรเพื่อรับมือกับภัยพิบัติทางธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในชุมชนเกษตรกรรมแอ่งที่ราบเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ได้รับทุนอุดหนุนการทำวิจัยทุนพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปี พ.ศ. 2567

เอกสารอ้างอิง

ขวัญนภา สุขคร, พัชพร วิภาศรีนิมิต, และสิรณัฐเศรษฐ สุภาจันทรสุข. (2560). ยุทธศาสตร์การจัดการลุ่มน้ำวังแบบมีส่วนร่วมของชุมชน. *Veridian E-Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทย มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ*, *10*(2), 1969-1989. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/view/102265

ดารารัตน์ ธาตุรักษ์, วชิระ หล่อประดิษฐ์, และวัชรี เทพโยธิน. (2563). การจัดการปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้ง โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนบ้านทุ่งฮ้างและบ้านแม่จอกฟ้า จังหวัดลำปาง. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่, 12*(6), 401-415. https://so01.tci-thaijo.org/index.php/abcjournal/article/view/241900

เดือนนภา ภู่ทอง. (2561). การจัดการป่าชุมชนเพื่อความยั่งยืน โดยการใช้กระบวนการมีส่วนร่วมสาธารณะและจารีตประเพณีท้องถิ่นในพื้นที่ภาคเหนือ. *วารสารนวัตกรรมการบริหารและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, 6*(2), 80-94. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/RCIM/article/view/150677

พนิต ใหม่ประสิทธิกุล, สุชาติ ลี้ตระกูล, ต่อพงศ์ กรีธาชาติ, และสมบูรณ์ ธรรมลังกา. (2559). รูปแบบการบริหารจัดการน้ำเชิงบูรณาการบนฐานภูมิปัญญาท้องถิ่น ของชุมชนรอบก๊วานพะเยา จังหวัดพะเยา. *วารสารสังคมศาสตร์วิชาการ, 9*(3), 51-68. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/social_crru/article/view/79801

ยุชิตา กันหามิ่ง, พัจน์พิตตา ศรีสมพงษ์, วารัชต์ มัธยมบุรุษ, และฤทัยภัทร พิมลศรี. (2566). กระบวนการจัดการชุมชนในการเป็นพื้นที่อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติป่ากันชนพื้นที่อนุรักษ์ในเขตภาคเหนือ ประเทศไทย. *วารสารวิชาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, 10*(1), 126-137. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/johuru/article/view/263791

วิลาศ เทพทา, อรศิริ ปาณินท์, และวุฒิพงษ์ ทวีวงศ์. (2561). นิเวศวิทยาทางน้ำในระบบเหมืองฝายของพื้นที่เกษตรกรรมในแหล่งต้นน้ำและแหล่งต้นน้ำลำธาร. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 13*(2), 1-11. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/article/view/143339

อัมพิกา อำลอย, ศุภกุล เรืองวิทยานุสรณ์, วรงค์ วงษ์ลังกา, แผ่นดิน อุนจะนำ, อรัญญา ศิริผล, และระวิวรรณ โอฬารรัตน์มณี. (2566). การดำรงและการเปลี่ยนแปลงของภูมิทัศน์พื้นถิ่นล้านนา: กรณีศึกษา ชุมชนเกษตรกรรมในแอ่งที่ราบเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารภูมิสถาปัตยกรรม*, *5*(1), 1-24.

Hanif, M., Chasanatun, F., & Wibowo, A. M. (2021). Local wisdom of the sodong buddhist village community in water resources management. *Budapest International Resarch and Critics Institut-Journal (BIRCI-Journal)*, *4*(4), 8762–8770. https://doi.org/10.33258/birci.v4i4.2839

Hapsari, F. N., Setyowati, D. L., Lestari, P., Hardati, P., & Gunawan. (2023). Local wisdom *Nyadran* as the social capital in "*Warung Air Tirto Mulyo*" community-based water management. *International Journal of Research and Review*, *10*(2), 216–225. https://doi.org/10.52403/ijrr.20230228

Kongsat, S., Kangrang, A., & Srisa-Ard, K. (2009). An applied local wisdom to manage water for developing riverside community: A case study of the Lam Ta Kong river basin. *Journal of Social Sciences*, *5*(2), 134–138. https://doi.org/10.3844/JSSP.2009.134.138

3

การศึกษาศักยภาพและประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระดับชุมชน

วันที่รับ : 15 กรกฎาคม 2567
วันที่แก้ไข : 15 ตุลาคม 2567
วันที่ตอบรับ : 17 ตุลาคม 2567

สุลักษณา มงคล[1], ชวโรจน์ ใจสิน[1], อัครินทร์ อินทนิเวศน์[1], ธงชัย มณีชูเกต[1], ภานุวิชญ์ พุทธรักษา[1], ธัญลักษณ์ สันเดช[1] และ สราวุธ พลวงษ์ศรี[1*]
[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
*Corresponding author e-mail: sarawut-energy@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการทำงานและประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระดับชุมชนของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรพืช ผัก สมุนไพร ท่าต้นกวาว อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ จากการออกแบบพบว่า ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมในการใช้งานมีขนาด 900 Wp ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวขนาด 450 W จำนวน 1 แผง จ่ายให้กับเครื่องเติมอากาศแบบกังหันมอเตอร์กระแสตรงขนาด 350 W ได้ประมาณ 9 ชั่วโมง/วัน อีกส่วนหนึ่งใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 450 W จำนวน 1 แผง ผลิตไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับแบตเตอรี่ ขนาด 12 V 100 Ah จำนวน 2 ลูก สำรองไฟฟ้าใช้ในเครื่องเติมอากาศในช่วงเวลา 23.00 น. ถึง 04.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) มีค่าต่ำลง จะใช้ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมติดตามการทำงานของค่า DO ได้ตลอดทั้งวัน โดยมีค่าสูงสุด 7.50 mg/L และต่ำสุด 1.30 mg/L หรือคิดเฉลี่ย 3.70 mg/L ซึ่งเพียงพอต่อการอยู่อาศัยของปลา โดยผลการประเมินศักยภาพการใช้พลังงานตลอดทั้งปี พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้กับเครื่องเติมอากาศได้ 1,383.35 kWh/ปี คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง 90.24% เมื่อเปรียบเทียบกับการเปิดเครื่องเติมอากาศแบบเดิมในช่วงกลางคืนประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวัน สำหรับผลการประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงาน พบว่า การคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 6,225.08 บาท/ปี มีระยะเวลาคืนทุนของระบบ 6.35 ปี มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 15,898.71 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 10.53% ผลจากการใช้งานทำให้กลุ่มวิสาหกิจฯ สามารถลดระยะเวลาในการเลี้ยงปลาให้สั้นลงจากปกติเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติใช้เวลา 7 เดือน ลดลงเหลือเวลา 4 เดือน

คำสำคัญ: ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, เศรษฐศาสตร์พลังงาน, การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

THE STUDY OF POTENTIAL AND EVALUATION OF ENERGY ECONOMICS OF SOLAR POWER SYSTEMS FOR COMMUNITY-LEVEL AQUACULTURE

Received : July 15, 2024
Revised: October 15, 2024
Accepted : October 17, 2024

Sulaksana Mongkon[1], Chawaroj Jaisin[1], Akarin Intaniwet[1], Thongchai Maneechukate[1], Panuwit Puttaraksa[1], Thanyaluck Sandech[1], and Sarawut Polvongsri[1*]
[1]School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai, Thailand
*Corresponding author e-mail: sarawut-energy@hotmail.com

Abstract

The objectives of this study were to investigate the operational potential and evaluate the energy economics of using a solar photovoltaic (PV) system for aquaculture at the community level, specifically within the Tha Thon Kwao Community Enterprise Group for Agricultural, Vegetable, and Herbal Cultivation in Saraphi District, Chiang Mai Province. The design findings indicated that the optimal solar PV system size was 900 Wp, utilizing a single 450 W monocrystalline solar panel to power a 350 W DC motor paddlewheel aerator for approximately 9 hours per day. Additionally, another 450 W panel was used to charge two 12 V 100 Ah batteries to supply backup power to the aerator during nighttime hours (from 11:00 PM to 4:00 AM), a period when dissolved oxygen (DO) levels in the water become normally lower. An environmental monitoring system was used to continuously track DO levels, which ranged from a minimum of 1.30 mg/L to a maximum of 7.50 mg/L, with an average of 3.70 mg/L which is sufficient to sustain fish life. The annual energy assessment showed that the solar PV system could generate approximately 1,383.35 kWh/year, reducing conventional electricity usage for aeration by 90.24% compared to operating the aerator for 12 hours per night. The economic evaluation revealed electricity cost savings of 6,225.08 Baht/year, a payback period of 6.35 years, a net present value (NPV) of 15,898.71 Baht, and an internal rate of return (IRR) of 10.53%. As a result of the system's implementation, the community enterprise was able to shorten the fish farming cycle from 7 months under natural method condition to only 4 months.

Keywords: Solar power generation system, Energy economics, Aquaculture

บทนำ

ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งหมด 6,567.8461 ไร่ สามลำดับแรกที่มีการเลี้ยงมากที่สุดได้แก่ ปลานิล 3,256 ตัน/ปี ปลาทับทิม 1,810 ตัน/ปี และปลาดุก 624 ตัน/ปี มีจำนวนเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จำนวน 7,511 ราย แบ่งเป็นเลี้ยงแบบยังชีพ 6,905 ราย เลี้ยงแบบพาณิชย์ 606 ราย (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเชียงใหม่, 2565) ซึ่งในจำนวนนี้มีองค์กรชุมชนประมงท้องถิ่นจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 35 ชุมชน โดยหนึ่งชุมชนที่มีจำนวนสมาชิกมากที่สุด คือชุมชนประมงท้องถิ่นอำเภอสารภี โดยสมาชิกในกลุ่มมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ปลานิล ปลาหมอ ปลาสลิด และกบ โดยมีทั้งแบบยังชีพ พาณิชย์ โรงเพาะฟัก และศูนย์เรียนรู้การประมง เริ่มตั้งแต่เพาะพันธุ์ปลา อนุบาลปลา จนถึงออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ และเป็นวิสาหกิจชุมชนที่มีการทำเกษตรแบบผสมผสาน อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่รูปแบบการเลี้ยงจะเป็นการเลี้ยงแบบธรรมชาติแบบไม่หนาแน่น เช่น การเลี้ยงในบ่อดิน รวมทั้งเกษตรกรบางรายมีการเพาะเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นทั้งในบ่อดิน บ่อซีเมนต์ และการเลี้ยงในระบบไบโอฟลอคในบ่อพลาสติก ซึ่งมีความเสี่ยงในการเกิดอาการน๊อคน้ำของปลาสูง โดยเฉพาะหากเป็นการเลี้ยงปลาเศรษฐกิจที่เป็นที่ต้องการของตลาดเช่น ปลานิล และปลาทับทิม ซึ่งปัจจัยในการเจริญเติบโตของปลากลุ่มนี้ต้องการอุณหภูมิน้ำ 25-32 °C ค่า pH 6.3-8.3 และจำเป็นต้องรักษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ไม่ควรต่ำกว่า 3 mg/L จะทำให้ปลากินอาหารได้ดีและมีสุขภาพแข็งแรง (นิสรา กิจเจริญ, 2563) นอกจากนั้นการเพิ่มออกซิเจนในน้ำยังสามารถช่วยลดระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลงดังในงานวิจัยของ วรพงษ์ นลินานนท์ และคนอื่นๆ (2560, น.490.) ได้ทำการศึกษาการเลี้ยงปลานิลโดยมีการเติมอากาศแบบผลักดันมวลน้ำ จากการศึกษาพบว่า ค่า DO ในกระชังที่เลี้ยงปลานิลและมีการเติมอากาศมีค่าระหว่าง 1.9-5.8 mg/L และปลานิลที่เลี้ยงในกระชังที่มีการเติมอากาศเปรียบเทียบกับการเลี้ยงกระชังทั่วไปจะมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของน้ำหนักและความยาวได้ดีกว่า และอัตราการแลกเปลี่ยนเนื้อที่ดีกว่า ดังนั้นในปัจจุบันเกษตรกรจึงนิยมเติมอากาศให้กับบ่อเพาะเลี้ยงปลามากขึ้นโดยใช้รูปแบบต่างๆ เช่น การใช้กังหันน้ำเติมอากาศบนผิวน้ำ และการเติมอากาศแบบหัวทราย เป็นต้น โดยปริมาณการเติมอากาศแต่ละแบบจะขึ้นปริมาณของปลาที่เลี้ยง และขนาดของบ่อที่เพาะเลี้ยง ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น

ในปัจจุบันการนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาช่วยในการจัดการค่าไฟฟ้าในฟาร์มเกษตรเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นมีการศึกษาหลายงานวิจัยที่พบว่า สามารถลดต้นทุนของเกษตรกรเลี้ยงปลาได้จริง เช่น สราวุธ พลวงษ์ศรี และคนอื่นๆ (2562) ได้ศึกษาผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าและดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตของเครื่องเติมอากาศบ่อเลี้ยงปลาที่ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานขนาด 2.84 kWp เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องเติมอากาศขนาด 3 hp จำนวน 3 ชุด ในบ่อปลาขนาดใหญ่พื้นที่ 8 ไร่ พบว่าสามารถลดค่าไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าพื้นฐานได้สูงสุด 19,950.63 บาท/รอบ โดยเลี้ยงปลาได้ 2 รอบ/ปี คิดเป็นเงิน 39,901.26 บาท/ปี ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตหลังติดตั้งระบบ 0.56 kWh/kg ลดลง 0.23 kWh/kg สุลักษณา มงคล และคนอื่นๆ (2565, น. 36-37) ได้ศึกษาสมรรถนะและประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานในฟาร์มเพาะพันธุ์ปลาในบ่อซีเมนต์ที่ใช้เครื่องเติมอากาศที่มีกำลังไฟฟ้า 1.2 kW จากการออกแบบพบว่า ต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 450 Wp จำนวน 4 แผง ระบบสามารถผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ 8.30 kWh/วัน หรือคิดเป็น 63% ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบเติมอากาศ และมีค่าสมรรถนะระบบ (Performance Ratio: PR) เท่ากับ 94% เมื่อประเมินผลผลิตพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้งนี้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้

1,872.50 kWh/ปี คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ 7,864.50 บาท/ปี โดยมีเงินลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 54,500 บาท ทำให้ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 6.93 ปี นอกจากนี้มีการศึกษาการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าร่วมกับการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดควบคุมจะสามารถเพิ่มศักยภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ดีขึ้น สราวุธ พลวงษ์ศรี และคนอื่นๆ (2565) ได้ออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดพลังงานและสิ่งแวดล้อม และระบบควบคุมการเติมออกซิเจนในน้ำสำหรับบ่อเลี้ยงปลาระบบไบโอฟลอคที่มีการใช้งานระบบเติมอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ผลทดลองพบว่า การใช้งานสำหรับเครื่องเติมอากาศขนาด 2 hp สามารถรักษาปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำให้อยู่ระหว่าง 3 – 5 mg/L ได้ โดยใช้อัตราการไหลอากาศสำหรับเติมลงบ่อที่ 30 m^3/h ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้สำหรับรักษาปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ และเปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องเติมออกซิเจนในน้ำเท่ากับ 71.69 % ลดลงจากเดิม 28.31 % ส่งผลให้สามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 305.79 kWh/เดือน หรือคิดเป็นผลประหยัด 1,352.13 บาท/เดือน สำหรับเครื่องเติมอากาศขนาด 3 hp จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 448.50 kWh/เดือน คิดเป็นผลประหยัด 1,983.12 บาท/เดือน

จากงานวิจัยดังที่กล่าวข้างต้นส่วนใหญ่เป็นการประยุกต์การใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในระดับของเกษตรกรรายใหญ่หรือผู้ประกอบการพันธุ์ปลาขนาด SMEs ซึ่งในระดับชุมชนหรือเกษตรกรขนาดเล็กยังขาดการเข้าถึงเทคโนโลยีนี้ ซึ่งหากนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งานในระดับชุมชนซึ่งเป็นกลุ่มผู้เลี้ยงปลาขนาดเล็กจะสามารถช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตและลดต้นทุนค่าไฟฟ้าได้ ดังนั้นงานในวิจัยนี้จึงได้ศึกษาและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมมาใช้งานกับบ่อเลี้ยงปลาขนาดเล็กซึ่งเลือกบ่อเลี้ยงปลาในระดับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ทำการประเมินศักยภาพการใช้งานและประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานจากการใช้งานระบบ เพื่อให้ได้แนวทางการใช้เทคโนโลยีเป็นต้นแบบของชุมชน และสามารถนำองค์ความรู้ไปขยายผลการใช้งานเพื่อเสริมศักยภาพการผลิตและลดระยะเวลาการเลี้ยงให้เร็วขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

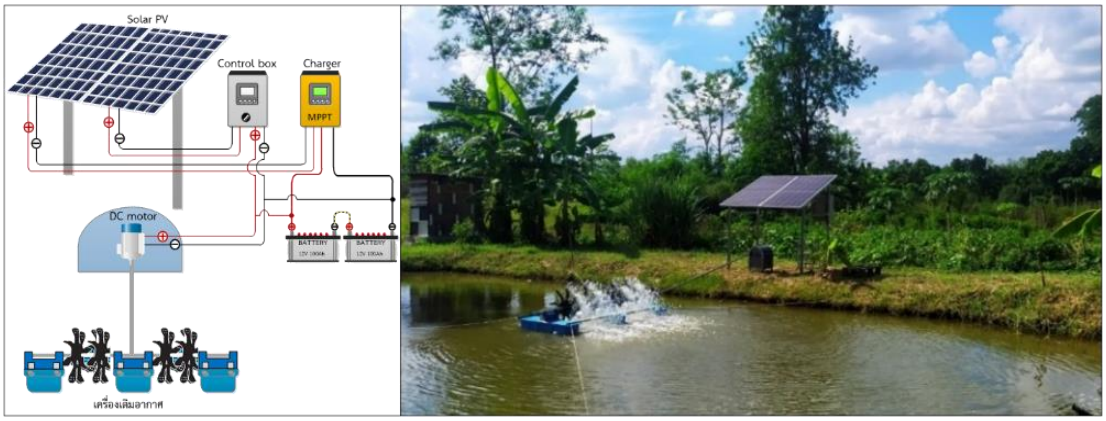
1. เพื่อศึกษาศักยภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งสำหรับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้นแบบชุมชน
2. เพื่อประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระดับชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

พื้นที่ดำเนินการวิจัยของชุมชนในอำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตร พืชผัก สมุนไพร ท่าต้นกวาว เป็นศูนย์ที่สนับสนุนการดำเนินด้านเกษตรกรรมต้นแบบของชุมชน มีพื้นที่ปลูกผักและบ่อเลี้ยงปลา พื้นที่ 400 m^2 โดยก่อนเริ่มดำเนินงานได้มีการลงสำรวจพื้นที่และอบรมถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยีให้กับตัวแทนของชุมชน ณ ศูนย์การเรียนรู้ต้นแบบ SEEU Cloud Innovation Center วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีที่ได้รับการถ่ายทอด ดังภาพ 1

ภาพ 1 วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตร พืช ผัก สมุนไพร ท่าต้นกวาว

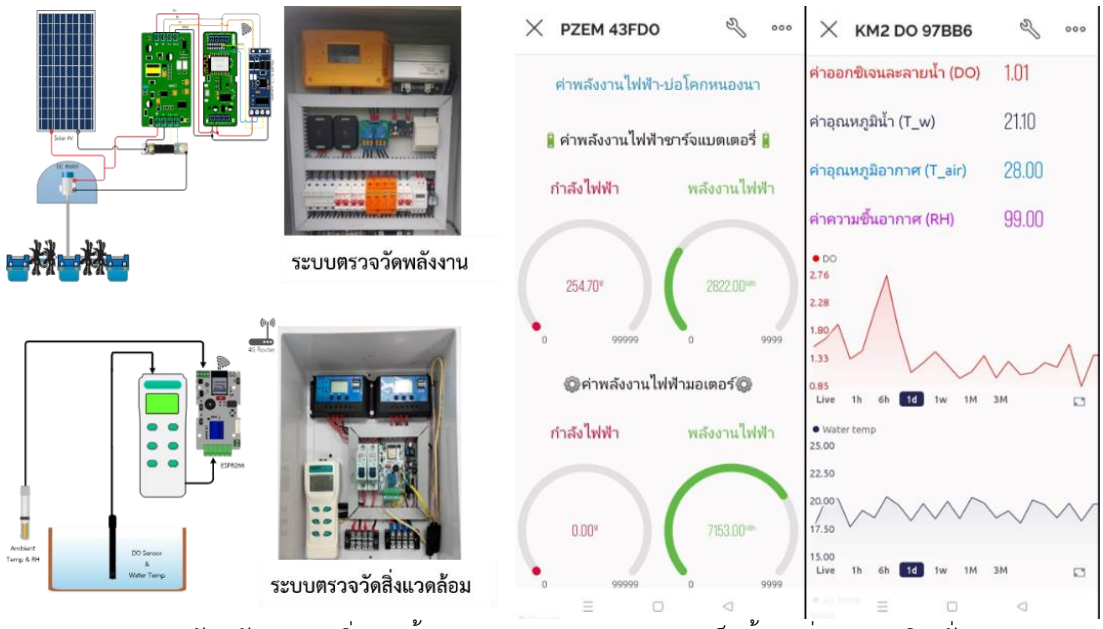


ภาพ 2 ไดอะแกรมการทำงานและการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
สำหรับเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ภาพ 2 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 900 Wp ประกอบด้วยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตรัลไลน์ แบบ Half cell ขนาด 450 W (V_{mpp} 41.50 V, Impp 10.85 A, V_{oc} 49.3 V และ I_{sc} 11.60 A) จำนวน 2 แผง ผลิตไฟฟ้าเมื่อได้รับแสงอาทิตย์ประมาณ 5-9 ชั่วโมง/วัน และใช้แบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle ขนาด 12 V 100 Ah จำนวน 2 ลูก สำหรับสำรองไฟฟ้าไว้ใช้ในช่วงเวลากลางคืน โดยทำงานร่วมกับเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ ขนาด 24 V 30 A ลักษณะการทำงานของระบบไฟฟ้าที่ออกแบบจะแยกเป็นสองส่วน ได้แก่ ในช่วงเวลากลางวันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 450 W จำนวน 1 แผง ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จ่ายให้กับมอเตอร์เติมอากาศขนาด 350 W จำนวน 8 ใบพัด ทั้งหมด 4 ชุด เพื่อทำงานด้วยความเร็วรอบตั้งแต่ 0-100 rpm และเพื่อให้ได้ปริมาณไฟฟ้ามากที่สุดสำหรับใช้ช่วงเวลากลางคืน จึงใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์อีก 1 แผงทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าให้แบตเตอร์รี่ทั้ง 2 ลูกให้ได้มากที่สุด โดยจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับมอเตอร์เพื่อหมุนกังหันเติมอากาศแบบกังหันตีน้ำ ตั้งแต่เวลา 23.00 ถึง 04.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ลดลงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

1. การศึกษาศักยภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์ได้ทำการตรวจวัดและติดตามข้อมูลโดยพัฒนาระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าและระบบตรวจวัดสิ่งแวดล้อมขึ้น ระบบตรวจวัดพลังงานออกแบบเป็น Energy Smart Meter โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดพารามิเตอร์ไฟฟ้า

(DC Power Analyzer) วัดทางขาเข้าของแผงและขาออกของมอเตอร์เติมอากาศ (Power Meter DC) โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่พัฒนาขึ้น เพื่อรับ-ส่งข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ดังไดอะแกรม ภาพ 3 (ก) สำหรับระบบตรวจวัดสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย การใช้บอร์ดควบคุมหลักในการอ่านข้อมูล (Blynk Kit ESP8266/ESP32) บอร์ดเพื่อตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำพร้อมหัววัด DO Meter วัดอุณหภูมิน้ำภายในบ่อ ห่างจากขอบบ่อ 30 cm และวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศบริเวณที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยข้อมูลจะทำการตรวจวัดตัวแปรละ 1 จุด จากนั้นข้อมูลที่วัดได้จะสื่อสารข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อ Wi-Fi 2.4 GHz โดยใช้งานร่วมกับระบบ Cloud Server Blynk ในการเก็บและแสดงข้อมูล ดังภาพ 3 (ข) ซึ่งในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาระบบมอนิเตอร์ผ่านแอ็ปพลิเคชัน Blynk มาใช้สามารถติดตามข้อมูลได้จากระยะไกล การเก็บข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2565 และนำข้อมูลมาวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบ ได้แก่ และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในด้านต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลการใช้ของระบบเช่น กำลังไฟฟ้าของระบบ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ข้อมูลสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์แวดล้อม ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)



(ก) ระบบตรวจวัดพลังงานและสิ่งแวดล้อม (ข) การเก็บข้อมูลผ่านแอปพลิเคชั่น

ภาพ 3 ระบบตรวจวัดพลังงานและสิ่งแวดล้อม

2. การประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้ใช้ข้อมูลการเพาะเลี้ยงที่เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนธันวาคม 2565 ถึง มีนาคม 2566 และนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อนำไปประเมินความคุ้มทุนด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ในการเลี้ยงปลา การประเมินการลดต้นทุนทางพลังงาน ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายในจากการใช้ระบบต้นแบบที่ติดตั้งบ่อเลี้ยงปลาของชุมชน ซึ่งในงานวิจัยนี้ชุมชนได้เลี้ยงปลานิลเพื่อจำหน่าย จึงทำการรวบรวมข้อมูลอื่นๆ ที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วย ระยะเวลาที่เลี้ยง จำนวนปลาที่เลี้ยง ต้นทุนพันธุ์ปลา ราคาปลาที่จำหน่าย ผลผลิตปลาที่ได้ ค่าอาหารปลา ค่าไฟฟ้าที่มีการใช้จากระบบไฟฟ้าพื้นฐาน และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สมการที่ใช้มีดังต่อไปนี้

2.1 การประเมินระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period: SPB) (Samuelson & Nordhaus, 2001) ดังสมการที่ (1)

$$\text{Simple payback period} = \frac{\text{Initail investment}}{\text{Net cash flow per period}} \quad (1)$$

2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value: NPV) คือ ผลบวกของรายรับทั้งหมดและรายจ่ายทั้งหมดที่ได้จากโครงการโดยการปรับทุกค่ามาที่เวลาปัจจุบัน (Samuelson & Nordhaus, 2001) ดังสมการที่ (2)

$$NPV = \sum_{n=0}^{N} \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} - TIC \quad (2)$$

โดย R_n คือ ผลตอบแทนในปีที่ n C_n คือ ค่าใช้จ่ายในปีที่ n N คือ ระยะเวลาโครงการ i คือ อัตราส่วนลด (Discount Rate) หรืออัตราดอกเบี้ย (Interest) TIC คือ เงินลงทุนทั้งหมด ณ เวลาปัจจุบัน

2.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิได้จากค่าตอบแทนการลงทุนมีค่าเป็นศูนย์ หรือค่า i ที่ทำให้ NPV = 0 (Samuelson & Nordhaus, 2001) ดังสมการที่ (3)

$$NPV = \sum_{n=0}^{N} \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} - TIC = 0 \quad (3)$$

โดยสมมุติฐานในการวิเคราะห์ต้นทุนทางพลังงานมีดังนี้ ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง 0.9 kW ขนาดแบตเตอรี่ ขนาด 12 V 100 Ah จำนวน 2 ลูก ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิด Mono Half Cell ขนาดกำลังไฟฟ้า 450 Wp/module ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์คงที่ตลอดอายุโครงการ 25 ปี ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในระบบฯ เท่ากับ 90% และประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ เท่ากับ 90%

2.4 ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ หาได้จากผลรวมของการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อรอบการเลี้ยงรวมหารด้วยจำนวนผลิตทั้งหมด ดังสมการที่ (4)

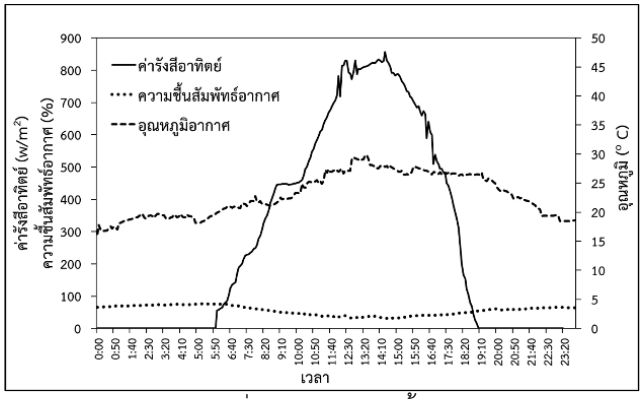
$$\text{Specific Energy Consumption} = \frac{\text{Total Energy Use}}{\text{Net Yield}} \quad (4)$$

ผลการวิจัย

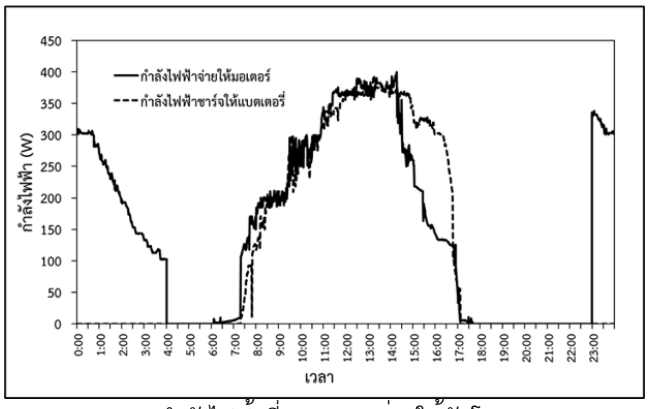
1. ศักยภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการทดสอบการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แสดงดังภาพ 4 เป็นการทดสอบการใช้งานของบ่อเลี้ยงปลาในวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่ง ในภาพ 4 (ก) แสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมวันที่ทำการทดสอบ อุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.93 °C ค่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูงสุด 29.90 °C และค่าต่ำสุด 16.30 °C ในช่วงเวลากลางวันพบว่า ค่ารังสีอาทิตย์มีค่าสูงสุด 856.99 W/m^2 หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยรังสีอาทิตย์เท่ากับ 549.95 W/m^2

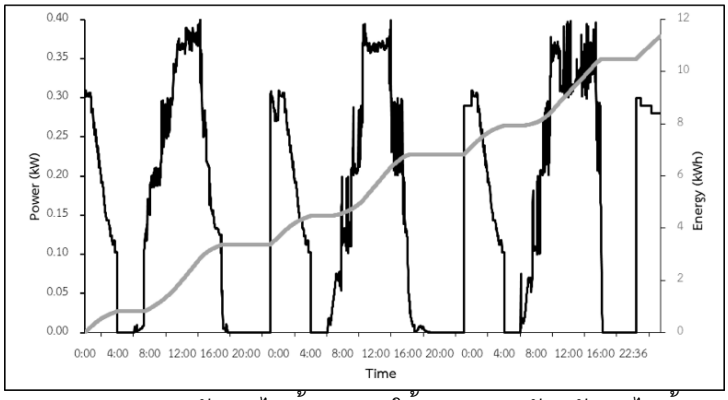
ในภาพ 4 (ข) แสดงถึงเวลากลางวันแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามค่ารังสีอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นแต่อาจมีค่าแปรปรวนในบางช่วงเวลาที่มีเมฆ ระบบผลิตไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้เครื่องเติมอากาศได้ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. โดยช่วงที่ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่วัดได้เท่ากับ 387 W หรือคิดเป็น 86% ของพิกัดติดตั้งต่อแผง หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าตลอดทั้งวันได้ 286.64 W



(ก) ค่าทางสภาพแวดล้อม



(ข) กำลังไฟฟ้าที่จากระบบจ่ายให้กับโหลด

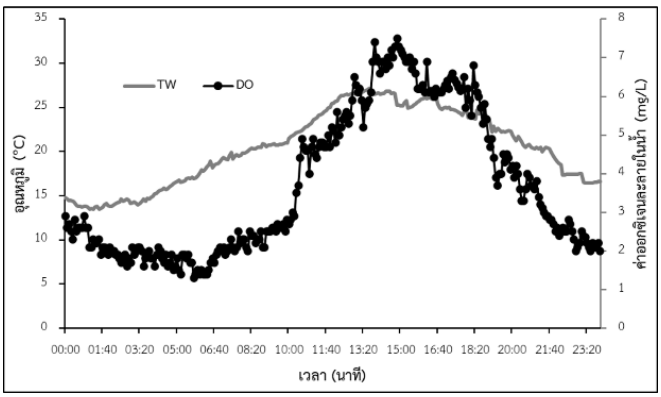


(ค) ผลการตรวจวัดทางไฟฟ้าจากการใช้ระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า

ภาพ 4 ผลการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ่อเลี้ยงปลา

สำหรับการประเมินการใช้งานระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าใน 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่ 1 เป็นการใช้ไฟฟ้าจากผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในเวลากลางวัน และช่วงที่ 2 เป็นการใช้ไฟฟ้าของบ่อเลี้ยงปลาจากแบตเตอรี่ในเวลากลางคืน (ช่วงเวลาวิกฤต) ซึ่งระบบจะทำการบันทึกและแจ้งเตือนข้อมูลทางพลังงานที่ใช้กับมอเตอร์เติมอากาศ ประกอบด้วย ค่ากำลังไฟฟ้า และค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นเวลาต่อเนื่อง 3 วัน โดยจากภาพ 4 (ค) พบว่าค่ากำลังไฟฟ้ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับค่ากระแสไฟฟ้า โดยมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดในการขับมอเตอร์เติมอากาศประมาณ 0.35 kW ซึ่งเกิดขึ้นขณะใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันในเวลาที่มีค่ารังสีอาทิตย์สูงๆ และช่วงกลางคืนที่เปิดใช้มอเตอร์เติมอากาศจากแบตเตอรี่ที่ตลอดการใช้งาน จำนวน 5 ชั่วโมง/วัน จะมีกำลังไฟฟ้าที่ขับมอเตอร์เติมอากาศอยู่ระหว่าง 0.28 – 0.31 kW สำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าสะสมตลอดช่วง 3 วันมีประมาณ 11 kWh

สำหรับผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิน้ำและค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ภาพ 5 ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ตั้งแต่ 00.00 ถึง 23.59 น. โดยเก็บข้อมูลโดยละเอียด ทุกๆ 1 นาที พบว่า อุณหภูมิน้ำจะมีค่าต่ำสุดประมาณ 15 °C ช่วงเวลา 00.00 น. และมีค่าสูงสุดในช่วงเวลาเที่ยงวัน ประมาณ 27 °C ค่า DO ที่ทำการตรวจวัดในช่วงเวลากลางวันมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ 3 mg/L แต่อาจมีค่าลดลงบ้างตามกำลังไฟฟ้าที่ได้จากมอเตอร์ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของค่ารังสีอาทิตย์ที่ลดลง จากนั้นค่า DO จะมีค่าสูงขึ้นจนสูงสุดประมาณ 7 mg/L ในช่วงเวลา 14.00 ถึง 15.00 น. หลังจากนั้นจะเริ่มลดต่ำลง และมีค่าต่ำสุดประมาณ 1 mg/L ในช่วงเวลา 05.00 ถึง 06.00 น.



ภาพ 5 ข้อมูลการวัดอุณหภูมิน้ำและค่าออกซิเจนละลายในน้ำ

1. ผลการประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์ต้นทุนทางพลังงานตามลักษณะการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบเติมอากาศของบ่อเลี้ยงปลาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตร พืช ผัก สมุนไพร ท่าต้นกวาว เนื่องจากก่อนติดตั้งระบบเกษตรกรเลี้ยงปลาไม่หนาแน่น และหลังจากติดระบบเกษตรกรเลี้ยงปลาแบบหนาแน่น ดังนั้นจึงทำการประเมินการเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นก่อนทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มเติม ทำให้ในการศึกษามีการประเมินจำนวน 3 กรณี ได้แก่ กรณีก่อนทำการปรับปรุงและเลี้ยงปลาไม่หนาแน่น กรณีก่อนปรับปรุงเลี้ยงปลาแบบหนาแน่น และกรณีหลังปรับปรุงเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะมีเงินลงทุนเพิ่มเติมอีก 39,500 บาท กำหนดให้อายุโครงการ 25 ปี ตามอายุของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และคิดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ 4 ปี

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของการเลี้ยงปลา 1 รอบการเลี้ยง

ลำดับ	รายละเอียด	ก่อนปรับปรุงเลี้ยงแบบไม่หนาแน่น	ก่อนปรับปรุงเลี้ยงแบบหนาแน่น	หลังปรับปรุงเลี้ยงแบบหนาแน่นและติดตั้งระบบ
1	ระยะเวลาการเพาะเลี้ยงต่อรอบ (เดือน)	7	4	4
2	จำนวนปลาที่เลี้ยง (ตัว)	3,800	4,500	4,500
3	ราคาปลาที่จำหน่าย[1] (บาท/kg)	50	50	60
4	ผลผลิตปลาที่ได้ (kg)	600	800	900
5	รายจ่ายค่าพันธุ์ปลา[2] (บาท)	5,700	4,500	4,500
6	รายจ่ายค่าอาหารปลา (บาท)	6,300	3,600	3,600
7	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากระบบไฟฟ้าพื้นฐาน (kWh)	78	90	40
8	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/kWh)	4.50	4.50	4.50
9	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/ปี) (7) × (8)	351	405	180
10	ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อผลผลิตปลา (บาท/kg) (9) ÷ (4)	0.585	0.506	0.20
11	รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท) (5) + (6) + (9)	12,351	8,505	8,100
12	รายได้จากการขายปลา (บาท)	30,000	40,000	54,000
13	กำไรสุทธิต่อรอบ (บาท) (12) – (11)	17,649	31,495	45,900
14	ต้นทุนต่อกิโลกรัม (บาท/kg) (11) ÷ (4)	20.59	10.63	9
15	Specific Energy Consumption (kWh/kg) (7) ÷ (4)	0.13	0.112	0.044

หมายเหตุ: [1] ราคาปลาที่จำหน่ายหลังปรับปรุงสูงกว่าก่อนปรับปรุงเนื่องจากไซส์ปลาที่ได้มีขนาดใหญ่กว่า เป็นราคาที่ผู้รับซื้อกำหนด
[2] ค่าพันธุ์ปลาของกรณีที่ 1 มีราคาสูงกว่ากรณีที่ 2 และ 3 เนื่องจากเป็นข้อมูลที่เกษตรกรซื้อปลาก่อนเริ่มใช้งานระบบ ซึ่งหลังจากเริ่มใช้งานระบบเกษตรกรสามารถหาพันธุ์ปลาในราคาที่ต่ำกว่า

ผลการศึกษาตามตาราง 1 พบว่า ในเงื่อนไขกรณีที่ 1 กรณีก่อนทำการปรับปรุงและเลี้ยงปลาไม่หนาแน่น ค่าพันธุ์ปลาจะมีราคาสูงกว่า ใช้เวลาเลี้ยงนานกว่า และผลผลิตปลาที่ได้น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ช่วงเวลากลางวันเกษตรกรจะเปิดการใช้งานเครื่องเติมอากาศเนื่องจากได้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ ทำให้ปลาที่เลี้ยงได้รับออกซิเจนได้อย่างเต็มที่ทำให้ลดระยะเวลาในการเลี้ยงให้สั้นลงซึ่งปกติเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติใช้เวลาประมาณ 7 เดือน จะสามารถลดระยะเวลาได้เหลือ 4 เดือน ซึ่งผลการประเมินก่อนการติดตั้งพบว่า มีต้นทุนคิดเป็น 20.59 บาท/kg และ 10.63 บาท/kg ตามลำดับ มีค่า SEC เท่ากับ 0.13 kWh/kg และ 0.112 kWh/kg ตามลำดับ หลังจากติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีต้นทุนเป็น 9 บาท/kg ค่า SEC เท่ากับ 0.044 kWh/kg

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์พลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ลำดับ	รายละเอียด	หลังปรับปรุงเลี้ยงแบบหนาแน่นและติดตั้งระบบ
1	เงินลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าฯ (บาท)	39,500
2	พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากระบบผลิตไฟฟ้าพื้นฐาน (kWh/ปี)	1,383.35
3	ผลประหยัด (บาท/ปี)	6,225.08
4	ระยะเวลาคืนทุน[a] (ปี)	6.35
5	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ[a] (บาท)	15,898.71
6	อัตราผลตอบแทนภายใน IRR[a] (%)	10.53

หมายเหตุ: [a] คำนวนจากสมการที่ 1-3 ตามลำดับ

จากตาราง 2 แสดงผลการประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงปลาของชุมชน โดยคิดระยะเวลาของโครงการ 25 ปี ตามอายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า มีเงินลงทุนระบบ 39,500 บาท ระยะเวลาคืนทุน 6.35 ปี คิดเป็นค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 15,898.71 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 10.53% จากผลเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้อื่นๆ ดังงานวิจัยของ สุลักษณา มงคล และคนอื่นๆ (2565, น. 43-44) พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากขนาดบ่อปลาและจำนวนปลาที่เลี้ยงต่อบ่อใกล้เคียงกันและมีขนาดไม่ใหญ่มาก มีเงินลงทุนและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ในระดับหนึ่งอาจทำให้ระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 5 ปี แต่หากพิจารณาเรื่องการลดระยะเวลาการเลี้ยงพบว่าใช้เวลาในการเลี้ยงปลาน้อยลง ซึ่งในอนาคตชุมชนสามารถเลี้ยงปลาได้มากกว่า 1 รอบต่อปี จะทำให้ระยะเวลาคืนทุนเร็วขึ้น

ผลจากการดำเนินโครงการเพื่อให้การใช้เทคโนโลยีที่ถ่ายทอดเกิดความยั่งยืน จึงได้จัดอบรมเชิงปฏิบัติการสร้างนวัตกรต้นแบบของชุมชน ประกอบไปด้วย เกษตรกรตัวแทนของบ่อเลี้ยงปลาและประมงอำเภอสารภี ให้ความรู้เรื่องการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ การออกแบบและเลือกขนาดของระบบเบื้องต้นให้เหมาะสมกับพื้นที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ การใช้งาน การบำรุงรักษา การใช้งานร่วมกับระบบตรวจวัดและระบบการจัดการข้อมูล รวมทั้งการใช้งานระบบผ่านการใช้ Mobile Application หลังจากนั้นได้จัดการอบรมถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชนอื่นๆ โดยนวัตกรผ่านการอบรมกับโครงการฝึกเป็นวิทยากรร่วมกับคณะผู้วิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยีทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติแก่ผู้รวมอบรมจำนวน 30 คน ซึ่งผลการประเมินความรู้โดยใช้แบบสอบถามเชิงคุณภาพ พบว่าผู้เข้าอบรมทุกคนมีความรู้ความเข้าใจที่เพิ่มขึ้น มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด นอกจากนั้นยังได้มีการติดตามผลการดำเนินงานของบ่อเลี้ยงปลาต้นแบบเป็นระยะๆ พบว่า นวัตกรต้นแบบที่ผ่านการร่วมอบรมในโครงการสามารถใช้เทคโนโลยีที่ได้รับการถ่ายทอด และดำเนินการเลี้ยงปลาเพื่อจำหน่ายของกลุ่มวิสาหกิจ อีกทั้งสามารถเป็นผู้แนะนำให้ความรู้แก่ผู้สนใจที่เข้ามาเยี่ยมชมที่บ่อเลี้ยงปลาต้นแบบ และมีผลประเมินความพึงพอใจของการรับเทคโนโลยีอยู่ตั้งแต่ระดับมากถึงมากที่สุดเช่นกัน

ภาพ 6 การอบรมนวัตกรชุมชนและถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่ชุมชนอื่นๆ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบผลการศึกษาศักยภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หากนำค่ากำลังไฟฟ้าและชั่วโมงการทำงานของระบบมาวิเคราะห์หาค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตและจ่ายให้เครื่องเติมอากาศจะพบว่า มีค่า 2.58 kWh/วัน สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์อีก 1 แผง ที่ทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่และนำไปจ่ายให้กับเครื่องเติมอากาศตั้งแต่เวลา 23.00 น. ถึงเวลา 04.00 น. คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้และสามารถจ่ายให้เครื่องเติมอากาศ 1.21 kWh/วัน ดังนั้นพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่ใช้ต่อวันจากระบบที่ติดตั้งเท่ากับ 3.79 kWh หรือคิดเป็นประมาณ 4 kWh เมื่อนำไปประเมินโดยใช้ค่ารังสีอาทิตย์ของจังหวัดเชียงใหม่ตลอดทั้งปี พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้กับเครื่องเติมอากาศได้ 1,383.35 kWh/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับการเปิดเครื่องเติมอากาศแบบเดิมในช่วงกลางคืนประมาณ 12 ชั่วโมง/วัน จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้มากถึง 90.24% หรือคิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 6,225.08 บาท/ปี ซึ่งจากการใช้งานตามที่ออกแบบ การแบ่งระบบชาร์จบตเตอรี่แยกออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ต่อกับมอเตอร์เติมอากาศจะทำให้ประสิทธิภาพการชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่สูงกว่าและได้พลังงานไฟฟ้าที่นำไปใช้ได้มากกว่าระบบที่มีการอัดประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่พร้อมๆ กับการใช้กับเครื่องเติมอากาศประมาณ 12.5% (สราวุธ พลวงษ์ศรี, 2566) และเมื่อทำงานร่วมกับระบบตรวจวัดสิ่งแวดล้อมทำให้ทราบระดับค่า DO และเติมอากาศเพื่อรักษาระดับให้เพียงพอให้กับความต้องการของปลาได้ อย่างไรก็ตามอาจมีบางช่วงเวลาเช่น ในช่วงกลางคืนและช่วงเช้ามืดที่มีปัญหาค่าออกซิเจนลดลงต่ำว่า 3 mg/L ซึ่งจะมีการจ่ายไฟให้กับเครื่องเติมอากาศเพื่อรักษาระดับค่า DO ให้ปลาอาศัยอยู่ได้ แต่หากต้องการค่าเท่ากับหรือมากกว่า 3 mg/L อาจจะต้องมีการเพิ่มขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าและขนาดของแบตเตอรี่ซึ่งต้นทุนจะเพิ่มขึ้น และอาจต้องมีการประเมินความคุ้มทุนเพิ่มเติมหากชุมชนปรับเปลี่ยนให้มีการใช้งานเพิ่มเติมจากเดิม

สำหรับผลการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เมื่อเปรียบเทียบจากผลงานวิจัยที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้อื่นๆ งานวิจัยของ สุลักษณา มงคล และคนอื่นๆ (2565, น. 43-44) พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากขนาดบ่อปลาและจำนวนปลาที่เลี้ยงต่อบ่อใกล้เคียงกันและมีขนาดเล็ก มีเงินลงทุนและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ อาจทำให้ระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 5 ปี แต่หากพิจารณาเรื่องการลดระยะเวลาการเลี้ยงพบว่าใช้เวลาในการเลี้ยงปลาน้อยลงจากเดิม 7 เดือน ลดลง 4 เดือน ซึ่งชุมชนสามารถเลี้ยงปลาได้ 2 รอบต่อปีจากเดิม 1 รอบต่อปี หรือเลี้ยงปลาที่มีมูลค่าทางการตลาดมากกว่าปลานิล เช่น ปลาทับทิม จะทำให้ระยะเวลาคืนทุนเร็วขึ้น สำหรับค่าดัชนีการใช้พลังงานของการเลี้ยงปลาพบว่า มีค่าต่ำกว่าการเลี้ยงบ่อขนาดใหญ่ถึงแม้ว่าบ่อขนาดใหญ่จะมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขนาดใหญ่กว่า แต่ด้วยข้อจำกัดของการใช้งาน

ตอนกลางคืนต้องมีการใช้ไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าพื้นฐานเป็นหลักและไม่มีระบบสำรองไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เนื่องจากต้องลงทุนสูง จึงทำให้ค่าดัชนีการใช้พลังงานสูงกว่า ดังในงานวิจัยของ สราวุธ พลวงษ์ศรี และคนอื่นๆ (2562) ที่ศึกษาการใช้งาน ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานขนาด 2.84 kWp ในบ่อเลี้ยงปลา พบว่า ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตหลังติดตั้งระบบไฟฟ้าขนาดประมาณ 3 kW มีค่า 0.56 kWh/kg สูงกว่าระบบที่ทำการศึกษาในงานวิจัยที่มีค่าเพียง 0.044 kWh/kg ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์กับบ่อเลี้ยงปลาขนาดเล็กมีความเหมาะสมที่สามารถนำมาใช้งานได้ และสามารถเพิ่มระบบสำรองไฟฟ้าโดยใช้แบตเตอรี่จ่ายไฟฟ้าในเวลากลางคืนหรือเวลาช่วงที่ค่า DO ลดลงจนถึงค่าวิกฤต

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บ่อเลี้ยงปลาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตร พืช ผัก สมุนไพร ท่าต้นกวาว ขนาดกำลังติดตั้ง 900 Wp รวมทั้งใช้ระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมพบว่า ชุมชนสามารถใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ทั้งในเวลากลางวันและสามารถเปิดใช้มอเตอร์เติมอากาศที่ใช้ไฟฟ้าจากการสะสมในแบตเตอรี่ได้จำนวน 5 ชั่วโมง/วัน คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 4 kWh และสามารถรักษาระดับค่า DO ให้เพียงพอต่อความต้องการของปลา จากการประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าพื้นฐานลงได้จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้มากถึง 90.24% หรือคิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 6,225.08 บาท/ปี มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6.35 ปี ซึ่งระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 5 ปี แต่หากพิจารณาเรื่องการลดระยะเวลาการเลี้ยงพบว่าใช้เวลาในการเลี้ยงปลาน้อยลงเหลือ 4 เดือนต่อรอบ ทำให้สามารถเพิ่มรอบการเลี้ยงได้เป็น 2 รอบต่อปี สำหรับการใช้ประโยชน์เชิงสังคมชุมชนสามารถใช้เป็นต้นแบบบ่อเลี้ยงปลาที่มีการใช้พลังงานทดแทน ถ่ายทอดสู่ชุมชนเดียวกับหรือชุมชนอื่นๆ หรือประยุกต์ใช้สำหรับการทำเกษตรในรูปแบบอื่นๆ ได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลจากงานวิจัยที่ทำการศึกษา สามารถนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไปต่อยอดในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในรูปแบบอื่นๆ เช่น การเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์ การเลี้ยงปลาอินทรีย์ในระบบไบโอฟลอค หรือการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อที่จำเป็นต้องมีการเติมอากาศตลอดเวลา จะทำให้สามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าและเพิ่มมูลค่าของการผลิตได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการเก็บข้อมูลการใช้งานและการเลี้ยงปลามากกว่า 1 รอบการเลี้ยงเพื่อให้เห็นผลลัพธ์การใช้งานในระยะยาวเนื่องจากอาจมีปัจจัยจากฤดูกาลที่กำหนดปริมาณการผลิตไฟฟ้าได้มากหรือน้อยต่างกัน

2. ในส่วนของข้อมูลการเพาะเลี้ยงมีการเก็บข้อมูลของผลผลิตและไม่ได้มีการเก็บข้อมูลอัตราการรอดอย่างชัดเจน ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์

3. ควรมีการศึกษาในเชิงนโยบายในการสนับสนุนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระดับชุมชนและผู้ประกอบการรายย่อยในชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณขอขอบคุณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณประจำปี 2565 ในการทำโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัยการจัดการความรู้การวิจัยและถ่ายทอดเพื่อการใช้ประโยชน์รวมการปฏิบัติและถ่ายทอดสู่พื้นที่การใช้ประโยชน์เชิงชุมชน สังคม (KM) ขอขอบคุณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตร พืช ผัก สมุนไพร ท่าต้นกวาว ตำบลยางเนิ้ง อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ที่เข้าร่วมโครงการและให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย รวมทั้งให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยให้บรรลุผลสำเร็จ มา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

นิสรา กิจเจริญ. (2563). *การเลี้ยงปลานิลอินทรีย์ในระบบไบโอฟลอคเพื่อยกระดับผลผลิตคุณภาพสูง*. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

วรพงษ์ นลินานนท์, สายชล เลิศสุวรรณ, และธนากร เหมะสถล. (2560). การเปรียบเทียบการเลี้ยงปลานิลในกระชังระบบผลักดันมวลน้ำและเติมอากาศกับกระชังทั่วไป. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, *36*(4), 486-491.

สราวุธ พลวงษ์ศรี, ธัญลักษณ์ สันเดช, ชลิตา โหราชิต, ภานุวิชญ์ พุทธรักษา, อัครินทร์ อินทนิเวศน์, ชวโรจน์ ใจสิน, ธงชัยมณี ชูเกตุ, และสุลักษณา มงคล. (2562, 20-21 เมษายน). *การศึกษาดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องเติมอากาศบ่อเลี้ยงปลาที่ใช้พลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐาน* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 18, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สราวุธ พลวงษ์ศรี, สุลักษณา มงคล, อัครินทร์ อินทนิเวศน์, ธงชัย มณีชูเกตุ, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, และชวโรจน์ ใจสิน. (2565, 10-11 มีนาคม). *การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดและระบบควบคุมคุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อมสำหรับบ่อเลี้ยงปลาระบบไบโอฟลอคผ่านระบบ IOT Cloud Sever* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการการถ่ายเทความร้อนและมวลในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนครั้งที่ 21, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สราวุธ พลวงษ์ศรี. (2566). *การเสริมสร้างชุมชนเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสีเขียวด้วยเทคโนโลยีพลังงานทดแทนและระบบบริหารจัดการแบบสมาร์ทฟาร์ม (รายงานการวิจัย)*. สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ.

สุลักษณา มงคล, อัครินทร์ อินทนิเวศน์, ชวโรจน์ ใจสิน, ธงชัย มณีชูเกตุ, ธัญลักษณ์ สันเดช, ภานุวิชญ์ พุทธรักษา, ธนวัฒน์ นิลขาว, และสราวุธ พลวงษ์ศรี. (2565). การศึกษาสมรรถนะและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับฟาร์มเพาะพันธุ์ปลา. *วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน*, *5*(2), 36-44. https://reca.or.th/wp-content/uploads/2022/08/J-REC%E2%80%8B_Vol2_2565_04.pdf

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเชียงใหม่. (2565, 22 มีนาคม). *ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดเชียงใหม่*. https://www.opsmoac.go.th/chiangmai-dwl-files-441291791395.

Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2001). *Economics*. (17th ed.). McGraw-Hill.

4

ปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนด้านเทคโนโลยีและการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่

วันที่รับ : 25 มิถุนายน 2567
วันที่แก้ไข : 24 กันยายน 2567
วันที่ตอบรับ : 1 ตุลาคม 2567

วรรณิศา ทิพย์ปัญญาไชย[1*], วสุ สุวรรณวิหค[1] และ พัชรี ผาสุข[1]
[1]สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี
*Corresponding author e-mail : 2626000232@stou.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีไปใช้ในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม และปัจจัยที่มีผลต่อการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่ ประชากร คือ ผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ และจังหวัดแพร่ จำนวน 3,364 ราย มีขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 128 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติเชิงพรรณนา สถิติเชิงอนุมานโดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณด้วยตัวแบบจำลองเชิงเส้นแบบวางนัยทั่วไป และวิเคราะห์การถดถอยแบบโลจิสติก ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านประเภทธุรกิจและประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ ลักษณะความเชื่อมั่นในความสามารถของตัวเอง กระบวนการตัดสินใจและการทดลองใช้เทคโนโลยี ส่งผลต่อการตัดสินใจนำเทคโนโลยีไปใช้ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ ปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐานของหน่วยงานภาครัฐที่มีผลต่อการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐผู้ประกอบการมีทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านนโยบายของหน่วยงาน 2) ด้านความรู้และเทคนิค 3) ด้านความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หากหน่วยงานภาครัฐมีการเพิ่มนโยบายส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินธุรกิจด้านต่างๆ รวมถึงความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนแก่ผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs จะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐสูงขึ้น ซึ่งภารกิจที่เกี่ยวข้องได้มีการกระจายภาระหน้าที่ความรับผิดชอบออกไปอยู่ในหลายหน่วยงาน เช่น กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมส่งเสริมด้านการให้บริการเครื่องจักรกลางแก่ผู้ประกอบการและนักลงทุนใหม่ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ส่งเสริมด้านการนำเทคโนโลยีและวิจัยสู่เชิงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ส่งเสริมด้านการตลาด การส่งออกสินค้า ซึ่งทุกหน่วยงานมีจุดมุ่งหมายในการร่วมดำเนินการส่งเสริมให้ SMEs สามารถเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การลงทุนด้านเทคโนโลยี, การสนับสนุนจากภาครัฐ, วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

FACTORS AFFECTING TCHNOLOGY INVESTMNT AND REQUESTING GOVERNMENT SUPPORT FOR SMALL AND MEDIUM - SIZED ENTERPRISES IN UTTARADIT PROVINCE AND PHRAE PROVINCE

Received : June 25, 2024
Revised : September 24, 2024
Accepted : October 1, 2024

Wannisa Tippanyachai[1*], Vasu Suvanvihok[1] and Padcharee Phasuk[1]
[1]School of Economics, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, Thailand
*Corresponding author e-mail : 2626000232@stou.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to investigate the factors affecting the decision to adopt technology used in small and medium-sized enterprises and examine the Infrastructural factors of government agencies that affect the requests for government support by small and medium-sized enterprises in the areas of Uttaradit and Phrae Province. The population included 3,364 entrepreneurs in Uttaradit and Phrae Provinces, with a sample size of 128 cases. Data collection was conducted with questionnaires and analyzed with descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, also using inferential statistics by generalized linear model and logistic regression analysis. The study results revealed that the factors that significantly influenced the decisions at the 0.05 level included the type and extent of business experiences, confidence in their abilities, decision-making, and technological experimentation. It was found that the Infrastructural factors of government agencies that affect the requests for government support by small and medium-sized enterprises in the areas of Uttaradit and Phrae Province consisted of the government policy, the knowledge and technology, and the cooperation between government and private sectors, all of which were significant at the 0.05 level. If government agencies enhanced policies to support various aspects of business operations, including fostering cooperation between the public and private sectors for SME entrepreneurs, it would increase opportunities for these entrepreneurs to seek support from government bodies. These responsibilities are distributed across several agencies; namely, Department of Industrial Promotion, which provides central machinery services to entrepreneurs and new investors; the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, which promotes the commercialization of technology and research; and the Ministry of Commerce, which promotes marketing and product exports. All these agencies aim to collectively foster the effective growth of SMEs.

Keywords: Technology investment, Public sectors, Small and medium-sized enterprises

บทนำ

การดำเนินธุรกิจในปัจจุบันอยู่ในโลกแห่งการแข่งขันที่ไร้พรมแดนมีการแข่งขันและมีความรุนแรงมาก เนื่องจากมีจำนวนคู่แข่งมากขึ้น ธุรกิจจึงต้องตื่นตัวและปรับเปลี่ยนได้ทันกับสถานการณ์และพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปของตลาด โดยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises : SMEs) ซึ่งเป็นภาคธุรกิจที่มีส่วนสำคัญในระบบเศรษฐกิจ มีบทบาทในการผลิต การลงทุน และการจ้างงาน จึงเป็นกลไกหลักในการฟื้นฟู แก้ไขปัญหาความยากจน ซึ่งมีบทบาทในการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืน แต่ก็ยังมีอุปสรรคอย่างมากที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการที่สะท้อนให้เห็นว่า SMEs ไม่สามารถเติบโตได้ หรือสร้างคุณค่าให้กับสินค้าและบริการ เพิ่มขึ้นได้ ประเทศไทยได้มีการปรับเปลี่ยนทิศทางในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจของประเทศด้วยการนำวิทยาศาสตร์เป็นฐานในการพัฒนาสินค้าและบริการ ลดการใช้ทรัพยากรเป็นพื้นฐาน ในการผลิตสินค้าและบริการ และลดการใช้แรงงานจำนวนมาก (Labor-Intensive) (ทิบดี ทัฬหกรณ์ และธีระวัฒน์ จันทึก, 2560, p.107) โดยข้อมูลการสำรวจของสำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.) ประจำปี 2565 พบว่า SMEs มีจำนวน 3.18 ล้านราย คิดเป็นร้อยละ 99.54 ของจำนวนวิสาหกิจรวมทั้งหมด และมีวิสาหกิจขนาดกลางเพียงร้อยละ 1.36 ในขณะที่ประเทศพัฒนาแล้วจะมีสัดส่วนวิสาหกิจขนาดกลางอยู่ที่ร้อยละ 5 (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม, 2566) และจากผลการสำรวจข้อมูลจากสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ พ.ศ.2562 พบข้อมูลการลงทุนในด้านการวิจัยของประเทศไทยมีการลงทุน ร้อยละ 1.14 ของ GDP เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ในขณะที่ประเทศสิงคโปร์ ไต้หวัน และเกาหลีใต้ ซึ่งเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่ในเอเชียมีการลงทุนในด้านการวิจัยร้อยละ 2.96 (สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2565)

ทั้งนี้ภาครัฐมีเป้าหมายในการพัฒนาประเทศเพื่อปรับเปลี่ยนประเทศไทยจากประเทศกำลังพัฒนาไปสู่ประเทศที่พัฒนาแล้วโดยใช้เทคโนโลยีที่เป็นส่วนหนึ่งที่พร้อมจะพัฒนาเป็นนวัตกรรมและงานวิจัยในการขับเคลื่อนและออกจากกลุ่มประเทศรายได้ปานกลาง ลดความเหลื่อมล้ำ กระจายโอกาสอย่างทั่วถึง เติบโตอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีผู้ประกอบการจำนวนมากที่ทำงานอยู่ท่ามกลางความไม่แน่นอน จึงต้องมีการวางแผนกลยุทธ์อย่างระมัดระวัง สิ่งสำคัญคือการกำหนดกลยุทธ์ต่างๆ ให้ตรงกลุ่มเป้าหมาย และรู้จักตำแหน่งของตัวเองเมื่อเทียบกับคู่แข่งโดยคำนึงถึงลูกค้า เทคโนโลยี ความสามารถ อัตลักษณ์ วัฒนธรรมขององค์กร และคู่แข่ง (พรทิพย์ สวัสดิ์พานิช, 2560) ดังนั้น เจ้าของธุรกิจหรือผู้ประกอบการจึงต้องเป็นผู้บริหารที่มีคุณลักษณะของการเป็นผู้ประกอบการ มีความสามารถในการบริหารจัดการเพื่อรับมือกับความท้าทาย สามารถปฏิบัติงานตามแผนได้ และต้องให้ความสนใจในเรื่องเทคโนโลยีซึ่งเป็นเครื่องมือที่เปิดโอกาสทางการตลาดให้กับผู้ประกอบการในการสร้างความสามารถในการแข่งขัน นำไปสู่ความสำเร็จในการประกอบการ (Baron & Tang, 2011, p.49) โดยผู้ประกอบการต้องมีการขับเคลื่อนการประกอบการ ต้องมีการลงทุนด้านเทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา มีงบประมาณสนับสนุนงานวิจัยและพัฒนาความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการ ซึ่งผู้ประกอบการไทยยังไม่สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจ สังเกตได้จากการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญาที่มีปริมาณน้อยมาก และปริมาณนักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยก็มีน้อยเช่นกัน

จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่ ตั้งอยู่ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะทางเศรษฐกิจพึ่งพาสาขาการเกษตร สาขาขายส่ง/ขายปลีก และสาขาอุตสาหกรรม โดยในจังหวัดอุตรดิตถ์ขึ้นกับสาขาการเกษตรร้อยละ 31 สาขาขายส่ง/ขายปลีกร้อยละ 13 และสาขาอุตสาหกรรมร้อยละ 12 เป็นสำคัญตามลำดับ รายได้เฉลี่ยประชากรต่อหัวประชากรเท่ากับ 87,982 บาท (สำนักงานจังหวัดอุตรดิตถ์, 2564) และลักษณะทางเศรษฐกิจของจังหวัดแพร่ขึ้นอยู่กับสาขาการเกษตรร้อยละ 18.17 สาขาอุตสาหกรรมร้อยละ 14.28 และสาขาบริการค้าส่ง/ปลีกร้อยละ

10.61 เป็นสำคัญตามลำดับ รายได้เฉลี่ยต่อหัวของประชากรเท่ากับ 78,726 บาท (สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดแพร่, 2564) จากผลการจัดอันดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยสถาบัน International Institute for Management Development (IMD) ประจำปี 2564 ปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยในปี 2564 ดีขึ้น 1 อันดับ ขยับจากอันดับที่ 39 ขึ้นมาอยู่อันดับที่ 38 แสดงให้เห็นถึงความตระหนักและพัฒนาการทางด้านวิทยาศาสตร์ของไทยที่เพิ่มขึ้น โดยปัจจัยสำคัญมาจากค่าใช้จ่ายด้านการวิจัยและพัฒนาของทั้งประเทศที่เพิ่มจากร้อยละ 1.11 ของ GDP ในรอบปีสำรวจ 2563 เป็นร้อยละ 1.14 ของ GDP ในรอบปีสำรวจ 2564 โดยส่วนใหญ่เป็นการลงทุนวิจัยและพัฒนาจากภาคเอกชนที่มีค่าใช้จ่ายด้านการวิจัยและพัฒนา เพิ่มขึ้นจาก 4,426 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 2563 เป็น 4,807 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 2564 นับเป็นสัญญาณที่บ่งบอกว่าภาคเอกชนไทยมีความพร้อม และจะยิ่งพัฒนาขึ้นไปได้อีกหากได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2565) ซึ่งการลงทุนในเทคโนโลยี เป็นการใช้เงินทุนในการจัดหาเทคโนโลยี อันที่คาดว่าจะช่วยให้ยอดขายเพิ่มขึ้น และต้นทุนการผลิตต่ำลง และจากการลงพื้นที่สำรวจภาคการผลิตทั้ง 2 สาขาพบว่าการผลิตใช้เทคโนโลยีที่ผ่านการพัฒนามาแล้วมากกว่า 10 ปี ตามแผนพัฒนาจังหวัดอุตรดิตถ์ได้มีการเร่งดำเนินการโครงการด้านพัฒนาด้านอุตสาหกรรมการเกษตรและการค้า โดยในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ได้มีการจัดทำแผนพัฒนาร่วมกับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์เพื่อวิจัยและพัฒนาเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรในจังหวัดอุตรดิตถ์

จากปัญหาดังกล่าว การศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีและการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐของผู้ประกอบการ SMEs ในจังหวัดอุตรดิตถ์ และจังหวัดแพร่ ซึ่งไม่ปรากฏงานวิจัยที่ศึกษาในด้านภาพรวมของผู้ประกอบการและพฤติกรรมของผู้ประกอบการ SMEs ใน 2 จังหวัด จึงมีความจำเป็นเพื่อทราบถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีของผู้ประกอบการ SMEs และภาครัฐทราบแนวทางในการพัฒนาการให้บริการ พร้อมการกำหนดนโยบายเพื่อสร้างระบบนิเวศทางการประกอบการที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี และนวัตกรรมให้เกิดขึ้นได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งจะยกระดับความสามารถทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมให้กับผู้ประกอบการ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีไปใช้ในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่

2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับดังนี้

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่ รวม 3,364 ราย (กระทรวงพาณิชย์, 2565)

2. คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (G*Power) กำหนดให้ Test Family แบบ Exact ใช้สถิติ Multiple Linear Regression ได้จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำที่เพียงพอและเป็นตัวแทนที่ดีของ

ประชากร ครอบคลุมทุกลักษณะประชากร จำนวนไม่น้อยกว่า 101 ราย โดยมีค่าความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% หรือมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.05 ดังนั้นจึงใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) และขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น จำนวน 128 ราย

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ได้จากการค้นคว้า เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบไปด้วย ความสำคัญของเทคโนโลยี บทบาทการสนับสนุนของภาครัฐ ข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มากำหนดกรอบแนวความคิดการวิจัยรวมถึงประชากรในการวิจัยให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาตามวัตถุประสงค์การศึกษา มีดังนี้

4.1 ข้อมูลทั่วไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ระยะเวลาในการดำเนินธุรกิจ ประเภทของกิจการ จำนวนพนักงาน รายได้ต่อปี ผู้ถือหุ้น รูปแบบการจดทะเบียน รูปแบบและมูลค่าการลงทุนในเทคโนโลยี และการขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ

4.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจนำเทคโนโลยีและการขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐใช้สถิติเชิงอนุมานโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณด้วยตัวแบบจำลองเชิงเส้นแบบวางนัยทั่วไป (Generalized Linear Model : GLMs) เนื่องจากข้อมูลจากการเก็บข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมีการกระจายแบบไม่เป็นปกติ เป็นตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์หาตัวแบบที่เหมาะสม ภายใต้วิธีการประมาณค่าแบบภาวะความน่าจะเป็นสูงสุดที่มีข้อสมมติว่าความสัมพันธ์ภายในกลุ่มของตัวแปรตอบสนองเป็นอิสระต่อกัน การวิเคราะห์ข้อมูลโดยไม่คำนึงถึงความสัมพันธ์ ภายในกลุ่มตัวแปรตอบสนองนั้นจะทำให้การอ้างอิงไม่ถูกต้อง ปัจจัยลักษณะของผู้ประกอบการที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีของผู้ประกอบการ SMEs ที่นำมาศึกษา ได้แก่ คุณลักษณะของผู้ประกอบการและธุรกิจ (X_1) ปัจจัยคุณลักษณะของผู้ประกอบการ (X_2) ปัจจัยขั้นตอนการยอมรับในเทคโนโลยี (X_3) และประสิทธิภาพด้านเทคโนโลยี (X_4) โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้ตัวแปรตามดังสมการที่ 1

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + e_i \quad (1)$$

โดยกำหนดให้

Y = การลงทุนด้านเทคโนโลยี ใช้ข้อมูลจากแบบสอบถามในส่วนของข้อมูลทั่วไปของผู้ประกอบการและกิจการจากข้อมูลประเภทของเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ลงทุน และมูลค่าการลงทุนด้านเทคโนโลยี

X_1 = ปัจจัยภายในส่งผลต่อการลงทุนด้านเทคโนโลยี ประกอบด้วยตัวแปรคุณลักษณะของผู้ประกอบการและธุรกิจ ได้แก่ เพศ (X_{11}) อายุ (X_{12}) ระดับการศึกษา (X_{13}) ระยะเวลาในการดำเนินกิจการ (X_{14}) จำนวนพนักงาน (X_{15}) รายได้ (X_{16}) ทุนจดทะเบียน (X_{17}) ประเภทธุรกิจ (X_{18}) รูปแบบการจดทะเบียน ประเภทธุรกิจ (X_{19})

X_2 = ปัจจัยคุณลักษณะของผู้ประกอบการ (CHA) โดยทำการเลือกได้เพียงคำตอบเดียว แปรผลโดยรวมคะแนนคำตอบแต่ละข้อแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งมีการกำหนดให้แต่ละข้อมีคำตอบ 5 ระดับ ได้แก่ ลักษณะความเชื่อมั่นในความสามารถของตัวเอง (CHA10) ความกล้าเสี่ยง (CHA20) การดำเนินงานเชิงรุก (CHA30) ความสามารถในการแข่งขัน (CHA40)

X_3 = ปัจจัยขั้นตอนการยอมรับในเทคโนโลยี (TAM) โดยทำการเลือกได้เพียงคำตอบเดียว แปรผลโดยรวมคะแนนคาตอบแต่ละข้อแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งมีการกำหนดให้แต่ละข้อมีคำตอบ 5 ระดับ ได้แก่ ขั้นการเกิดความรู้ (TAM10) ขั้นการตัดสินใจ (TAM 20) ขั้นการนำไปใช้ (TAM30)

X_4 = ปัจจัยภายนอกส่งผลต่อการลงทุนด้านเทคโนโลยี (TAM4) โดยทำการเลือกได้เพียงคำตอบเดียว แปรผลโดยรวมคะแนนคาตอบแต่ละข้อแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งมีการกำหนดให้แต่ละข้อมีคำตอบ 5 ระดับ ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพของเทคโนโลยีและนวัตกรรม (X_{41})

α = ค่าคงที่

β = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficients)

e = ความคลาดเคลื่อน

4.3 การวิเคราะห์ปัจจัยการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐ โดยครอบคลุมข้อมูลเนื้อหา ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยด้านนโยบาย ด้านองค์ความรู้ ด้านความร่วมมือ โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้ตัวแปรตามที่ใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบโลจิสติก (Logistic Regression) ดังสมการที่ 2

$$L_i = \ln\left(\frac{P_i}{1-P_1}\right) = \alpha_0 + \beta_1 X_{21i} + \beta_2 X_{22i} + \beta_3 X_{23i} + e_i \qquad (2)$$

โดยกำหนดให้

Y = การตัดสินใจขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐ โดยทำการเลือกได้เพียงคำตอบเดียวแปรผลโดยรวมคะแนนค่าตอบแต่ละข้อแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐานของหน่วยงานภาครัฐที่มีผลต่อการขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่ ซึ่งมีการกำหนดให้แต่ละข้อมีคำตอบ 5 ระดับ ได้แก่

X_{21} = ด้านนโยบายของภาครัฐ (INFA10)

X_{22} = ด้านความรู้และเทคนิค (INFA20)

X_{23} = ด้านความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน (INFA30)

β = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficients)

α = ค่าคงที่

e = ความคลาดเคลื่อน

ผลการวิจัย

จากข้อมูลเชิงสำรวจที่ได้ทำการเก็บรวบรวมจากผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่ในครั้งนี้พบว่า มีการกระจายตัวของความแปรปรวนที่เหมาะสมสามารถใช้ในการอธิบายผลเชิงประจักษ์ได้ โดยมีค่าความน่าเชื่อถือของข้อมูลร้อยละ 90 โดยผู้ประกอบการส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 46 ปี มีระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี และดำเนินธุรกิจเฉลี่ย 13 ปี ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ประกอบกิจการด้านการผลิต และมีการจดทะเบียนในรูปแบบห้างหุ้นส่วนจำกัดมากที่สุด ในด้านการลงทุนด้านเทคโนโลยี พบว่าร้อยละ 83.59 ของผู้ประกอบการเคยลงทุนด้านเทคโนโลยี โดยเน้นการพัฒนากระบวนการผลิตและการให้บริการ (ร้อยละ 57) ขณะที่ร้อยละ 34.58 เป็นการลงทุนแบบผสมผสานทั้งในด้านกระบวนการและผลิตภัณฑ์ และมีมูลค่าการลงทุนเฉลี่ย 2.66 ล้านบาท อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ (ร้อยละ 66.40) ไม่เคยขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างในการเข้าถึงหรือการรับรู้ถึงมาตรการสนับสนุนที่มีอยู่ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถนำเสนอผลการศึกษา ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยี

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยส่งผลต่อการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่ครั้งนี้ได้เลือกใช้ตัวแบบ GLMs ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีความยืดหยุ่นเหมาะสำหรับการประมาณค่าในกรณีที่ข้อมูลไม่ได้มีการกระจายตัวเป็นปกติ (Abnormally Distributed) พร้อมลดข้อจำกัดของสมมุติฐานแบบจำลองเชิงเส้นดั้งเดิม (Classical Linear Assumption) เพื่อให้การประมาณค่าข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่องอย่างมีประสิทธิภาพภายใต้สมมติฐานองค์ประกอบเชิงเส้น (Linear Combination) โดยใช้วิธีการประมาณค่าด้วยหลักการภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation) ซึ่งโครงสร้างของแบบจำลองในการวิจัยสามารถแสดงในรูปแบบฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ได้ ดังสมการที่ (3) ดังนี้

$$\ln Y = \alpha_0 + \beta_1(\text{Male}) + \beta_2(\text{Experience}) + \beta_3(\text{Manufact}) + \beta_4(\text{In\_capital}) + \beta_5(\text{In\_labor}) + \beta_6(\text{ln\_income}) + \beta_7(\text{Cha\_10}) + \beta_8(\text{Tam\_20}) + \beta_9(\text{Tam\_30}) + e_i \quad (3)$$

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีไปใช้ในธุรกิจของผู้ประกอบการ

Variable	Coefficient	S.E.	Z-stat	p-value
เพศชาย (Male)	0.492	0.180	2.74	0.006
ประสบการณ์ (Experience)	0.024	0.011	2.01	0.044
การดำเนินธุรกิจประเภทการผลิต (Manufact)	0.644	0.193	3.33	0.001
ทุนจดทะเบียน (Capital)	0.286	0.074	3.78	0.000
การจ้างงาน (Labor)	0.280	0.114	2.45	0.014
รายได้ (Income)	0.306	0.66	4.59	0.000
ลักษณะความเชื่อมั่นในความสามารถของตัวเอง (Cha_10)	0.399	0.169	2.35	0.019
กระบวนการตัดสินใจ (Tam_20)	- 0.351	0.174	-2.02	0.043
การนำเทคโนโลยีไปใช้ในการดำเนินธุรกิจ (Tam_30)	0.472	0.210	2.24	0.025

ที่มา : จากการสรุปของผู้ศึกษา

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรในแบบจำลองข้างต้น พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่ ได้แก่ เพศของผู้ประกอบการ ระยะเวลาการดำเนินธุรกิจ การดำเนินธุรกิจประเภทผลิตและประเภทบริการ ทุนจดทะเบียน การจ้างงาน รายได้ต่อปี ลักษณะความเป็นตัวเองของผู้ประกอบการ ขั้นตอนการตัดสินใจและการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในธุรกิจ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดังนี้

1) ถ้าผู้ประกอบการเป็นเพศชาย (Male) จะมีผลทำให้มีการลงทุนด้านเทคโนโลยีสูงกว่าร้อยละ 63.55[1] เมื่อเทียบกับผู้ประกอบการเพศหญิง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

2) ถ้าผู้ประกอบการมีประสบการณ์ (Experience) ในการดำเนินธุรกิจเพิ่มขึ้น 1 ปี จะมีผลทำให้มีการลงทุนด้านเทคโนโลยีเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

[1] คำนวณจาก $\% \Delta y = (e^{\beta_t D_t} - 1) \times 100$

3) ถ้าผู้ประกอบการมีการดำเนินธุรกิจประเภทการผลิต (Manufact) จะตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีสูงกว่าร้อยละ 90.40[1] เมื่อเทียบกับผู้ประกอบการดำเนินธุรกิจประเภทการค้าและบริการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

4) ถ้าผู้ประกอบการมีทุนจดทะเบียน (Capital) เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้มีการลงทุนด้านเทคโนโลยีเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.286 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

5) ถ้าผู้ประกอบการมีการจ้างงาน (Labor) เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้มีการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.280 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

6) ถ้าผู้ประกอบการมีรายได้ (income) จากการดำเนินธุรกิจเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้มีการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.306 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

7) ถ้าผู้ประกอบการมีลักษณะความเชื่อมั่นในความสามารถของตัวเอง และมีแนวคิดในการดำเนินธุรกิจของตัวเอง (cha_10)[2] สูงขึ้น 1 ระดับ จะมีผลทำให้มีการลงทุนด้านเทคโนโลยีเพิ่มขึ้นร้อยละ 39.90 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

8) ถ้าผู้ประกอบการมีกระบวนการตัดสินใจ (Tam_20)[3] ที่มีขั้นตอนละเอียดรอบคอบ รู้จักวิธีการใช้งานมีการค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มขึ้น 1 ระดับ จะมีผลทำให้มีการลงทุนด้านเทคโนโลยีลดลงร้อยละ 35.10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

9) ถ้าผู้ประกอบการมีข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการดำเนินธุรกิจ (Tam_30)[4] เพิ่มขึ้น 1 ระดับ จะมีผลทำให้ผู้ประกอบการมีการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีเพิ่มขึ้นร้อยละ 47.20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

2. การวิเคราะห์ปัจจัยการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐ

การวิเคราะห์ปัจจัยด้านนโยบายของหน่วยงานภาครัฐ (INFA_10) ด้านความรู้และเทคนิค (INFA_20) และด้านความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน (INFA_30) ที่มีผลต่อการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐ ร่วมกับตัวแปรลักษณะทั่วไปของผู้ประกอบการทั้งหมด 10 ตัวแปร ได้แก่ เพศชาย (Male) ,อายุ (Age), ระดับการศึกษา (edu), ประสบการณ์ (Experience), การจ้างงาน (Labor), รายได้ (Income), ทุนจดทะเบียน (Capital), ประเภทการดำเนินธุรกิจ (Manufact) โดยในครั้งนี้ได้เลือกใช้แบบจำลองใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบโลจิสติก (Logistic Regression) ซึ่งโครงสร้างของแบบจำลองในการวิจัยสามารถแสดงในรูปแบบฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ปัจจัยด้านนโยบายของหน่วยงานด้านนโยบายการส่งเสริมผู้ประกอบการ โดยใช้โครงสร้างของแบบจำลองในการวิจัยสามารถแสดงในรูปแบบฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ได้ ดังสมการที่ (4) ดังนี้

$$L_i = \alpha_0 + \beta_1 \text{INFA\_10} + \beta_2 \text{Male} + \beta_3 \text{edu3} + e_i \qquad (4)$$

---

[2] ผู้ประกอบการมีลักษณะความเชื่อมั่นในความสามารถของตัวเอง แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ 1.ระดับเริ่มต้น 2.ระดับพัฒนา 3.ระดับมั่นใจ 4.ระดับเชี่ยวชาญ 5.ระดับผู้นำ

[3] กระบวนการตัดสินใจของผู้ประกอบการที่มีขั้นตอนละเอียดรอบคอบ แบ่งออกเป็น 5 ระดับได้ดังนี้ 1.ระดับการรับรู้ 2.ระดับการรวบรวมข้อมูล 3.ระดับการวิเคราะห์ข้อมูล 4.ระดับการประเมินทางเลือก 5.ระดับการตัดสินใจ

[4] ขั้นตอนการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการดำเนินธุรกิจแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ 1.ระดับการระบุและประเมินความต้องการ 2.ระดับการค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยี 3.ระดับการวิเคราะห์และเลือกเทคโนโลยี 4.ระดับการติดตั้งและปรับใช้ 5.ระดับการประเมินผลและปรับปรุง

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านนโยบายของหน่วยงานภาครัฐมีผลต่อการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐของผู้ประกอบการ SMEs

Variable	Coefficient	predict	Std.Err	Z-stat	dy/dx	p-value
นโยบายในการส่งเสริมด้านการดำเนินธุรกิจสำหรับผู้ประกอบการ (INFA_10)	0.837	3.716	0.254	3.30	0.130	0.000
เพศชาย (Male)	1.035	0.682	0.498	2.08	0.161	0.028
การศึกษาระดับปริญญาตรี (edu3)	2.311	0.376	0.483	4.78	0.046	0.000

Pseudo R-squared = 0.250 correctly predicted 76.56% ที่มา : จากการสรุปของผู้ศึกษา

จากตาราง 2 พบว่ามีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์จำนวน 3 ตัวแปร ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้งหมดมีทิศทางเป็นบวก สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปร รายละเอียดดังนี้

ถ้าหน่วยงานภาครัฐเพิ่มนโยบายในการส่งเสริมด้านการดำเนินธุรกิจสำหรับผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs (INFA_10)[5] เพิ่มขึ้น 1 ระดับ จะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ ผู้ประกอบการเป็นเพศชาย (Male) จะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐสูงกว่าเมื่อเทียบกับผู้ประกอบการเพศหญิง ร้อยละ 16.1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ และหากมีระดับการศึกษาสูงกว่าระดับปริญญาตรี (edu3) จะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐสูงกว่าเมื่อเทียบกับผู้ประกอบการที่มีระดับปริญญาตรี ร้อยละ 4.60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

จากข้อมูลรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐของผู้ประกอบการ SMEs จำนวน 128 ชุด แบบจำลองสามารถทำนายถูกต้อง 98 ชุดข้อมูล ความถูกต้องของการจัดกลุ่มของฟังก์ชันคิดเป็นร้อยละ 76.56 ของชุดข้อมูลทั้งหมด ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงแสดงว่าค่าที่ทำนายได้ ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริง

2.2 วิเคราะห์ปัจจัยด้านความรู้และเทคนิคผล โดยใช้โครงสร้างของแบบจำลองในการวิจัยสามารถแสดงในรูปแบบฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ได้ ดังสมการที่ (5) ดังนี้

$$L_i = \alpha_0 + \beta_1 \text{INFA\_20} + \beta_2 \text{edu3} + e_i \quad (5)$$

ตาราง 3 แสดงผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านความรู้และเทคนิคมีผลต่อการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐของธุรกิจ SMEs

Variable	Coefficient	predict	Std.Err	Z-stat	dy/dx	p-value
ด้านความรู้และเทคนิค (INFA_20)	1.16	3.648	0.305	3.80	0.178	0.000
ระดับการศึกษาสูงกว่าระดับปริญญาตรี (edu3)	2.622	0.376	0.525	4.99	0.402	0.000

Pseudo R-squared = 0.263, Correctly Predicted = 77.34% ที่มา : จากการสรุปของผู้ศึกษา

[5] หน่วยงานภาครัฐเพิ่มนโยบายในการส่งเสริมด้านการดำเนินธุรกิจสำหรับผู้ประกอบการธุรกิจ แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้ 1.ระดับเริ่มต้น เช่น การให้คำปรึกษาและอบรม 2.ระดับเติบโต เช่นการสนับสนุนด้านการตลาด 3.ระดับขยายกิจการ เช่น การเข้าถึงแหล่งเงินทุนขนาดใหญ่ 4.ระดับสากล เช่นการส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ 5.ระดับยั่งยืน เช่น การส่งเสริมความรับผิดชอบต่อสังคม

จากตาราง 3 พบว่ามีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์จำนวน 2 ตัวแปร ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้งหมดมีทิศทางเป็นบวก สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรได้ดังนี้

ถ้าหน่วยงานภาครัฐเพิ่มการพัฒนาด้านความรู้และเทคนิค (INFA_20)[6] เพิ่มขึ้น 1 ระดับ จะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ และถ้าหากผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และแพร่ที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าระดับปริญญาตรี (edu3) จะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุนสูงกว่าเมื่อเทียบกับผู้ประกอบการที่มีระดับปริญญาตรีร้อยละ 40.20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

จากข้อมูลการขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐของผู้ประกอบการ SMEs จำนวน 128 ชุด แบบจำลองสามารถทำนายถูกต้อง 99 ชุดข้อมูล ความถูกต้องของการจัดกลุ่มของฟังก์ชันคิดเป็นร้อยละ 77.34 ของชุดข้อมูลทั้งหมด ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงแสดงว่าค่าที่ทำนายได้ ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริง

2.3 วิเคราะห์ปัจจัยด้านความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน โดยใช้โครงสร้างของแบบจำลองในการวิจัยสามารถแสดงในรูปแบบฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ได้ ดังสมการที่ (6) ดังนี้

$$L_i = \alpha_0 + \beta_1 \text{INFA\_30} + \beta_2 \text{Male} + \beta_3 \text{edu3} + e_i \qquad (6)$$

ตาราง 4 แสดงผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชนมีผลต่อการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐของธุรกิจ SMEs

Variable	Coefficient	predict	Std.Err	Z-stat	dy/dx	p-value
การเพิ่มความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน (INFA_30)	0.848	3.795	0.291	3.39	0.131	0.000
เพศชาย (Male)	0.793	0.683	0.560	2.10	0.072	0.092
ระดับการศึกษาสูงกว่าระดับปริญญาตรี (edu3)	2.272	0.376	0.516	3.36	0.047	0.000

Pseudo R-squared = 0.252, Correctly Predicted = 76.56% ที่มา : จากการสรุปของผู้ศึกษา

จากตาราง 4 พบว่ามีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์จำนวน 3 ตัวแปร ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้งหมดมีทิศทางเป็นบวก สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรได้ดังนี้

ถ้าหน่วยงานภาครัฐมีการเพิ่มความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน (INFA_30)[7] ในการส่งเสริมสนับสนุนในการดำเนินธุรกิจด้านต่างๆ สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมเพิ่มขึ้น 1 ระดับ จะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และแพร่เป็นเพศชาย (Male) จะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุน

[6] หน่วยงานภาครัฐเพิ่มการพัฒนาด้านความรู้และเทคนิค แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้ 1. ระดับบุคลากร 2. ระดับหน่วยงาน 3. ระดับกระบวนการทำงาน 4. ระดับระบบ 5. ระดับนโยบาย

[7] หน่วยงานภาครัฐมีการเพิ่มความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้ 1. ระดับแลกเปลี่ยนข้อมูล 2.ระดับการปรึกษาและหารือ 3. ระดับความร่วมมือ 4. ระดับหุ้นส่วน 5. ระดับบูรณาการ

สูงกว่าเมื่อเทียบกับผู้ประกอบการเพศหญิง ร้อยละ 7.20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ และถ้าหากผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และแพร่ที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าระดับปริญญาตรี (edu3) จะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุนสูงกว่าเมื่อเทียบกับผู้ประกอบการที่มีระดับปริญญาตรี ร้อยละ 4.70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่

จากข้อมูลขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐของผู้ประกอบการ SMEs จำนวน 128 ชุด แบบจำลองสามารถทำนายถูกต้อง 98 ชุดข้อมูล ความถูกต้องของการจัดกลุ่มของฟังก์ชันคิดเป็นร้อยละ 76.56 ของชุดข้อมูลทั้งหมด ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงแสดงว่าค่าที่ทำนายได้ ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริง

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยีของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนด้านเทคโนโลยี ได้แก่ 1) ประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ และรายได้ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการลงทุนด้านเทคโนโลยี สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้ประกอบการที่มีประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจจะมีองค์ความรู้ ความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะมีความสามารถในการประเมินจุดคุ้มทุนของเทคโนโลยีที่จะลงทุนได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของพัชมณ พลายมี (2564) ซึ่งพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการนำนวัตกรรมไปใช้ในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล ได้แก่ ปัจจัยด้านระยะเวลาดำเนินกิจการ จำนวนพนักงานในองค์กร รายได้ต่อปี และรูปแบบการจดทะเบียนของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ส่งผลต่อการตัดสินใจในการนำนวัตกรรมไปใช้ในธุรกิจ 2) ประเภทของธุรกิจที่เป็นการผลิต มีความสัมพันธ์เชิงบวก ทั้งนี้เพราะกิจการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตมีการใช้เทคโนโลยีในขั้นตอนการผลิตหลากหลายผสมผสานกันทำให้เป็นสินค้าพร้อมจำหน่าย และเป็นธุรกิจที่ดำเนินการในการผลิตทั้งในสาขาการเกษตร สาขาอุตสาหกรรม และการทำเหมืองแร่ต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของอรจันทร์ ศิริโชติ (2564, น.1) พบว่า การยอมรับเทคโนโลยีของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดสงขลา ที่มีขนาดขององค์กรภาคอุตสาหกรรมและประเภทของธุรกิจแตกต่างกัน มีระดับการยอมรับเทคโนโลยีด้านความคาดหวังเกี่ยวกับการดำเนินงาน ความคาดหวังเกี่ยวกับความพยายาม อิทธิพลทางสังคม และเงื่อนไขความสะดวกในภาพรวมไม่แตกต่างกัน 3) ปัจจัยคุณลักษณะความเป็นตัวเอง มีความสัมพันธ์เชิงบวกซึ่งลักษณะความเป็นตัวเองของผู้ประกอบการมีความเป็นเอกภาพในการทำงาน พยายามที่จะปฏิบัติงานด้วยตนเอง ทำให้ธุรกิจสำเร็จได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ และเป็นไปตามวิสัยทัศน์ขององค์กร ซึ่งเป็นจุดแข็งที่ก่อให้เกิดโอกาสทางธุรกิจ และผู้ประกอบการที่มีลักษณะคิดไตร่ตรอง การเปรียบเทียบระหว่างข้อดีและข้อเสียเมื่อนำมาใช้แล้วจะเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินธุรกิจหรือไม่ เป็นขั้นการประเมินความเสี่ยงถึงผลที่จะได้รับ สอดคล้องกับงานศึกษาของราอุช และเฟรเซ (Rauch & Frese, 2000, p.101) ได้นิยามคุณลักษณะสำคัญของผู้ประกอบการที่มีความเกี่ยวข้องกับความสำเร็จ ซึ่งมีความแตกต่างจากบุคคลอื่น คือความเชื่อมั่นในตัวเองซึ่งเป็นศักยภาพแห่งอำนาจการตัดสินใจ และ 4) ปัจจัยขั้นตอนการตัดสินใจและขั้นตอนการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมไปประยุกต์ใช้ในองค์กรมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อการลงทุน สอดคล้องกับงานศึกษาของโรเจอร์ส (Rogers, 1995) ซึ่งพบว่า การตัดสินใจเป็นขั้นของการเลือกที่จะยอมรับหรือปฏิเสธนวัตกรรม ซึ่งเป็นผลมาจากขั้นความรู้และขั้นจูงใจ หากบุคคลนั้นมีความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรม รู้จักวิธีการใช้งาน หลักการของนวัตกรรม ผนวกกับเกิดความรู้สึกชอบในนวัตกรรม จากการค้นคว้าข้อมูลและการประเมินคุณค่าที่จะได้รับในด้านคุณประโยชน์มากกว่าต้นทุน รวมถึงการได้ทดลองใช้นวัตกรรม บุคคลนั้นก็มีแนวโน้มที่จะตัดสินใจยอมรับนวัตกรรม ซึ่งในขั้นนี้ถือเป็นขั้นที่สำคัญมากต่อกระบวนการยอมรับนวัตกรรม

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ได้แก่ 1) นโยบายส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินธุรกิจด้านต่างๆ รวมถึงความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชนแก่ผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs โดยหากหน่วยงานภาครัฐมีการเพิ่มมาตรการดังกล่าวจะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะการดำเนินนโยบายที่บูรณาการ มุ่งเน้น ส่งเสริมการเติบโตของ SMEs ซึ่งภารกิจที่เกี่ยวข้องได้มีการกระจายภาระหน้าที่ความรับผิดชอบออกไปอยู่ในหลายหน่วยงาน เช่น กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมส่งเสริมด้านการให้บริการเครื่องจักรกลางแก่ผู้ประกอบการ และนักลงทุนใหม่ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมส่งเสริมด้านการนำเทคโนโลยีและวิจัยสู่เชิงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ส่งเสริมด้านการตลาด การส่งออกสินค้า ซึ่งทุกหน่วยงานมีจุดมุ่งหมายในการร่วมดำเนินการส่งเสริมให้ SMEs สามารถเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการศึกษามีความสอดคล้องกับงานศึกษาของ นภัส แดงบุหงา (2559) นัสรี มะแน และพงศกร พิชยดนย์ (2563, น.273) ศุภมาศ ศรีประจักษ์ (2561) และกาย่า (Kaya, 2019, p.5) ซึ่งพบว่าการสนับสนุนโดยภาครัฐเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้ SMEs สามารถสร้างนวัตกรรม รวมถึงมีการเติบโตและประสบความสำเร็จในการดำเนินงาน และ 2) การพัฒนาด้านความรู้และเทคนิคของหน่วยงานภาครัฐให้มีระดับสูงขึ้น จะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐสูงขึ้น มีความสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้ประกอบการมีความคาดหวังองค์ความรู้และเทคนิคของหน่วยงานภาครัฐสูง และสามารถช่วยลดความเสี่ยงจากการลงทุนด้านเทคโนโลยีได้ โดยมีความสอดคล้องกับการศึกษาของโสรยา สุภาผล และคนอื่นๆ (2563, น.32) ที่พบว่าปัจจัยภาพลักษณ์องค์กรและปัจจัยคุณภาพการให้บริการด้านพนักงาน ด้านบริการ และด้านความรับผิดชอบต่อสังคม ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการของผู้ใช้บริการ มีผลต่อการตัดสินใจเข้าใช้บริการของผู้ใช้บริการธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตรสาขาเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนด้านเทคโนโลยี พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 46 ปี ระดับการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี มีตำแหน่งเป็นเจ้าของกิจการ ดำเนินธุรกิจประเภทการผลิตสินค้า จดทะเบียนในรูปแบบห้างหุ้นส่วนจำกัด และการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดอุตรดิตถ์ และจังหวัดแพร่ โดยส่วนใหญ่เคยลงทุนด้านเทคโนโลยีและไม่เคยของรับการสนับสนุนจากภาครัฐ เมื่อศึกษาปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกในแต่ละปัจจัยแล้วมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. หน่วยงานภาครัฐควรกำหนดกลุ่มเป้าหมายเน้นผู้ประกอบการดำเนินธุรกิจประเภทการผลิต และจัดทำข้อมูลเทคโนโลยีพร้อมใช้ในเชิงพาณิชย์แบ่งตามระดับความพร้อมของเทคโนโลยี เพื่อให้สามารถใช้เป็นแนวทางในการนำเสนอด้านเทคโนโลยีให้เหมาะสมแก่ภาคธุรกิจต่างๆ ได้

2. หน่วยงานภาครัฐควรมีการจัดทำข้อมูลที่เป็นประโยชน์จากการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการดำเนินธุรกิจ เพื่อสร้างแรงเสริมเพื่อให้เกิดความแน่ใจยิ่งขึ้น เช่น ให้ความรู้ด้านการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจากการใช้เทคโนโลยี สิทธิประโยชน์ด้านภาษี รวมถึงการส่งเสริมให้มีการทดลองใช้ก่อนตัดสินใจลงทุนเทคโนโลยี เป็นต้น

3. หน่วยงานภาครัฐควรมีการพัฒนาศักยภาพของบุคลากรด้านความรู้และเทคนิคให้มีความเชี่ยวชาญ และมีการดำเนินงานร่วมกันระหว่างภาครัฐและภาคเอกชนอยู่เสมอ เช่น กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมส่งเสริมด้านการให้บริการเครื่องจักรกลางแก่ผู้ประกอบการ และนักลงทุนใหม่ มหาวิทยาลัยในพื้นที่ส่งเสริมด้าน

การนำเทคโนโลยีและวิจัยสู่เชิงพาณิชย์ เพื่อสร้างการรับรู้ด้านนโยบายส่งเสริมผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs จะทำให้โอกาสที่ผู้ประกอบการขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐสูงขึ้น ส่งผลทำให้การดำเนินงานและประสิทธิภาพการแข่งขันที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้ ศึกษาประเภทธุรกิจผลิต พร้อมประเภทการค้าและบริการรวมกัน ซึ่งธุรกิจทั้ง 2 ประเภทมีความหลากหลายของเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน โดยประเภทธุรกิจผลิตจะต้องอาศัยเทคโนโลยีการผลิตหลายด้าน เช่น เทคโนโลยีคัดวัตถุดิบ เทคโนโลยีการฆ่าเชื้อ เทคโนโลยีการบรรจุ เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีหลายอย่างรวมกันจึงจะผลิตสินค้าได้จึงทำให้มีการลงทุนด้านเทคโนโลยีสูงกว่า ดังนั้นจึงควรศึกษาโดยแยกประเภทธุรกิจให้ชัดเจน เพื่อได้ข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนด้านเทคโนโลยีของธุรกิจแต่ละประเภทเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการกำหนดนโยบายที่ส่งเสริมการลงทุนด้านเทคโนโลยี

2. การวิจัยครั้งนี้ ศึกษาเฉพาะผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่เท่านั้น ดังนั้นจึงควรศึกษากับผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในพื้นอื่นร่วมด้วยเพื่อเป็นการนำเสนอข้อมูลสู่การสร้างนโยบายการพัฒนาประเทศด้านการส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินธุรกิจด้านต่างๆ เพิ่มขึ้นให้สามารถนำไปสู่การพัฒนาในระดับประเภทอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการตอบแบบสอบถามจากผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ และจังหวัดแพร่ สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพาณิชย์. (2565, 31 มกราคม). *ข้อมูลรายพื้นที่*. กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. https://datawarehouse.dbd.go.th/area/overview

ทิบดี ทัฬหกรณ์ และธีระวัฒน์ จันทึก. (2560). การสร้างผู้ประกอบการรุ่นใหม่ในยุคไทยแลนด์ 4.0. *RMUTT Global Business and Economics Review*, *12*(2), 107-122. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/RMUTT-Gber/article/view/241926

นภัส แดงบุหงา. (2559). *ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดนวัตกรรมในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม : กรณีศึกษาธุรกิจอัญมณีและเครื่องประดับ* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. https://doi.org/10.14457/TU.the.2016.948

นัสรี มะแน และพงศกร พิชยดนย์. (2563). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถทางนวัตกรรมของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในจังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, *15*(3), 273-281. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/yru_human/article/view/197382

พรทิพย์ สวัสดิ์พานิช. (2560, 18 สิงหาคม). *วันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ในยุค 4.0*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.), กระทรวงศึกษาธิการ. https://www.scimath.org/other-article/item/7385-4-0

พัชมณ พลายมี. (2564). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการนำนวัตกรรมไปใช้ในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs)* [สารนิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล]. https://archive.cm.mahidol.ac.th/handle/123456789/4238

ศุภมาศ ศรีประจักษ์. (2561). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกลงทุนด้านอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษ จังหวัดนครพนม* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยรังสิต]. https://rsuir-library.rsu.ac.th/handle/123456789/706

สำนักงานจังหวัดอุตรดิตถ์. (2564). *ผลการดำเนินงานตามยุทธศาสตร์ การพัฒนาจังหวัดอุตรดิตถ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564*. ศาลากลางจังหวัดอุตรดิตถ์. https://www2.uttaradit.go.th/files/com_news_devpro/2021-11_ec27cad80186277.pdf

สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดแพร่. (2564). *รายงานสถานการณ์ทางสังคมจังหวัดแพร่ ประจำปี 2564*. ศาลากลางจังหวัดแพร่. https://www.m-society.go.th/ewtadmin/ewt/mso_web/download/article/article_20211110150613.pdf

สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. (2566). *รายงานสถานการณ์ MSME ปี 2566*. https://www.sme.go.th/uploads/file/20240520-095856_รายงานสถานการณ์_MSME_2566.pdf

สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.). (2565). *บทวิเคราะห์อันดับความสามารถในการแข่งขันของไทย ประจำปี 2564 ในด้านที่เกี่ยวข้องกับการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จากรายงาน IMD World Competitiveness Yearbook 2021.* กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. https://stiic.sti.or.th/wp-content/uploads/2022/03/IMD-2021-Final.pdf

โสรยา สุภาผล, ลัดดาวัลย์ สำราญ, และพีรญาณ์ ด้วงช้าง. (2563). ปัจจัยภาพลักษณ์องค์กรและปัจจัยคุณภาพการให้บริการที่ส่งผลต่อ การตัดสินใจเข้าใช้บริการของผู้ใช้บริการธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารการจัดการธุรกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา, 9*(1), 32-49. https://ojs.lib.buu.ac.th/index.php/business/article/view/6944

อรจันทร์ ศิริโชติ. (2564). การยอมรับเทคโนโลยีของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดสงขลา. วารสาร*มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 8*(2), 1–15. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/pnuhuso/article/view/248102

Baron, B. A., & Tang, J. (2011). The role of entrepreneurs in firm-level innovation: Joint effects of positive affect, creativity, and environmental dynamism. *Journal of Business Venturing*, *26*(1), 49-60. https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2009.06.002

Kaya, H. D. (2019). Government support, entrepreneurial activity and firm growth. *SocioEconomic Challenges, 3*(3), 5–12. http://doi.org/10.21272/sec.3(3).5-12.2019

Rauch, A., & Frese, M. (2000). Psychological approaches to entrepreneurial success: A general model and an overview of findings. In C. L. Cooper, & I. T. Robertson (Eds.), *International Review of Industrial and Organizational Psychology* (Vol. 15, pp.101-142). John Wiley & Sons Ltd..

Rogers, E. M. (1995). Diffusion of Innovations: Modifications of a model for telecommunications. In M-W. Stoetzer, & A. Mahler (Eds.), *Die Diffusion von Innovationen in der Telekommunikation* (pp.25-38). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-79868-9_2

5

การพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลผลิตในการผลิตมะขามหวานในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์

วันที่รับ : 29 ตุลาคม 2567
วันที่แก้ไข : 13 มีนาคม 2568
วันที่ตอบรับ : 17 มีนาคม 2568

นันทนา บุญสนอง[1*] และ สุภชัย วรรณมณี[1]
[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุตรดิตถ์
กรมวิชาการเกษตร จังหวัดอุตรดิตถ์
*Corresponding author e-mail: table4188@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับมะขามหวานด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ และศึกษาผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุนที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำๆ ละ 2 ต้น กำหนดในวิธีการ 2 - 4 ให้มีปริมาณธาตุอาหารรวมทั้งปีอยู่ในอัตรา 0.8-0.4-1.2 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อต้น โดยวิธีการที่ 1 ใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินตามวิธีเกษตรกร วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตอัตรา 500 กรัม/ต้น และวิธีการที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ต้น) + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตอัตรา 500 กรัม/ต้น ทดสอบในแปลงมะขามหวานของเกษตรกรต้นแบบพื้นที่อำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ เดือนตุลาคม 2565 - กันยายน 2566 ผลการทดลองพบว่า วิธีการที่ 4 ให้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุด 554 กิโลกรัม/ไร่ น้ำหนักเนื้อมากที่สุด 450 กรัม น้ำหนักฝักเฉลี่ยสูงที่สุด 30.30 กรัม สำหรับอัตราผลตอบแทนการลงทุน พบว่าวิธีการที่ 3 เป็นการลงทุนที่ให้ผลตอบแทนสูงที่สุดเท่ากับ 3.05 ทั้งนี้เกษตรกรสามารถนำเทคโนโลยีที่มีการทดสอบในพื้นที่นำมาปฏิบัติได้อย่างถูกวิธี เกิดเป็นองค์ความรู้การจัดการธาตุอาหารสำหรับมะขามหวานในพื้นที่อำเภอฟากท่า เกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันควบคู่กับการพัฒนาคุณภาพของผลผลิต ทำให้ชุมชนเป็นแหล่งผลิตมะขามหวานคุณภาพดี สร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับจังหวัดอุตรดิตถ์

คำสำคัญ: มะขามหวาน, ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต, การจัดการธาตุอาหาร

DEVELOPMENT OF NUTRIENT MANAGEMENT TECHNOLOGY TO ENHANCE SWEET TAMARIND PRODUCTION EFFICIENCY IN UTTARADIT PROVINCE

Received : October 29, 2024
Revised : March 13, 2025
Accepted : March 17, 2025

Nuntana Boonsanong[1*] and Supachai Wanmanee[1]
[1]Uttaradit Agricultural Research And Development Center,
Department of Agriculture, Uttaradit, Thailand
*Corresponding author e-mail: table4188@gmail.com

Abstract

The objectives of this study were to develop optimal nutrient management for sweet tamarind by using chemical fertilizers combined with biofertilizers, and examine the return on investment costs using chemical fertilizers in combination with biofertilizers. The experiment was conducted using a randomized complete block design (RCBD) with four treatments and five replications of 2 plants each. Treatments 2–4 were set to provide all-year nutrient rates of 0.8-0.4-1.2 kg N-P_2O_5-K_2O per tree. For Treatment 1, fertilizer and soil amendments were applied according to the farmers' conventional practices. For Treatment 2, Chemical fertilizers were applied at the specified rates. For Treatment 3, Chemical fertilizers at the specified rates and phosphate-solubilizing biofertilizers were applied at 500 g/tree. For Treatment 4, Chemical fertilizers at the specified rates and manure (cow dung at 20 kg/tree) and phosphate-solubilizing biofertilizers were applied at 500 g/tree. The experiments were conducted in farmers' sweet tamarind fields in Fak Tha District, Uttaradit Province, from October 2022 to September 2023.The result showed that Treatment 4 produced the highest yield at 554 kg/rai, with the highest pulp weight of 450 g. and the highest average pod weight of 30.30 g. Regarding the Benefit-Cost Ratio (BCR), Treatment 3 yielded the highest return on investment at 3.05. Farmers could adopt the tested technologies to improve their practices effectively which could lead to the development of nutrient management knowledge for sweet tamarind cultivation in Fak Tha District. Collaborative learning emerged alongside the development of product quality, transforming the community into a source of high-quality sweet tamarind. This also created a positive image for Uttaradit Province.

Keywords: Sweet tamarind, Phosphate-solubilizing biofertilizers, Nutrient management

บทนำ

มะขามหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของจังหวัดอุตรดิตถ์ ในปี 2566 มีพื้นที่ปลูก 21,240 ไร่ (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดอุตรดิตถ์, 2567) สร้างมูลค่าให้กับจังหวัด 628.35 ล้านบาท พื้นที่ปลูกมะขามหวานของจังหวัดอุตรดิตถ์ส่วนใหญ่อยู่พื้นที่อาศัยน้ำฝน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง-ต่ำ ในบางพื้นที่พบว่ามีการปลูกในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 20% ซึ่งจะมีปัญหาการพังทลายของหน้าดิน นอกจากนี้การบริหารจัดการแปลงที่ไม่ถูกต้องของเกษตรกร ปัญหาฝนแล้ง ฝนทิ้งช่วง ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะปี 2562 เกิดสภาวะฝนแล้งในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ ทำให้มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ที่ 842.8 มิลลิเมตร ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของจังหวัดอุตรดิตถ์อยู่ที่ 1,384 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2567) ส่งผลกระทบทางลบต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตมะขามหวานในพื้นที่ ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปผลไม้บ้านเสี้ยว นางกมลรัตน์ ท้าวน้อย พบว่าเนื้อมะขามในปีดังกล่าวมีรสชาติติดเปรี้ยว ไม่หวานฉ่ำ เนื้อบาง และมีปริมาณน้อยลง ปริมาณมะขามข้อมีมากขึ้น 20% มะขามฝักลดลง 30% ทำให้กลุ่มมีวัตถุดิบในการจำหน่ายและแปรรูปน้อยกว่าทุกปี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ และความเครียดจากสภาพแวดล้อมมีส่วนสำคัญ ทำให้ศักยภาพการผลิตลดลงผลผลิตลดลงร้อยละ 54-82 (Tuteja et al., 2011, p.39) เพื่อลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อคุณภาพผลผลิตมะขามหวาน ที่อยู่ในพื้นที่ที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และประสบปัญหาภัยแล้ง จึงจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหาร เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของดินให้สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้ดีขึ้นด้วยการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยอินทรีย์ และมีการจัดการธาตุอาหารหลักให้เหมาะสม ด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมสำหรับมะขาม คือ อัตรา 0.8-0.4-1.2 กิโลกรัม N-P_2O5-K_2O ต่อต้นทั้งฤดูกาลผลิตทั้งนี้สามารถแบ่งอัตราการใส่ปุ๋ยแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะเตรียมต้น ให้ปุ๋ยในอัตรา 0.5-0.3-0.5 กิโลกรัม N-P_2O5-K_2O และระยะบำรุงผลผลิต ให้ปุ๋ยในอัตรา 0.3-0.1-0.7 กิโลกรัม N-P_2O5-K_2O (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2, 2562) เพื่อให้พืชมีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพอากาศที่แปรปรวน และเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ชนิดดี เพื่อฟื้นสภาพให้กับพืชหลังจากการเก็บผลผลิตหรือผ่านสภาพอากาศที่แปรปรวนด้วยการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (ละเอียด ปั้นสุข และคนอื่นๆ, 2557) ได้ทดสอบเทคโนโลยีการฟื้นฟูต้นส้มโอขาวแตงกวาหลังประสบอุทกภัยจังหวัดชัยนาท ด้วยการฟื้นฟูต้นส้มโอตามการปฏิบัติของเกษตรกร เปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดสอบคือมีการปฏิบัติแปลงเช่นเดียวกับเกษตรกร และเพิ่มการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ปุ๋ยชีวภาพไมโครไรซ่า อัตรา 10 กรัม/ต้น หลังน้ำลด พบว่ากรรมวิธีทดสอบต้นส้มโอฟื้นจากสภาพโทรมได้ไวกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร โดยดูจากความสมบูรณ์ของใบส้มโอ ในส่วนของผลผลิตเฉลี่ยพบว่า กรรมวิธีของเกษตรกรให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,298 กิโลกรัม/ไร่ และกรรมวิธีทดสอบให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,411 กิโลกรัม/ไร่ ผลผลิตในกรรมวิธีทดสอบให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกรร้อยละ 8.7 และมีรายได้สุทธิเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกรร้อยละ 9.6

ดังนั้น เมื่อสิ้นสุดงานวิจัยเกษตรกรในชุมชนจะได้เรียนรู้การจัดการธาตุอาหารด้วยการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ ที่ใช้ร่วมกันอย่างถูกสัดส่วน เพิ่มคุณภาพของผลผลิตมะขามหวาน เพื่อให้มะขามหวานเป็นพืชหมุนเวียนเศรษฐกิจในชุมชน เกิดการขายผลผลิตจากในชุมชนให้กับกลุ่มวิสาหกิจ ซึ่งจะนำไปสู่การจ้างงานกันในชุมชน การซื้อขายผลผลิตที่มีคุณภาพกันระหว่างชุมชน เกิดเงินทุนหมุนเวียนในชุมชน และที่สำคัญ ชุมชนจะมีภาพลักษณ์ที่ดี ในการผลิตมะขามหวานที่มีคุณภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับมะขามหวานด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ
2. เพื่อศึกษาผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุนที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยมีวิธีดำเนินการ ดังนี้

1. ดำเนินการในพื้นที่ ตำบลบ้านเสี้ยว อำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ เดือน ตุลาคม 2565 – กันยายน 2566 โดยวางแผนการทดลองการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) มี 4 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ต้น โดยวิธีการที่ 1 เป็นการใส่ปุ๋ยตามที่เกษตรกรกำหนด วิธีการที่ 2-4 เป็นการใส่ปุ๋ยตามอัตราที่กำหนดคือ 0.8-0.4-1.2 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อต้นต่อปี และเพิ่มการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ โดยมีรายละเอียดในแต่ละวิธีการ ดังนี้

วิธีการที่ 1 ใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินตามวิธีเกษตรกร คือ ใส่ปุ๋ยในระยะเตรียมต้นสูตร 15-15-15 อัตรา 2 กิโลกรัม/ต้น ระยะบำรุงผลผลิต สูตร 8-24-24 อัตรา 0.5 กิโลกรัม/ต้น

วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด คือ ใส่ปุ๋ยในระยะเตรียมต้นสูตร 46-0-0 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น ระยะบำรุงผลผลิต สูตร 46-0-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.2 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 1.2 กิโลกรัม/ต้น

วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด คือ ใส่ปุ๋ยในระยะเตรียมต้นสูตร 46-0-0 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ระยะบำรุงผลผลิต สูตร 46-0-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.2 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 1.2 กิโลกรัม/ต้น

วิธีการที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด คือ ใส่ปุ๋ยในระยะเตรียมต้นสูตร 46-0-0 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น+ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ต้น) ระยะบำรุงผลผลิต สูตร 46-0-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 18-46-0 อัตรา 0.2 กิโลกรัม/ต้น + สูตร 0-0-60 อัตรา 1.2 กิโลกรัม/ต้น

2. ทำการทดสอบในแปลงเกษตรกรแปลงต้นแบบจำนวน 1 ราย เป็นมะขามพันธุ์ศรีทอง มีอายุ10 ปี ทรงพุ่มใกล้เคียงกันประมาณ 6-8 เมตร โดยแบ่งการใส่ปุ๋ยเป็น 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ระยะเตรียมต้นช่วงปลายเดือนเมษายนและ ครั้งที่ 2 ระยะบำรุงผลผลิต ในช่วงเดือนพฤษภาคม

3. จัดการแมลงศัตรูพืชตามการระบาดและเลือกใช้สารเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร รายละเอียดดังนี้

3.1 หนอนคืบละหุ่ง แนะนำให้ใช้ คาร์บาริล 85% WP (กลุ่ม 1A) อัตรา 40 กรัมผสมน้ำ 20 ลิตร (ศรีจำนรรจ์ ศรีจันทรา และพฤทธิชาติ ปุญวัฒโท, 2566)

3.2 เพลี้ยแป้ง แนะนำให้ใช้ไทอะมิทอกแซม 25% WG (กลุ่ม 4A) อัตรา 4 กรัมผสมน้ำ 20 ลิตร หรืออิมิดาโคลพริด 70% WG (กลุ่ม 4A) อัตรา 4 กรัมผสมน้ำ 20 ลิตร หรือไดโนทีฟูแรน 10% WG (กลุ่ม 4A) อัตรา 50 กรัมผสมน้ำ 20 ลิตร (ศรีจำนรรจ์ ศรีจันทรา และพฤทธิชาติ ปุญวัฒโท, 2566)

4. การเก็บข้อมูลโดยเว้นต้นหัว- ท้ายแปลง และเก็บข้อมูลดังนี้ จำนวนการติดฝักอ่อนในพื้นที่ 1 ตารางเมตรปริมาณผลผลิตต่อไร่ คุณภาพผลผลิต ได้แก่ จำนวนมะขามฝัก มะขามข้อ น้ำหนักเนื้อมะขามต่อน้ำหนักมะขาม 1 กิโลกรัม น้ำหนักฝักเฉลี่ยและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA) ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ รายได้ รายได้สุทธิ อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุน (Benefit Cost Ratio: BCR) (สมพร อิศวิลานนท์ และคนอื่นๆ, 2553)

5. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ ของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

1. การจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับมะขามหวาน ด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ

การศึกษาในแปลงเกษตรกรผู้ปลูกมะขามอำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ แบ่งการจัดการธาตุอาหารเป็น 4 วิธีการ พบการตอบสนองของมะขามในด้านปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ตามรายละเอียดดังนี้

1.1 จำนวนการติดฝักอ่อนในพื้นที่ 1 ตารางเมตร

จากการสุ่มคัดเลือกพื้นที่ 1 ตารางเมตร บนทรงพุ่มมะขามในแต่ละวิธีการเพื่อนับจำนวนการติดฝักอ่อน พบว่า จำนวนการติดฝักอ่อนของมะขามในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ทั้ง 4 วิธีการ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยจำนวนการติดฝักอ่อนในพื้นที่ 1 ตารางเมตร 51.2-53.3 ฝัก ดังตาราง 1

1.2 ปริมาณผลผลิต

ผลผลิตมะขามพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธีการที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ต้น) + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ให้ผลผลิตสูงสุด 554 กิโลกรัม/ไร่ และไม่แตกต่างกับวิธีการที่ 3 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ให้ผลผลิต 552 กิโลกรัม/ไร่ มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับวิธีการที่ 1 การใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินตามวิธีเกษตรกรและวิธีการที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด ให้ผลผลิตคือ 533 และ 531 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ดังตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนการติดฝักอ่อนในพื้นที่ 1 ตารางเมตร และปริมาณผลผลิต จากแปลงเกษตรกรแปลงต้นแบบผู้ปลูกมะขามหวานในแต่ละวิธีการ ณ ตำบลบ้านเสี้ยว อำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ ปี 2566

วิธีการ	จำนวนมะขามฝักอ่อน (ฝัก)	ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)
T1	53.0	533b
T2	51.2	531b
T3	53.3	552a
T4	52.7	554a
F-test	ns	*
CV (%)	16.2	27.8

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c,... ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยตัวอักษร a จะกำกับเลขที่ค่ามากที่สุด และไล่ลำดับตัวอักษรไปจนถึงเลขที่มีค่าน้อยที่สุด
ตัวอักษรที่กำกับไว้ในแถว F-test มีความหมายในแต่ละคอลัมภ์ ดังนี้
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.01$)

1.3 จำนวนมะขามฝัก และมะขามข้อ ต่อน้ำหนักมะขาม 1 กิโลกรัม

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างมะขามในแต่ละวิธีการ เพื่อนับจำนวนมะขามฝักและมะขามข้อ พบว่าจำนวนมะขามฝักทั้ง 4 วิธีการ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยจำนวนมะขาม 29-32 ฝัก และจำนวน

มะขามข้อ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธีการที่ 1 การใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินตามวิธีเกษตรกร วิธีการที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด และวิธีการที่ 3 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ให้จำนวนมะขามข้อเท่ากับ 7 ฝัก 5 ฝัก และ 4 ฝัก ตามลำดับ มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับวิธีการที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ต้น) + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ให้จำนวนมะขามข้อเท่ากับ 1 ฝัก ดังตาราง 2

1.4 น้ำหนักเนื้อมะขามส่วนที่สามารถรับประทานได้ต่อมะขาม 1 กิโลกรัม

เนื้อมะขามส่วนที่รับประทานได้ใน 4 วิธีการ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธีการที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ต้น) + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ให้ปริมาณเนื้อมะขามส่วนที่รับประทานได้มากที่สุด คือ 456 กรัม แตกต่างและมากกว่าวิธีการอื่นๆ ที่ให้ปริมาณเนื้อมะขามส่วนที่รับประทานได้เท่ากับ 450-430 กรัม ดังตาราง 2 และภาพ 1

1.5 น้ำหนักฝักเฉลี่ย

น้ำหนักฝักมะขามเฉลี่ยทั้ง 4 วิธีการพบว่า มีความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธีการที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด+ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัวอัตรา 20 กิโลกรัม/ต้น) + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น และวิธีการที่ 3 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 500 กรัม/ต้น ให้น้ำหนักฝักมะขามเฉลี่ย 30.30 และ 29.41 กรัม มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับวิธีการที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนด และวิธีการที่ 1 การใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินตามวิธีเกษตรกร ที่ให้น้ำหนักฝักมะขามเฉลี่ย 28.57 และ 27.78 กรัม ดังตาราง 2

1.6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA) ในทั้ง 4 วิธีการ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ให้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย 2.31-2.42 % ดังตาราง 2

ตาราง 2 จำนวนมะขามฝัก มะขามข้อ น้ำหนักเนื้อมะขามต่อน้ำหนักมะขาม 1 กิโลกรัม น้ำหนักฝักเฉลี่ยและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA)

วิธีการ	จำนวนฝัก (ฝัก)		น้ำหนักเนื้อมะขาม	น้ำหนักฝักเฉลี่ย	%TA
	มะขามฝัก	มะขามข้อ	(กรัม)	(กรัม)	
T1	29	7a	430c	27.78b	2.32
T2	30	5a	438c	28.57b	2.41
T3	30	4a	450b	29.41a	2.42
T4	32	1b	456a	30.30a	2.31
F-test	ns	*	*	*	ns
CV (%)	15.83	15.11	16.97	15.27	16.82

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, ... ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย ตัวอักษร a จะกำกับเลขที่ค่ามากที่สุด และไล่ลำดับตัวอักษรไปจนถึงเลขที่มีค่าน้อยที่สุด

ตัวอักษรที่กำกับไว้ในแถว F-test มีความหมายในแต่ละคอลัมภ์ ดังนี้

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.01$)

ภาพ 1 ส่วนของเนื้อมะขามที่สามารถรับประทานได้ในแต่ละวิธีการ

2. ผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุนที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ

โดยทำการเปรียบเทียบ 4 วิธีการ สามารถสรุปต้นทุนการผลิต รายได้ที่ได้รับ และรายได้สุทธิ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูล ต้นทุนเฉลี่ยของทั้ง 4 วิธีการอยู่ที่ 8,600-8,970 บาท/ไร่ ส่วนรายได้เฉลี่ยทั้ง 4 วิธีการอยู่ที่ 34,515-36,010 บาท/ไร่ รายได้สุทธิเฉลี่ยทั้ง 4 วิธีการอยู่ที่ 25,862-27,040 บาท/ไร่ และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (Benefit Cost Ratio: BCR) เฉลี่ยของทั้ง 4 วิธีการมีค่าเท่ากับ 2.99-3.05 ซึ่งค่า BCR มีค่ามากกว่า 1 หมายถึง กิจกรรมที่ดำเนินการนั้นมีกำไร มีความเสี่ยงน้อยสามารถทำการผลิตได้ ดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ จากเกษตรกรต้นแบบผู้ปลูกมะขามหวาน ตำบลบ้านเสี้ยว อำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ ปี 2566

วิธีการ	ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์			
	ต้นทุนการผลิต (บาท/ไร่)	รายได้ (บาท/ไร่)	รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)	BCR
T1	8,600	34,645	26,045	3.03
T2	8,653	34,515	25,816	2.99
T3	8,865	35,880	27,015	3.05
T4	8,970	36,010	27,040	3.01
ค่าเฉลี่ย	8,772	35,263	26,491	3.02

อภิปรายผลการวิจัย

1. การจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับมะขามหวานด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ

เพื่อศึกษาสัดส่วนของการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยคอก จากผลการทดลองพบว่า การจัดการธาตุอาหาร ด้วยการใช้ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิด สามารถส่งเสริมให้ผลผลิตมะขามมีการติดผลผลิตที่ดีในทุกวิธีการ แสดงว่าปริมาณธาตุอาหารที่แนะนำสามารถนำมาปรับใช้ในพื้นที่อำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ได้ ไม่ส่งผลกระทบทางลบต่อการติดฝัก และเมื่อนำคุณภาพผลผลิตมาเปรียบเทียบใน 4 วิธีการ จะพบความแตกต่างด้านปริมาณน้ำหนักเนื้อมะขามและน้ำหนักฝักเฉลี่ย ซึ่งเป็นวิธีการที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยคอก ทั้งนี้การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยคอก อาจมีส่วนช่วยทำให้พืชได้รับปริมารธาตุอาหารเพิ่มขึ้นและทันต่อช่วงการพัฒนาของผลผลิต เนื่องจากการให้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต เป็นการเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีความสามารถเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสให้กับต้นพืช จุลินทรีย์ชนิดนี้มีความสามารถเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต หรือสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำช่วยให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (วีระพงษ์ เย็นอ่วม และคนอื่นๆ, 2563, น.42) ส่วนปุ๋ยคอกมูลวัว ก็เป็นเป็นแหล่งของจุลินทรีย์และไนโตรเจน ที่ช่วยในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ (ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร และคนอื่นๆ, 2558, น.67) ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารเสริมแมงกานีสที่มีปริมาณเท่ากับ 375.86 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2568) ซึ่งช่วยในการกระตุ้นการทำงานของเอมไซม์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยแยกโมเลกุลของน้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสงและกระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ช่วยเพิ่มผลผลิต ช่วยให้พืชสามารถดูดซึมฟอสฟอรัสและแคลเซียม (วีรวัฒน์ นิลรัตนคุณ, 2558) ทั้งนี้การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต สามารถเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตได้ทั้งในไม้ผลและพืชผัก โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร กรมวิชาการเกษตร ได้นำเทคโนโลยีการผลิตการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต จำนวน 5 กิโลกรัม คลุกผสมกับปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 100 กิโลกรัม นำไปรองก้นหลุมพร้อมปลูกหรือใส่รอบโคนต้นถั่วฝักยาวที่อายุ 1-2 สัปดาห์ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำ ทำให้ได้ผลผลิตถั่วฝักยาวสูงถึง 3,850 กิโลกรัม/ไร่ มากกว่าวิธีการผลิตแบบเดิมของเกษตรกรที่ให้ผลผลิตเพียง 2,000 กิโลกรัม/ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2565) หรือในกรณีไม้ผล เช่น กาแฟ สำหรับลลิชา พานทอง และคนอื่นๆ (2567, น.327) ได้ศึกษาการจัดการปุ๋ย ด้วยการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอกที่มีผลต่อการเติบโตและคุณภาพและผลผลิตกาแฟอราบิกาที่ปลูกบนบนพื้นที่สูง จังหวัดเชียงใหม่ โดยแบ่งเป็น 4 วิธีการคือ 1) ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในพื้นที่ (ไนโตรเจน 54.00 กรัม/ต้น ฟอสฟอรัส 54.00 กรัม/ต้น และโพแทสเซียม 54.00 กรัม/ต้น) 2) ใส่ปุ๋ยหมัก อัตรา 3 กิโลกรัม/ต้น 3) ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่ประเมินจากความต้องการธาตุอาหารหลักของกาแฟและความอุดมสมบูรณ์ดิน (ไนโตรเจน 49.98 กรัม/ต้น) 4) วิธีการควบคุมคือไม่ใส่ปุ๋ย จากผลการศึกษาพบว่า วิธีการที่ 1-3 ต้นมีการเจริญเติบและให้คุณภาพผลผลิต ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่วิธีการที่ 3 มีแนวโน้มช่วยส่งเสริมการเติบโตและปริมาณผลผลิตได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

2. ผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุนที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ

พบว่าวิธีการที่มีการใช้ปุ๋ยคอกมูลวัวและปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต มีต้นทุนเพิ่มขึ้น แต่เมื่อนำมาคำนวณสัดส่วนความคุ้มค่าต่อการลงทุน พบว่ายังมีความคุ้มค่าอยู่ เพราะเมื่อนำมาหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน พบว่ามีค่าเท่ากับ 3.05 และ 3.01 ถือว่ายังคุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ทิพวรรณ แก้วหนู และคนอื่นๆ (2567, น.52) ที่ได้ทดสอบการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ร่วมกับชีวมวลในการผลิตกระเจี๊ยบเขียวตาม GAP ในดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดสุพรรณบุรี แบ่งเป็น 7 วิธีการ คือ 1) กรรมวิธีควบคุม 2) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ +

มูลวัวอัตรา 1 ตัน/ไร่ 4) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ + มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ + จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัม/ต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัม/ต้น 5) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ + มูลวัวอัตรา 1 ตัน/ไร่ 6) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ + มูลวัวอัตรา 1 ตัน/ไร่ + จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัม/ต้น + อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัม/ต้น และ 7) ใส่มูลวัวอัตรา 1 ตัน/ไร่ + จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัม/ต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัม/ต้น พบว่าวิธีการที่ 4 เป็นวิธีการที่ส่งเสริมให้กระเจี๊ยบเขียวสูงที่สุดที่อายุ 45 และ 60 วัน คือ 54.98 และ 84.68 เซนติเมตร ตามลำดับ และกระเจี๊ยบเขียวให้น้ำหนักรวมสูงที่สุดเท่ากับ 1,303 กิโลกรัมต่อไร เกษตรกรได้กำไร 6,706 บาท/ไร่ และเมื่อนำมาหาสัดส่วนระหว่างมูลค่าผลผลิตที่ได้ต่อต้นทุนค่าปุ๋ย มีค่าเท่ากับ 2.19 ซึ่งยังคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากเป็นวิธีการที่ผลผลิตเพิ่มมากที่สุด 493 กิโลกรัม/ไร่

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมะขามหวาน จังหวัดอุตรดิตถ์ ด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ พบว่า การปรับปรุงโครงสร้างดินด้วยการใช้ปุ๋ยคอก อัตรา 20 กิโลกรัม/ต้น การเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ด้วยการใส่ปุ๋ยชีวภาพ อัตรา 500 กรัม/ต้น ร่วมกับการให้ธาตุอาหารที่เหมาะสม ในช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ระยะเตรียมต้นสูตร 46-0-0 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น ผสมกับสูตร 18-46-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น ผสมกับสูตร 0-0-60 อัตรา 0.8 กิโลกรัม/ต้น ระยะบำรุงผลผลิต สูตร 46-0-0 อัตรา 0.6 กิโลกรัม/ต้น ผสมกับสูตร 18-46-0 อัตรา 0.2 กิโลกรัม/ต้น ผสมกับสูตร 0-0-60 อัตรา 1.2 กิโลกรัม/ต้น ช่วยทำให้มะขามหวานมีคุณภาพผลผลิตที่ดีขึ้น ให้คุณภาพฝักที่ดี เนื้อหนา และฝักมีน้ำหนัก จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าวิธีการที่มีการเพิ่มปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้ผลผลิตมีปริมาณ และคุณภาพดี ทำให้เกษตรกรได้กำไรสุทธิต่อไร่ อยู่ในปริมาณที่สูง มีค่า BCR มากกว่าหรือเท่ากับ 3 ทั้งนี้การจัดการธาตุอาหารด้วยการเพิ่มธาตุอาหารในกลุ่มอินทรีย์วัตถุ ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการจะส่งผลให้พืชมีการตอบสนองที่ดี และมีความยั่งยืน ในแง่ของแหล่งในการจัดหาซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ ภายในชุมชนที่ทำการทดสอบมีเพียงพอ ทั้งนี้ หากมีการจัดสรรและวางแผนการจัดการแปลงที่ดี ใส่ปุ๋ยในช่วงเวลาที่เหมาะสม เกษตรกรจะมีต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมีลดลงอีกอย่างน้อย ร้อยละ 10

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรสามารถนำกระบวนการใช้ปุ๋ย คือ การใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยชีวภาพ สำหรับการปรับปรุงกระบวนการผลิตมะขาม ไปใช้ในแปลงของตนเองเพื่อใช้ปรับปรุงปริมาณและคุณภาพของมะขามหวานให้มีเพียงพอต่อความต้องการของตลาดได้

2. เกษตรกรในชุมชนใกล้เคียง สามารถเรียนรู้กระบวนการใช้ปุ๋ยจากแปลงที่ทำการทดสอบ และนำความรู้ที่ได้มาปรับใช้ในแปลงของตนเองเพื่อพัฒนาคุณภาพผลผลิตให้มีคุณภาพตรงความต้องการของตลาดได้

3. หน่วยงานส่วนราชการในพื้นที่ เช่น สำนักงานเกษตรอำเภอ หรือสหกรณ์การเกษตร ที่เป็นเครือข่ายในกระบวนการทดสอบปุ๋ย สามารถนำความรู้ที่ได้ เช่นการใช้ปุ๋ย ชนิดของปุ๋ย วิธีการใช้ปุ๋ย ไปพัฒนาหน่วยงานพัฒนาตนเองเพื่อให้สามารถแนะนำเกษตรกรให้เลือกใช้ปุ๋ยและปัจจัยการผลิตอื่นๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดแต่ต้นทุนต่ำที่สุด

4. การผลิตมะขามให้มีปริมาณผลผลิตสูง และมีคุณภาพนั้น นอกจากการจัดการธาตุอาหารที่ดี ทันเวลาและให้ในปริมาณที่เหมาะสมแล้ว การจัดการแมลงศัตรูพืช และการดูแลความสะอาดในแปลง ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญเช่นเดียวกัน ดังนั้น เกษตรกรต้องมีการเรียนรู้ในการใช้สารเคมีให้ถูกต้อง และมีความรู้ในการเลือกใช้สารในกลุ่ม

ที่เหมาะสม เพื่อให้การจัดการแปลงมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่งผลให้มีผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการในพื้นที่ โดยเฉพาะกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปผลไม้บ้านเสี้ยว ที่มีการแปรรูปผลผลิตมะขามเป็นสินค้าในหลากหลายรูปแบบ เกิดการจ้างงานภายในชุมชน มีเงินทุนหมุนเวียนขับเคลื่อนเศรษฐกิจภายในชุมชน เงินทุนไม่ไหลออกนอกชุมชน เกิดเสถียรภาพ ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 2 ช่องทางคือ ช่องทางการจำหน่ายผลผลิต และช่องทางการจ้างแรงงานภายในชุมชน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การทดสอบการใช้ปุ๋ยสำหรับมะขามหวานในจังหวัดอุตรดิตถ์ สมควรที่จะมีเวลาในการรวบรวมข้อมูลอีกอย่างน้อย 2-3 ปี เนื่องจากการตอบสนองของไม้ผล จะมีปัจจัยร่วมมากกว่าการทดสอบปุ๋ยสำหรับพืชไร่ ที่สำคัญต้องทดสอบเพิ่มในเรื่องชนิดของมะขามที่เป็นพันธุ์หนัก พันธุ์เบา ว่าจะมีการตอบสนองต่อการให้ธาตุอาหารไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ เพื่อให้เกษตรกรมีแนวทางการจัดการธาตุอาหารที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานเกษตรอำเภอฟากท่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปผลไม้บ้านเสี้ยว อำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2568). *ตารางที่ 10 ปริมาณธาตุอาหารเฉลี่ยสำหรับพืชที่มีในมูลสัตว์แห้งชนิดต่างๆ*. https://osd101.ldd.go.th/q/manual/table_compost.pdf

กรมวิชาการเกษตร. (2565, 7 มิถุนายน). *ชู 5 เทคโนโลยีผลิตถั่วฝักยาวผลผลิตพุ่ง รายได้เพิ่มเกินคาด*. https://www.doa.go.th/th/ชู-5-เทคโนโลยีผลิตถั่วฝั/

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2567, 2 สิงหาคม). *ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณฝน ของภาคเหนือ (รายวัน)*. http://www.cmmet.tmd.go.th/forecast/pt/Max_Min_Rainfall.php

ทิพวรรณ แก้วหนู, ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, วนิดา โนบรรเทา, พีรพงษ์ เชาวนพงษ์, สุปรานี มั่นหมาย, นิศารัตน์ ทวีนุต, ศรีสุดา รื่นเจริญ, และปฏิมาภรณ์ จินจาคาม. (2567). การใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ร่วมกับชีวมวลในการผลิตกระเจี๊ยบเขียวตาม GAP ในดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร*, *2*(1), 45-53. https://li02.tci-thaijo.org/index.php/jtai/article/view/773

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร, ชนวัฒน์ นิทัศน์วิจิตร, แสนวสันต์ ยอดคำ, และรชฎ เชื้อวิโรจน์. (2558). การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณมากแบบกองแถวยาวไม่พลิกกลับกองวิศวกรรมแม่โจ้ 1 โมเดล. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร*, *32*(3), 67-78. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20193172333

ลลิชา พานทอง, ยุพา จอมแก้ว, ณัฐชนน สันธทรัพย์, และชูชาติ สันธทรัพย์. (2567). ผลของการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกันต่อการเติบโต คุณภาพและผลผลิตกาแฟอะราบิกาที่ปลูกบนพื้นที่สูง จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารเกษตร*, *40*(2), 327–340. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/article/view/259601

ละเอียด ปั้นสุข, จันทนา ใจจิตร, อรัญญา ภู่วิไล, วันชัย ถนอมทรัพย์, และอดิศักดิ์ คำนวณศิลป์. (2567). *การทดสอบเทคโนโลยีการฟื้นฟูต้นส้มโอพันธุ์ท้องถิ่นจังหวัดชัยนาท* [รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด]. https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2021/05/260-การทดสอบเทคโนโลยีการฟื้นฟูสวนส้มโอพันธุ์ท้องถิ่นจังหวัดชัยนาท.pdf

วีรวัฒน์ นิลรัตนคุณ. (2558). *การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ*. พรพรหมการพิมพ์.

วีระพงษ์ เย็นอ่วม, เพ็ญลักษณ์ ชูดี, และนิลุบล ทวีกุล. (2563). ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต. ใน *การจัดการความรู้เทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก* (น. 42-50). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรมวิชาการเกษตร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5.

ศรีจำนรรจ์ ศรีจันทรา และพฤทธิชาติ ปุญวัฒโท. (2566). *เอกสารวิชาการ คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลง-สัตว์ศัตรูพืชอย่างปลอดภัย...จากงานวิจัยปี 2566*. กรมวิชาการเกษตร, สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.

สมพร อิศวิลานนท์, ปิยะทัศน์ พาฮอนุรักษ์, และสุวรรณา ประณีตวตกุล. (2553). *การประเมินผลกระทบจากงานวิจัยด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร*. สถาบันคลังสมองของชาติ.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดอุตรดิตถ์. (2567, 6 กุมภาพันธ์). *ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดอุตรดิตถ์ที่ใช้สนับสนุนการตรวจราชการและครม.สัญจรประจำเดือนมกราคม 2567.* https://www.opsmoac.go.th/uttaradit-dwl-preview-461991791847

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2. (2562). *การใช้ปุ๋ยมะขามอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ*. กรมวิชาการเกษตร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2.

Tuteja, N., Singh Gill, S. Tuteja, R. (2011). Plant responses to abiotic stresses: Shedding light on salt, drought, cold and heavy metal stress. In N. Tuteja., S. Singh Gill., & R. Tuteja. (Eds.), *Omics and Plant Abiotic Stress Tolerance* (p.39-64). Material. https://doi.org/10.2174/97816080505811110101003 9

6

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่อมดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว

วันที่รับ : 13 ตุลาคม 2567
วันที่แก้ไข : 3 มกราคม 2568
วันที่ตอบรับ : 6 มกราคม 2568

รัตนากร แสนทำพล[1*] และ ธรรมศาสตร์ จันทรัตน์[1]
[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์
*Corresponding author e-mail: rattanakorn.sae@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของวัตถุดิบในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว ศึกษาคุณภาพ การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ สู่ชุมชนโกโก้นางั่ว จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก จำนวน 50 คน ด้วยการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ การสรุปผลระดับการประเมินความพึงพอใจในแต่ละด้านของผู้เข้าร่วมอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ในแปรรูปผลิตภัณฑ์ เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนโกโก้นางั่ว จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า สูตรที่ 2 (เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว 100 เปอร์เซ็นต์) ได้รับการยอมรับสูงสุดในทุกด้าน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.12±8.60 และได้นำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาสูตรต้นแบบพร้อมดื่ม พบว่า มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 2.45±0.12 และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) เท่ากับ 16.2±1.02 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่าเครื่องดื่มคอมบูชาไม่พบตะกั่ว สารหนู แต่มีสารกันบูด และซอร์บิค ปริมาณ 14.20 และ 38.60 mg/L ตามลำดับ คาเฟอีน 2.25 mg/L ด้านคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของยีสต์และรา *Salmonella, Staphylococcus aureus, Coliform* และ *Escherichia coli* ต่ำกว่า 1.1 MPN/100 ml ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 356) พ.ศ.2556 แสดงว่าเครื่องดื่มคอมบูชาจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วมีความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน เกษตรกรที่เข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจสูงที่สุด ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อยู่ที่ 4.75±0.51 และความพึงพอใจ ในภาพรวมทั้งหมดอยู่ที่ 4.82±0.54 ซึ่งผลผลิตที่ได้จากการวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ และประชาชนในเขตพื้นที่ตำบลนางั่ว จังหวัดเพชรบูรณ์

คำสำคัญ: เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้, เครื่องดื่มคอมบูชา, การยอมรับของผู้บริโภค, ความปลอดภัยของอาหาร

DEVELOPMENT OF HEALTHY KOMBUCHA BEVERAGE PRODUCTS FROM ROASTED COCOA BEAN SHELLS

Received : October 13, 2024
Revised: January 3, 2025
Accepted: January 6, 2025

Rattanakorn Saenthumpol[1*] and Thammasart Chantarat[1]
[1]Faculty of Agricultural and Industrial Technology,
Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, Thailand
*Corresponding author e-mail: rattanakorn.sae@pcru.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to investigate the types of raw materials used in fermenting healthy kombucha beverage products from roasted cocoa bean husks, examine the quality, evaluate consumer acceptance of the healthy kombucha beverage products, and transfer kombucha production technology to the cocoa-growing community of Nangua in Phetchabun Province. A Completely Randomized Design (CRD) was used to analyze chemical qualities, while a Randomized Complete Block Design (RCBD) was employed for sensory evaluation, focusing on appearance, color, aroma, flavor, and overall acceptance. Convenient sampling was conducted with 50 participants using a 9-point hedonic scale for taste preference assessment. Descriptive analysis, including mean and standard deviation, was used to summarize satisfaction levels of 30 community enterprise members participating in kombucha product development training. The research results revealed that Formula 2 (100% roasted cocoa husk) received the highest acceptance in all aspects, with an average score of 8.12±8.60 and was selected as a prototype kombucha drink. The product had a pH of 2.45±0.12 and a total soluble solid value of 16.2±1.02. Chemical quality analysis revealed that the kombucha beverage contained no lead or arsenic. However, it contained preservatives, specifically benzoic acid and sorbic acid, at concentrations of 14.20 mg/L and 38.60 mg/L, respectively, as well as caffeine at 2.25 mg/L. Microbial quality analysis revealed no contamination from yeast and mold, *Salmonella, Staphylococcus aureus*, Coliform, or *Escherichia coli*, with levels below 1.1 MPN/100 ml. These levels complied with the standards set forth by the Ministry of Public Health Notification (No. 356) in B.E. 2013. This indicated that kombucha from roasted cocoa husk was safe for consumers. For technology transferring to the community, farmers participating in the training reported the highest level of satisfaction, with an average score of 4.75±0.51 for applying knowledge and an overall satisfaction score of 4.82±0.54. The research output could help add value to roasted cocoa husk, generating income for cocoa farmers and residents in Nangua Subdistrict of Phetchabun Province.

Keywords: Cocoa bean husks, Kombucha, Consumer acceptance, Food safety

บทนำ

สภาพสังคมปัจจุบันมีความเปลี่ยนแปลงในลักษณะเป็นสังคมที่เร่งรีบในการทำงานและการดำเนินชีวิตประจำวัน รวมถึงสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้ผู้คนนิยมหันมาดูแลสุขภาพกันมากขึ้น ดังนั้นความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาพให้ร่างกายมีระบบภูมิคุ้มกันที่แข็งแรงจึงมีแนวโน้มมากขึ้น โดยปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างแพร่หลายในด้านวัตถุดิบจากธรรมชาติ กระบวนการผลิต รูปแบบและรสชาติของผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคนอกจากอาหารเพื่อสุขภาพแล้ว ความต้องการผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจรับประทานเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากธรรมชาติมากขึ้น โดยเฉพาะเครื่องดื่มที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) การต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Antimicrobial Activity) ต้านการอักเสบ รวมไปถึงเป็นสารต้านการก่อมะเร็ง (โอภา วัชระคุปต์ และคนอื่นๆ, 2549)

ผลิตภัณฑ์คอมบูชา (Kombucha) เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เกิดจากการหมักใบชาดำหรือชาเขียวที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* ผสมน้ำตาลหรือสารให้ความหวานประเภทคาร์โบไฮเดรตเพื่อเป็นอาหารของเชื้อจุลินทรีย์ นำไปหมักด้วยเชื้อหมักผสมที่เรียกว่า สโคบี (SCOBY; Symbiotic Colony of Bacteria and Yeast) ที่มีเชื้อผสมในตระกูลแบคทีเรียกลุ่ม Acetic Bacteria และยีสต์ที่เรียกว่า “Tea Fungus” คอมบูชาเป็นเครื่องดื่มที่คนรู้จักคุ้นเคยมานาน และเชื่อกันว่าเครื่องดื่มที่ส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้ที่บริโภค เพราะไม่เพียงมีสรรพคุณเช่นเดียวกับชา แต่ยังมีเชื้อโพรไบโอติก ที่เป็นกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์และยีสต์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ทั้งอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กองอาหาร, 2566) ผลิตภัณฑ์คอมบูชา ที่หมักจากชาเขียวจะอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดที่ช่วยป้องกันหรือยับยั้งความเสียหายของเซลล์ที่เกิดขึ้นจากอนุมูลอิสระอย่างสารโพลีฟีนอล (Polyphenol) โดยในปัจจุบันมีงานวิจัยที่ศึกษาคุณสมบัติของคอมบูชา ในด้านนี้กับหนูที่ได้รับสารละลายตะกั่วติดต่อกัน 45 วัน โดยแบ่งหนูทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่กินคอมบูชา ควบคู่กับได้รับสารตะกั่ว กับกลุ่มที่ไม่ได้กินคอมบูชา พบว่าเซลล์ที่ถูกทำลายจากสารตะกั่วของหนูกลุ่มแรกนั้นมีจำนวนลดลง แสดงให้เห็นว่า เครื่องดื่มชนิดนี้สามารถช่วยลดความเป็นพิษของตับจากการได้รับสารเคมีที่เป็นพิษได้ โพรไบโอติก (Probiotic) คือเชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กติก (Lactic Acid Cacteria: LAB) แบคทีเรียกลุ่มนี้พบในผลิตภัณฑ์อาหารหมัก เช่น กิมจิ นมเปรี้ยว แหนม ซึ่งช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค ช่วยย่อยอาหารที่มนุษย์ย่อยไม่ได้หรือย่อยได้ไม่หมด ช่วยการดูดซึมของสารอาหาร ลดระดับคอเรสเตอรอล และสร้างวิตามินที่เป็นประโยชน์กับร่างกาย อาหารที่แบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติกนำไปใช้เรียกว่า พรีไบโอติก (พนารัตน์ มอญใต้, 2560, น.14) ปัจจุบันเครื่องดื่มคอมบูชาได้มีการพัฒนาโดยใช้วัตถุดิบท้องถิ่นและสมุนไพรมาใช้ในการหมัก นอกจากใบชาที่เป็นวัตถุดิบ เนื่องจากวัตถุดิบท้องถิ่นและสมุนไพรมีสรรพคุณทางยาและมีประโยชน์ต่อร่างกาย

จากการลงพื้นที่สำรวจข้อมูลพบว่ากลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกและผลิตโกโก้ในตำบลนางั่ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ มีการผลิตโกโก้และแปรรูปเป็นเมล็ดโกโก้ โกโก้นิปส์ โกโก้แมส และโกโก้บัตเตอร์ โดยในกระบวนการแปรรูปโกโก้จะมีเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว ปริมาณค่อนข้างเยอะ ร้อยละ 15 ของกระบวนการผลิต และไม่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการทำช็อกโกแลตได้ จึงต้องทิ้ง ทำให้สูญเสียรายได้จากการที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณขยะ และเพิ่มเวลาการจัดการในกระบวนการผลิตโกโก้ หรือบางกลุ่มนำไปทำเป็นปุ๋ยใส่ต้นโกโก้ต่อไป แต่ในบางชุมชนยังมีการนำเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วมาแปรรูปโดยการทำชา

เปลือกโกโก้ดื่มกันในหลายพื้นที่รวมถึงกลุ่มโกโก้นางั่วด้วย เนื่องจากในเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้มีไฟเบอร์ โปรตีน และสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดที่ดีต่อสุขภาพ เช่น พีนอล (Phenol) ธีโอโบรมีน (Theobromine) คาทีชิน (Catechin) เป็นต้น (Hernández-Hernández et.al., 2019, p.327; Felice et.al., 2020)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความคิดในการนำเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชา เนื่องจากการหมักคอมบูชาจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่อุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ โปรไบโอติก และไฟเบอร์ ช่วยเสริมระบบย่อยอาหารและภูมิคุ้มกัน ลดความเครียด และควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าและลดขยะจากกระบวนการผลิตโกโก้ได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดของวัตถุดิบในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ
2. เพื่อศึกษาคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ
3. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ สู่ชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัย การทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ในการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชา และการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) ในการวิเคราะห์การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพจากเปลือกเมล็ดโกโก้คั่ว โดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ดังนี้

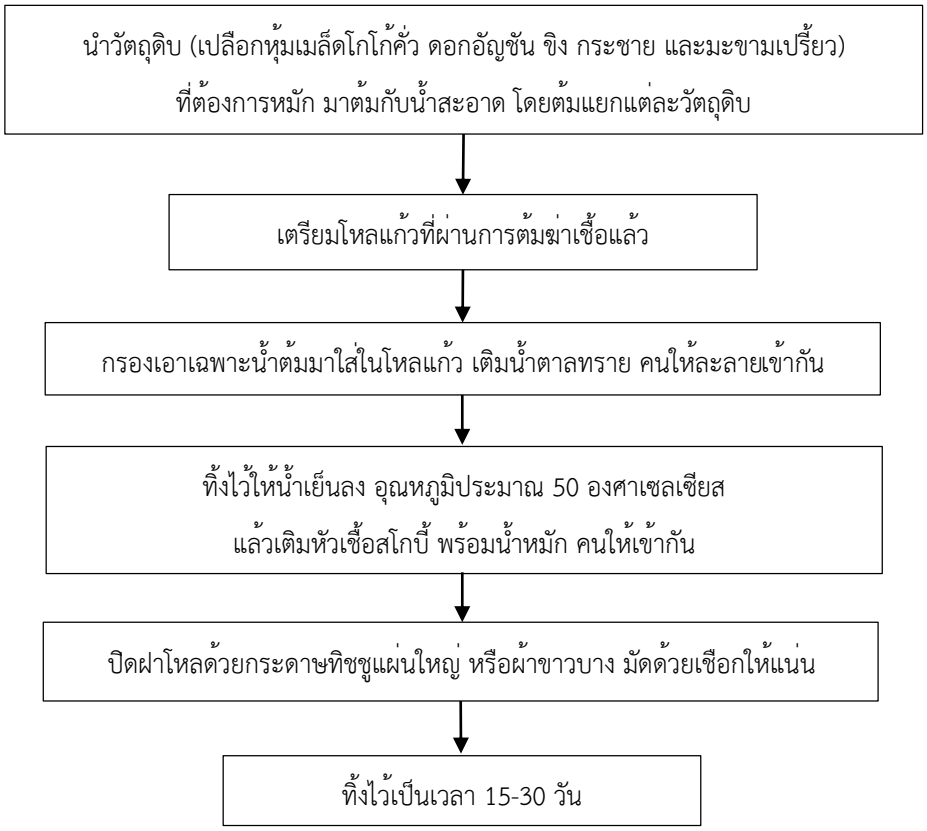
1. การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักคอมบูชา

1.1 เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตโกโก้ สามารถเตรียมทำชาหมักได้

1.2 พืชท้องถิ่นในจังหวัดเพชรบูรณ์ ได้แก่ ดอกอัญชัน ขิง กระชาย และมะขามเปรี้ยว นำผลผลิตสดล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ ขิงปอกเปลือกหั่นเป็นชิ้นตามยาว กระชายหั่นตามยาว และมะขามเปรี้ยวแห้งแกะเปลือก นำมาหั่นเป็นชิ้นที่เล็กลง เพื่อเตรียมสำหรับนำไปหมัก

2. การหมักคอมบูชา

ต้มน้ำปริมาตร 3 ลิตร ให้เดือดแล้วยกลงจากเตา จากนั้นเติมน้ำตาลทราย 500 กรัม คนจนน้ำตาลละลายแล้วใส่ใบชา (ชาแดงสูตรควบคุม) จำนวน 15 กรัม ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นใส่หัวเชื้อคอมบูชาทางการค้า (Scoby) ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ปิดฝาโหลด้วยผ้าขาวบางมัดด้วยยาง บ่มที่อุณหภูมิห้อง 25-30 องศาเซลเซียส ในที่มืดเป็นระยะเวลา 15-30 วัน จากนั้นนำมากรองแล้วบรรจุใส่ขวดแก้ว ปริมาตร 200 มิลลิลิตร และแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 แสดงวิธีการหมักเครื่องดื่มคอมบูชา

3. ศึกษาชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักครั้งนี้เป็นวัตถุดิบที่มาจากเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตโกโก้ ได้แก่ เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว และพืชท้องถิ่นในจังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ต้องการนำมาเพิ่มมูลค่า ได้แก่ ดอกอัญชัน ขิง กระชาย และมะขามเปรี้ยว เป็นต้น ซึ่งจะนำมาเป็นวัตถุดิบร่วมกับเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว โดยศึกษาสูตรพื้นฐาน 6 สูตร ที่มีวัตถุดิบในการหมักที่แตกต่างกัน โดยใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วเป็นวัตถุดิบหลักในการหมักเครื่ องดื่มคอมบูชา จำนวน 6 สูตร โดยเพิ่มพืชที่มีท้องถิ่น ดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 ชาแดง (สูตรควบคุม)
สูตรที่ 2 เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว
สูตรที่ 3 เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : ดอกอัญชัน (อัตราส่วน 1:1)
สูตรที่ 4 เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : ขิง (อัตราส่วน 1:1)
สูตรที่ 5 เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : กระชาย (อัตราส่วน 1:1)
สูตรที่ 6 เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : มะขามเปรี้ยว (อัตราส่วน 1:1)

ตาราง 1 สูตรพื้นฐานเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสมในแต่ละสูตร (กรัม)					
	1	2	3	4	5	6
ชาแดง	500	-	-	-	-	-
เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว	-	500	250	250	250	250
ดอกอัญชัน	-	-	250	-	-	-
ขิง	-	-	-	250	-	-
กระชาย	-	-	-	-	250	-
มะขาม	-	-	-	-	-	250
น้ำตาลทราย	400	400	400	400	400	400
หัวเชื้อสโกบี้	500	500	500	500	500	500
น้ำสะอาด	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

4. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพที่หมักครบ 30 วัน แล้วนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ คัดเลือกผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยวิธีการสุ่มแบบสะดวก จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริโภคทั่วไปที่เคยดื่มเครื่องดื่มคอมบูชา จำนวน 25 คนและกลุ่มคนรักสุขภาพที่ไปออกกำลังกายที่สวนสาธารณะจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 25 คน ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยพิจารณาคุณลักษณะด้านต่างๆ ดังนี้ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ทั้งนี้กระบวนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ (รหัส PCRU-REC NO. 001/66)

เมื่อได้ผลที่การยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดจากตาราง 1 มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ โดยทำการวัดค่าจำนวน 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

4.1 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) โดยใช้เครื่องวัดความหวานชนิดจุ่มสัมผัสกับอาหาร (Refractometer) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH Meter ยี่ห้อ Schott รุ่น G0842, Switzerland ปริมาณสารตกค้าง ตามวิธีการ AOAC. (2019) ได้แก่ ตะกั่ว สารหนู สารกันบูด (Benzoic Acid) ซอร์บิค (Sorbic Acid) และคาเฟอีน (Caffein)

4.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ตามวิธีการ Bacteriological Analytical Manual (Food and Drug Administration, 2024) ได้แก่ จำนวนยีสต์และราทั้งหมด (Total Yeast & Mold Count), *Escherichia coli, Salmonella* และ *Staphylococcus aureus*

5. การถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพสู่ชุมชน

โดยจัดโครงการอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพและอบรมเชิงปฏิบัติการในแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มโกโก้นางั่ว ตำบลนางั่ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยกำหนดผู้เข้าร่วมอบรมโดยเป็นกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ และผู้ที่สนใจในการแปรรูปผลิตภัณฑ์โกโก้ จำนวน 30 คน

6. การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพทางเคมีตามแผนการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินทางประสาทสัมผัส โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ชนิดของวัตถุดิบในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ การทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษาพัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพที่เหมาะสมจากสูตร จากตาราง 1 ได้เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จำนวน 6 สูตร โดยเพิ่มพืชที่มีท้องถิ่น ดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 ใช้ชาแดงหมัก เป็นสูตรควบคุม

สูตรที่ 2 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว 100 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : กระชาย ในอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 4 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : ขิง ในอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 5 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : ดอกอัญชัน ในอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 6 เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : มะขาม ในอัตราส่วน 1:1

หลังจากนำมาหมัก ใช้เวลา 30 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH, ค่าความหวาน Brix โดยเก็บข้อมูลทุก 7 วัน เพื่อเป็นการประเมินผลหลังจากการหมัก ดังภาพ 2

ภาพ 2 เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพจำนวน 6 สูตร

ตาราง 2 การยอมรับของผู้บริโภคต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ					
	1	2	3	4	5	6
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.76±8.38	6.78±1.62	7.10±1.11	7.08±1.60	7.76±8.38	6.32±1.28
สี	6.08^{e}±1.58	8.34^{a}±9.84	7.06^{c}±1.27	7.44^{b}±1.03	6.08^{e}±1.58	6.64^{d}±1.48
กลิ่น ^{ns}	6.18±1.67	6.12±1.71	6.72±1.60	5.72±1.83	6.18±1.67	5.02±1.81
รสชาติ ^{ns}	6.96±1.69	6.68±1.52	7.34±1.45	6.70±1.81	6.96±1.69	6.72±1.60
การยอมรับโดยรวม	7.12^{c}±8.60	8.12^{a}±8.60	7.42^{b}±1.26	7.02^{d}±1.45	7.00^{d}±1.29	6.70^{e}±1.22

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ทั้ง 6 สูตรมีลักษณะปรากฏ ของเหลวใสทั้งหมด และมีสีที่แตกต่างกันไปตามวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก จากตาราง 2 พบว่า สีของเครื่องดื่มคอมบูชาที่หมักด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.34±9.84 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละชนิด จะให้สีของชาหมักที่แตกต่างกันไปตามวัตถุดิบที่ใช้หมัก โดยเฉพาะสีของชาแดงที่เป็นสูตรควบคุม และสูตรที่ 5 ที่มีดอกอัญชันเป็นวัตถุดิบ จะให้สีม่วง ซึ่งจะให้สีที่แตกต่างจากสูตรอื่นๆ ที่มีสีเหลืองออกน้ำตางที่ใกล้เคียงกัน จึงมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ส่วนกลิ่นและรสชาติของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ มีค่าไม่แตกต่างกัน การยอมรับโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจในสูตรที่ 2 มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.12±8.60 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ ดังนั้นสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด และผู้วิจัยได้เลือกสูตรที่ 2 ซึ่งมาจากวัตถุดิบเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว 100 เปอร์เซ็นต์ และนำมาศึกษาคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

2. คุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

จากผลการทดลองคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพก่อน และหลังจากการหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า โดยสูตรที่ 6 มีค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดก่อนการหมักมากที่สุดเท่ากับ 14.8±1.027 °Brix และสิ้นสุดการหมักสูตรที่ 4 (ขิง) มีค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 14.6±1.02 7 °Brix ซึ่งไม่แตกต่างกันในทุกสูตรการทดลอง ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกสูตร ยกเว้นสูตรที่ 6 (มะขามเปรี้ยว) ที่มีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากชนิดของวัตถุดิบในการหมัก จึงทำให้มีค่าเพิ่มขึ้นแบบไม่คงที่ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วรลักษณ์ สุริวงษ์ และคนอื่นๆ (2566, น.349) ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นทั้ง 6 สูตร ซึ่งไม่แตกต่างกันในทุกสูตรการทดลอง ($p>0.05$) จากการรายงานค่าความเป็นกรดเป็นด่างของเครื่องดื่มชาหมักคอมบูชาที่เหมาะสม จะต้องอยู่ในช่วง 2.5-4.2 (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กองอาหาร, 2566) ดังตาราง 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ก่อนและหลังการหมักเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพเป็นเวลา 30 วัน

สูตรเครื่องดื่มคอมบูชา	คุณภาพทางเคมี			
	ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)		ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	
	ก่อน ns	หลัง ns	ก่อน ns	หลัง ns
1	11±1.02	13.8±1.00	1.85±0.12	2.27±0.11
2	10.4 ±1.02	16.2±1.02	2.17±0.12	2.45±0.12
3	9.4 ±1.01	13.0±1.02	1.90±0.12	2.12±0.12
4	12.0 ±1.01	14.6±1.02	1.60±0.12	2.01±0.12
5	13.6 ±1.03	13.2±1.03	1.51±0.11	1.91±0.12
6	14.8 ±1.02	12.0±1.01	1.49±0.13	1.92±0.11

หมายเหตุ ตัวอักษร ns แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตาราง 4 แสดงค่าคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

องค์ประกอบทางเคมี	ผลการทดสอบ mg/L	มาตรฐาน mg/L (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 356)
ตะกั่ว	ND	≤ 0.5
สารหนู	ND	≤ 0.2
สารกันบูด (Benzoic Acid)	14.20	≤ 100
ซอร์บิค (Sorbic Acid)	38.60	≤ 100
คาเฟอิน (Caffein)	2.25	≥ 1.5

หมายเหตุ ตัวอักษร ND = Not Detect แสดงถึงตรวจไม่พบ

จากตาราง 4 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ได้แก่ ตะกั่ว สารหนู ซึ่งตรวจไม่พบในเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ แต่ตรวจพบสารกันบูด ได้แก่ เบนโซอิก (Benzoic Acid) และซอร์บิค (Sorbic Acid) เท่ากับ 14.20 และ 38.60 ส่วนปริมาณคาเฟอินพบปริมาณ 2.25 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มประเภทชา ตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท ฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 356) พ.ศ. 2556 เรื่อง เครื่องดื่มประเภทชาในภาชนะบรรจุปิดสนิท, 2556) กำหนด แสดงว่าเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ พบว่าตรวจไม่พบปริมาณยีสต์และราทั้งหมด, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* แต่ตรวจพบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (*Coliform* Bacteria) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1.1 MPN/100 ml โดยมีปริมาณน้อยกว่ามาตรฐานกำหนดตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท ฉบับที่ 356 พ.ศ.2556 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 356) พ.ศ. 2556 เรื่อง เครื่องดื่มประเภทชาในภาชนะบรรจุปิดสนิท, 2556) สำหรับปริมาณ *Escherichia coli* มีค่าน้อยกว่า 1.1 MPN/100 ml ซึ่งมาตรฐานกำหนดต้องไม่พบในผลิตภัณฑ์

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการแพ็คเครื่องดื่มชาหมักบรรจุลงขวดพลาสติก อาจมีการสัมผัสมือคนบรรจุ จึงมีผลทำให้มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ลงในผลิตภัณฑ์ได้ ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

คุณภาพทางจุลินทรีย์	ผลการทดสอบ	มาตรฐาน (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 356)
ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด (Total Yeast & Mold Count) (CFU/g)	ND	ต้องไม่พบ
Coliform (MPN/100 ml)	< 1.1	< 2.2
Escherichia coli (MPN/100 ml)	< 1.1	ต้องไม่พบ
Salmonella (100 ml)	ND	ต้องไม่พบ
Staphylococcus aureus (100 ml)	ND	ต้องไม่พบ

หมายเหตุ: ตัวอักษร ND = Not Detect แสดงถึงตรวจไม่พบ

3. การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพพร้อมดื่ม

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพพร้อมดื่มจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว นำมาพัฒนาเพื่อเตรียมจำหน่ายในชุมชน โดยมีวิธีการเตรียมดังนี้ 1) นำเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วมาต้มกับน้ำสะอาดให้เดือด (ปริมาตรเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว 500 กรัม ต่อน้ำ 3 ลิตร) เป็นเวลา 10 นาที 2) กรองเอาเศษเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ออก แล้วเติมน้ำตาลทรายปริมาตร 400 กรัม ต้มให้น้ำตาลละลายเข้ากัน 3) ลดอุณหภูมิลงให้เหลือ 50 องศาเซลเซียส 4) เติมชาหมักคอมบูชาจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วสูตรที่ 2 (ได้รับการยอมรับมากที่สุด) ปริมาณ 500 มิลลิลิตร 5) บรรจุในขวดพลาสติก (Polyethylene Terephthalate, PET) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ควรเก็บไว้ในอุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ให้คะแนนโดยวิธี 9-point Hedonic Scale (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2556, น.106)

ตาราง 6 แสดงค่าการยอมรับของผู้บริโภคต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพพร้อมดื่ม

คุณลักษณะ	ระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ
ลักษณะปรากฏ	7.55±1.09
สี	7.60±1.93
กลิ่น	7.65±1.76
รสชาติ	7.78±1.77
การยอมรับโดยรวม	8.95±1.76

หมายเหตุ เกณฑ์ที่ใช้วัดระดับความพึงพอใจโดยวิธี 9-point Hedonic Scale (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2556, น.106) มีดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด	2 = ไม่ชอบมาก	3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	5 = เฉยๆ	6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง	8 = ชอบมาก	9 = ชอบมากที่สุด

จากตาราง 6 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วในการหมัก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.55±1.09, 7.60±1.93, 7.65±1.76 และ 7.78±1.77 ตามลำดับ ซึ่งมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ในขณะเดียวกันการยอมรับโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.95±1.76

4. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ สู่ชุมชน

จัดโครงการอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในวันที่ 29 - 30 มิถุนายน 2566 ณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มโกโก้นางั่ว ตำบลนางั่ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยกำหนดผู้เข้าร่วมอบรม จำนวน 30 คน รวมถึงการประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการ ดังภาพ 3 และต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพที่กลุ่มเกษตรกรผลิตและจำหน่ายในตลาดชุมชน ดังภาพ 4

ภาพ 3 รวมภาพการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนโกโก้นางั่ว

ภาพ 4 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชา จำหน่ายในตลาดชุมชน

ข้อมูลที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจพบว่า ด้านหัวข้อการถ่ายทอดองค์ความรู้และอบรมเชิงปฏิบัติการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70±0.55 เนื่องจากว่าเกษตรกรไม่เคยแปรรูปผลิตภัณฑ์นี้มาก่อน และทางด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75±0.51 และการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82±0.54 ดังตาราง 7

ตาราง 7 ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ	
	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สรุปผลความพึงพอใจ
1. การถ่ายทอดองค์ความรู้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	4.80±0.59	มากที่สุด
2. อบรมเชิงปฏิบัติการการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	4.60±0.50	มากที่สุด
3. ความรู้ที่ได้รับตรงตามวัตถุประสงค์/ความต้องการของผู้เข้าอบรม	4.75±0.44	มากที่สุด
4. เนื้อหาที่ได้รับ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและการทำงานได้	4.85±0.51	มากที่สุด
5. ความรู้จากการอบรมสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นองค์ความรู้ใหม่ได้	4.75±0.57	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.75±0.51	มากที่สุด
ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด	4.82±0.54	มากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว มีค่าความเป็นกรดด่าง pH ไม่เกิน 3.0 ปริมาณกรดไม่เกินร้อยละ 1 ซึ่งสอดคล้องกับการหมักคอมบูชาจากชาดำในงานวิจัยของจายาบาลัน และคนอื่นๆ (Jayabalan et al., 2007, p.392) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่ลดลงเป็นผลจากกิจกรรมการทำงานของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ที่มีบทบาทในการหมัก โดยเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม *Lactobacillus plantarum* และ *Lactobacillus casei* สามารถย่อยน้ำตาลซูโครสเป็นกลูโคส จากนั้นยีสต์จะเปลี่ยนกลูโคสเป็นเอทานอลภายใต้สภาวะจากกระบวนการหมักและแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติก (Acetic Acid Bacteria) ที่เจริญในน้ำหมักคอมบูชาสามารถเปลี่ยนเอทานอลเป็นกรดอะซิติกได้ (Dufresne & Farnworth, 2000, p.411; Jayabalan et al., 2007, p.392) และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพทั้ง 6 สูตร มีค่าอยู่ในเกณฑ์การหมักเครื่องดื่มคอมบูชา โดย ค่า pH มีค่าอยู่ในช่วง 1.99-2.16 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอัจฉริยา ชมเชย (2560, น.365) ที่ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาสมุนไพรพื้นบ้านทั้ง 10 ชนิด โดยมีค่า pH อยู่ระหว่าง 2.15-2.97 ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมักเพื่อทำเป็นเครื่องดื่มคอมบูชา คุณภาพทางเคมีนั้น ตรวจไม่พบตะกั่ว สารหนู ในผลิตภัณฑ์ แต่ตรวจพบสารกันบูด (Benzoic Acid) และซอร์บิค (Sorbic Acid) เท่ากับ 14.20 และ

38.60 ส่วนปริมาณ คาเฟอิน พบปริมาณ 2.25 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มประเภทชาในภาชนะบรรจุปิดสนิท ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 356 พ.ศ.2556 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 356) พ.ศ. 2556 เรื่อง เครื่องดื่มประเภทชาในภาชนะบรรจุปิดสนิท, 2556) กำหนด

ในการตรวจคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ พบว่าตรวจไม่พบปริมาณยีสต์และรา (*Yeast and Molds*) *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* เนื่องจากการกระบวนการหมักคอมบูชาในเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่า pH ลดลง โดยการทำงานของแบคทีเรียกรดอะซิติกและยีสต์เกิดการรีดิวซ์ของน้ำตาล และมีฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียได้ จึงทำให้ตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมด *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของนิสา ร่มส้มซ่า และคนอื่นๆ (2564, น.76) ที่ศึกษาคุณสมบัติทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก โดยตรวจไม่พบเชื้อ *B. subtilis, B. cereus, Salmonella sp., S. aureus* และ *E. coli* เนื่องจากมีฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย แต่ตรวจพบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (*Coliform* Bacteria), *Escherichia coli* น้อยกว่า 1.1 MPN/100 ml อาจมีผลเนื่องมาจากขั้นตอนการเก็บตัวอย่างตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ จึงทำให้ตรวจพบ แต่มีปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับมาตรฐานและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่องชา (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่อง ชา, 2543) แสดงว่าเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ เป็นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ที่ดี และผู้บริโภคสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย ซึ่งเชื้อ *E. coli* เป็นเชื้อก่อโรคที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดความปลอดภัยของเครื่องดื่ม เนื่องจากสามารถปนเปื้อนได้จากหลายแหล่ง เช่น น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต วัตถุดิบ และสุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องได้แก่ กรรมวิธีแปรรูป การพาสเจอไรซ์หรือกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่เหมาะสม สามารถทำลาย *E. coli* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าความเป็นกรด (pH) ควรต่ำกว่า 4.6 จะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อชนิดนี้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดสูง เช่น คอมบูชา รวมถึงการสุขาภิบาล การปฏิบัติตามหลักสุขาภิบาลที่ดี (Good Hygiene Practices: GHP) เช่น การล้างและฆ่าเชื้ออุปกรณ์ และการจัดการน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต (Avîrvarei et al., 2023)

ในการจัดโครงการอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้และอบรมเชิงปฏิบัติการการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพนั้น พบว่าเกษตรกรให้ความสนใจค่อนข้างมาก และมีความพึงพอใจในระดับดีมาก เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ และผู้บริโภคหันมาใส่ใจในการดูแลสุขภาพกันมากขึ้น จึงทำให้ผู้ผลิตรู้สึกตื่นตัว อยากที่จะผลิตสินค้าและแปรรูปเพื่อเพิ่มรายได้ในชุมชนมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นช่องทางในการเพิ่มรายได้ให้กับครัวเรือน

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาชนิดของวัตถุดิบในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ สูตรที่ 2 จากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วมากที่สุด โดยมีคะแนนเท่ากับ 8.12±8.60 และเมื่อนำไปศึกษาคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) มีค่าเท่ากับ 16.2±1.02 และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 2.45±0.12 และคุณภาพทางจุลินทรีย์ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย เมื่อนำมาพัฒนาเป็นสูตรต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจที่ระดับมากเท่ากับ 8.95±1.76 จากนั้นนำองค์ความรู้ไปถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ สู่ชุมชน พบว่าผู้เข้าร่วมอบรมให้คะแนนความพึงพอใจมากที่สุด เท่ากับ 4.82±0.54 ทั้งนี้ เครื่องดื่มคอมบูชายังเป็นการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว

ในกระบวนการผลิตโกโก้มาสร้างคุณค่า เพิ่มรายได้ให้กับชุมชน อีกทั้งยังเป็นเครื่องดื่มสุขภาพที่กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. หน่วยงานภาครัฐและองค์กรสนับสนุนเกษตรกร ควรส่งเสริมให้เกษตรกรที่ปลูกโกโก้หรือผู้แปรรูปโกโก้นำผลพลอยได้อย่างเปลือกหุ้มเมล็ดมาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชา เพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้จากวัตถุดิบเหลือใช้ เป็นการลดขยะจากกระบวนการผลิตและส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียนในท้องถิ่นผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากเปลือกโกโก้สามารถนำไปสู่การพัฒนาสูตรเพื่อจำหน่ายเชิงพาณิชย์ได้
2. กลุ่มชุมชนและเกษตรกรท้องถิ่น สามารถนำความรู้และกระบวนการผลิตคอมบูชาจากเปลือกโกโก้คั่วไปประยุกต์ใช้ สร้างรายได้เสริมให้กับชุมชน โดยอาจร่วมกันก่อตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ผลิตเครื่องดื่มสุขภาพเพื่อจำหน่ายในตลาดท้องถิ่นและตลาดสินค้าเพื่อสุขภาพ
3. ผู้ประกอบการและภาคเอกชน ผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสามารถนำแนวทางการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วมาเป็นส่วนประกอบในเครื่องดื่มคอมบูชา เป็นจุดขายสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในเรื่องสุขภาพและสิ่งแวดล้อม รวมถึงเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์ในตลาด

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการทดสอบด้านสุขภาพเพิ่มเติม โดยเน้นการวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบทางสุขภาพ เช่น ศึกษาคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ สารต้านการอักเสบ หรือประโยชน์ทางสุขภาพอื่นๆ ของเครื่องดื่มคอมบูชาจากเปลือกโกโก้
2. ควรมีการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อโพรไบโอติกในเครื่องดื่มคอมบูชาจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ เพื่อทราบถึงคุณสมบัติและประโยชน์ของเครื่องดื่มคอมบูชาจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว
3. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มคอมบูชาจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ยังคงคุณภาพและรสชาติที่ดีตลอดอายุการเก็บรักษา และบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาโดยไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2566 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เกษตรกรกลุ่มวิสาหกิจชุมชนโกโก้นางั่ว และนักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ที่ให้ความร่วมมือในงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

นิสา ร่มส้มซ่า, จุฑามาศ พรสันเทียะ, ทิพย์วรินทร์ ริมลำดวน, และกุณฑิกา เวชกลาง. (2564). คุณสมบัติทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก. *วารสารนเรศวรพะเยา, 14*(1), 76-87. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/journalup/article/view/247095

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่อง ชา. (2543, 19 กันยายน). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 118 ตอนพิเศษ 6 ง, 20-25.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 356) พ.ศ. 2556 เรื่อง เครื่องดื่มประเภทชาในภาชนะบรรจุปิดสนิท. (2556, 24 กรกฎาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 130 ตอนพิเศษ 87 ง, 93-97.

พนารัตน์ มอญใต้. (2560). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่เป็นมิตร: โปรไบโอติก (Probiotics). *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*, *60*(189), 13-15.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. (2556). *การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรลักษณ์ สุริวงษ์, สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ, ชานันดา ธิน่าน, และฐาปนี จงหวัง. (2566). บทบาทของการใช้คลื่นอัลตร้าโซนิคต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตชาดำคอมบูชา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 28*(1), 343-363. https://ojs.lib.buu.ac.th/index.php/science/article/view/8457

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กองอาหาร. (2566, 25 มิถุนายน). *แนวทางจัดการความเสี่ยงในกระบวนการผลิตชาหมักคอมบูชา (KOMBUCHA BREWING).* https://food.fda.moph.go.th/for-entrepreneurs5/kombucha-brewing

อัจฉริยา ชมเชย. (2560, 10 พฤศจิกายน). *ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาสมุนไพรพื้นบ้าน* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมสวนสุนันทาทางวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับชาติ ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุญยะรัตน์, และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. (2549). สารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติ. ใน โอภา วัชระคุปต์ (บ.ก.), *สารต้านอนุมูลอิสระ* (น.123-144). โรงพิมพ์พีเอส.

AOAC. (2019). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. In G. W. Latimer, Jr. (Eds.), *Official Methods of Analysis of AOAC International*. (21th ed.).

Avîrvarei, A. C., Salanță, L. C., Pop, C. R., Mudura, E., Pasqualone, A., Anjos, O., Barboza, N., Usaga, J., Dărab, C. P., Burja-Udrea, C., Zhao, H., FărcaȘ, A. C., & Coldea, T. E. (2023). Fruit-based fermented beverages: Contamination sources and emerging technologies applied to assure their safety. *Foods*, *12*(4), 838. https://doi.org/10.3390/foods12040838

Dufresne, C., & Farnworth, E. (2000). Tea, Kombucha, and health: a review. *Food research international*, *33*(6), 409-421. https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00067-3

Felice, F., Fabiano, A., De Leo, M., Piras, A. M., Beconcini, D., Cesare, M. M., Braca, A., Zambito, Y., & Di Stefano, R. (2020). Antioxidant effect of cocoa by-product and cherry polyphenol extracts: A comparative study. *Antioxidants*, *9*(2), 132. https://doi.org/10.3390/antiox9020132

Food and Drug Administration. (2024, December 12). *Bacteriological analytical manual* (BAM). FDA BAM Online. https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam

Hernández-Hernández, C., Morales-Sillero, A., Fernández-Bolaños, J., Bermúdez-Oria, A., Morales, A. A., & Rodríguez-Gutiérrez, G. (2019). Cocoa bean husk: industrial source of antioxidant phenolic extract. *Journal of the science of food and agriculture*, *99*(1), 325-333. https://doi.org/10.1002/jsfa.9191

Jayabalan, R., Marimuthu S., & Swaminathan, K. (2007). Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation. *Food Chemistry*, *102*(1), 392-398. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.032

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด เพื่อการควบคุมและป้องกันโรคเต้านมอักเสบในโคนม

วันที่รับ : 8 ตุลาคม 2567
วันที่แก้ไข : 28 กุมภาพันธ์ 2568
วันที่ตอบรับ : 3 มีนาคม 2568

ทิพย์วดี ประไพวงษ์[1*], วิวัฒน์ วรามิตร[1], สุจิตรา ทิพย์ศรีราช[1], สรัลรัตน์ พ่วงบริสุทธิ์[1] และ ปรัชญา ประไพวงษ์[2]
[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี
[2]สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดบึงกาฬ จังหวัดบึงกาฬ
*Corresponding author e-mail: tipwadee_pr@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดในการควบคุมและป้องกันโรคเต้านมอักเสบในโคนม ศึกษาผลของผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเต้านมอักเสบในโคนม และศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด แบ่งเป็น 4 กลุ่มทดลอง คือ การเสริมสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ระดับร้อยละ 0 5 10 และ 15 ตามลำดับ มีการทดสอบคุณสมบัติ การทดสอบประสิทธิภาพและการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด ผลการวิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่า pH ระหว่าง 6.98-7.21 ค่าความหนืดระหว่าง 1684-2249 เซนติพอยซ์ ค่า pH และค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้นแบบเส้นตรง ($p<0.01$) ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่าร้อยละ 50 Inhibitory concentration (IC_{50}) ลดลงแบบเส้นตรง ($p<0.01$) เท่ากับ 683.79 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เมื่อผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่าสูงขึ้น สำหรับค่าสีของกลุ่มควบคุมมีค่าความสว่างของแสง (L*) สูงสุด คือ 72 ($p<0.01$) อย่างไรก็ตาม การเสริมผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดร้อยละ 10 และ 5 มีค่าการสะท้อนกลับแสงสีแดง (a*) และแสงสีเหลือง (b*) มีค่าสูงสุด คือ 10.85 และ 56.02 ($p<0.01$) ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดร้อยละ 10 และ 15 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 และ *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228 ได้ ($p<0.01$) มีค่าระหว่าง 14.40±0.23-15.32±0.11 และ 16.62±0.04-18.03±0.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดโดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวมเท่ากับ 8.07 คะแนน ดังนั้น การวิจัยนี้เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเปลือกมังคุดและสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดเพื่อออกสู่ตลาดได้

คำสำคัญ: ครีมสอดเต้านมโค, สารสกัดเปลือกมังคุด, โรคเต้านมอักเสบ

DEVELOPMENT OF TEAT SEAL CREAM PRODUCT FROM MANGOSTEEN PEEL EXTRACT ON THE CONTROL AND PREVENTION OF MASTITIS IN DAIRY COWS

Received : October 8, 2024
Revised : February 28, 2025
Accepted : March 3, 2025

Tipwadee Prapaiwong[1*], Wiwat Waramit[1], Sujitra Thipsrirach[1], Saranrat Phuangborisut[1] and Pratchaya Prapaiwong[2]

[1]Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chantaburi Campus, Chantaburi, Thailand

[2]Bueng Kan Provincial Livestock Office, Bueng Kan, Thailand

*Corresponding author e-mail: tipwadee_pr@rmutto.ac.th

Abstract

The objectives of this research were to develop a teat seal cream product made from mangosteen peel extract to help with the control and prevention of mastitis in dairy cows, examine the effect of a teat seal cream product made from mangosteen peel extract on inhibiting the growth of bacteria causing mastitis in dairy cows, and investigate the acceptability of the teat seal cream product made from mangosteen peel extract. This research was divided into 4 treatments of different levels of mangosteen peel extract contained in the products at different levels (0, 5, 10, and 15 %). Qualifications, performance testing, and acceptance of teat seal cream products were tested. The results showed that the teat seal cream product made from mangosteen peel extract had pH between 6.98-7.21 and a viscosity value between 1684 -2249 centipoise, which pH and viscosity value were increased linearly ($p<0.01$), while the linear decrease in IC_{50} ($p<0.01$) was 683.79 micrograms/milliliter when the amount of mangosteen peel extract was increased. The control group had the highest L* values of 72 ($p<0.01$). However, the teat seal cream product containing mangosteen peel extract at 10 and 5 percent had the highest a* and b* values of 10.85 and 56.02 ($p<0.01$), respectively. The teat seal cream products containing mangosteen peel extract at 10 and 15 percent were able to inhibit the growth of *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 and *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228 ($p<0.01$), with values between 14.40±0.23-15.32±0.11 and 16.62±0.04-18.03±0.58 millimeter, respectively. As for the evaluation of the acceptance of teat seal cream products made from mangosteen peel extract, the overall mean for product satisfaction was at 8.07. Therefore, this research generated added value to mangosteen peel and could be developed further into an actual teat seal cream products made from mangosteen peel extract for launching in the market.

Keywords: Teat seal cream, Mangosteen peel extract, Mastitis

บทนำ

โรคเต้านมอักเสบในโคนมมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากที่สุดของโคนมทั่วโลก โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตโคนมในประเทศไทยถือว่าโรคเต้านมอักเสบเป็นปัญหาใหญ่และสำคัญ (Pascu et al., 2022, p.12; สุณีรัตน์ เอี่ยมละมัย และคนอื่นๆ, 2556) จากรายงานของคัมปา และคนอื่นๆ (Kampa et al., 2010, p.265) พบว่าฟาร์มโคนมในจังหวัดขอนแก่นมีปัญหาโรคเต้านมอักเสบมากกว่าร้อยละ 40 และมีปัญหาโรคเต้านมอักเสบระยะยาวร้อยละ 23 โดยความชุกของโรคเต้านมอักเสบแบบติดต่อสูงถึงร้อยละ 39 และความชุกโรคเต้านมอักเสบที่มีสาเหตุจากเชื้อ *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น คิดเป็นร้อยละ 3 นอกจากนี้มีรายงานการสำรวจในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว พบเชื้อในกลุ่ม *Streptococcus* spp. ร้อยละ 13.46 *Staphylococcus* spp. ร้อยละ 7.69 *Pseudomonas* spp. ร้อยละ 5.77 และรายงานการตรวจหาเชื้อก่อโรคเต้านมอักเสบในจังหวัดเชียงใหม่ ลพบุรี และพื้นที่ภาคตะวันตก พบเชื้อในกลุ่ม *Staphylococcus* spp. และ *Streptococcus* spp. เป็นสาเหตุอันดับต้นๆ (ภัคญาณี สุดสาร และคนอื่นๆ, 2562, น.1017; สุภาพร จ๋วงพานิช และคนอื่นๆ, 2561, น.13; Suriyasathaporn et al., 2012, p.1322; Horpiencharoen et al., 2019, p.49) การติดเชื้อจาก *Staphylococcus epidermidis* (*S. epidermidis*) ส่วนใหญ่พบในแม่โคนม สามารถแยกได้จากหัวนมและผิวหนังบริเวณหัวนม *Escherichia coli* (*E. Coli*) เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคเต้านมอักเสบประเภทโคลิฟอร์มมากกว่าร้อยละ 80 (Krishnamoorthy et al., 2016, p.10; Aarestrup et al., 1995, p.476; Roussel et al., 2017) นอกจากนี้ *Pseudomonas aeruginosa* (*P. Aeruginosa*) เป็นแบคทีเรียกลุ่มฉวยโอกาสที่เป็นสาเหตุของโรคเต้านมอักเสบชนิดเฉียบพลันและชนิดเรื้อรังที่อาจเกิดขึ้นเป็นระยะๆ หรือเป็นการระบาดภายในฝูงโคนม (Schauer et al., 2021)

โรคเต้านมอักเสบในโคนมเป็นการอักเสบของเต้านมโคที่มีสาเหตุจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในต่อมน้ำนม หรือหมายถึงการบาดเจ็บของเต้านมและผลในการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี พยาธิวิทยาและแบคทีเรียในเนื้อเยื่อต่อมสร้างน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม (Fesseha et al., 2021, p.272) โรคเต้านมอักเสบเมื่อเกิดขึ้นในฟาร์มโคนมส่งผลให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ เช่น รายได้จากน้ำนมลดลงร้อยละ 53 ต้นทุนในการรักษาและค่ายาเพิ่มขึ้นร้อยละ 14 ค่าแรงงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 7 รายได้จากน้ำนมที่ทิ้งไปหลังจากการรักษาโรคเต้านมอักเสบ คิดเป็นร้อยละ 6 อัตราการคัดทิ้งเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 อาจนำไปสู่การตายของโคนมอย่างรุนแรงจากการติดเชื้อได้ (Kvapilík et al., 2015, p.1092; Ababu et al., 2020) รวมทั้งมีผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคน้ำนม เนื่องจากในการรักษาโรคเต้านมอักเสบมีการใช้ยาปฏิชีวนะติดต่อกันเป็นเวลานาน ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์เกิดการดื้อยาและมียาปฏิชีวนะตกค้างในน้ำนม รวมทั้งการใช้ยาปฏิชีวนะจะมีการหยุดส่งน้ำนม ทำให้รายได้ของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมลดลง ดังนั้น จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาโรคเต้านมอักเสบในโคนม

ปัจจุบันมีงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดจากธรรมชาติเพื่อใช้ในการควบคุมและป้องกันโรคเต้านมอักเสบในโคนมมากขึ้น เนื่องจากสารสกัดจากธรรมชาติมีคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน เป็นต้น นอกจากนี้สามารถทดแทนหรือลดการใช้ยาปฏิชีวนะได้อีกทางหนึ่ง เปลือกมังคุดพบสารสำคัญพวกแซนโทน (Xanthones) มีฤทธิ์ลดการอักเสบ รวมทั้งสารแอลฟา-แมงโกสทิน (α-mangostin) และอนุพันธ์ ซึ่งมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและเชื้อราได้หลายชนิด และยังพบแทนนินเป็นส่วนประกอบ ซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเช่นเดียวกัน มีงานวิจัยของ อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และคนอื่นๆ (2549, น.700) พบว่า สารสกัดจากเปลือกมังคุดสดโดยวิธีการสกัดเย็นด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus*, *S. epidermidis*, *Propionibacterium acnes* (*P. acne)* ได้ดีในระดับ 128, 256 และ 4,096 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ จึงนิยมนำสารสกัดจากเปลือกมังคุดมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร ยา และเครื่องสำอาง สำหรับงานวิจัยการพัฒนา

ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปของครีมเนื่องจากใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคทางการค้าและผลิตภัณฑ์ชนิดครีมนี้มีขั้นตอนการทำที่ไม่ซับซ้อน จึงทำให้มีต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่าและวิธีการนำไปใช้ประโยชน์มีความเหมาะสมมากกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น นอกจากนี้ระดับสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นระดับที่สูงที่สุดที่สามารถนำส่วนผสมต่างๆ มาผสมเพื่อให้เป็นเนื้อครีมเดียวกันได้

จังหวัดจันทบุรีมีความอุดมสมบูรณ์ในด้านทรัพยากรดินและแร่ธาตุ จึงทำให้เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของผลไม้ที่ขึ้นชื่อของประเทศไทย เช่น ทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง เป็นต้น ในปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรชาวสวนผลไม้มีการขยายพื้นที่เพาะปลูก เพื่อเพิ่มผลผลิตสู่การรองรับอุตสาหกรรมอาหารที่กำลังเติบโตขึ้นในอนาคตอย่างต่อเนื่อง เมื่อมีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้มีเศษวัสดุจากการแปรรูปผลไม้เพิ่มมากขึ้น เช่น เปลือกผลไม้ เนื้อผลไม้ ผลไม้ไม่ได้คุณภาพ เมล็ดผลไม้ เป็นต้น (วิลาสินี หอมระรื่น, 2560) สอดคล้องกับ รายงานว่ามังคุดประกอบด้วยเปลือกแข็งร้อยละ 17 และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2567) รายงานว่าปริมาณผลผลิตมังคุดรวมทั้งหมดในจังหวัดจันทบุรี ประจำปี 2566 คิดเป็น 83,427 ตัน ดังนั้น ในจังหวัดจันทบุรีมีเปลือกมังคุดถึง 14,182.60 ตัน เนื่องจากมังคุดประกอบด้วยเปลือกแข็งร้อยละ 17 (อรุษา เชาวนลิขิต และอรัญญา มิ่งเมือง, 2550, น.68) ด้วยเหตุนี้จึงนำไปสู่แนวคิดของการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรหรือเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมคือเปลือกมังคุดมาทำให้เกิดประโยชน์ เนื่องด้วยคุณสมบัติของเปลือกมังคุดดังกล่าวข้างต้น จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด เพื่อนำไปใช้เป็นครีมสอดเต้านมโคในการควบคุมและป้องกันโรคเต้านมอักเสบในโคนมต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดในการควบคุมและป้องกันโรคเต้านมอักเสบในโคนม
2. เพื่อศึกษาผลของผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเต้านมอักเสบในโคนม
3. เพื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยมีวิธีดำเนินการ ดังนี้

กลุ่มการทดลอง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดต่อแบคทีเรียที่ก่อโรคเต้านมอักเสบในโคนม โดยทดลองในห้องปฏิบัติการ ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคมีส่วนผสมของสารสกัดจากเปลือกมังคุด 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ควบคุม) 5 10 และ 15 ตามลำดับ มีระดับละ 3 ซ้ำ ทั้งหมด 12 ซ้ำ ของการทดลอง เพื่อทำการทดสอบหาค่า pH ค่าความหนืด ค่าสี ทดสอบคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเต้านมอักเสบ

การเตรียมวัตถุดิบและการสกัดสารจากเปลือกมังคุด

ใช้วิธีการนำเปลือกมังคุดสดล้างให้สะอาด ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ 2-3 เซนติเมตร ปริมาณ 30 กิโลกรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเปลือกมังคุดแห้งมาสกัดสารด้วยวิธีการหมัก

โดยเติมตัวทำละลายเอทานอล อัตราส่วน 1:6 หมักเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลาการหมักจะทำการแยกสารละลายที่สกัดได้มากรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No.1) และทำการระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องโรตารีอีวาพอเรเตอร์ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และระเหยตัวทำละลายจนหมดในตู้ดูดควันนาน 24 ชั่วโมง จนกระทั่งได้สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุด (อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และคนอื่นๆ, 2549, น.700)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด

แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกชั่งอลันโทอินร้อยละ 0.1 เทใส่ในน้ำเปล่าตามปริมาณที่กำหนดในแต่ละสูตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน ทำการชั่งไวท์ออยร้อยละ 4.5 วิสคอแลม 100P ร้อยละ 2.0 และโบรนิดอก แอล ร้อยละ 0.1 ทำการผสมเป็นเนื้อเดียวทั้งกัน ส่วนที่สองชั่งสารสกัดจากเปลือกมังคุดร้อยละ 0 5 10 และ 15 ตามลำดับ และทำการชั่งกลีเซอรีนร้อยละ 4.0 ทำการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นเทสารละลายสารสกัดจากเปลือกมังคุด (ส่วนที่สอง) ลงในสารสะลายครีม (ส่วนแรก) แล้วใช้แท่งแก้วคนผสมให้เข้ากันจนได้ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด

ส่วนผสมผลิตภัณฑ์ครีมสารสกัดเปลือกมังคุด สารสกัดจากเปลือกมังคุดและผลิตภัณฑ์ครีมสารสกัดเปลือกมังคุด ดังตาราง 1, ภาพ 1 และภาพ 2 ตามลำดับ

ตาราง 1 แสดงส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ครีมสารสกัดเปลือกมังคุด

ส่วนผสม	ร้อยละ			
	0	5	10	15
สารสกัดจากเปลือกมังคุด	0	5	10	15
น้ำ	89.3	84.3	79.3	74.3
อลันโทอิน (Allantoin)	0.1	0.1	0.1	0.1
ไวท์ออย (White Oil)	4.5	4.5	4.5	4.5
วิสคอแลม 100P	2.0	2.0	2.0	2.0
กลีเซอรีน (Glycerin)	4.0	4.0	4.0	4.0
โบรนิดอก แอล	0.1	0.1	0.1	0.1

ภาพ 1 แสดงสารสกัดจากเปลือกมังคุด

ก. ผลิตภัณฑ์ครีมสารสกัดเปลือกมังคุดร้อยละ 0

ข. ผลิตภัณฑ์ครีมสารสกัดเปลือกมังคุดร้อยละ 5

ค. ผลิตภัณฑ์ครีมสารสกัดเปลือกมังคุดร้อยละ 10

ง. ผลิตภัณฑ์ครีมสารสกัดเปลือกมังคุดร้อยละ 15

ภาพ 2 แสดงผลิตภัณฑ์ครีมสารสกัดเปลือกมังคุด

วัดค่า pH ค่าความหนืด และค่าสี

นำตัวอย่างปริมาณ 10 มิลลิลิตร วัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH Eutech Instruments CyberScan pH 11 จากนั้นบันทึกค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างและแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ตามวิธีของ Newburger (1962)

นำตัวอย่างปริมาณ 600 มิลลิลิตร บรรจุในบีกเกอร์ และวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield DV-III ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 40 rpm

วิเคราะห์ค่าสีตามระบบ CIE ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าสี (Colorimeter (Hunter Lab)) รุ่น Color Flex และรายงานค่าสีตามตัวชี้วัด ได้แก่ ค่าความสว่างของแสง (L*) ค่าการสะท้อนกลับแสงสีแดง (a*) และค่าการสะท้อนกลับของแสงสีเหลือง (b*) โดยพบว่า ค่า L* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง แต่ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ส่วนค่า a* ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง แต่ค่า a* ที่เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว และในค่า b* ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน (สุนทรี สมแสง, 2550, น.108)

ทดสอบคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ทำการทดสอบคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด ด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging Capacity Assay (*DPPH assay*) ตามวิธีการของ พิชชาภรณ์ วันโย และคนอื่นๆ (2564, น.5)

ทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเต้านมอักเสบ

ทดสอบเชื้อแบคทีเรีย จำนวน 4 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (*S. aureus* ATCC 6538), *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228 (*S. epidermidis* ATCC 12228), *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 (*P. aeruginosa* ATCC 9027) และ *Escherichia coli* ATCC 8739 (*E. coli* ATCC 8739) ด้วยวิธี disc diffusion ดัดแปลงตามวิธีการของ CLSI M2-A9 (2006) โดยเตรียม Inoculum ให้มีความขุ่น

เท่ากับ McFarland No.5 (ปริมาณเชื้อเท่ากับ 10^8 หน่วยก่อรูปเป็นโคโลนี (Kirby-Bauer)) ทำการเตรียมผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดที่ระดับร้อยละ 0 5 10 และ 15 ปริมาณ 0.3 กรัม/หลุม หลังจากนั้นทำการวัดผลการทดสอบโดยการวัดโซนใส (มิลลิเมตร) ที่เกิดขึ้น

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด

การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดโดยการใช้แบบประเมินความชอบต่อผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดแบบ Rating Scale คะแนนอยู่ระหว่าง 1-9 คะแนน คือ 1= ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 6 = อบเล็กน้อย, 7 = ชอบปานกลาง, 8 = ชอบมาก และ 9 = ชอบมากที่สุด

หัวข้อในการประเมินมี 7 ข้อ คือ สีของผลิตภัณฑ์ กลิ่นของผลิตภัณฑ์ เนื้อครีมของผลิตภัณฑ์ ความหนืดของผลิตภัณฑ์ ความสะอาดของผลิตภัณฑ์ ความน่าใช้ของผลิตภัณฑ์ และความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์

กลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบประเมินประกอบด้วยเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ตำบลวังแซ้ม อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี จำนวน 12 คน และบุคคลทั่วไป เช่น อาจารย์ นักศึกษา และบุคคลที่สนใจ จำนวน 51 คน โดยทำแบบสอบถามและดูตัวอย่างผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดเพื่อประกอบการทำแบบสอบถามดังกล่าว

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทั้งหมดโดยใช้ General Linear Model Procedure (PROC GLM) ของ (SAS, 2002) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มการทดลองโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Steel & Torrie, 1980) และทำการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจแบบ Rating Scale คะแนนอยู่ระหว่าง 1-9 คะแนน

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด

การทดสอบผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดต่อค่า pH ค่าความหนืด ค่าสี และค่า DPPH assay IC50 พบว่าค่า pH ของการทดลองมีค่าระหว่าง 6.98-7.21 และกลุ่มที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีค่า pH เพิ่มสูงขึ้นแบบเส้นตรง ($p<0.01$) ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้นแบบเส้นตรง ($p<0.01$) ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่าความหนืดสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.01$) และผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดที่ระดับร้อยละ 15 มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลง ร้อยละ 50 ได้มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 683.79 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($p<0.01$) โดยค่า IC_{50} ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่าลดลงแบบเส้นตรงเมื่อระดับของสารสกัดจากเปลือกมังคุดเพิ่มสูงขึ้น ($p<0.01$) ดังตาราง 2

กลุ่มควบคุมมีค่าการสะท้อนกลับแสง (L*) สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกมังคุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ในขณะที่กลุ่มของผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่าการสะท้อนกลับแสงสีแดง (a*) และค่าการสะท้อนกลับแสงสีเหลือง (b*) มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.01$) และการเสริมสารสกัดจากเปลือกมังคุดเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างของแสง (L*) ค่าการสะท้อนกลับแสงสีแดง (a*) และค่าการสะท้อนกลับของแสงสีเหลือง (b*) ลดลงแบบเส้นตรง ($p<0.01$) โดยการเสริมสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ระดับร้อยละ 10 และ 5 มีค่าการสะท้อนกลับแสงสีแดง (a*) และค่าการสะท้อนกลับของแสงสีเหลือง (b*) สูงสุด ($p<0.01$) ตามลำดับ ดังตาราง 2

สารสกัดจากเปลือกมังคุดในงานทดลองนี้พบสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 840.6±4.0 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อกรัมของสารสกัด, ปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน เท่ากับ 128.1±6.3 มิลลิกรัมสมมูลของเคทาชินต่อกรัมของสารสกัด และปริมาณไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน เท่ากับ 1048.9±7.0 มิลลิกรัมสมมูลของกลูโคสต่อกรัมของสารสกัด

ตาราง 2 แสดงผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดต่อค่า pH ค่าความหนืด ค่าสี และค่า DPPH assay IC_{50}

รายการ	ระดับสารสกัดจากเปลือกมังคุดในผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด (ร้อยละ)				SEM	p-value	กลุ่มควบคุม vs กลุ่มการทดลอง	สารสกัดจากเปลือกมังคุด		
	0	5	10	15				L	Q	C
ค่า pH										
	6.98^{b}	7.19^{a}	7.12^{a}	7.21^{a}	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ค่าความหนืด (cP)										
	1684.0^{b}	2241.70^{a}	2245.30^{a}	2249.0^{a}	2.11	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
IC_{50} (µg/ml)										
	0^{d}	2,737.90^{a}	1,209.04^{b}	683.79^{c}	7.12	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ค่าสี										
L*	72.00^{a}	56.77^{b}	51.16^{d}	51.52^{c}	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
a*	0.64^{d}	2.47^{c}	10.85^{a}	4.48^{b}	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
b*	3.09^{d}	56.02^{a}	51.84^{b}	49.59^{c}	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

หมายเหตุ: ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01)
L=Linear, Q=Quadratic, C=Cubic, SEM= *Standard Error of the Mean,*
*L** คือ ค่าความสว่างของแสง, *a** คือ ค่าการสะท้อนกลับแสงสีแดง,
*b** คือค่าการสะท้อนกลับของแสงสีเหลือง

2. ผลของผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเต้านมอักเสบ

ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดที่ระดับร้อยละ 10 และ 15 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* ATCC 6538 สูงสุด (p<0.01) และผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดที่ระดับร้อยละ 15 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *S. epidermidis* ATCC 12228 สูงสุด (p<0.01) สำหรับกลุ่มควบคุมไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *S. aureus* ATCC 6538, *S. epidermidis* ATCC 12228, *P. aeruginosa* ATCC 9027 และ *E. coli* ATCC 8739 และผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ATCC 9027 และ *E. coli* ATCC 8739 ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเต้านมอักเสบในโคนม

รายการ	ระดับสารสกัดจากเปลือกมังคุดในผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด (ร้อยละ)				SEM	p-value	กลุ่มควบคุม vs กลุ่มการทดลอง	สารสกัดจากเปลือกมังคุด		
	0	5	10	15				L	Q	C
S. aureus ATCC 6538										
	0±0.00[c]	13.01±0.25[b]	14.40±0.23[a]	15.32±0.11[a]	0.17	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
S.epidermidis ATCC 12228										
	0±0.00[c]	14.98±0.17[b]	16.62±0.04[ab]	18.03±0.58[a]	0.30	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
P. aeruginosa ATCC 9027										
	0±0.00	0±0.00	0±0.00	0±0.00	-	-	-	-	-	-
E. coli ATCC 8739										
	0±0.00	0±0.00	0±0.00	0±0.00	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: [a,b,c] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)
L=Linear, Q=Quadratic, C=Cubic, SEM= *Standard Error of the Mean,*
(-) ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

3. การยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด

การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างและข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด ผู้ตอบแบบประเมินเป็นกลุ่มตัวอย่างของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม จำนวน 12 คน และบุคคลทั่วไป จำนวน 51 คน ผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด 63 คน แบ่งเป็นเพศชายร้อยละ 47.62 และเพศหญิงร้อยละ 52.38 ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่เลือกซื้อยาสอดเต้าโคนมโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.45 และผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่ยังไม่ตัดสินใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์นี้ไปใช้ในฟาร์มโคนม คิดเป็นร้อยละ 42.86 ดังตาราง 4 และการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด พบว่าผู้ตอบแบบประเมินให้การยอมรับสี กลิ่น เนื้อครีม ความหนืด ความสะอาด และความน่าใช้ของผลิตภัณฑ์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.92, 7.83, 7.93, 7.94, 8.28 และ 7.90 คะแนน ตามลำดับ ความพึงพอใจโดยรวมในการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดพบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.07 คะแนน ถือได้ว่าผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดเป็นอย่างมาก ดังตาราง 5

ตาราง 4 แสดงข้อมูลทั่วไปด้านปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อ	ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม	12	19.05
2	บุคคลทั่วไป	51	80.95
3	เพศ		
	ชาย	30	47.62
	หญิง	33	52.38
4	ใช้ยาสอดเต้านมโคนม (n=12)		
	ไม่บ่อย	12	100
5	ใช้ยาสอดเต้านมโคนม โดยเฉลี่ยกี่ครั้งต่อเดือน (n=12)		
	2-4 ครั้ง	4	33.33
	3-4 ครั้ง	8	66.67
6	ซื้อยาสอดเต้าโคนมจากแหล่งใด (n=12)		
	สหกรณ์โคนม	12	100
7	ปัจจัยที่เลือกซื้อยาสอดเต้าโคนม*		
	ความสวยงามของบรรจุภัณฑ์	3	2.73
	ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์	50	45.45
	ราคาและความคุ้มค่า	33	30.00
	โฆษณาจูงใจ	1	0.91
	ช่องทางการจัดจำหน่าย	22	20.00
	อื่นๆ ระบุ	1	0.91
8	ความสนใจต่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าว		
	สนใจ	26	41.27
	ไม่สนใจ	4	6.35
	ไม่แน่ใจ	33	52.38
9	ความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาไปใช้		
	ซื้อแน่นอน	16	25.40
	อาจจะซื้อ	17	26.98
	ยังไม่ตัดสินใจ	27	42.86
	ไม่ซื้อแน่นอน	3	4.76

หมายเหตุ: * ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

ตาราง 5 แสดงคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด

คุณลักษณะ	ระดับสารสกัดจากเปลือกมังคุดในผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด (ร้อยละ)				คะแนนเฉลี่ย
	0	5	10	15	
สีของผลิตภัณฑ์	8.63	7.67	7.73	7.65	7.92
กลิ่นของผลิตภัณฑ์	8.49	7.56	7.59	7.67	7.83
เนื้อครีมของผลิตภัณฑ์	8.65	7.68	7.76	7.63	7.93
ความหนืดของผลิตภัณฑ์	8.75	7.75	7.32	7.97	7.94
ความสะอาดของผลิตภัณฑ์	8.68	8.76	7.60	8.08	8.28
ความน่าใช้ของผลิตภัณฑ์	8.89	8.00	7.40	7.33	7.90
ความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์	8.75	8.32	7.63	7.57	8.07

อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด

ค่า pH ของการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่า pH ของเลือด คือ 7.35-7.45 (ณัฐากูร มีเงิน, 2560) การเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่าความหนืดสูงขึ้น มีการศึกษาผลของสารสกัดต่อความหนืดของตำรับครีมที่ผสมสารสกัดจากพืช ได้แก่ ชะเอมเทศ แปะก๊วย บัวหลวง พบว่าความหนืดของตำรับครีมลดลงเมื่อใส่สารสกัดจากพืช อาจเป็นเพราะว่าสารสกัดทำการเจือจางด้วยน้ำทำให้เป็นการเพิ่มน้ำในเฟสน้ำของครีม จึงส่งผลให้ความหนืดของตำรับครีมลดลง (Di Mambro & Fonseca, 2005, p.287) แต่ในงานทดลองนี้พบว่าการเพิ่มน้ำส่งผลให้ในเฟสน้ำลดลงเมื่อระดับของสารสกัดจากเปลือกมังคุดเพิ่มขึ้น จึงอาจส่งผลให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่าสูงขึ้นได้

ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดที่ระดับร้อยละ 15 ให้ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลงร้อยละ 50 ได้มากที่สุดในวิธี DPPH โดยค่า IC_{50} ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่าลดลงเมื่อระดับของสารสกัดเปลือกมังคุดเพิ่มขึ้น ดังตาราง 2 สำหรับค่า Half Inhibition Concentration (IC_{50}) เป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ร้อยละ 50 ดังนั้น สารสกัดที่มีค่า IC_{50} ที่ต่ำกว่าจึงแสดงถึงประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระที่สูงกว่า (เกสรี กลิ่นสุคนธ์ และคนอื่นๆ, 2558, น.1412) พบว่าในการทดสอบด้วยวิธี DPPH นี้ ได้ใช้วิตามินซีเป็นสารเปรียบเทียบที่มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.004 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าสารมาตรฐาน Ascorbic Acid จากสรรพคุณทางการแพทย์พบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดพบแทนนินและแซนโทนในปริมาณสูง ซึ่งมีสรรพคุณทางการรักษาและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ โดยที่สารแทนนินมีฤทธิ์สมานแผลช่วยให้แผลหายได้เร็วยิ่งขึ้น และสารแซนโทนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบจากการติดเชื้อ (อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และคนอื่นๆ, 2549, น.700) ดังนั้นหากนำผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดไปใช้ในการป้องกันและควบคุมโรคเต้านมอักเสบในโคนมอาจช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ลดการอักเสบของเต้านมโค จึงส่งผลให้แผลหายเร็วขึ้น หากค่าเซลล์โซมาติกในน้ำนมโคที่ใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอยู่ในระดับที่ไม่เกินค่ามาตรฐานแล้วเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมสามารถส่งน้ำนมดิบได้ ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมยังมีรายได้จากการจำหน่าย

น้ำนมดิบ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติจึงไม่เกิดการตกค้างหรือปนเปื้อนในน้ำนมเหมือนกับครีมสอดเต้านมโคทางการค้า

ณัฐวรรณ วรรณมณี และคนอื่นๆ (2564, น.37) รายงานว่าเปลือกมังคุดที่สกัดด้วยเอทานอลพบสารพฤกษเคมี ได้แก่ แอนทราควิโนน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แทนนิน ฟลาโวนอยด์ เทอร์พีนอยด์ และซาโปนิน สอดคล้องกับเปดราซา-ชาเวรี และคนอื่นๆ (Pedraza-Chaverri et al., 2008, p.3227) รายงานว่าเปลือกมังคุดมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ สารประกอบฟีนอลิก โดยเฉพาะกลุ่มแซนโทน ซึ่งปัจจุบันพบมากกว่า 50 ชนิด ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง ต้านการอักเสบ ต้านภูมิแพ้ ต้านจุลินทรีย์และไวรัส นอกจากนี้เปลือกมังคุดพบสารประกอบฟีนอลิกชนิดอื่นที่สำคัญ เช่น คอนเดนส์แทนนิน ที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง (Zhou et al., 2011, p.1710) และแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุและมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเช่นเดียวกัน (Nawawi et al., 2023) ส่งผลต่อฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (Nakchat et al., 2014, p.379)

ค่าสีของผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดในกลุ่มควบคุมมีค่าการสะท้อนกลับของแสง (L*) สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกมังคุด เนื่องจากกลุ่มควบคุมไม่มีส่วนประกอบของสารสกัดจากเปลือกมังคุดซึ่งมีสีเหลืองเข้มจึงส่งผลให้กลุ่มควบคุมมีความสว่างหรือความขาวมากที่สุด โดยพบว่าขนาดอนุภาคของวัฏภาคภายในมีผลต่อการกระจายแสงได้ต่างกัน จึงทำให้อิมัลชันมีลักษณะภายนอกที่มองเห็นได้แตกต่างกัน (McClements, 2015) ในขณะที่กลุ่มของผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่าการสะท้อนกลับแสงสีแดง (a*) และค่าการสะท้อนกลับแสงสีเหลือง (b*) มีค่าสูง เนื่องจากสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีลักษณะขุ่นและสีเหลืองเข้ม จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีลักษณะขุ่นและสีเหลืองเข้มตามไปด้วย ซึ่งเป็นสีที่ใกล้เคียงกับสีแดงและสีเหลือง และการเสริมสารสกัดจากเปลือกมังคุดเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างของแสง (L*) ค่าการสะท้อนกลับแสงสีแดง (a*) และค่าการสะท้อนกลับแสงสีเหลือง (b*) มีค่าลดลง โดยการเสริมสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ระดับร้อยละ 10 และ 5 มีค่าการสะท้อนกลับแสงสีแดง (a*) และค่าการสะท้อนกลับของแสงสีเหลือง (b*) สูงสุด สำหรับค่าสีนั้นถือว่าเป็นประโยชน์ในด้านการศึกษาทางด้านกายภาพซึ่งเป็นค่าพื้นฐานสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ

2. ผลของผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเต้านมอักเสบ

กลุ่มควบคุมไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *S. aureus* ATCC 6538, *S. epidermidis* ATCC 12228, *P. aeruginosa* ATCC 9027 และ *E. coli* ATCC 8739 ได้ และผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ATCC 9027 และ *E. coli* ATCC 8739 ได้ เนื่องจาก *P. aeruginosa* ATCC 9027 และ *E. coli* ATCC 8739 เป็นแบคทีเรียแกรมลบมีผนังเซลล์ที่มีความซับซ้อนสองชั้น เมื่อเทียบกับผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวก และเยื่อหุ้มชั้นนอกของผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมลบสามารถช่วยป้องกันสารพิษ ซึ่งรวมถึงยาปฏิชีวนะและโฮสต์โมเลกุลภูมิคุ้มกันโดยธรรมชาติ เช่น เปปไทด์ต้านจุลชีพที่เป็นประจุบวก (Miller, 2016, p.3) นอกจากนี้โปรตีนและไขมันของเยื่อหุ้มชั้นนอกของผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมลบมีการจัดเรียงตัวอย่างแข็งแรงจึงส่งผลต่อการทำงานของยาปฏิชีวนะและส่งผลให้แบคทีเรียแกรมลบเกิดการดื้อต่อยาปฏิชีวนะได้หลายชนิด (Ghai & Ghai, 2018, p.523)

อย่างไรก็ตาม สารสกัดจากเปลือกมังคุดมีสาร α-mangosteen ที่สกัดจากเปลือกมังคุดมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *E. coli* (Suhartati et al., 2019) และ *Candida albican* (*C. albican*) (Kaomongkolgit et al., 2009, p.401) สำหรับศรัณยา ธาราแสวง และคนอื่นๆ (2556, น.30) รายงานว่าสารสกัดจาก

เปลือกมังคุดสามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย *S. aureus* ATCC 6538 แต่ไม่สามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ATCC 9027 และ *E. coli* ATCC 8739 รวมถึงเชื้อรา *C. albican* ATCC 10231 และ *Aspergillus brasiliensis* ATCC 16404 (*A. brasiliensis* ATCC 16404) ได้ ซึ่งประสิทธิภาพของการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอาจขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น แหล่งของสารสกัด ความเข้มข้นของสารสกัด ชนิดและปริมาณของแบคทีเรีย วิธีการและขั้นตอนในการทดสอบ (Alemu et al., 2024, p.12; Barkema et al., p.1891)

โรต้า และคนอื่นๆ (Rota et al., 2008, p.682) รายงานว่าฤทธิ์ในการต้านจุลชีพ จำแนกได้ 3 ประเภท คือ การยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในระดับที่ต่ำมีค่าโซนใสแห่งการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียต่ำกว่า 12 มิลลิเมตร การยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียระดับปานกลางมีค่าโซนใสแห่งการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ระหว่าง 12-20 มิลลิเมตร และการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในระดับมากที่สุดมีค่าโซนใสแห่งการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย มากกว่า 20 มิลลิเมตร สอดคล้องกับซาริน และคนอื่นๆ (Zarin et al., 2016, p.72) รายงานว่าสารต้านแบคทีเรียส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโซนใสแห่งการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ระหว่าง 11-20 มิลลิเมตร ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีโซนใสแห่งการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *S. aureus* ATCC 6538 และ *S. epidermidis* ATCC 12228 มีค่าระหว่าง 13.01-18.03 มิลลิเมตร ถือได้ว่าผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่มีฤทธิ์ในระดับปานกลาง

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดที่ระดับร้อยละ 5-15 ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *S. aureus* ATCC 6538 และ *S. epidermidis* ATCC 12228 ตลอดทั้งผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดเป็นอย่างมาก และได้นำผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโค จากสารสกัดเปลือกมังคุดเข้าร่วมประกวดสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมราชมงคล ครั้งที่ 4 โดยได้รับรางวัลเหรียญเงิน ดังนั้น หากมีการพัฒนาต่อยอดจนสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดออกสู่ตลาดได้ อาจส่งผลดีต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม จึงถือได้ว่าเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการนำผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดไปใช้เพื่อควบคุมและป้องกันโรคเต้านมอักเสบในโคนมเพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะในฟาร์มโคนมในอนาคตต่อไป

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ผลจากการวิจัยนี้เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเปลือกมังคุด ซึ่งเป็นเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีอยู่ในปริมาณที่มากในพื้นที่ภาคตะวันออก โดยเฉพาะจังหวัดจันทบุรี

2. ผลจากงานวิจัยในครั้งนี้หากมีการพัฒนาต่อยอดจนสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดออกสู่ตลาดได้ จะส่งผลดีต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมซึ่งสามารถนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปใช้ในการควบคุมและป้องกันโรคเต้านมอักเสบในฟาร์มโคนมได้

ภาพ 3 นำผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด
เข้าร่วมประกวดสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมราชมงคล ครั้งที่ 4

จากภาพ 3 นำผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุด เข้าร่วมประกวดสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมราชมงคล ครั้งที่ 4 โดยได้รับรางวัลเหรียญเงิน ในการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 12 การประชุมวิชาการระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 11 ระหว่างวันที่ 18-20 พฤษภาคม พ.ศ. 2565

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ฯ อย่างน้อย 6-12 เดือน โดยการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์

2. ผลิตภัณฑ์ครีมสอดเต้านมโคจากสารสกัดเปลือกมังคุดจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดและศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในด้านการเพิ่มชนิดของสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีฤทธิ์ทำลายเชื้อแบคทีเรียครอบคลุมทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ ตลอดจนการศึกษาในตัวสัตว์ทดลอง ซึ่งสามารถจำหน่ายเชิงการค้าได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประเภททุน Basic Research Fund ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567). *มังคุด: ร้อยละ และปริมาณผลผลิตเป็นรายเดือน ระดับประเทศ ภาค และจังหวัด ปี 2566*. https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/percent%20sale%2066(2).pdf

เกสรี กลิ่นสุคนธ์, อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ, ประภัสสร รักถาวร, และลลิตา คชารัตน์. (2558, 3-6 กุมภาพันธ์). *การประเมินคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อแบคทีเรียของพืชสมุนไพรไทยบางชนิด* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

ณัฐวรรณ วรรณมณี, ภัทรดรา สิริวัฒนาวรกุล, สุกัญญา มูณี, อนงค์นาถ มณีโชติ, วิทวัส หมาดอี, และกุสุมาลย์ น้อยผา. (2564). การศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสมุนไพรเพื่อพัฒนาเป็นเซรั่มสมุนไพรบำรุงมือ. *วารสารหมอยาไทยวิจัย*, *7*(2), 31-44. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/ttm/article/view/249560/174285

ณัฐากูร มีเงิน. (2560). *การศึกษาความเป็นไปได้ในการวัดระดับกรด-ด่างในเลือดด้วยเทคนิคเชิงแสงและโครงข่ายประสาทเทียม* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์]. https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2016/11662/1/419756.pdf

พิชชาภรณ์ วันโย, ณัฏฐพงศ เจนวิพากษ, พนิดา วงษปรีดี, และบุญยศ คำจิแจม. (2564). *การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบมะหาดด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay*. มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์. https://rspg.ksu.ac.th/manage/img_file/yL9AIo46mpf20210923163644.pdf

ภัคญาณี สุดสาร, ปนัดดา ประมาพันธ์, และปรางทิพย์ ตั่นเซ่ง. (2562). การสำรวจเชื้อก่อโรคเต้านมอักเสบในโคนมและความไวต่อยาปฏิชีวนะในจังหวัดสระแก้ว. *แก่นเกษตร*, *47*(ฉบับพิเศษ 2), 1017-1022. https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=1641.pdf&id=3884&keeptrack=6

วิลาสินี หอมระรื่น. (2560). *แนวทางการใช้ประโยชน์จากเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดเป็นเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งและปุ๋ย: กรณีศึกษาอำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์]. https://repository.nida.ac.th/server/api/core/bitstreams/bbf3bad1-f51d-4afe-838c-8438ba90f9ce/content

ศรัณยา ธาราแสวง, สิริมา สายรวมญาติ, สุวรรณา เธียรอังกูร, บุญญาณี ศุภผล, ปิยะวรรณ บูชา, และณุฉัตรา จันทร์สุวานิชย์. (2556). การศึกษาสารสกัดจากสมุนไพรผลพิลังกาสาและเปลือกมังคุดเพื่อใช้เป็นสารกันบูดในผลิตภัณฑ์ยาและเครื่องสำอาง. *วารสารอาหารและยา*, *20*(2), 30-36. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/fdajournal/article/view/138708/103079

สุณีรัตน์ เอี่ยมละมัย, อดุลย์ วังตาล, และจุไรรัตน์ ถนอมกิจ. (2556). *มาตรฐานความปลอดภัยอาหารต่อห่วงโซ่การผลิตเพื่อสนับสนุนการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ความปลอดภัยอาหาร: น้ำนม* (รายงานการวิจัย). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

สุนทรี สมแสง. (2550). *การเปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของลิ้นจี่ (พันธุ์กวางเจา) ที่ถนอมด้วยความดันสูงยิ่งและความร้อน* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่]. https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:108559

สุภาพร จ๋วงพานิช, ธวัลรัตน์ เกียรติยิ่งอังศุลี, อภัสรา วรราช, วริษา เกตุพันธุ์, เนาวรัตน์ กำภูศิริ, และพิพัฒน์ อรุณวิภาส. (2561). อุบัติการณ์โรคเต้านมอักเสบชนิดไม่แสดงอาการและความไวของเชื้อก่อโรคต่อยาต้านจุลชีพ กรณีศึกษา: แม่โคนมเลือดสูง ตำบลช่องสาริกา อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี. *วารสารสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ*, *13*(2), 9-15. https://niah.dld.go.th/webnew/images/eJournal/v13/ej_v_13_N_9-15.pdf

อรุษา เชาวนลิขิต และอรัญญา มิ่งเมือง. (2550). ปริมาณแอนโธไซยานินและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของมังคุดและน้ำมังคุด. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว*, *23*(1), 68-78. https://www.thaiscience.info/journals/Article/SSCJ/10894931.pdf

อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ, อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์, ประภัสสร รักถาวร, สิริพร ศิริวรรณ, และพจมาน พิศเพียงจันทร์. (2549, 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์). *การสกัดและการออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกมังคุด* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Aarestrup, F. M., Wegener, H. C., Rosdahl, V. T., & Jensen, N. E. (1995). Staphylococcal and other bacterial species associated with intramammary infections in Danish dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, *36*(4), 475-487. https://doi.org/10.1186/BF03547662

Ababu, A., Endashaw, D., & Fesseha, H. (2020). Isolation and antimicrobial susceptibility profile of *Escherichia coli* O157: H7 from raw milk of dairy cattle in Holeta District, Central Ethiopia. *International Journal of Microbiology*, *1*. https://doi.org/10.1155/2020/6626488

Alemu, M., Lulekal, E., Asfaw, Z., Warkineh, B., Debella, A., Abebe, A., Degu, S., & Debebe, E. (2024). Antibacterial activity and phytochemical screening of traditional medicinal plants most preferred for treating infectious diseases in Habru district, North Wollo zone, Amhara region, Ethiopia. *PLoS ONE*, *19*(3), e0300060. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300060

Barkema, H. W., Schukken, Y. H., & Zadoks, R. N. (2006). Invited review: The role of cow, pathogen, and treatment regimen in the therapeutic success of bovine *Staphylococcus aureus* mastitis. *Journal of Dairy Science, 89*(6), 1877–1895. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72256-1

CLSI M2-A9. (2006). *Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests*. Clinical Laboratory Standards Institute.

Di Mambro, V. M., & Fonseca, M. J. V. (2005). Assays of physical stability and antioxidant activity of a topical formulation added with different plant extracts. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *37*(2), 287-95. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2004.10.030

Fesseha, H., Mathewos, M., Aliy, S., & Wolde, A. (2021). Study on prevalence of bovine mastitis and associated risk factors in dairy farms of Modjo town and Suburbs, central Oromia, Ethiopia. *Veterinary Medicine: Research and Reports*, *12*, 271–283. https://doi.org/10.2147/VMRR.S323460

Ghai, I., & Ghai, S. (2018). Understanding antibiotic resistance via outer membrane permeability. *Infection and Drug Resistance*, *11*, 523–530. https://doi.org/10.2147/IDR.S156995

Horpiencharoen W., Thongratsakul, S., & Poolkhet, C. (2019). Risk factors of clinical mastitis and antimicrobial susceptibility test results of mastitis milk from dairy cattle in western Thailand: Bayesian network analysis. *Preventive Veterinary Medicine*, *164*, 49-55. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.01.014

Kampa, J., Sukolapong, V., Chaiyotwittayakun, A., Rerk-u-suke, S., & Polpakdee, A. (2010). Chronic mastitis in small dairy cattle herds in Muang Khon Kaen. *Thai Journal Veterinary edicine*, *40*(3), 265-272. https://doi.org/10.56808/2985-1130.2236

Kaomongkolgit, R., Jamdee, K., & Chaisomboon, N. (2009). Antifungal activity of alpha-mangostin against *Candida albicans*. *Journal of Oral Science*, *51*(3), 401-406. https://doi.org/10.2334/josnusd.51.401

Krishnamoorthy, P., Satyanarayana, M. L., & Shome, B. R. (2016). Coagulase negative staphylococcal species mastitis: An overview. *Research Journal of Veterinary Sciences*, *9*, 1-10. https://scialert.net/abstract/?doi=rjvs.2016.1.10

Kvapilík, J., Hanuš, O., Bartoň, L., Klimešová, M. V., & Roubal, P. (2015). Mastitis of dairy cows and financial losses: An economic meta-analysis and model calculation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *21*, 1092–1105.

McClements, D. J. (2015). *Food emulsions: Principles, practice, and techniques*. (3rd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/b18868

Miller, S. I. (2016). Antibiotic resistance and regulation of the gram-negative bacterial outer membrane barrier by host innate immune molecules. *mBio*, *7*(5), 1-3. https://doi.org/10.1128/mBio.01541-16

Nakchat, O., Nalinratana, N., Meksuriyen, D., & Pongsamart, S. (2014). Tamarind seed coat extract restores reactive oxygen species through attenuation of glutathione level and antioxidant enzyme expression in human skin fibroblasts in response to oxidative stress, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, *4*(5), 379- 385. https://doi.org/10.12980/APJTB.4.2014C806

Nawawi, N. I. M., Ijod, G., Abas, F., Ramli, N. S., Adzahan, N. M., & Azman, E. M. (2023). Influence of different drying methods on anthocyanins composition and antioxidant activities of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarps and LC-MS analysis of the active extract. *Foods*, *12*(12), 2351. https://doi.org/10.3390/foods12122351

Newburger, S. H. (1962). *A manual of cosmetic analysis*. (2nd ed.). Association of Official Analytical Chemists.

Pascu, C., Herman, V., Iancu, I., & Costinar, L. (2022). Etiology of mastitis and antimicrobial resistance in dairy cattle farms in the western part of Romania. *Antibiotics*, *11*(1), 1-12. https://doi.org/10.3390/antibiotics11010057

Pedraza-Chaverri, J., Cardenas-Rodiguez, N., Orozco-Ibarra, M., & Perez-Rojas, J. M. (2008). Medicinal properties of mangosteen (*garcinia mangostana*). *Food and Chemical Toxicology*, *46*(10), 3227-3239. https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.07.024

Rota, M. C., Herrera, A., Martinez, R. M., Sotomayor, J. A., & Jordan, M. J. (2008). Antimicrobial activity and chemical composition of thymus vulgaris, thymus zygis and thymus hyemalis essential oils. *Food Control*, *19*(7), 681-687. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.07.007

Roussel, P., Porcherie, A., ReÂpeÂrant-Ferter, M., Cunha, P., Gitton, C., Rainard, P., & Germon, P. (2017). *Escherichia coli* mastitis strains: *in vitro* phenotypes and severity of infection *in vivo*. *PLoS One*, *12*(7), e0178285. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178285

SAS. (2002). *SAS/STAT User's Guide*, *Version 8*. (6th ed.). SAS Institute.

Schauer, B., Wald, R., Urbantke, V., Loncaric, I., & Baumgartner, M. (2021). Tracing mastitis pathogens epidemiological investigations of a *Pseudomonas aeruginosa* mastitis outbreak in an Austrian dairy herd. *Animals, 11*(2). https://doi.org/10.3390/ani11020279

Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1980). *Principles and Procedures of Statistics*. *A biometrical approach*. (2nd ed.). McGraw-Hill.

Suhartati, R., Apriyani, F., Khusnul, Virgianti, D. P., & Fathurohman, M. (2019). Antimicrobial activity test of mangosteen leaves ethanol extract (*Garcinia mangostana* Linn) against *Pseudomonas aeruginosa* bacteria. *Journal of Physics: Conference Series*, *1179*, 012167. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1179/1/012167

Suriyasathaporn W., Chupia, V., Sing-Lah, T., Wongsawan, K., Mektrirat, R., & Chaisri, W. (2012). Increases of antibiotic resistance in excessive use of antibiotics in smallholder dairy farms in northern Thailand. *Asian-Australasian Journal Animal Science*, *25*(9), 1322-1328. https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12023

Zarin, M. A., Wan, H. Y., Isha, A., & Armania, N. (2016). Antioxidant, antimicrobial and cytotoxic potential of condensed tannins from *Leucaena leucocephala* hybrid-rendang. *Food Science and Human Wellness*, *5*(2), 65-75. https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.02.001

Zhou, H. C., Lin, Y. M., Wei, S. D., & Tam, N. F. Y. (2011). Structural diversity and antioxidant activity of condensed tannins fractionated from mangosteen pericarp. *Food Chemistry*, *129*(4), 1710-1720. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.06.036

APPLICATION OF FUZZY C-MEANS CLUSTERING ALGORITHM FOR SPATIAL STRATIFIED HETEROGENEITY OF INNOVATION CAPABILITY OF NATIONAL HIGH-TECH ZONES IN CHINA

Received : August 21, 2024
Revised : October 24, 2024
Accepted : October 30, 2024

Chenqing Su[1],
Noppadol Amdee[1*] and Adisak Sangsongfa[1]
[1]Faculty of Industrial Technology, Muban Chombueng Rajabhat University, Ratchaburi, Thailand
*Corresponding author e-mail: nopadolamd@mcru.ac.th

Abstract

The objectives of the study were to construct a comprehensive and scientific evaluation index system to assess the innovation capabilities of 169 national high-tech zones in China, analyze the spatial stratified heterogeneity of innovation capabilities across 34 provinces, and visualize and analyze innovation capabilities' spatial distribution and disparities. The research adopted a multi-method approach, including the entropy weight method, catastrophe progression method, weighted average method, and fuzzy c-means clustering algorithm, supplemented by data visualization using Python-based tools. The results showed that the evaluation index system consisted of four levels and 28 indicators, effectively quantifying the innovation performance. Catastrophe progression results indicated that Beijing Zhongguancun (0.9725), Shanghai (0.9531), and Shenzhen (0.9472) rank highest, while Rongchang (0.7810), Huainan (0.7947), and Qianjiang (0.7968) rank lowest. The fuzzy c-means clustering analysis classified provinces into six distinct categories of innovation capability, revealing a pronounced "strong East, weak West" spatial pattern. The findings offered spatially grounded policy insights that was to bridge regional innovation gaps, China should enhance R&D investment, optimize resource allocation, promote innovation output conversion, and strengthen inter-regional cooperation, particularly in less developed regions. These measures supported the goal of achieving balanced regional innovation and sustainable national development.

Keywords: Innovation capability, Spatial stratified heterogeneity, Fuzzy C-mean Clustering Algorithm, National high-tech zones in China

Introduction

National High-tech Industrial Development Zones (hereafter "High-tech Zones") in China are key drivers of regional innovation, significantly impacting regional innovation capacity. With the "Innovative Country" strategy, emphasis has shifted towards building regional innovation systems that leverage local strengths. High-tech industries, as vital pillars of economic growth, reflect a nation's comprehensive power and competitiveness. Therefore, enhancing the innovation capacity of these zones is essential for advancing high-tech industries and fostering an innovative nation.

Bruno and Tyebjee (1982) laid the groundwork for evaluating science and technology parks by identifying 12 critical factors influencing companies. Malecki (1987, p.205) and Malecki and Nijkamp (1988, p. 383) expanded this by assessing innovation capabilities across eight dimensions, including government support and personnel mobility. Chen and Huang (2004, p.839) applied the AHP method to Taiwan's science parks, highlighting seven key factors, including industry relevance and government influence. Zeng et al. (2010, p.402) focused on the role of the innovation environment and organizational structure in evaluating high-tech zones. Since 1993, China's Ministry of Science and Technology has repeatedly updated the national evaluation system for high-tech zones. Xu (2006, p.3) pinpointed six essential factors: environment and technological innovation. Recent studies have utilized various methods. For example, Zhang and Chen (2022, p.60) employed the entropy weight and catastrophe progression methods. Zhang et al, (2022, p.88) used the effectiveness coefficient method; Guo and Wang (2022, p.155) applied factor analysis in central China; Ren (2020, p.25) used DEMATEL-ANP; Ding (2019, p.11) utilized the DEA Malmquist index; Su et al., (2018, p.235) applied the catastrophe progression method to the Yangtze river urban cluster.

Current research on high-tech zones faced some challenges, including the lack of a unified evaluation standard and the limitations of linear models in addressing complex, nonlinear systems. Moreover, spatial variation in innovation capabilities is underexplored, which is crucial for identifying regional disparities and developing effective policies. This research focused on 169 national high-tech zones in China to address these gaps, constructing a comprehensive evaluation system. The research revealed significant regional disparities by applying the entropy weight and catastrophe progression methods alongside the fuzzy c-means (FCM) clustering algorithm. The findings highlighted the innovation strengths of eastern coastal regions and the challenges in central and western areas, offering policymakers actionable insights for promoting balanced regional development and sustainable growth in China's high-tech industries.

Research Objective

1. To evaluate the innovation capabilities of 169 national high-tech zones in China using a scientifically constructed and comprehensive evaluation index system.

2. To analyze the spatial stratified heterogeneity of innovation capabilities of national high-tech zones across the 34 provinces in China.

3. To visualize and analyze the spatial distribution and disparities of innovation capabilities across high-tech zones in different provinces of China

Research Methodology

This research systematically evaluated the spatial differences in innovation capabilities across 169 national high-tech industrial development zones in China. To ensure objectivity and accuracy, the research employed a combination of methods, including the entropy weight method, catastrophe progression method, weighted average method, and fuzzy c-means clustering algorithm. Data visualization techniques were also used to intuitively display the spatial distribution of innovation capabilities across provinces. The following sections provided a detailed overview of the methodologies and their application (Su et al., 2024).

1. Evaluation of innovation capability: Entropy weight method and catastrophe progression method

The Catastrophe Progression Method (CPM), originating from mutation theory, integrates topological dynamics with singularity theory to conduct state assessments and trend evaluations. Recognized as a "mathematical breakthrough," CPM tackles multi-criteria decision-making by hierarchically decomposing evaluation objectives, applying a fuzzy mutation membership function, and standardizing data to derive a unified parameter for overall assessment.

Step 1: Construction of the indicator system

This research developed a multi-dimensional indicator system to assess the innovation capacity of China's national high-tech zones, emphasizing scientific rigor, coverage, applicability, and system coherence, based on cybernetic information theory and adapted to national conditions (Su et al., 2023, p.52). The selection of four key secondary dimensions—innovation input, output, environment, and organizational operation—was informed by several factors: the importance of flows of information, materials, and energy in maintaining system stability; the need for multi-level evaluation to enhance development efficiency; and the necessity of detailed indicators to identify strengths, gaps, and improvement directions. These indicators were supported by empirical evidence and practical experience, ensuring validity and contextual relevance (Su et al., 2024, p.8). The catastrophe progression evaluation framework identified core innovation dimensions and refined them into specific indicators. Consistent with catastrophe theory, the model restricted control variables to four to ensure feasibility and representativeness. It included four primary dimensions—innovation input, output, organizational operation, and environmental support—divided into eight secondary and 28 tertiary indicators, as presented in table 1.

Table 1 Innovation capability evaluation index system and mutation types

Evaluation objective	Level 1 indicator	Mutation types	Level 2 indicator	Mutation types	Weight	Level 3 indicator
Innovation capability of high-tech zones (Butterfly mutation system)	Innovation Output Capability A_1	Spike mutation system	The scale of output B_1	Swallowtail mutation system	0.0430	Annual Increase of High-tech Enterprises
					0.0927	The scale of technology income
					0.0481	The scale of export earnings
			Output efficiency B_2	Swallowtail mutation system	0.0387	Return rate of R&D investment
					0.0367	Technology Income Creation per Unit of R&D Personnel
					0.0068	Profitability
	Organization Operation Capability A_2	Spike mutation system	Organization and coordination capability B_3	Swallowtail mutation system	0.0607	Number of National University Science Parks
					0.0335	Number of Productivity Promotion Centers
					0.0198	Number of Innovative Industrial Clusters
			Innovation main body capability B_4	Swallowtail mutation system	0.0494	The scale of high-tech enterprises
					0.0354	Number of Innovation Service Organizations
					0.0201	Number of Universities and R&D Institutions
	Innovation Input Capability A_3	Spike mutation system	Intellectual input B_5	Butterfly mutation system	0.0569	Scientific and technological activity personnel
					0.0474	R&D Personnel Full-time Equivalent
					0.0462	R&D personnel
					0.0048	Density of middle and senior title personnel
			Financial input B_6	Butterfly mutation system	0.0619	Funds for scientific and technological activities
					0.0540	R&D Expend
					0.0089	R&D Expenditure Intensity
					0.0062	Intensity of Expenditure on Scientific and Technological Activities
	Environmental Support Capability A_4	Spike mutation system	Hard environment B_7	Butterfly mutation system	0.0354	Total number of technology business incubators
					0.0355	Employee Size
					0.0085	Capital Operation Status
					0.0127	Enterprise size
			Soft environment B_8	Butterfly mutation system	0.0089	Financial Support
					0.0230	Basic Supporting Environment
					0.0430	Policy Support
					0.0619	Institutional Mechanism Innovation

Remark: Due to space constraints, this table includes the indicator system and incorporates content required for subsequent sections.

Step 2: Determine the weights of the indicators- EWM.

Once the evaluation indicators were defined, their relative importance was assessed using statistical data and expert input. Indicators sharing the same type and hierarchical level were prioritized by significance, with the most influential placed first. To minimize subjectivity, the entropy weight method was utilized to assign weights, ensuring that the rankings objectively reflect actual relevance. The steps for calculating weights via the entropy weight method were as follows:

1) Data standardization

This research processed the raw data using deviation-based normalization. After transformation, all variable values fell within the range of [0, 1], and the resulting standardized values were unit-free quantities. This method was straightforward and eliminated differences in scale and mitigated the influence of varying variances. The specific formula was presented below, as equation (1).

Suppose k indicators X_1, X_2, ..., X_k are given, where X_i={x_1, x_2, ..., x_n}. Assume that the standardized data for each indicator refers to Y_1, Y_2, ..., Y_k, then

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)} \tag{1}$$

2) Calculation of information entropy of indicators

According to the formula of information entropy $e_i = -1/In\ n \sum_{j=1}^{n}(p_{ij} In\ p_{ij})$, the information entropy of 28 indicators could be calculated.

3) Determination of indicator weights

According to the utility value of the indicator $d_i = 1 - e_i$, its weight was obtained $\omega_i = d_i / \sum_{i=1}^{m} d_i$.

Step 3: Determine the type of mutation.

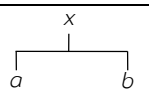
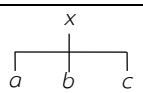
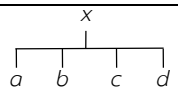
A typical mutation system involved up to four control variables, which corresponded to seven distinct mutation types: cusp, dovetail, butterfly, fold, hyperbolic umbilical, elliptical umbilical, and parabolic umbilical. However, the catastrophe progression method primarily emphasized three types, as illustrated in Table 2. The same table also presented the potential function for a state variable x, with the parameters a, b, c, and d serving as control variables. These parameters captured the conflicting dimensions within the system. When an indicator was divided into two, three, or four sub-indicators, it formed a hump, dovetail, or butterfly mutation system, respectively.

Step 4: Derive the normalization formula from the divergence equation.

According to the mutation theory, divergence point set equations could not be directly analyzed and evaluated because the range of values of the state and control variables was not uniform, nor could it be consistent with the range of values of fuzzy affiliation numbers 0 to 1.

Thus, limiting the range of state and control variable values in each mutation model to 0 to 1, i.e., normalization was necessary. The divergence point equations were obtained by taking the potential function's first-order derivatives, and the mutation system's set of singularities was obtained by taking the second-order derivatives $f''(x) = 0$. By $f'(x) = 0$ $f''(x) = 0$ eliminating x, the divergence point set equation of the mutation system was obtained, i.e., the equilibrium surface formed by the set of all critical points. The divergence point set equation indicated that the system mutated when each control variable satisfies this equation. The normalization formula could be derived by decomposing the form of the divergence point set equation. The normalization formula indicated $x_i(i = a, b, c, d)$ the number of mutation levels corresponding to the control variable i. In the mutation-level system, the normalization formula was a multidimensional fuzzy affiliation function.

Table 2 Mutation level system model and diagrams

Type	Spike mutation system	Swallowtail mutation system	Butterfly mutation system
System model	$f(x) = x^4 + ax^2 + bx$	$f(x) = \frac{1}{5}x^5 + \frac{1}{3}ax^3 + \frac{1}{2}bx^2 + cx$	$f(x) = \frac{1}{6}x^6 + \frac{1}{4}ax^4 + \frac{1}{3}bx^3 + \frac{1}{2}cx^2 + dx$
Control variable	a, b	a, b, c	a, b, c, d
Divergence point equation	$a = -6x^2, b = 8x^3$	$a = -6x^2, b = 8x^3, c = -3x^4$	$a = -10x^2, b = 20x^3, c = -15x^4, d = 5x^5$
Normalization formula	$x_a = \sqrt{a},\ x_b = \sqrt[3]{b}$	$x_a = \sqrt{a},\ x_b = \sqrt[3]{b},\ x_c = \sqrt[4]{c}$	$x_a = \sqrt{a},\ x_b = \sqrt[3]{b},\ x_c = \sqrt[4]{c}, x_d = \sqrt[5]{d}$
Diagram			

Remark: The diagrams helped identify each mutation type: "one change two" for the spike, "one change three" for swallowtail, and "one change four" for butterfly mutations.

Step 5: Comprehensive evaluation using the normalization formula

The normalization formula transformed the different qualitative states of each control variable in the system into the same qualitative state, i.e., the control variables were unified into the qualitative state expressed by the state variables. Control variables in the use of the normalization formula to calculate the value of each state variable, if there was no apparent correlation between the control variables of the system, the object of the control scalar for the "non-complementary," following the principle of "taking the smallest out of the big," let $\min\{x_a, x_b, x_c, x_d\}$ to be the x value of the entire system; If there is evident interrelatedness between the control variables of the system, then the control variables of the object are called "complementary," and let $\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} x_i$ to be the x value of the entire system; which is the only way

to meet the requirement of qualitative change of the divergence equation. Finally, the evaluation objects were ranked according to their total evaluation index scores regarding their advantages and disadvantages.

2. Weighted Average Method

The weighted average method derived a composite score by allocating weights to individual indicators according to their relative significance or influence. In this research, the method was employed to evaluate the innovation capacity of high-tech zones at the provincial level. Each zone's output value was initially used to establish its proportional weight within its respective province. These weights were subsequently aggregated to compute the overall innovation performance of each province, producing a set of comprehensive innovation capability scores for high-tech zones throughout China.

3. Fuzzy C-means Clustering Method

The fuzzy c-means (FCM) clustering method was a soft clustering approach that permitted data points to be associated with multiple clusters by minimizing the weighted sum of squared deviations, effectively managing uncertainty and data ambiguity. In this research, FCM was utilized to classify the innovation capabilities of provincial high-tech zones. Based on results from the weighted average method, the calculated innovation scores were fed into the FCM algorithm, where the number of clusters (c) and the fuzziness parameter (m) were predefined. The algorithm grouped the zones through an iterative refinement process, revealing commonalities and distinctions in their innovation performance.

The FCM algorithm began by randomly initializing the number of clusters (K) and the initial cluster centers and membership grades for all data points. Membership degrees were then computed by measuring the relative distance between data points and cluster centroids, indicating the strength of association with each group. Cluster centers were updated as the weighted mean of data points, where the weights corresponded to membership degrees. This process—membership evaluation and centroid adjustment—is repeated until a stopping condition was satisfied, such as reaching the maximum iteration limit or when centroid changes fell below a threshold. Upon convergence, the algorithm produced final cluster centers and membership values, enabling the assignment of data points and supporting the interpretation of the clustering outcome.

4. Data Visualization

Data visualization, utilizing tools like Python and libraries like Matplotlib, Seaborn, and Geopandas, enabled researchers to explore complex datasets more intuitively by uncovering underlying trends, distributions, and anomalies. In this research, a range of visualization methods-including scatter plots, heatmaps, and geographic maps-were applied to improve the interpretability of the data. The clustering outcomes related to innovation capability were displayed on a map of China, clearly depicting the provincial-level spatial patterns.

Research Results

1. Data Sources

The research drew upon a sample of 169 national high-tech zones across China, with primary data from the 2021 annual statistical survey of national hi-tech zones, officially authorized by the national bureau of statistics and compiled by the Torch center. As complete datasets for 2022 and 2023 were not yet available, the analysis in this research was based solely on the comprehensive data from 2021.

2. Evaluation of Innovation Capability

The entropy weight method was used to determine the relative importance of each indicator, ensuring the evaluation system remained objective and scientifically sound. This method identified key factors influencing innovation capacity, providing a reliable basis for assessing and comparing performance among high-tech zones. The resulting weights were shown in table 1. Next, the catastrophe progression method was applied to calculate the overall innovation capability of 169 national high-tech zones. By integrating the weights from the entropy method, a composite index was generated and used to rank each zone. These results revealed regional differences in innovation capacity and support further clustering analysis. Based on the evaluation system, mutation types, and weights from table 1, MATLAB 7.0 was used to compute innovation scores and rankings for all 169 zones using 2021 data, as shown in table 3.

Table 3 Evaluation results of innovation Capability ranking of 169 national high-tech zones

Name of High-Tech Zone	Innovation Input Capability	Innovation Output Capability	Environmental Support Capability	Organization Operation Capability	Innovation capability	Ranking
Beijing Zhongguancun	0.9743	0.8326	0.8671	0.9867	0.9725	1
Shanghai Zhangjiang	0.9049	0.8439	0.8401	0.8096	0.9531	2
Shenzhen	0.9244	0.8181	0.8032	0.7545	0.9472	3
Wuhan	0.8704	0.7761	0.8222	0.8823	0.9449	4
Hangzhou	0.8484	0.7868	0.8064	0.8186	0.9382	5
Xi'an	0.8587	0.7630	0.8157	0.8147	0.9377	6
Guangzhou	0.8519	0.7538	0.7877	0.8576	0.9362	7
Chengdu	0.8354	0.7807	0.8017	0.8266	0.9359	8
Nanjing	0.8571	0.7315	0.7717	0.8655	0.9339	9
Hefei	0.8220	0.7433	0.7722	0.7752	0.9251	10
...	...	...	...	...	...	...
Neijiang	0.6377	0.5498	0.6564	0.2502	0.8190	159
Shizuishan	0.6480	0.5117	0.6467	0.2459	0.8142	160
Quzhou	0.6729	0.5521	0.6580	0.1847	0.8136	161
Zhangzhou	0.5822	0.5947	0.6544	0.2316	0.8124	162
Huaihua	0.6202	0.5392	0.6221	0.2494	0.8118	163
Yanji	0.4804	0.5923	0.5090	0.3540	0.7975	164
Qianjiang	0.6281	0.5399	0.5889	0.1734	0.7968	165
Putian	0.6097	0.5449	0.6265	0.1651	0.7962	166
Huanghe Delta	0.3155	0.5870	0.6200	0.5850	0.7962	167
Huainan	0.6215	0.5319	0.5692	0.1825	0.7947	168
Rongchang	0.6542	0.5395	0.6357	0.0832	0.7810	169

Remark: Given the extensive data from 169 high-tech zones, only the top 10 and bottom 10 zones in innovation capability were shown here due to space constraints.

3. Clustering Analysis of Innovation Capability of High-Tech Zones Across Provinces

To represent the results of innovation capability, map-based visualization techniques were employed to depict spatial variations among China's national high-tech zones. Since provincial-level maps did not support the pinpointing of specific zone locations, we first computed the weighted average innovation capacity across 34 provinces encompassing the 169 zones, excluding Taiwan, Xizang, Hong

Kong, and Macao, which lack such zones. This yielded data from 30 provinces. The weighting was based on each zone's output value; the results were presented in table 4.

Subsequently, the fuzzy c-means (FCM) clustering algorithm was used to group provinces by innovation performance. The procedure involved feeding the weighted capacity values into the FCM model, assigning six clusters (c = 6) and a fuzziness index of 1.5 (m = 1.5). The choice of six clusters followed the categorization approach of Xie et al. (2011, p.105), while the parameter m = 1.5 was confirmed through repeated testing as the most suitable for reflecting data complexity. The clustering process iteratively refined the centers and membership values, classifying provincial innovation capacities into distinct categories. All calculations were conducted using MATLAB, which produced the final clustering outcomes, highlighting interregional commonalities and disparities in innovation strength and offering a foundation for subsequent spatial research.

Table 4 Value of innovation capability of national high-tech zones in each province

Province	Innovation capability value	Cluster	Province	Innovation capability value	Cluster
Beijing	0.9725	6	Henan	0.8852	3
Shanghai	0.9514	6	Hebei	0.8835	3
Guangdong	0.9208	5	Shanxi	0.8794	3
Tianjin	0.9184	5	Jilin	0.8793	3
Shaanxi	0.9109	5	Guangxi	0.8760	3
Jiangsu	0.9055	4	Heilongjiang	0.8755	3
Sichuan	0.9047	4	Fujian	0.8752	3
Zhejiang	0.9033	4	Neimenggu	0.8709	2
Anhui	0.9018	4	Jiangxi	0.8702	2
Hubei	0.8996	4	Yunnan	0.8684	2
Shandong	0.8952	4	Xinjiang	0.8674	2
Guizhou	0.8895	3	Gansu	0.8644	2
Liaoning	0.8892	3	Hainan	0.8639	2
Hunan	0.8873	3	Qinghai	0.8558	2
Chongqing	0.8872	3	Ningxia	0.8274	1

4. Data Visualization

This research employed a color-coded scheme to differentiate regions based on innovation capacity: red for high, orange for medium, and blue for low levels. Within each category, darker shades indicated relatively higher or lower innovation strength. The visualization of China's

map was created using Python libraries such as Geopandas and Matplotlib. To ensure precision, we first aligned the clustering outcomes with the corresponding geographic data for each province. A range of color gradients was then applied to visually present the clustering results and overall innovation capacities. Lastly, visual elements such as legends and labels were refined to enhance readability, producing final maps that clearly illustrate the spatial distribution of innovation capabilities across Chinese provinces, as depicted in figures 1 and 2.

Figure 1 Visualization of the value of innovation capability

Figure 2 Visualization of clustered values of innovation capability

This research utilized the fuzzy c-means clustering technique to examine the innovation performance of 169 national high-tech zones across China, uncovering a distinct regional imbalance characterized by a "strong East, weak West" pattern. Innovation leadership was concentrated in eastern coastal areas such as Beijing, Shanghai, and Guangdong, where plentiful R&D investment, mature institutions, and robust policy backing contributed to high innovation levels, visually represented in dark red on the map. Provinces in central China, including Hubei and Hunan, exhibited moderate innovation performance but still fell behind the eastern region, indicating the need for improved innovation ecosystems and stronger governmental support. Western provinces like Qinghai, Ningxia, and Xinjiang demonstrated low innovation potential, depicted in blue, mainly due to limited resources and underdeveloped infrastructure.

The geographic layout of innovation capacity underscored stark regional differences influenced by disparities in economic conditions, governmental incentives, and access to innovation resources. Addressing these imbalances required redistributing resources more equitably and enhancing the innovation climate in central and western provinces. This would thereby support coordinated regional growth and advance China's innovation competitiveness on the global stage.

Discussions

This research provided new empirical evidence on the spatial differentiation of innovation capabilities among China's national high-tech zones, offering theoretical insights into regional innovation dynamics. Constructing a multidimensional evaluation system effectively captured key components such as innovation input, output, organizational operation, and environmental support, contributing to a more nuanced understanding of regional innovation performance. The clustering results derived from the fuzzy c-means algorithm highlighted persistent spatial stratification, particularly the concentration of high-performing zones in eastern provinces and lagging innovation capabilities in central and western regions. These findings were consistent with earlier research (Zhang & Chen, 2022) but extended the analysis by introducing cluster-based heterogeneity, which better explained the structural complexity across regions. Furthermore, the spatial visualization of innovation capabilities enhanced data interpretability and clarified where disparities were most severe. These results underscored the importance of considering geographic, economic, and institutional contexts when assessing innovation development. The research also contributed methodologically by integrating entropy weighting, catastrophe progression, and clustering techniques in a spatial framework, offering a replicable model for evaluating innovation capacity in other national or regional settings.

Conclusions and Suggestions

This research systematically addressed its three core objectives by developing an integrated evaluation index system, applying spatial clustering analysis, and visualizing the distribution of innovation capabilities across 169 national high-tech zones in China. The results revealed pronounced regional disparities, with innovation concentrated in eastern coastal regions. This highlights the urgent need for differentiated innovation strategies across provinces.

Recommendation for using to benefit

1. National policymakers should strengthen R&D infrastructure in underdeveloped regions, create innovation-friendly environments, and attract high-quality talent.
2. There should be establishment of a national resource-sharing platform to promote resource integration and collaboration, particularly in areas with weaker innovation capacity.
3. High-tech zone management should be addressed to improve organizational efficiency and fosters collaboration with universities, industries, and research institutions to accelerate innovation commercialization.
4. Spatial distribution can be optimized by implementing targeted innovation policies for underdeveloped areas, balancing the allocation of innovation resources, and promoting nationwide equitable innovation development.

Recommendation for future research

1. Adopt advanced analytical methods.
2. Expand the dataset.
3. Deepen the research of policy impacts.

This research also provided Thailand with a model for addressing regional innovation disparities through policy support, infrastructure improvement, and collaborative initiatives, fostering balanced and sustainable development.

References

Bruno, A. V., & Tyebjee, T. T. (1982). *The environment for entrepreneurship*. Prentice-Hall.

Chen, Chung-Jen., & Huang, Chin-Chen. (2004). A multiple criteria evaluation of high-tech industries for the science-based industrial park in Taiwan. *Information & Management*, *41*, 839-851. https://doi.org/10.1016/j.im.2003.02.002

Ding, Q. (2019). Evaluation of the innovation capacity of national high-tech zones based on the DEA-Malmquist index. *Modern Business Industry*, *35*, 10-12.

Guo, Y., & Wang, X. (2022). Research the indexes of innovation capacity evaluation systems of high-tech zones in Henan Province. *Henan Science and Technology*, *5*, 154-157.

Malecki, E. J. (1987). The R&D location decision of the firm and "creative" regions—a survey. *Technovation*, *6*(3), 205-222. https://doi.org/10.1016/0166-4972(87)90023-X

Malecki, E. J., & Nijkamp, P. (1988). Technology and regional development: Some thoughts on policy. *Environment and Planning C: Government and Policy*, *6*(4), 383-399. https://doi.org/10.1068/c060383

Ren, F. (2020). Research on constructing an evaluation index system of the innovation ability of high-tech zones. *Enterprise Technology and Development*, *6*, 25-26.

Su, C., Amdee, N., & Sangsongfar, A. (2024). Prioritize innovation capability and spatial variation of national high-tech zones in China based on the catastrophe progression method. *Primera Scientific Engineering*, *5*(2), 71-90. https://doi.org/10.56831/PSEN-05-146

Su, C., Inthawongse, C., & Amdee, N. (2023). Investigating the factors influencing the efficiency of technological innovation in national high-tech zones. *Creativity and Innovation*, *7*(2), 50-54.

Su, C., Inthawongse, C., & Amdee, N. (2024). Quantifying innovation potential: An index system and model for China's high-tech industry development zone. *Journal of Industrial Technology: Suan Sunandha Rajabhat University*, *12*(2), 1-15. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/fit-ssru/article/view/256513

Su, C., Xie, J., & Hu, S. (2018). Research on the evaluation of the innovation capacity of high-tech zones in the city cluster in the middle reaches of the Yangtze river based on the catastrophe progression method. *Value Engineering*, *12*, 234-237.

Xie, J. L., Hu, S., & Jiang, Y. Y. (2011). A research on the spatial variation of competitiveness of national high-tech zones based on the catastrophe progression method. *Science and Technology Management*, *12*, 101-108.

Xu, G. (2006). Enhancing independent innovation capability and accelerating the construction and development of national high-tech zones. *China Soft Science*, *8*, 1-8.

Zeng, S., Xie, X., & Tam, C. (2010). Evaluating innovation capabilities for science parks: A system model. *Technological and Economic Development of Economy*, *16*(3), 397-413. https://doi.org/10.3846/tede.2010.25

Zhang, J. X., & Chen, Y. Y. (2022). Evluation of innovative industrial clusters cultivation capability in national high-tech zones. *Science and Technology Management Research*, *20*, 57-64.

Zhang, L., Guo, C., Wang, C., Shang, Y., & Jia, J. (2022). Evaluation of the innovation capacity of national high-tech zones in Shandong province based on efficacy coefficient method. *Science and Management*, *6*, 85-92.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประจำท้องถิ่นชุมชนเกาะสีชัง อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

วันที่รับ : 24 มกราคม 2568
วันที่แก้ไข : 25 เมษายน 2568
วันที่ตอบรับ : 25 เมษายน 2568

สุจารีย์ หิรัญศิริวัฒน์[1*], นภนัย ปานเอี่ยม[1], อรวรรณ คล้ายสังข์[1], รมิตา ศรัทธาทิพย์กุล[1], วรอนงค์ พฤกษากิจ[1] และ ทิพย์ลักษณ์ โกมลวณิช[2]
[1]วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพฯ
[2]คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพฯ
*Corresponding author e-mail: sujaree.hir@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง คือ เกลือสครับ เจลว่านหางจระเข้ และสบู่ก้อน ออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางทั้ง 3 ชนิดให้ตรงกับการบูรณาการอัตลักษณ์ชุมชนและประเมินความพึงพอใจและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางทั้ง 3 ชนิด โดยดำเนินการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ตลอดจนการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อแสดงถึงอัตลักษณ์ของชุมชน ทดสอบความคงตัวและความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงความพึงพอใจต่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ในอาสาสมัครประชากรในเกาะสีชัง จำนวน 120 คน โดยใช้แบบสอบถามโดยเก็บข้อมูลทั่วไปและประเมินความพึงพอใจ และวิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงพรรณา จากผลการทดลองได้ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ ตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งในอาสาสมัครจำนวน 25 คน มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์โดยรวมไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ ในภาพรวมของการออกแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 กลุ่มผลิตภัณฑ์ สามารถดึงดูดความสนใจจากกลุ่มนักท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี ผลการประเมินความพึงพอใจจาก 3 กลุ่มคือ กลุ่มเจ้าหน้าที่รัฐ กลุ่มประชากรบนเกาะสีชัง และกลุ่มนักท่องเที่ยว ค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (ไม่ต่ำกว่า 4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน) นักท่องเที่ยวรู้สึกสนใจและรู้สึกอยากหยิบจับ และบรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่สามารถสื่อถึงส่วนผสมที่ได้จากเกาะสีชัง งานวิจัยนี้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางทั้ง 3 ชนิด ที่มีคุณภาพและมีบรรจุภัณฑ์ที่ตรงตามความต้องการของตลาด เพิ่มความน่าใช้ ดึงดูดใจ มีความน่าซื้อมากขึ้น ตลอดจนสามารถแสดงถึงการบูรณาการอัตลักษณ์ของชุมชนในเขตตำบลเกาะสีชังได้เป็นอย่างดี และสามารถนำผลิตภัณฑ์ไปถ่ายทอดสู่ชุมชนเพื่อการผลิต การจัดจำหน่าย หรือการพัฒนาต่อยอดในอนาคต

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง, เกลือสครับ, เจลว่านหางจระเข้, สบู่ก้อน

DEVELOPMENT OF LOCAL COSMETIC PRODUCTS FOR THE KO SICHANG COMMUNITY KOH SICHANG DISTRICT, CHONBURI PROVINCE

Received : January 24, 2025
Revised : April 25, 2025
Accepted : April 25, 2025

Sujaree Hirunsirivat[1*], Naphanai Pan-iem[1], Orawan Klaisang[1], Ramita Sattatipkul[1], Woraanong Prugsakij[1] and Tippaluk Komolvanij[2]
[1]College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University, Bangkok, Thailand
[2]Faculty of Fine and Applied Arts, Dhurakij Pundit University, Bangkok, Thailand
*Corresponding author e-mail: sujaree.hir@dpu.ac.th

Abstract

The objectives of the study were to develop cosmetic products; namely, salt scrub, aloe vera gel and bar soap, design and create the packaging of all 3 types of products to match the integration of community identity, and evaluate and analyze the satisfaction of all 3 types of cosmetic products. The present study was conducted by developing product formulas, designing and developing packaging to represent the identity of the community, testing the stability and satisfaction of the products, including the satisfaction of the product packaging design in 120 volunteers, as the study population, on Koh Sichang using a questionnaire to collect general information and evaluate satisfaction, and analyzing the data with descriptive statistics. From the experimental results, the cosmetic products had physical properties that met the specified standards. 25 volunteers were satisfied with the products for over 95 percent for all 3 products. Overall, the design of the prototype packaging of all 3 product groups was able to attract the attention of the tourist group very well. The satisfaction assessment results from the 3 groups of government officials, Koh Sichang residents and tourists revealed that the average satisfaction was at a high level (not less than 4 points out of a full score of 5). Tourists felt interested and wanted to pick up, and most of the packaging could communicate the ingredients from Koh Sichang. This research was able to develop all 3 types of cosmetic products with quality and packaging that met market needs, increasing their attractiveness, appeal and purchase. It could also demonstrate the integration of community identity in Ko Sichang Subdistrict very well and convey products to the community for production, distribution, or further development in the future.

Keywords: Cosmetic product development, Salt scrub, Aloe vera gel, Bar soap

บทนำ

จังหวัดชลบุรีมีอุตสาหกรรมท่องเที่ยวถือเป็นหนึ่งในเสาหลักของเศรษฐกิจไทย ทำให้เกิดการสร้างงานและสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจได้เป็นจำนวนมหาศาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยที่มีทรัพยากรการท่องเที่ยวเป็นสินค้าหลัก มีความหลากหลายของวัฒนธรรมที่เป็นเอกลักษณ์ มีการการท่องเที่ยวชุมชน (Community Tourism) เป็นการท่องเที่ยวทางเลือกใหม่ที่ให้ความสำคัญในการอนุรักษ์ ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมร่วมกันของคนในชุมชนต่อการจัดการท่องเที่ยวในพื้นที่แหล่งท่องเที่ยว เกาะสีชังเป็นเกาะใหญ่กลางทะเลอยู่ห่างจากฝั่งอำเภอศรีราชาประมาณ 12 กิโลเมตร ทางด้านเศรษฐกิจ อำเภอเกาะสีชังมีผลิตผลและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ได้จากการพัฒนาหรือแปรรูปจากทะเล คือ ผลิตภัณฑ์หลักของชุมชน แต่ยังขาดผลิตภัณฑ์ทางเครื่องสำอางสมุนไพรไทยหลายชนิดสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ทั้งอาหาร เครื่องดื่ม ยารักษาโรค รวมถึงผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความงามหลากหลายรูปแบบ ได้ถูกผลิตออกมาจำหน่ายอย่างมากมายในท้องตลาดเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่ส่วนใหญ่ได้ให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพ ดังนั้น ด้วยพฤติกรรมการรักสุขภาพและความงาม จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ด้านสุขภาพและความงามสามารถเติบโตได้อีกอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบท้องถิ่นในประเทศไทยจึงมีความสำคัญในเชิงของการเสริมสร้างรายได้และอาชีพของชุมชน ในด้านแหล่งวัตถุดิบในพื้นที่เกาะ สีชัง พบว่า ชุมชนเกาะสีชังเป็นพื้นที่ติดทะเล และมีเกลือที่มีแร่ธาตุอุดมไปด้วยคุณประโยชน์ต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในเชิงเครื่องสำอางค่อนข้างดี เช่น การผลัดเซลล์ผิว ปรับสมดุลผิว ฆ่าเชื้อโรค ในส่วนของว่านหางจระเข้เป็นพืชสมุนไพรที่เติบโตได้ดีในพื้นที่ดินทราย ดินร่วน และร่วนปนทราย ซึ่งตรงกับลักษณะทางภูมิประเทศของเกาะสีชัง จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาต่อยอดให้เกิดรายได้ต่อชุมในการเพาะปลูกและนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีคุณภาพ และเพิ่มมูลค่าของสมุนไพรได้ ด้วยเหตุนี้ทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการที่ให้ความรู้และสร้างอาชีพจาก 3 ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยเกลือ สบู่ และเจลที่ประกอบด้วยสารสกัดว่านหางจระเข้เพื่อเสริมศักยภาพมนุษย์เพื่อความมั่นคงทางรายได้ โดยมีกรอบแนวคิดวิจัยที่มีวัตถุดิบที่มีเอกลักษณ์ชุมชนและผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางเป็นตัวแปรตาม ซึ่งผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์ที่ได้รับผลประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครในระดับดีจะเป็นตัวสะท้อนในการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ให้สร้างรายได้ต่อชุมชน และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนโดยการถ่ายทอดชุดความรู้และการฝึกปฏิบัติการ (สุธีธรรม กิ่งนันท์สิงห์ และคนอื่นๆ, 2566, น.121)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเกลือสครับ เจลว่านหางจระเข้ และสบู่ก้อนของชุมชนในเขตตำบลเกาะสีชัง อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางเกลือสครับ เจลว่านหางจระเข้ และสบู่ก้อนให้ตรงกับการบูรณาการอัตลักษณ์ชุมชนในเขตตำบลเกาะสีชัง อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจ และทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเกลือสครับ เจลว่านหางจระเข้และสบู่ก้อนของชุมชนในเขตตำบลเกาะสีชัง อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบการทดลองกึ่งทดลอง (Quasi-experiment) โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรในตำบลท่าเทววงษ์ เทศบาลเกาะสีชัง อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี จำนวน 7 หมู่บ้าน จำนวน 4,535 คน และนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยว ในตำบลเกาะสีชัง อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนมกราคม – มีนาคม พ.ศ. 2562 ทดสอบความความพึงพอใจในการใช้ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกับอาสาสมัคร (ประชากรในเกาะสีชัง) 120 คน ที่เกิดจากการสุ่มเลือกอาสาทั้งเพศชายและหญิง ที่มีอายุตั้งแต่ 18 - 65 ปี ที่ไม่มีประวัติการแพ้เครื่องสำอาง เนื่องจากชุมชนนี้เป็นชุมชนที่เป็นหนึ่งในสถานที่ท่องเที่ยวยอดนิยมในเกาะสีชังจึงเหมาะในการสร้างโอกาสทางธุรกิจ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ คือ แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน ในลักษณะคำถามปลายปิด (Close-ended Question) ในลักษณะคำถามมีหลายคำตอบให้เลือก (Multiple Choice Question)

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์เกลือสครับ ผลิตภัณฑ์เจลว่านหางจระเข้ และผลิตภัณฑ์สบู่ก้อน โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน เช่น เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน และความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์เกลือสครับ ผลิตภัณฑ์เจลว่านหางจระเข้ และผลิตภัณฑ์สบู่ก้อน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน ในลักษณะคำถามปลายปิด (Close-ended Question) ในลักษณะคำถามมีหลายคำตอบให้เลือก (Multiple Choice Question) การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic Analysis) ความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์เกลือสครับ ผลิตภัณฑ์เจลว่านหางจระเข้ และผลิตภัณฑ์สบู่ก้อน โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

5. การพัฒนาผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการแยกเป็นแต่ละผลิตภัณฑ์ดังนี้

5.1 การเตรียมเกลือสครับผิวกาย

วัสดุอุปกรณ์ ดอกเกลือ, น้ำมันสวีทอัลมอนด์, น้ำมันหอมระเหย, สีละลายในน้ำมัน, วิตามินอี

ขั้นตอนการผสม ชั่งดอกเกลือตามปริมาณที่กำหนด ใส่ลงในภาชนะที่เตรียมไว้ จากนั้นตวงน้ำมันสวีทอัลมอนด์ตามปริมาณที่กำหนด ผสมลงในเกลือที่เตรียมไว้ และหยดน้ำมันหอมระเหย สี และวิตามินอี ผสมลงในเกลือที่ผสมไว้ บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ที่เตรียมไว้

5.2 การเตรียมเจลว่านหางจระเข้

วัสดุอุปกรณ์ น้ำกลั่น, บิวทิลีน ไกลคอล, โปรพอลิเมอร์, วิตามินบีสาม, สารสกัดชะเอมเทศ, อัลแลนโทอิน, คาร์โมมายด์, สารสกัดว่านหางจระเข้, น้ำหอม สารกันเสีย และสี

ขั้นตอนการผสมส่วนที่ 1 ทำโดยเติมน้ำ และบิวทิลีน ไกลคอล คนให้เข้ากัน นำไปอุ่นประมาณอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่อยๆ เติมโปรพอลิเมอร์ลงไปทีละน้อย คนทิ้งไว้จนพองตัวเต็มที่ และชั่งส่วนที่ 2 ได้แก่ วิตามินบีสาม อัลแลนโทอิน ผสมลงไปในส่วนที่ 1 หลังจากนั้นเติมสารสกัดชะเอมเทศ คาร์โมมายด์ สี น้ำหอม สารกันเสีย และสารสกัดว่านหางจระเข้ลงไป ผสมให้เข้ากัน จากนั้นบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ให้เรียบร้อย

5.3 การเตรียมสบู่ก้อน

วัสดุอุปกรณ์ เบสกลีเซอรีน, สารสกัดว่านหางจระเข้, สี, น้ำหอม

ขั้นตอนการผสม ชั่งเบสกลีเซอรีนตามที่กำหนดไว้ หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปต้มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นตวงสารสกัดว่านหางจระเข้ ผสมลงไปในเบสกลีเซอรีนที่ละลายแล้ว หยดน้ำหอม และสี ลงในเบสกลีเซอรีนที่ละลายแล้ว เทลงใส่แม่พิมพ์ ทิ้งให้เซตตัว แกะออกจากแม่พิมพ์ บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์

6. การทดสอบความคงตัวและความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

ทำการเก็บผลิตภัณฑ์ที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน ตามเกณฑ์มาตรฐาน ICH guideline (*ICH Guidelines*, n.d.) หลังจากนั้นนำมาประเมินความคงตัวทางกายภาพของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยทุกผลิตภัณฑ์จะต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงนับจากวันที่ 0 คือวันเริ่มต้นที่เริ่มเก็บดูความคงตัวของผลิตภัณฑ์ การประเมินจะแยกเป็นแต่ละผลิตภัณฑ์ ดังนี้

6.1 การประเมินความคงตัวผลิตภัณฑ์เกลือสครับ

6.1.1 สี (ประเมินด้วยสายตา)กลิ่น (Sensory Test)

6.1.2 การละลาย (สังเกตการเปลี่ยนแปลงของผลึกเกลือว่ามีส่วนที่เป็นของเหลวหรือมีส่วนที่เป็นสารละลายปรากฏในซองหรือไม่)

6.2 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์เจลว่านหางจระเข้

6.2.1 ความหนืด (เครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer)

6.2.2 สี (ประเมินด้วยสายตา)

6.2.3 กลิ่น (Sensory Test)

6.2.4 ความเป็นกรด ด่าง (เครื่อง pH Meter)

6.3 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์สบู่ก้อน

6.3.1 สี (ประเมินด้วยสายตา)

6.3.2 กลิ่น (Sensory Test)

6.3.3 การยุบตัว (โดยการชั่งน้ำหนัก)

6.4 การประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

มีเกณฑ์การประเมินความพึงพอใจแบ่งเป็น 5 ระดับ โดยแต่ละหัวข้อแบ่งระดับตามนี้

ระดับ 5 คือ พึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 คือ พึงพอใจมาก

ระดับ 3 คือ พึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 คือ พึงพอใจน้อย

ระดับ 1 คือ พึงพอใจน้อยที่สุด

การทดสอบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์โดยให้อาสาสมัครจำนวน 25 คน ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด โดยให้ทาบริเวณหลังมือประมาณ 10 นาที และมีการประเมินความพึงพอใจในด้านกลิ่น สี เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ตามเกณฑ์ระดับคะแนน 1 ถึง 5

ความคุ้มครองอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการ กรณีอาสาสมัครเกิดอาการข้างเคียงจากการทดสอบผลิตภัณฑ์ เช่น รอยแดง รอยดำจากการอักเสบ แต่ไม่เป็นอันตรายรุนแรง ให้อาสาสมัครแจ้งผู้วิจัยทราบทันที เพื่อที่ผู้วิจัยจะได้ให้ยาซึ่งได้จาก เภสัชกรหญิงวรอนงค์ พฤกษากิจ(ผู้ร่วมวิจัย) เพื่อบรรเทาผลข้างเคียงดังกล่าว กรณีอาการข้างเคียงเกิดขึ้นหลังจากทดลองใช้ผลิตภัณฑ์เกิดกว่าระยะเวลาประเมิน อาสาสมัครสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ทันที เพื่อผู้วิจัยจะได้ให้แพทย์ประเมินอาการข้างเคียง และให้การรักษาที่เหมาะสมทันที โดยอาสาสมัครจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมโดยอาสาสมัครจะไม่เสียค่าใช้จ่าย

7. การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์

เมื่อต้นแบบผลิตภัณฑ์ได้รับการพัฒนาจนได้รูปร่างและลักษณะที่สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบบรรจุภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยได้สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากการลงสำรวจพื้นที่ และการสัมภาษณ์ แบบกึ่งมีโครงสร้าง ร่วมกับบุคคลที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และลงพื้นที่ เพื่อสรุปแนวปฏิบัติสำหรับใช้ในการทำงานในภาพรวม จากนั้นจึงสรุปโจทย์ทางการออกแบบ (Design Brief) และนำเสนอแนวคิดทางการออกแบบ (Concept) ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาลักษณะและองค์ประกอบต่างๆ ที่จะสามารถนำมาใช้เป็นแรงบันดาลใจในการออกแบบและจัดองค์ประกอบทางเลขนศิลป์ เพื่อออกแบบภาพประกอบ สำหรับนำไปประยุกต์ใช้บนบรรจุภัณฑ์แต่ละผลิตภัณฑ์ต่อไป

งานออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับหมวดเพื่อสุขภาพและความงาม ได้แก่ เกลือสปา เจลว่านหางจระเข้ สบู่ก้อน คณะผู้วิจัยได้นำเสนอทั้งหมด 8 แบบ โดยมีร่างต้นแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับเกลือสปา จำนวน 2 แบบ และร่างต้นแบบบรรจุภัณฑ์เจลว่านหางจระเข้ จำนวน 3 แบบ ร่างต้นแบบบรรจุภัณฑ์สบู่ก้อน จำนวน 3 แบบ ดังภาพ 1, ภาพ 2 และภาพ 3

ภาพ 1 ภาพร่างต้นแบบบรรจุภัณฑ์เกลือสปา จำนวน 2 แบบ

ภาพ 2 ภาพร่างต้นแบบบรรจุภัณฑ์เจลว่านหางจระเข้ จำนวน 3 แบบ

ภาพ 3 ภาพร่างต้นแบบบรรจุภัณฑ์สบู่ก้อน จำนวน 3 แบบ

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเกลือสครับ เจลว่านหางจระเข้ และสบู่ก้อนของชุมชน

หลังจากการเก็บผลิตภัณฑ์ที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน แล้วนำมาประเมินความคงตัวทางกายภาพของแต่ละผลิตภัณฑ์ ผลที่ได้เป็นดังนี้

1.1 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์เกลือสครับ

ด้านความคงตัวของสีผลิตภัณฑ์จากการประเมินด้วยสายตา สีมีความคงตัวดี ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งลักษณะของการเข้มขึ้นของสีหรืออ่อนลงของสี ตลอดจนกลิ่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 กลิ่นของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ ในส่วนของการละลายหรือการเยิ้มของเกลือพบว่าไม่มีการละลายของเกลือ หรือมีน้ำเพิ่มขึ้นในแพ็กเกจ

ด้านความพึงพอใจ เมื่อทดสอบความพึงพอใจจากอาสาสมัครจำนวน 25 คนพบว่า ร้อยละ 98 พึงพอใจระดับมากที่สุดด้านสี กลิ่น และความหยาบของเม็ดเกลือ ในส่วนของประเมินด้านการใช้งาน พบว่า ร้อยละ 95 มีความพึงพอใจมากที่สุดด้านประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ผิวเรียบเนียน นุ่ม และมีกลิ่นหอมที่ช่วยผ่อนคลายระหว่างการใช้งานได้ ดังภาพ 4

ภาพ 4 ภาพเกลือสครับ

1.2 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์เจลว่านหางจระเข้

ความหนืดของเนื้อเจลไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการวัดหลังการผลิต และวัดหลังการเก็บเป็นเวลา 3 เดือนเมื่อวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer ได้ค่าความหนืดอยู่ในช่วงที่กำหนดของการเตรียม Soothing Gel หรือเจลเพื่อการปลอบประโลมผิว (30,000 – 50,000 centipoise (cP)) โดยค่าที่วัดได้ก่อนเก็บความคงตัวได้ค่า 42,505 cP และหลังเก็บเป็นเวลา 3 เดือน ค่าความหนืดลดลงเป็น 38,200 cP ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และด้านความคงตัวของสีในเจลเมื่อประเมินด้วยสายตาพบว่าสีไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านการเข้มขึ้น หรืออ่อนลง ตลอดจนกลิ่นก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ด้านความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์เมื่อวัดด้วยเครื่อง pH Meter พบว่าค่าความเป็นกรดด่างไม่มีการเปลี่ยนแปลง คือ pH อยู่ระหว่าง 5.5 – 6 ซึ่งยังเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานทั่วไปของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสำหรับผิวตามมาตรฐาน ASEAN Cosmetic Directive (ACD) (กำหนดไว้ที่ 4.5 – 6.5) (Health Sciences Authority, 2025)

ด้านความพึงพอใจ เมื่อทดสอบความพึงพอใจในอาสาสมัครจำนวน 25 คน พบว่า ร้อยละ 97 มีความพึงพอใจมากที่สุดด้านประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านการให้ความชุ่มชื้น ลดการระคายเคือง ลดอาการแสบของผิวหลังสัมผัสแสงแดด นอกจากนี้ ร้อยละ 98 ให้ความเห็นว่า เนื้อเจลไม่มีความเหนอะหนะหลังการใช้ ดูดซึมได้ค่อนข้างเร็ว และมีกลิ่นที่ไม่ฉุนจนเกินไป ดังภาพ 5

ภาพ 5 เจลว่านหางจระเข้

1.3 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์สบู่ก้อน

ความคงตัวด้านสีเมื่อประเมินด้วยสายตาของสบู่ก้อน พบว่าสบู่ไม่มีการเปลี่ยนสีเมื่อเก็บตามอุณหภูมิที่ควบคุม และกลิ่นไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้เมื่อนำสบู่ไปชั่งน้ำหนักเพื่อดูปริมาณที่สบู่เกิดการยุบตัวหรือหาน้ำหนักที่หายไปพบว่าสบู่ไม่มีการยุบตัวจากน้ำที่หายไป

ด้านความพึงพอใจ เมื่อทดสอบความพึงพอใจในอาสาสมัครจำนวน 25 คน พบว่าร้อยละ 98 พึงพอใจมากที่สุดด้านการทำความสะอาดผิวหลังจากใช้ และไม่ทำให้ผิวแห้งกร้าน และร้อยละ 95 พึงพอใจมากที่สุดในกลิ่นขณะใช้งาน แต่กลิ่นไม่ค่อยติดผิวหลังจากการใช้ ดังภาพ 6

ภาพ 6 สบู่ก้อน

2. การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์

ภายหลังจากการออกแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์เบื้องต้นครบเรียบร้อย คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงสำรวจความพึงพอใจกับเจ้าหน้าที่รัฐ ประชาชนชาวเกาะสีชัง กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและผู้พัฒนาสินค้า ที่มีต่อร่างต้นแบบตราสัญลักษณ์ สัญลักษณ์นำโชค และบรรจุภัณฑ์ เพื่อส่งเสริมการสื่อสารของเกาะสีชัง ด้วยแบบสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อร่างต้นแบบฯ โดยการลงพื้นที่เก็บข้อมูลที่เกาะสีชัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี จากนั้นจึงนำข้อคิดเห็นที่ได้รับมาปรับพัฒนาต้นแบบบรรจุภัณฑ์ให้ตอบโจทย์กลุ่มเป้าหมาย โดยผลการออกแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์ครั้งที่ 1 เมื่อพิจารณาผลสำรวจความพึงพอใจจากทุกกลุ่ม สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 การออกแบบบรรจุภัณฑ์เกลือสปา ควรพัฒนาบรรจุภัณฑ์เกลือสปา แบบที่ 2 แต่ควรปรับลวดลายและ Mood tone ให้บ่งบอกว่ามาจากเกาะสีชัง ควรปรับให้ดูสไตล์การออกแบบเป็นไทย ดูเป็นพื้นถิ่น สไตล์การออกแบบที่นำเสนอดูเป็นสินค้าต่างประเทศ

2.2 การออกแบบบรรจุภัณฑ์เจล ควรพัฒนาบรรจุภัณฑ์เจล แบบที่ 3 ควรปรับลวดลายและ Mood Tone ให้บ่งบอกว่ามาจากเกาะสีชัง ควรปรับให้ดูสไตล์การออกแบบไม่ให้ดูเป็นสินค้าต่างประเทศ ควรเพิ่มภาพที่ดูเป็นผลิตภัณฑ์ช่วยฟื้นฟูผิวหลังออกแดด

2.3 การออกแบบบรรจุภัณฑ์สบู่ ควรพัฒนาบรรจุภัณฑ์สบู่ แบบที่ 1 ควรปรับลวดลายและ Mood tone ให้บ่งบอกว่ามาจากเกาะสีชัง ควรปรับให้ดูสไตล์การออกแบบไม่ให้ดูเป็นสินค้าต่างประเทศ ปรับเพิ่มฟองสบู่ หรือเลือกใช้ตัวอักษรที่ดูสะอาดน่าใช้

เพื่อแก้ไขปัญหาการสื่อสารที่ไม่รู้สึกว่าเป็นสินค้าที่มาจากเกาะสีชัง จึงได้ออกแบบภาพประกอบเพื่อใช้บ่งบอกความเป็นเกาะสีชังบนบรรจุภัณฑ์ขึ้นใหม่ ดังภาพ 7

ภาพ 7 ภาพประกอบสำหรับใช้เพื่อบ่งบอกความเป็นเกาะสีชังบนบรรจุภัณฑ์

พัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ตามผลสำรวจความพึงพอใจจากทุกกลุ่มที่เกี่ยวข้อง โดยมีแบบพัฒนาใหม่ ดังภาพ 8 ภายหลังการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ ได้ทำการสำรวจความพึงพอใจจาก 3 กลุ่มคือ กลุ่มเจ้าหน้าที่รัฐ กลุ่มประชากรบนเกาะสีชัง และกลุ่มนักท่องเที่ยว โดยมีผลสรุปดังนี้

ภาพ 8 ภาพต้นแบบบรรจุภัณฑ์เจล (แบบใหม่)

ผลสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อต้นแบบ “บรรจุภัณฑ์เกลือสปา” จำแนกตามค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจในประเด็นคุณสมบัติด้านต่างๆ ตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มพบว่า ประเด็นคุณสมบัติที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด สำหรับเจ้าหน้าที่รัฐ คือ บรรจุภัณฑ์น่าสนใจหยิบจับ (4.17) ส่วนประชากรเกาะสีชัง ค่าเฉลี่ยสูงสุดในด้านตัวอักษรที่ใช้บนบรรจุภัณฑ์ (4.46) และสำหรับนักท่องเที่ยวมีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจมาก ในเรื่องบรรจุภัณฑ์สื่อถึงส่วนผสมที่ได้จากเกาะสีชัง และบรรจุภัณฑ์ส่งเสริมอัตลักษณ์ภาพรวมของเกาะสีชัง โดยทั้ง 2 ประเด็นมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน (3.46) ในภาพรวมค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (3.77)

ภาพ 9 ภาพต้นแบบบรรจุภัณฑ์เจล (แบบใหม่)

ผลสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อต้นแบบ “บรรจุภัณฑ์เจล” ดังภาพ 9 จำแนกตามค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจในประเด็นคุณสมบัติด้านต่างๆ ตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มพบว่า ประเด็นคุณสมบัติที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด สำหรับเจ้าหน้าที่รัฐ คือ ตัวอักษรที่ใช้บนบรรจุภัณฑ์ (4.23) ส่วนประชากรเกาะสีชัง ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดในด้านสีที่ใช้บนบรรจุภัณฑ์ (4.73) สำหรับนักท่องเที่ยวมีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจมากในเรื่องบรรจุภัณฑ์น่าสนใจหยิบจับ (4.20) ในภาพรวมค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (4.06)

ภาพ 10 ภาพต้นแบบบรรจุภัณฑ์สบู่ 3 สูตร (แบบใหม่)

ผลสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อต้นแบบ “บรรจุภัณฑ์สบู่ 3 สูตร” ดังภาพ 10 จำแนกตามค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจในประเด็นคุณสมบัติด้านต่างๆ ตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มพบว่า ประเด็นคุณสมบัติที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด สำหรับเจ้าหน้าที่รัฐ คือ ลวดลายบนบรรจุภัณฑ์ (4.23) ส่วนประชากรเกาะสีชัง ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดในด้านสีที่ใช้บนบรรจุภัณฑ์ (4.85) สำหรับนักท่องเที่ยวมีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจมากในเรื่อง บรรจุภัณฑ์น่าสนใจหยิบจับ (3.53) ในภาพรวมค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (3.93)

ภาพรวมของการออกแบบต้นแบบบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 กลุ่มผลิตภัณฑ์ สามารถดึงดูดความสนใจจากกลุ่มนักท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี นักท่องเที่ยวรู้สึกสนใจและรู้สึกอยากหยิบจับ และบรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่สามารถสื่อถึงส่วนผสมที่ได้จากเกาะสีชัง

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เกลือสครับ นิยมใช้เกลือเป็นส่วนผสมยอดนิยมชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สปา เนื่องจากเม็ดเกลือมีความละเอียดพอดีสอดคล้องกับแนวคิดของภัทรลภา บุตรดาเลิศ (2564, น.114) ช่วยในการผลัดเซลล์ผิว และการทำความสะอาดผิว นอกจากนี้เกลือยังมีสรรพคุณช่วยในเรื่องของการฆ่าเชื้อโรค สมานแผล จากการเติมน้ำมันทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดขึ้นจึงทำให้ผิวชุ่มชื้นสอดคล้องกับแนวคิดของธนวรัท จันทะนัด และคนอื่นๆ (2556, น.238) นอกจากนี้จากนี้ยังมีรายงานจากการศึกษาวิจัยแผนธุรกิจการจำหน่ายผลิตภัณฑ์สปาในประเทศ เช่น สครับเกลือขัดผิวที่มีส่วนผสมจากดอกเกลือและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ พบว่า ธุรกิจจำหน่ายผลิตภัณฑ์สปาประเภทสครับเกลือขัดผิว ในอุตสาหกรรมความงามมีแนวโน้มการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง

ทำให้เกิดเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกลือสครับที่เป็นอัตลักษณ์ของชุมชนเกาะสีชังขึ้นมา ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมาได้ สามารถตอบโจทย์การเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากผลการประเมินความพึงพอใจที่ได้จากการทำวิจัยแสดงให้เห็นว่าอาสาสมัครที่ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์พบว่าเกลือที่ได้ช่วยทำให้ผิวเรียบเนียน นุ่ม และมีกลิ่นหอมที่ช่วยผ่อนคลายระหว่างการใช้งานได้ ซึ่งในผลิตภัณฑ์มีส่วนผสมของวิตามินอีที่มีคุณสมบัติในการเพิ่มความชุ่มชื้นต่อผิว และคุณสมบัติในการผลัดเซลล์ผิวทำให้ผิวแลดูกระจ่างใส

ในส่วนของเจลว่านหางจระเข้ จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมพบว่าว่านหางจระเข้ มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Aloe vera* (Linn.) Burm. f. สารสำคัญในว่านหางจระเข้มีสารกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides) กรดอะมิโน (Amino Acid) แอนทราควิโนน (Anthraquinones) เกลือแร่ (Mineral) วิตามิน (Vitamin) เอนไซม์ (Enzyme) กรดอินทรีย์และสารอื่น เช่น แทนนิน (Tannins) สเตอรอล (Plant Sterols) สารสำคัญในการออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของว่านหางจระเข้ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นวุ้น สารสำคัญที่ออกฤทธิ์ลดการอักเสบ คือ aloctin A, Bradykininase โดย aloctin A ไปยับยั้งการสังเคราะห์ prostaglandin E2 ยับยั้ง การเกิดสารพวก Cytokines ที่ทำให้เกิดการอักเสบ ได้แก่ TNF-$\propto$ และ IL-6 ส่วน Bradykininase จะทำลาย Bradykinin ซึ่งเป็นสารที่ทำให้หลอดเลือด ขยายตัวและเกิดการอักเสบ สารสำคัญที่ออกฤทธิ์ ในการสมานแผล คือ Glucomanan มีสาร Acemannan ซึ่งกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ Fibroblast และกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน สารสำคัญที่ออกฤทธิ์ต้านการชราของผิวหนัง คือ Aloe Sterols (Cycloartenol and Lophenol) สามารถกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนได้สอดคล้องกับแนวคิดของทิพากร สิทธิการิยะ และวิภาเพ็ญ โชคดีสัมฤทธิ์ (2556, น.113) และการประเมินประสิทธิผลทางคลินิกของว่านหางจระเข้สามารถต้านการอักเสบของผิวหนังได้สอดคล้องกับแนวคิดของ ซาโกร์สกา-ดซิโอค (Zagórska-Dziok, 2017, p.86) ทำให้ผู้วิจัยเลือกการพัฒนาเจลว่านหางจระเข้ในการสร้างอัตลักษณ์ให้ชุมชนเกาะสีชัง นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์สบู่ก้อน ซึ่งปัจจุบันนี้มีการผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามาจากพืชสมุนไพรในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพมากขึ้นสอดคล้องกับแนวคิดของอติวัฒน์ คีรีเพ็ชร และคนอื่นๆ (2564, น.239) จากงานวิจัยที่ผ่านมา ความพึงพอใจในการใช้ผลิตภัณฑ์เจลว่านหางจระเข้ โดยให้ความชุ่มชื้นต่อผิวได้ดี เนื้อเจลบางเบา การซึมซาบเข้าสู่ผิว และมีบรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม ให้ความชุ่มชื้นต่อผิว ลดการระคายเคือง ลดอาการแสบของผิวหลังสัมผัสแสงแดด นอกจากนี้เนื้อเจลไม่มีความเหนอะหนะหลังการใช้ ดูดซึมได้ค่อนข้างเร็ว และมีกลิ่นที่ไม่ฉุนจนเกินไป ปริมาณที่พอเหมาะ มีรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ ทำให้มีความน่าสนใจอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับแนวคิดของสุธาสินี อัมพิลาศรัย (2565, น.18)

จากการศึกษาด้านพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพและนิยมใช้ผลิตภัณฑ์ที่มาจากธรรมชาติมากขึ้น ทำให้เครื่องสำอางสมุนไพรและรักษาผิวกว่า 70% หันมาใช้วัตถุดิบจากสมุนไพรเป็นส่วนประกอบ แต่มูลค่าตลาดของเครื่องสำอางสมุนไพรลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงปี 2558 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา ทั้งนี้เป็นผลจากจำนวนผู้ประกอบการในตลาดผลิตเครื่องสำอางมีมากขึ้น และการแข่งขันด้านราคาที่รุนแรง สอดคล้องกับแนวคิดของชุติมา วิทักษบุตร และนภวรรณ คณานุรักษ์ (2560, น.594) แต่มูลค่าตลาดของสบู่สมุนไพรกลับเพิ่มขึ้นทุกปี ดูได้จากส่วนแบ่งการตลาดของสบู่ก้อน ที่แยกประเภทได้ดังนี้ 1) สบู่สมุนไพร 2) สบู่สำหรับผู้ชาย 3) สบู่เพื่อสุขภาพหรือสบู่ฆ่าเชื้อ 4) สบู่เพื่อความงาม 5) สบู่เด็ก ซึ่งพบว่าส่วนแบ่งการตลาดของสบู่ก้อนประเภทสบู่สมุนไพรมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่ปี 2555 เท่ากับ 24% จนในปี 2557 มีส่วนแบ่งการตลาดของสบู่สมุนไพรเท่ากับ 33% และมีแนวโน้มที่สัดส่วนจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะมีแรงหนุนหลักมาจากพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เป็นหนึ่งในตัวเลือกที่นำมาพัฒนาต่อยอดเป็นสบู่ก้อนที่เป็นอัตลักษณ์ของเกาะสีชัง ผลการประเมินผลิตภัณฑ์สบู่ที่พัฒนาขึ้นมา อาสาสมัครส่วนใหญ่ประเมินว่าสามารถทำความสะอาดผิวได้ดี ผิวไม่แห้งกร้านหลังการใช้ ทั้งนี้เนื่องจากในส่วนผสมประกอบด้วยสารสกัดว่านหางจระเข้ที่ให้ความชุ่มชื้นต่อผิว

หลังการใช้ แต่อาสาสมัครบางส่วนให้ข้อเสนอแนะเรื่องของกลิ่นว่าไม่ติดผิว ซึ่งทางทีมผู้วิจัยได้รับทราบและนำมาแก้ไขปรับปรุงโดยการเพิ่มสัดส่วนของน้ำหอมในสูตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ได้แก่ เกลือสครับ, เจลว่านหางจระเข้ และสบู่ก้อน ของชุมชนในเขตอำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี สามารถนำมายกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเพื่อเป็นอัตลักษณ์ของชุมชน และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ และจากการทดสอบความคงตัวพบว่าผลิตภัณฑ์และขนส่งให้กับชุมชนได้ นอกจากนี้การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการของตลาด เพิ่มความน่าใช้ ดึงดูดใจ มีความน่าซื้อมากขึ้น รวมถึงผลิตภัณฑ์สามารถนำไปถ่ายทอดให้ชุมชนเพื่อผลิตในการจำหน่าย หรือพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ชุมชนสามารถนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดในอนาคตโดยสร้างมาตรฐานการผลิต และการทดสอบโดยใช้บริการศูนย์วิจัย หรือศูนย์ทดสอบที่ได้มาตรฐาน รวมถึงการสร้างแบรนด์ ตลอดจนการขึ้นทะเบียนหรือยื่นจดแจ้ง เพื่อเพิ่มมูลค่า และความน่าเชื่อถือให้สามารถจัดจำหน่ายได้ในระยะยาว และส่งขายนอกพื้นที่เกาะสีชัง
2. ชุมชนสามารถนำไปต่อยอดในการสร้างสินค้าประจำชุมชน และเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนได้จริง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. มีการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ได้แก่ เกลือสครับ, เจลว่านหางจระเข้ และสบู่ก้อน ในด้านอื่นๆ เพิ่มขึ้น และมีการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์หลังใช้อย่างต่อเนื่อง
2. เพิ่มจำนวนกลุ่มประชากรเป้าหมายในการเก็บข้อมูลให้มีจำนวนมากขึ้น เพื่อเพิ่มประโยชน์และความน่าเชื่อถือของงานวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย และขอขอบคุณชุมชนเทศบาลเกาะสีชัง อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี และอาสาสมัครทุกท่านที่ให้การสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชุติมา วิทักษบุตร และนภวรรณ คณานุรักษ์. (2560, 17 สิงหาคม). *การแบ่งกลุ่มผู้ใช้สบู่ก้อนทำความสะอาดผิวกายที่ผลิตจากสมุนไพรโดยใช้ปัจจัยด้านการใช้ผลิตภัณฑ์ ในเขตกรุงเทพมหานคร* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 12 ปีการศึกษา 2560, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต.

ทิพากร สิทธิการิยะ และวิภาเพ็ญ โชคดีสัมฤทธิ์. (2562). การศึกษาประสิทธิผลของการทาเจลว่านหางจระเข้ในการรักษาริ้วรอยรอบดวงตา. *วารสารการแพทย์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ*, *26*(3), 113-124. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/jmhs/article/view/231295

ธนวรัท จันทะนัด, กานต์ชนก ดอนโชติ, นภภัคใจ ภักดี, และเอกพล ลิ้มพงษา. (2556). การพัฒนาเกลือขัดผิวที่เตรียมจากเกลือทะเล. *วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน, 9*(1), 236-239. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/IJPS/article/view/7780

ภัทรลภา บุตรดาเลิศ. (2564). การศึกษาเกลือสินเธาว์สู่การแปรรูปผลิตภัณฑ์เกลือสปาเพื่อกิจกรรมการท่องเที่ยวเพื่อสุขภาพโดยใช้กิจกรรมการมีส่วนร่วมของชุมชน: อำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารสุทธิปริทัศน์*, *35*(3), 114–131. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/DPUSuthiparithatJournal/article/view/251899

สุธาสินี อัมพิลาศรัย. (2565). ความพึงพอใจของผู้บริโภคเจลว่านหางจระเข้เพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของวิสาหกิจชุมชนบ้านทะเลหอม ตำบลหาดเจ้าสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารสังคมวิจัยและพัฒนา, 4*(4), 18-30. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/JMARD/article/view/257058

สุธีธรรม กิ่งนันท์สิงห์, เสรี วงษ์มณฑา, และผกามาศ ชัยรัตน์. (2566). การส่งเสริมอัตลักษณ์การท่องเที่ยวเชิงอาหาร อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี. *วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น*, *9*(2), 119-130. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jsa-journal/article/view/258622

อติวัฒน์ คีรีเพ็ชร, จิตติมา ดำรงวัฒนะ, อุดมศักดิ์ เดโชชัย, และเดโช แขน้ำแก้ว. (2564). สบู่ว่าน : แนวทางส่งเสริมวิธีการทำสบู่ว่านหางจระเข้ ชุมชนบ้านในหมง หมู่ที่ 6 ตำบลพรหมโลก อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารครุศาสตร์วิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย*, *6*(3), 239-259. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/jeducrru/article/view/255255

Health Sciences Authority. (2025, January 16). *ASEAN Cosmetic Directive (ACD)*. https://www.hsa.gov.sg/cosmetic-products/asean-cosmetic-directive

ICH Guidelines. (n.d.). https://www.ich.org/page/ich-guidelines

Zagórska-Dziok, M., Furman-Toczek, D., Dudra-Jastrzębska, M., Zygo, K., Stanisławek, A., & Kapka-Skrzypczak, L. (2017). Evaluation of clinical effectiveness of Aloe vera – a review. *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*, *11*(1), 86–93. https://doi.org/10.26444/jpccr/74577

การพัฒนาระบบการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันของคนสามวัย โดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย

วันที่รับ : 23 เมษายน 2567
วันที่แก้ไข : 10 สิงหาคม 2567
วันที่ตอบรับ : 13 สิงหาคม 2567

เผด็จการ กันแจ่ม[1], สุนีย์ กันแจ่ม[1*] และจงรัก ดวงทอง[1]
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
จังหวัดอุตรดิตถ์
*Corresponding author e-mail: sunee_26@uru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการส่งเสริมการสร้างต้นแบบการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยโดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย และเสริมสร้างขีดความสามารถของแกนนำในการขับเคลื่อนระบบการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันของคนสามวัย กลุ่มเป้าหมายเป็นคนสามวัยประกอบด้วยผู้สูงอายุ วัยทำงานและเยาวชน โดยคัดเลือกแบบเจาะจง กลุ่มวัยละ 10 คน รวม 30 คนต่อพื้นที่ ในพื้นที่ตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง ตำบลคอรุม อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์ ตำบลเจดีย์ชัย ตำบลไชยวัฒนา อำเภอปัว จังหวัดน่าน และตำบลหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ จำนวน 150 คน โดยการใช้นวัตกรรมการอยู่รวมกันของคนสามวัย คือ SIDASES (S = Situation, I = Information, D = Development, A = Activity, S = System, E = Evaluation, S = Share) ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ แนวคำถามกึ่งโครงสร้างและแบบประเมินสมรรถนะนวัตกรชุมชน การวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ 1) ระยะเตรียมความพร้อม 2) ระยะดำเนินงานพัฒนาศักยภาพ 3) ระยะประเมินผล 4) ระยะสะท้อนผล โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า ระบบการส่งเสริมการสร้างต้นแบบการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยโดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมความพร้อม 2) การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล 3) การพัฒนาศักยภาพแกนนำชุมชน 4) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5) การเชื่อมงานการจัดการความรู้และนวัตกรรม 6) การประเมินผล และ 7) สะท้อนผล ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น คือ เกิดองค์ความรู้และนวัตกรรมชุมชนในการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน ใน 3 ลักษณะ ได้แก่ (1) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยบุคลากรใน อปท. (2) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยผู้นำชุมชน (3) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยกลุ่มแกนนำผู้สูงอายุ และได้เสริมสร้างขีดความสามารถของแกนนำทำให้เกิดนวัตกรชุมชน 25 คน ที่สามารถสื่อสารและประสานงานกับกลุ่มคนสามวัย และหน่วยงานภาครัฐได้ สามารถขับเคลื่อนกิจกรรมของคนสามวัยได้ สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้แนวคิดการขับเคลื่อนการเรียนรู้คนสามวัยได้ และเกิดพื้นที่การเรียนรู้ของคนสามวัย 5 พื้นที่ จากผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางการดำเนินงานของกลุ่มแกนนำในชุมชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการขับเคลื่อนงานของคนสามวัยในพื้นที่ที่มีบริบทใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: การส่งเสริมการอยู่ร่วมกัน, คนสามวัย, การมีส่วนร่วม, ภาคีเครือข่าย

DEVELOPING A SYSTEM TO PROMOTE THE COEXISTENCE OF PEOPLE OF THREE AGES THROUGH THE PARTICIPATION OF NETWORK PARTNERS

Received : April 23, 2024
Revised : August 10, 2024
Accepted : August 13, 2024

Padetkan Kancham[1], Sunee Kancham[1*] and Jongruk Duangthong[1]
[1]Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, Thailand
*corresponding author e-mail: sunee_26@uru.ac.th

Abstract

Action research design aimed to develop a system for promoting of a model for the coexistence of people in a three-age group through the participation of the networks and strengthening the capacity of the leaders in driving the system to encourage coexistence. A sample was selected from a three-age group consisting of elderly representative, working age representative and youth representative, by purposive sampling, groups of 10 people per age group, a total 30 people per area. Community network in the area of Pasao sub-district, Mueang district, Korrum sub-district, Pichai district, Uttaradit province Jedeechai sub-district Chaiwattana sub-district, Pua district, Nan province and Nongmuangkai sub-district, Nongmuangkai district, Phrae province, a total 150 people. By using innovations for coexistence of a three-age group name is SIDASES (S =Situation, I =Information, D =Development, A =Activity, S =System, E = Evaluation, S-Share), 1 year processing period. The instruments used include semi-structured questionnaires and community innovators competency assessments. This research was divided into 4 stages: 1) Preparatory stage 2) Performance development stage 3) Evaluation stage 4) Reflection stage, by using content analysis. The results of the study were as follows: The promoting of a model for the coexistence of people in a three-age group through the participation of the networks consists of 7 steps: 1) preparation 2) data analysis and synthesis 3) developing the capacity of the leaders 4) organizing learning activities 5) integration of knowledge management and innovation 6) assessing the outcomes 7) reflection of results. The result revealed that has knowledge and innovation of the community in promoting the coexistence of people in a three-age group three characteristics is (1) a mechanism to drive the activities of a three-age group by personnel in the Local government (2) Community leaders (3) Elderly leaders. 25 community innovators who were developed to be able to communicate and coordinate with people in a three-age group and government agencies, can drive the activities of people in a three-age group, able to transfer knowledge and concepts to drive learning for people in a three-age group. There were learning area for people in a three-age group in 5 areas. The results of this research can be used as a guideline for the community leading groups and relevant agencies to drive the activities of a three-age group in areas with similar contexts.

Keywords: Promoting coexistence, Three ages, Participation, Network

บทนำ

ประเทศไทยเป็นสังคมสูงอายุอย่างสมบูรณ์ในปี 2565 สัดส่วนผู้สูงอายุเพิ่มเป็นร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมด และในปี 2583 จำนวนผู้สูงอายุของไทยจะเพิ่มเป็น 20.5 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 31.4 ของประชากรทั้งหมด (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2566, น.80) การที่มีสัดส่วนผู้สูงอายุเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการพึ่งพิงสูง ผู้ที่อยู่ในวัยทำงานต้องทำงานหนัก เพื่อหารายได้มาดูแลผู้สูงอายุ อาจส่งผลให้ผู้สูงอายุขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับคนในครอบครัว หรืออาจถูกทอดทิ้งได้ ประกอบกับปัญหาสุขภาพร่างกาย เช่น โรคเรื้อรังต่างๆ (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2566, น.81) นอกจากนี้ ผู้สูงอายุยังพบปัญหาป่วยติดเตียง และการเป็นโรคอัลไซเมอร์ซึ่งพบมากขึ้นในกลุ่มผู้สูงอายุ รวมทั้งปัญหาด้านรายได้ที่ไม่เพียงพอในกลุ่มผู้สูงอายุที่เจ็บป่วยไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ หรือผู้สูงอายุที่มีหนี้สินจากการกู้ยืมเงินให้กับบุตร (ศีลิยา สุขอนันต์ และคนอื่นๆ, 2565) และส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ซึ่งในการดูแลผู้สูงอายุให้ครอบคลุมประชากรทุกเพศทุกวัยทุกระดับและไม่ทิ้งผู้สูงอายุกลุ่มใดไว้ข้างหลัง หน่วยงานภาครัฐจึงเป็นองค์กรสำคัญที่จะขับเคลื่อนผลักดันการสร้างนวัตกรรมเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของสังคมสูงอายุ ในงานขับเคลื่อนงานผู้สูงอายุที่ผ่านมา มีการกำหนดแผนนวัตกรรมต่างๆ ประกอบด้วย นวัตกรรมความรู้ทางการเงินเพื่อสังคมสูงอายุ (Innovation in Financial Literacy for Ageing Society) นวัตกรรมด้านสุขภาพเพื่อผู้สูงอายุ โดยร่วมกับกระทรวงสาธารณสุข Application สิทธิต่างๆ ของผู้สูงอายุ (Gold Application) นวัตกรรมกับเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ (Age-Friendly City) นวัตกรรมการบริหารดูแลผู้สูงอายุที่บ้าน รวมไปถึงนวัตกรรมด้านอาหารเครื่องดื่ม การแต่งกาย (สำนักงาน ก.พ., 2561, น.23)

การดำเนินงานสังคมสูงวัย มีความสอดคล้องกับแผนผู้สูงอายุฉบับที่ 2 (พ.ศ.2545-2564) ในยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการส่งเสริมผู้สูงอายุ ไม่ว่าจะเป็นมาตรการการส่งเสริมความรู้ด้านการส่งเสริมสุขภาพ ป้องกัน ดูแลตนเองเบื้องต้น มาตรการการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันและสร้างความเข้มแข็งขององค์กรผู้สูงอายุ มาตรการส่งเสริมด้านการทำงานและการหารายได้ของผู้สูงอายุ มาตรการส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้สูงอายุมีที่อยู่อาศัยและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและปลอดภัย จากแนวโน้มการตื่นตัวของชุมชนในการรวมกลุ่มและมีการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้กระบวนการชุมชนเข้มแข็งที่ให้คนในชุมชนเป็นแกนหลักในการร่วมคิดร่วมทำเพื่อชุมชน การจัดการความรู้ในชุมชนและการหนุนเสริมจากท้องถิ่น และภาคส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เกิดชุมชนต้นแบบที่มีความเข้มแข็งเป็นแบบอย่างเพื่อเรียนรู้และประยุกต์ใช้ กระจายทั่วในทุกภูมิภาคของประเทศ (สำนักงานประสานการพัฒนานโยบายรองรับสังคมสูงวัย, 2562) นอกจากนี้พบว่า การส่งเสริมการอยู่ร่วมกันในสังคมสูงวัยอย่างมีคุณภาพ โดยการปลูกฝัง การเตรียมความพร้อม และการปรับตัวของคนทุกช่วงวัย โดยในส่วนของภาคีเครือข่ายที่เป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุควรได้รับการพัฒนาอย่างคู่ขนานควบคู่ไปกับการพัฒนาผู้สูงอายุ เพื่อให้เป็นพลังที่เข้มแข็งในการสนับสนุนให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน (ศีลิยา สุขอนันต์ และคนอื่นๆ, 2565) และการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน พบว่า ภาคีเครือข่ายในชุมชนมีบทบาทในการร่วมกันพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุมากขึ้น (ศิรประภา หล้าสิงห์ และคนอื่นๆ, 2563, น.29) จากการทบทวนนวัตกรรมการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยเพื่อแก้ปัญหาและความต้องการในการดูแลและช่วยเหลือของผู้สูงอายุ พบว่าการที่จะทำให้ผู้สูงอายุสามารถอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุขจำเป็นต้องมีการสื่อสาร พูดคุยและทำกิจกรรมร่วมกับคนในชุมชน และได้รับการสนับสนุนจากภาคีเครือข่าย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้จากการพัฒนาศักยภาพในการดูแลตนเองของผู้สูงอายุ ได้นำไปใช้ที่ชมรมผู้สูงอายุทุ่งรักชัยพัฒน์ องค์การบริหารส่วนตำบลแม่นางขาว อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา และการพัฒนาสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อผู้สูงอายุได้นำไปใช้ที่ศูนย์เอนกประสงค์ผู้สูงอายุ เทศบาลตำบลแม่หล่าย อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ (เครือข่ายร่วมสร้างชุมชนท้องถิ่นน่าอยู่, 2557)

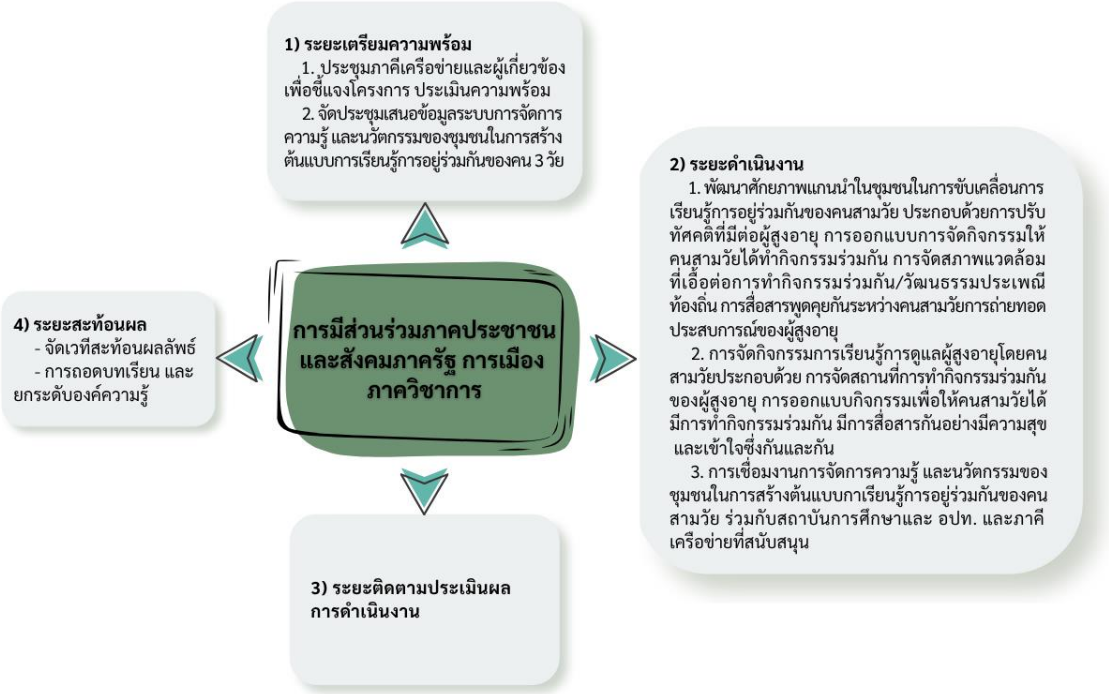
นวัตกรรมที่ประยุกต์ใช้ในการอยู่รวมกันของคนสามวัยคือ SIDASES (S = Situation, I = Information, D = Development, A = Activity, S = System, E = Evaluation, S = Share) เป็นนวัตกรรมที่พร้อมใช้ ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการออกแบบและปรับใช้ตามความต้องการและตามบริบท โดยมีขั้นตอนการปรับใช้นวัตกรรม คือ สำรวจข้อมูลเดิมของพื้นที่เพื่อหาปัญหา (Paint Point) ในแต่ละพื้นที่แล้วนำนวัตกรรมไปปรับใช้ตามปัญหา (Paint Point) นั้น ได้แก่ พัฒนาศักยภาพนวัตกรชุมชนตามจุดอ่อนของนวัตกรในแต่ละพื้นที่ (Development) และร่วมออกแบบกิจกรรมตามความต้องการชุมชนของแต่ละพื้นที่ (Activity) รวมถึงระบบการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยในแต่ละพื้นที่ (System) การพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ในเขตบริการวิชาการของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ได้แก่ จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดแพร่ และจังหวัดน่าน มีพื้นที่ปฏิบัติการ 13 พื้นที่ โดยคัดเลือกจากทุนเดิมที่มีประสบการณ์การทำงานพัฒนาศักยภาพผู้สูงอายุร่วมกับพื้นที่จากหลากหลายแหล่งทุน จากการวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน พบว่ามี 5 พื้นที่ที่มีปัญหาขาดการดำเนินกิจกรรมร่วมกันของคนสามวัย และขาดพื้นที่ที่คนในชุมชนมาเรียนรู้ร่วมกันโดยมีผู้สูงอายุเป็นศูนย์กลางการถ่ายทอดองค์ความรู้ ได้แก่ องค์การบริหารส่วนตำบลป่าเซ่า อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ตำบลคอรุม อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์ ตำบลเจดีย์ชัย อำเภอปัว จังหวัดน่าน ตำบลไชยวัฒนา อำเภอปัว จังหวัดน่าน และตำบลหนองม่วงไข่ อำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงทำการวิจัยการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันของคนสามวัย เพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถของคนสามวัย (เยาวชน วัยทำงาน วัยผู้สูงอายุ) ในการใช้ชีวิตร่วมกันอย่างมีความสุข เพื่อให้ครัวเรือนและชุมชนที่มีผู้สูงอายุสามารถดูแลผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสมทั้งในเรื่องสุขภาพ ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม รวมถึงคนในชุมชนและเครือข่ายในพื้นที่สามารถสนับสนุนให้เกิดระบบการส่งเสริมการสร้างต้นแบบการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้องค์ความรู้ที่ได้ดำเนินการและเกิดผลลัพธ์ที่ชัดเจนมาขยายผลในพื้นที่ที่มีความสนใจและมีความต้องการที่จะพัฒนาระบบการส่งเสริมการสร้างต้นแบบการอยู่ร่วมกันของคนสามวัย โดยมีเป้าหมายสูงสุดคือ เกิดกลไกการการสร้างต้นแบบการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยโดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่ายอย่างยั่งยืน ผู้สูงอายุมีความสุข และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นทั้งในเรื่องสุขภาพ ด้านสังคม และสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบการส่งเสริมการสร้างต้นแบบการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยโดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย
2. เพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถของแกนนำในการขับเคลื่อนระบบการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันของคนสามวัย

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยมีระยะเวลาดำเนินการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 ถึง วันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2565

กลุ่มเป้าหมาย

เป็นตัวแทนกลุ่มคนสามวัยประกอบด้วยผู้สูงอายุ(ผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป) วัยทำงาน(ผู้ที่มีอายุ 26-59 ปี) และเยาวชน(ผู้ที่มีอายุไม่เกิน 25 ปี) ในพื้นที่ 5 ตำบลใน 3 จังหวัด ได้แก่ ตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ตำบลคอรุม อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์ ตำบลหนองม่วงไข่ อำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ ตำบลเจดีย์ชัย อำเภอปัว จังหวัดน่าน และตำบลไชยวัฒนา อำเภอปัว จังหวัดน่าน โดยคัดเลือกแบบเจาะจง กลุ่มวัยละ 10 คน รวม 30 คนต่อพื้นที่ รวมทั้งหมด 150 คน โดยมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) เป็นผู้ที่สามารถสื่อสารกับผู้สูงอายุ วัยทำงาน เยาวชนได้

2) เป็นผู้ที่อยู่ในชุมชนมาแล้วอย่างน้อย 10 ปี มีข้อมูลชุมชนและมีความเข้าใจในชุมชนเป็นอย่างดี

3) เป็นผู้ยินยอมเข้าร่วมโครงการครบกระบวนการได้

การวิจัย

แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ 1. ระยะเตรียมความพร้อม 2. ระยะดำเนินงาน 3. ระยะติดตามประเมินผลการดำเนินงาน และ 4. ระยะสะท้อนผล ดังนี้

1. ระยะเตรียมความพร้อม การวางแผนร่วมกันและระดมทุนพื้นที่ประกอบด้วย

1.1 การประเมินสถานการณ์ชุมชน ความพร้อมของชุมชนในการสร้างการเรียนรู้ในการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แนวคำถามเกี่ยวกับการประเมินสถานการณ์ชุมชน ความพร้อมของชุมชนในการสร้างการเรียนรู้ในการอยู่รวมกันของคนสามวัย แนวคำถามกึ่งโครงสร้างสำหรับการสัมภาษณ์และสนทนากลุ่มผู้เกี่ยวข้องและภาคีในเรื่องการอยู่ร่วมกันของคนสามวัย

1.2 จัดประชุมเสนอข้อมูลระบบการจัดการความรู้ และนวัตกรรมของชุมชนในการสร้างต้นแบบการเรียนรู้การอยู่ร่วมกันของคนสามวัยผู้สูงอายุ ให้กับภาคีเครือข่ายเพื่อสะท้อนสภาพปัญหาแนวทางแก้ไข และร่วมกันกำหนดบทบาทของตนในการดูแลผู้สูงอายุ จัดตั้งคณะทำงาน และออกแบบ/วางแผนการดำเนินงานของแต่ละพื้นที่

2. ระยะดำเนินงาน การพัฒนาศักยภาพและเชื่อมเครือข่ายระบบการจัดการความรู้ และนวัตกรรมของชุมชนในการในการสร้างการเรียนรู้ในการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยผ่านกระบวนการอบรมเชิงปฏิบัติการประกอบด้วย

2.1 การพัฒนาศักยภาพแกนนำในชุมชนในการขับเคลื่อนการเรียนรู้การอยู่ร่วมกันของคนสามวัยประกอบด้วย การปรับทัศคติที่มีต่อผู้สูงอายุ การออกแบบการจัดกิจกรรมให้คนสามวัยได้ทำกิจกรรมร่วมกัน การจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการทำกิจกรรมร่วมกัน/วัฒนธรรมประเพณีท้องถิ่น การสื่อสารพูดคุยกันระหว่างคนสามวัย การถ่ายทอดประสบการณ์ของผู้สูงอายุ

2.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การดูแลผู้สูงอายุโดยคนสามวัยประกอบด้วย การจัดสถานที่การทำกิจกรรมร่วมกันของผู้สูงอายุ การออกแบบกิจกรรมเพื่อให้คนสามวัยได้มีการทำกิจกรรมร่วมกัน มีการสื่อสารกันอย่างมีความสุขและเข้าใจซึ่งกันละกัน เครื่องมือที่ใช้ในการในการวิจัยคือแบบสังเกตและบันทึกภาคสนามเพื่อบันทึกกระบวนการจัดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์การทำงานของภาคีเครือข่าย บรรยากาศ และกระบวนการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องในการดำเนินงาน

2.3 จัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้การเชื่อมงานการจัดการความรู้ และนวัตกรรมของชุมชนในการดูแลผู้สูงอายุ ร่วมกับสถาบันการศึกษาและ อปท. และภาคีเครือข่ายที่สนับสนุน ซึ่งมีการกำหนดผู้ขับเคลื่อนหลักโดยการพิจารณาร่วมกัน ดังนี้ 1) พิจารณาตามโครงสร้างและบทบาทหน้าที่ของคณะทำงาน 2) พิจารณาตามสมรรถนะและความสามารถของคณะทำงาน

3. ระยะประเมินผล เสริมพลังชุมชนร่วมกับภาคีเครือข่ายร่วมรับผิดชอบ (องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น) ดำเนินการในการสร้างการเรียนรู้การอยู่ร่วมกันของคนสามวัย

3.1 ลงพื้นที่ติดตามการดำเนินกิจกรรม ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความเหมาะสมของรูปแบบกิจกรรม เวลา และสถานที่ ร่วมถึงปัญหาอุปสรรคในการจัดกิจกรรม จากการสัมภาษณ์คณะทำงาน

3.2 ภาคีเครือข่ายร่วมรับผิดชอบติดตามและหนุนเสริมการทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง

4. ระยะสะท้อนผล คณะผู้วิจัยติดตามสนับสนุน และประเมินผล และนำบทเรียนรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อเนื่อง

4.1 จัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้มแข็งของเครือข่ายรวมถึงสร้างแนวทางการสร้างการจัดการความรู้ และนวัตกรรมของชุมชนในการสร้างต้นแบบการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยอย่างยั่งยืน

4.2 จัดเวทีถอดบทเรียนและยกระดับจัดการความรู้ และนวัตกรรมของชุมชนรวมถึงนวัตกรในชุมชนที่สามารถสร้างการเรียนรู้ของคนสามวัยและเชื่อมประสานภาคีเครือข่ายในการความยั่งยืนในการเรียนรู้การอยู่ร่วมกันของคนสามวัยตามสถานการณ์ปัจจุบัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ การสนทนากลุ่ม การสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้เชิงพื้นที่ และการจัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

การรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การวิจัยนี้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากหน่วยจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เลขที่ URU-REC 054/64

ผลการวิจัย

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การพัฒนาระบบการส่งเสริมการสร้างต้นแบบการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยโดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย โดยการประยุกต์นวัตกรรมพร้อมใช้ (SIDASES) พบว่า ระบบการส่งเสริมการสร้างต้นแบบการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยโดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมความพร้อมโดยการประเมินสถานการณ์ชุมชน ความพร้อมของชุมชน 2) การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อออกแบบและวางแผนการดำเนินกิจกรรม 3) การพัฒนาศักยภาพแกนนำชุมชน 4) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การดูแลผู้สูงอายุโดยคนสามวัย 5) การเชื่อมงานการจัดการความรู้และนวัตกรรมในการสร้างต้นแบบการเรียนรู้การอยู่ร่วมกันของคนสามวัยร่วมกับสถาบันการศึกษาและ อปท. และภาคีเครือข่ายที่สนับสนุน 6) การประเมินผล และ 7)สะท้อนผลการดำเนินงาน ในส่วนผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น คือ เกิดองค์ความรู้และนวัตกรรมชุมชนเกี่ยวกับการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน เกิดระบบการส่งเสริมการสร้างต้นแบบการเรียนรู้การอยู่ร่วมกันของคนสามวัยโดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย ใน 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยบุคลากรใน อปท. 2) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยผู้นำชุมชน 3) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยกลุ่มแกนนำผู้สูงอายุ เกิดพื้นที่การเรียนรู้การอยู่ร่วมกันของคนสามวัย และเกิดนวัตกรชุมชนด้านสร้างต้นแบบการเรียนรู้การอยู่ร่วมกันของคนสามวัย จากข้อค้นพบทั้ง 3 ลักษณะเกิดจากแกนนำหลัก โดยพิจารณาบทบาทหน้าที่ตามโครงสร้างคณะทำงาน สมรรถนะและความสามารถในการขับเคลื่อนกิจกรรมของคนสามวัยได้ ดังภาพ 2

ภาพ 2 การพัฒนาระบบการส่งเสริมการสร้างต้นแบบการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยโดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 การเสริมสร้างขีดความสามารถของแกนนำในการขับเคลื่อนระบบการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันของคนสามวัย โดยการพัฒนานวัตกรชุมชนในการขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัย เริ่มจากค้นหาตัวแทนของคนสามวัยตามคุณสมบัติเบื้องต้น คือ 1. เป็นผู้ที่สามารถสื่อสารกับผู้สูงอายุ วัยเด็กและเยาวชน วัยทำงานได้

2. เป็นผู้ที่มีข้อมูลชุมชนและมีความเข้าใจในชุมชนเป็นอย่างดี 3. เป็นผู้ที่สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับบุคคลอื่นได้ จากนั้นให้นวัตกรชุมชนค้นหาและคัดเลือกคณะทำงานที่จะขับเคลื่อนกิจกรรมของคนสามวัย มีการพัฒนาศักยภาพนวัตกรชุมชน และสร้างแนวทางการขับเคลื่อนงานร่วมกันคือ มีการออกแบบกิจกรรมร่วมกัน มีการจัดตั้งกติการ่วมกัน มีการกำหนดโครงสร้างและบทบาทคณะทำงานให้ชัดเจน มีการนัดหมายประชุมต่อเนื่องเพื่อติดตามประเมินผลต่อเนื่องและทบทวนข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ในการทำงาน โดยมุ่งเน้นดำเนินกิจกรรมร่วมกันของคนสามวัยโดยการถ่ายทอดประสบการณ์จากผู้สูงอายุไปยังกลุ่มคนสามวัยประกอบด้วย การฟ้อนรำ การออกกำลังกาย การเล่นดนตรีไทย ภูมิปัญญาด้านสมุนไพร และมีการติดตามประเมินผลเพื่อการเรียนรู้โดยนวัตกรชุมชนและเครือข่ายที่ทำงานร่วมกับนวัตกร (นักวิจัยและเจ้าหน้าที่ อปท.) ทำให้ชุมชนเกิดการเปลี่ยนแปลง มีการขยายผลการดำเนินกิจกรรมที่มีการบูรณาการร่วมกับภาคีเครือข่ายระดับตำบล ประกอบด้วย กศน. หน่วยบริการสุขภาพ (โรงพยาบาล โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล) โรงเรียนในพื้นที่ สสส. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ กลุ่มสภาเด็กและเยาวชน โรงเรียนผู้สูงอายุ ชมรม อสม. และชมรม ผ่านการจัดเวทีคืนข้อมูล ประชาสัมพันธ์กิจกรรมเพื่อเชื่อมงานกับหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของคนสามวัย สนับสนุนให้กิจกรรมของคนสามวัย เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของงานประเพณีประจำพื้นที่ระดับอำเภอ และระดับจังหวัด จัดทำเอกสารเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ไปยังหน่วยงานและภาคีเครือข่ายต่างๆ

นวัตกรชุมชนในการดำเนินงานวิจัยสามารถจัดระดับสมรรถนะของนวัตกรชุมชนเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 การสื่อสารและการประสานงาน ระดับ 2 ขับเคลื่อนกิจกรรม ระดับ 3 ถ่ายทอดองค์ความรู้และใช้นวัตกรรมของชุมชน และระดับ 4 การจัดการความรู้และการขยายผล หลังการพัฒนาศักยภาพ พบว่า เกิดนวัตกรชุมชนทั้งหมด 5 พื้นที่ จำนวน 25 คน ที่ได้รับการพัฒนาจนสามารถสามารถสื่อสารและประสานงาน กับกลุ่มคนสามวัยและหน่วยงานภาครัฐได้ สามารถขับเคลื่อนกิจกรรมของคนสามวัยได้ สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้แนวคิดการขับเคลื่อนการเรียนรู้คนสามวัยได้ มีพื้นที่การเรียนรู้ 1 แห่ง และมีผู้ขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัย 3 รูปแบบ ได้แก่ ขับเคลื่อนโดยบุคลากรจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) จำนวน 2 แห่ง ขับเคลื่อนโดยผู้นำชุมชน จำนวน 2 แห่ง และขับเคลื่อนโดยแกนนำผู้สูงอายุ จำนวน 1 แห่ง ซึ่งในแต่ละพื้นที่มีคณะทำงาน และแผนการดำเนินงาน ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงจำนวนนวัตกร พื้นที่การเรียนรู้ ผู้ขับเคลื่อนหลัก คณะทำงาน และแผนของแต่ละพื้นที่

พื้นที่	นวัตกร	พื้นที่การเรียนรู้	ผู้ขับเคลื่อนหลัก	คณะทำงาน	แผน
ตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์	5 คน	วิทยาลัยนิรชรา	อปท.	11 คน	1 แผน
ตำบลคอรุม อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์	5 คน	ศูนย์สามวัยองค์การบริหารส่วนตำบลคอรุม	อปท.	19 คน	1 แผน
ตำบลหนองม่วงไข่ อำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่	5 คน	สวนสาธารณะหนองหลวง	ผู้นำชุมชน	15 คน	1 แผน
ตำบลเจดีย์ชัย อำเภอปัว จังหวัดน่าน	5 คน	ลานออกกำลังกายบ้านทุ่งชัย	กลุ่มผู้สูงอายุ	16 คน	1 แผน
ตำบลไชยวัฒนา อำเภอปัว จังหวัดน่าน	5 คน	ศูนย์การเรียนรู้คนสามวัย อบต.ไชยวัฒนา	ผู้นำชุมชน	21 คน	1 แผน

อภิปรายผลการวิจัย

ระบบการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันของคนสามวัย เกิดกลไกการเชื่อมงานการจัดการความรู้ และนวัตกรรมของชุมชนในการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันคนสามวัยร่วมกับสถาบันการศึกษา อปท. และภาคีเครือข่ายที่สนับสนุนใน 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยบุคลากรใน อปท. 2) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยผู้นำชุมชน 3) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยกลุ่มแกนนำผู้สูงอายุ มีการบูรณาการร่วมกับภาคีเครือข่ายระดับตำบล ประกอบด้วย กศน. หน่วยบริการสุขภาพ (โรงพยาบาล โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล) โรงเรียนในพื้นที่ สสส. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ กลุ่มสภาเด็กและเยาวชน โรงเรียนผู้สูงอายุ ชมรม อสม. และชมรมกำนันผู้ใหญ่บ้าน โดยสนับสนุนทั้งในด้านบุคลากร วิชาการ การประสานงาน งบประมาณ สถานที่ในการจัดตั้งศูนย์เรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของธิติรัตน์ ราศิริ และอาจินต์ สงทับ (2561, น.315) ที่พบว่า การส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุเพื่อก้าวสู่ “ศตวรรษที่ 21” โดยการใช้ศักยภาพที่มีอยู่ในหลายภาคส่วนของสังคมทั้งในระดับชุมชนท้องถิ่น และภายในครอบครัวโดยการผนวกภาคีเครือข่ายที่มีอยู่ทั้งภายในภาคส่วนราชการระหว่างส่วนราชการ และองค์กรพัฒนาเอกชน และการศึกษาของรณรงค์ จันใด (2561, น.96-97) พบว่า แนวทางการพัฒนาระบบการส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุแบบองค์รวม และการมีส่วนร่วมจากชุมชน ประกอบด้วย การเสริมสร้างสุขภาวะองค์รวมของผู้สูงอายุในชุมชน การลดปัญหาหรืออุปสรรคที่ส่งผลต่อการสร้างเสริมสุขภาวะองค์รวมของผู้สูงอายุ การเสริมสร้างการมีส่วนรวมของผู้สูงอายุในระดับชุมชน และการพัฒนาชุมชนนำร่องที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับพื้นที่อื่นๆ ในการส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุแบบองค์รวม เพื่อดำเนินการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ควรต้องมีกลไกและเครื่องมือในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ อาทิ การประสานแผนงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอย่างมีเอกภาพ และการสร้างพันธมิตรกับหน่วยงานภายนอก และประโยชน์อย่างเต็มที่จากทุนทางสังคม และการศึกษาของศิรประภา หล้าสิงห์ และคนอื่นๆ (2563, น.29) พบว่า ภาคีเครือข่ายในชุมชนมีบทบาทในการร่วมกันพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุมากขึ้น ปัจจัยแห่งความสำเร็จ คือ การดำเนินงานของหน่วยงานสาธารณสุขและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ในพื้นที่มีการประสานแผนพัฒนาและการบูรณาการงบประมาณร่วมกันจนเกิดเป็นรูปธรรม ภาคีเครือข่ายเข้มแข็ง เน้นการทำงานเชิงรุกจนเกิดการพัฒนาระบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน และการศึกษาของศีลิยา สุขอนันต์ และคนอื่นๆ (2565) พบว่า ภาคีเครือข่ายเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุควรได้รับการพัฒนาอย่างคู่ขนานควบคู่ไปกับการพัฒนาผู้สูงอายุ เพื่อให้เป็นพลังที่เข้มแข็งในการสนับสนุนให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน และยังพบว่า กระบวนการการพัฒนารูปแบบการดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุในชุมชน โดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่ายเป็นสิ่งที่ทำให้เครือข่ายเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด และประสบการณ์ซึ่งกันและกัน และทำให้เกิดกิจกรรมที่หลากหลายที่เป็นประโยชน์ (ศรีไชย โพธิ์ศรี และมัลลิกา มากรัตน์, 2564, น.109)

นวัตกรชุมชน ที่ได้รับการพัฒนาจนสามารถสามารถสื่อสารและประสานงาน กับกลุ่มคนสามวัยและหน่วยงานภาครัฐได้ สามารถขับเคลื่อนกิจกรรมของคนสามวัยได้ สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้แนวคิดการขับเคลื่อนการเรียนรู้คนสามวัยได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ ไดเออร์ และคนอื่นๆ อ้างอิงใน พิชญา กล้าหาญ และวิสูตร โพธิ์เงิน (2564, น.2); สุรัตน์ แท่นประเสริฐกุล และคนอื่นๆ (2565, น.148) ที่พบว่า นวัตกรเป็นผู้ที่สามารถตั้งคำถาม สังเกต มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ชอบการทดลอง และเชื่องโยงความคิดในเรื่องต่างๆ สร้างเครือข่ายปฏิสัมพันธ์ เพื่อพัฒนาขีดความสามารถของตนเองและชุมชน นอกจากนี้นวัตกรควรมีคุณลักษณะ 3 ประการ คือ 1) คุณลักษณะด้านการเรียนรู้และสำรวจ 2) คุณลักษณะด้านการจัดการ และ3) คุณลักษณะด้านการสร้าง โดยคุณลักษณะด้านการเรียนรู้และสำรวจนั้นจะเป็นแนวทางในการเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับกลุ่มเป้าหมาย

อย่างลึกซึ้ง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมที่มีความสำคัญและคุณค่าต่อกลุ่มคนและสังคมอย่างแท้จริง (นครินทร์ วนกิจไพบูลย์, 2562, อ้างอิงใน ภานนท์ คุ้มสุภา, 2562, น.265)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาระบบการส่งเสริมการสร้างต้นแบบการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยโดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย โดยการประยุกต์นวัตกรรมพร้อมใช้ (SIDASES) ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการใน 5 พื้นที่ เกิดระบบการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน ร่วมกับสถาบันการศึกษา อปท. และภาคีเครือข่ายที่สนับสนุนใน 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยบุคลากรใน อปท. 2) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยผู้นำชุมชน 3) การขับเคลื่อนกิจกรรมคนสามวัยโดยบุคลากรโดยกลุ่มแกนนำผู้สูงอายุ มีการบูรณาการงานร่วมกับภาคีเครือข่ายระดับตำบล ประกอบด้วย กศน. หน่วยบริการสุขภาพ โรงเรียนในพื้นที่ สสส. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ กลุ่มสภาเด็กและเยาวชน โรงเรียนผู้สูงอายุ ชมรม อสม. และชมรมกำนันผู้ใหญ่บ้าน เกิดพื้นที่การเรียนรู้การอยู่ร่วมกันของคนสามวัย และเกิดนวัตกรชุมชนที่เป็นแกนนำในการขับเคลื่อนงานที่ได้รับการพัฒนาจนสามารถสื่อสารและประสานงาน กับกลุ่มคนสามวัยและหน่วยงานภาครัฐได้ สามารถขับเคลื่อนกิจกรรมของคนสามวัยได้ สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้แนวคิดการขับเคลื่อนการเรียนรู้คนสามวัยได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สนับสนุนให้กิจกรรมของคนสามวัย เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของงานประเพณีประจำพื้นที่ระดับอำเภอ และระดับจังหวัด เพื่อเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนกิจกรรมของคนสามวัยให้มีความต่อเนื่อง โดยผ่านผู้บริหารระดับตำบล อำเภอ จังหวัด
2. การเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายทำให้สามารถค้นหานวัตกรชุมชนที่มีความสามารถขับเคลื่อนกิจกรรมได้ และควรมีการใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารร่วมกับพื้นที่ทำให้สามารถขับเคลื่อนงานได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การส่งเสริมระบบและกลไกการอยู่ร่วมกันของคนสามวัยต้องอาศัยระยะเวลาดำเนินการเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงผลลัพธ์อย่างเป็นรูปธรรมควรเป็นการวิจัยในระยะยาว
2. ควรทำการวิจัยเชิงนโยบายเพื่อผลักดันให้เกิดนโยบายการสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมของคนสามวัยในหน่วยงานระดับตำบล อำเภอและจังหวัด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ กองทุนส่งเสริม ววน. และหน่วย บพท. ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่าง นวัตกร และภาคีเครือข่ายทั้ง 5 พื้นที่ ประกอบด้วยตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง ตำบลคอรุม อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์ ตำบลเจดีย์ชัย ตำบลไชยวัฒนา อำเภอปัว จังหวัดน่าน และตำบลหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เครือข่ายร่วมสร้างชุมชนท้องถิ่นน่าอยู่. (2557). *คู่มือการจัดการความรู้พัฒนาระบบการดูแลผู้สูงอายุโดยชุมชนท้องถิ่น.* สำนักสนับสนุนสุขภาวะชุมชน (สน.3).

ธิติรัตน์ ราศิริ และอาจินต์ สงทับ. (2561). แนวทางการมีส่วนร่วมภาคีเครือข่ายในการส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุเพื่อก้าวสู่ "ศตวรรษที่ 21". *วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้*, *5*(1), 315-328. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/scnet/article/view/113002

พิชญา กล้าหาญ และวิสูตร โพธิ์เงิน. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดกระบวนการคิดเชิงออกแบบร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเป็นนวัตกรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารคุรุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, *49*(2), 1-16. https://doi.org/10.58837/CHULA.EDUCU.49.2.13

ภานนท์ คุ้มสุภา. (2562). นวัตกรท้องถิ่นรุ่นใหม่กับการแพร่กระจายนวัตกรรมสู่ชุมชน. *วารสารนิเทศศาสตร์ธุรกิจบัณฑิตย์, 13*(2), 258-299. https://so01.tci-thaijo.org/index.php/dpuca/article/view/243343

รณรงค์ จันใด. (2561). แนวทางการพัฒนาระบบการส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุแบบองค์รวมในเขตเทศบาลนครนนทบุรี. *วารสารสถาบันพระปกเกล้า*, *16*(1), 96-110. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/kpi_journal/article/view/243911

ศรีไชย โพธิ์ศรี และมัลลิกา มากรัตน์. (2564). การพัฒนารูปแบบการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุในชุมชนโดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย ตำบลหนองไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี. *ราชาวดีสาร วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สุรินทร์, 11*(2), 109-120. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/bcnsurin/article/view/251441

ศิรประภา หล้าสิงห์, สุมัทนา กลางคาร, และศิรินาถ ตงศิริ. (2563). การพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน. *วารสารวิชาการสาธารณสุขชุมชน*, *6*(2), 29-40. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/ajcph/article/view/247367

ศีลิยา สุขอนันต์, ทศพล นุชิต, ศิริพร อินทร์แก้ว, และจิตตฤณ เจะอามะห์. (2565). *โครงการวิจัยการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุโดยอาศัยการมีส่วนร่วมของคนทุกช่วงวัยในครอบครัวและชุมชน.* สำนักงานปลัดกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์.

สถาบันวิจัยประชากรและสังคม ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2566). *สุขภาพคนไทย 2566*. สถาบันฯ.

สำนักงาน ก.พ. (2561). ภาครัฐกับการเตรียมความพร้อมเข้าสู่สังคมสูงวัย. *วารสารข้าราชการ*, *60*(4), 1-23.

สำนักงานประสานการพัฒนานโยบายรองรับสังคมสูงวัย. (2562). *แนวทางการพัฒนาและขับเคลื่อนนโยบายรองรับสังคมสูงวัยระดับพื้นที่*. สำนักงานฯ.

สุรัตน์ แท่นประเสริฐกุล, ทวีศิลป์ กุลนภาดล, และสมบูรณ์ บูรศิริรักษ์. (2565). ระบบนิเวศนวัตกรรมโรงเรียนที่มุ่งพัฒนานักเรียนนวัตกร. *วารสารรัชต์ภาคย์*, *16*(46), 147-161. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/RJPJ/article/view/256748

11

การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสสำหรับพื้นที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

วันที่รับ : 1 กุมภาพันธ์ 2568
วันที่แก้ไข : 24 เมษายน 2568
วันที่ตอบรับ : 24 เมษายน 2568

ปณิธี สุวรรณอมรเลิศ[1] และ ถกลรัตน์ ทักษิมา[1*]
[1]วิทยาลัยเฮลท์ แอนท์ เวลเนส มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพฯ
*Corresponding author e-mail: takunrat.tak@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสและหมึกปรุงรส ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส และศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสและผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส ที่เป็นผลิตภัณฑ์ของชุมชนอำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง วิธีการวิจัยเริ่มจากการพัฒนาสูตรของน้ำซอสปรุงรสเพื่อหาปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมต่อการพัฒนาจากสูตรพื้นฐาน 3 สูตร มาทดลองผลิตคัดเลือกสูตร แล้วนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค และนำสูตรซอสที่ได้จากการพัฒนาไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสที่มีความเป็นเอกลักษณ์ให้กับชุมชน จากการพัฒนาสูตรน้ำซอสปรุงรสพบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด คือสูตรที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย มิริน ซีอิ้วญี่ปุ่น น้ำตาลมะพร้าว งาขาวคั่ว กระเทียม พริกไทย และพริกเกาหลี ในอัตราส่วน 37.4, 34.2, 12.2, 6.0, 6.4, 1.0 และ 2.8 (โดยน้ำหนัก) โดยคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่ามากกว่า 7.0 (ในระดับ 9 คะแนน) และได้รับการยอมรับสูงถึงร้อยละ 91.67 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรส พบว่ามีค่า a_w เท่ากับ 0.80 และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 5.27 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำซอสปรุงรส ประกอบด้วยความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับร้อยละ 54.78, 5.30, 1.03, 4.73 และ 4.44 ตามลำดับ ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสจากน้ำซอสปรุงรสที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด พบว่าคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส มีค่า a_w เท่ากับ 0.70 และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 5.54 องค์ประกอบทางเคมีของหมึกปรุงรสประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณเกลือ มีค่าเท่ากับร้อยละ 70.05, 18.94, 2.03, 5.29 และ 2.10 ตามลำดับ คุณภาพด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสและหมึกปรุงรส พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องปลาหมึกปรุงรสพร้อมบริโภค วิจัยนี้จะช่วยเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์จากหมึก ซึ่งเป็นวัตถุดิบพื้นถิ่นของพื้นที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี และสร้างรายได้ให้กับประชากรในเขตพื้นที่ดังกล่าว

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส, น้ำซอสปรุงรส, การพัฒนาผลิตภัณฑ์, การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

THE PRODUCT DEVELOPMENT OF SEASONED SQUID FOR KOH SICHANG IN CHONBURI PROVINCE

Received : February 1, 2025
Revised : April 24, 2025
Accepted : April 24, 2025

Panitee Suwanamornlert[1] and Takunrat Taksima[1*]
[1]College of Health and Wellness, Dhurakij Pundit University, Bangkok, Thailand
*Corresponding author e-mail: takunrat.tak@dpu.ac.th

Abstract

The objectives of this research were to develop seasoning sauce and seasoned squid products, examine the sensory qualities of product, and evaluate chemical, physical and microbial qualities of product of Koh Sichang in Chonburi Province. This experimental study initiated with developing 3 main recipes of seasoning sauce by selecting the proper ingredients and testing them for sensory qualities of the product from consumers and then developing it into seasoned squid product for the community. The results showed that the most accepted community product by consumers is recipe 1 (Aji-mirin: Japanese soy sauce: coconut sugar: roasted white sesame: garlic: black pepper: Korean chili = 37.4: 34.2: 12.2: 6.0: 6.4: 1.0: 2.8 by weight). The overall liking score of seasoning sauce product was over 7.00 (on a 9-point scale) within positive acceptance (91.67%). The physical qualities of seasoning sauce consisting of water activity (aw) and pH were 0.80 and 5.27, respectively. The chemical compositions of seasoning sauce including moisture, protein, lipid, ash and NaCl contents were 54.78, 5.30, 1.03, 4.73 and 4.44, respectively. The physical qualities of seasoned squid product consisting of water activity (aw) and pH were 0.70 and 5.54, respectively. The chemical compositions of seasoned squid product including moisture, protein, lipid, ash and NaCl contents were 70.05, 18.94, 2.03, 5.29 and 2.10, respectively. The microbiology quality of the seasoning sauce and seasoned squid product was found to follow the standard on the Thai Community Product Standard for a season squid product. Outputs from this research had potential for adding value and variety of products from squid (the local ingredient of Koh Sichang in Chonburi Province), and increasing the income for the community in the area of Koh Sichang in Chonburi Province.

Keywords: Seasoned squid product, Seasoning sauce, Product development, Sensory evaluation

บทนำ

อาหารพื้นถิ่นเป็นอาหารที่มีอัตลักษณ์จากการใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในพื้นที่ตามสภาพทางภูมิประเทศและเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงวัฒนธรรมอาหารของคนในแต่ละพื้นที่ หมึกเป็นวัตถุดิบหลักที่มีอยู่ในเขตพื้นที่อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี หมึกแดดเดียวเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ที่มีความโดดเด่น มีกรรมวิธีการแปรรูปและสูตรเฉพาะที่ได้รับการถ่ายทอดกันมาจากภูมิปัญญา ทำให้มีคุณภาพดีและรสชาติอร่อยแตกต่างจากที่อื่น อุตสาหกรรมอาหารแปรรูปถือเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทยที่มีรากฐานมาจากการประมงพื้นบ้าน โดยมีการคาดการณ์ว่าผลผลิตและมูลค่าสัตว์น้ำจากการทำการประมงทะเล พ.ศ. 2565 - 2568 มีแนวโน้มของผลผลิตและมูลค่าเพิ่มขึ้นอัตราร้อยละ 0.63 และ 2.82 ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตสัตว์น้ำที่จับได้ประกอบด้วยกลุ่มปลา กุ้ง ปู หมึก หอย และสัตว์น้ำอื่นๆ โดยผลผลิตกลุ่มหมึกอยู่ในลำดับที่สองโดยมีปริมาณเฉลี่ย 93,587 ตันต่อปี (ร้อยละ 6.86) คิดเป็นมูลค่า 17,273 ล้านบาทต่อปี (กรมประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง, 2568) และผลผลิตจากหมึกเหล่านี้ส่วนใหญ่ถูกจำหน่ายในรูปแบบของหมึกสดแช่เย็น แช่แข็ง และหมึกแปรรูปที่มีความหลากหลาย เช่น หมึกฉาบ หมึกบด หมึกกรอบ หมึกหยอง หมึกแดดเดียว หมึกแห้ง และหมึกหลอด นอกจากนี้ยังพบตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากปลาหมึกที่ได้จากงานวิจัยอาทิเช่น การพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้ง (วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2533, น.187) และไข่ปลาหมึกทอดราดซอสเกาหลี (ทัศนีย์ วีรวงศาธร และคนอื่นๆ, 2561)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปในประเทศไทยมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nation: FAO) คาดการณ์ว่าในปี 2568 ความต้องการบริโภคอาหารทะเลของโลกจะอยู่ที่ประมาณ 21.8 กิโลกรัมต่อคน ทำให้อุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปมีความสำคัญต่อการเติบโตของระบบเศรษฐกิจ (สุรเดช นิลอุบล และคนอื่นๆ, 2565, น.205) การเติบโตนี้สะท้อนถึงความพยายามในการเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงการขยายตลาดส่งออกที่มีศักยภาพ กระบวนการแปรรูปดังกล่าวไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการพัฒนารูปแบบและรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้หลากหลายเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการเก็บรักษาคุณภาพอาหารให้สามารถเก็บได้นานขึ้น ทั้งนี้อุตสาหกรรมดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ รวมถึงส่งเสริมรายได้แก่ชุมชนและประเทศโดยรวม

เนื่องจากหมึกเป็นวัตถุดิบหลักที่มีอยู่ในเขตพื้นที่อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี นอกจากนำมาแปรรูปเป็นหมึกแดดเดียวแล้ว ส่วนใหญ่ก็จำหน่ายในรูปแบบของสดซึ่งราคามีราคาส่งที่ต่ำและสามารถต่อรองได้ ดังนั้นการเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความโดดเด่น และเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนอยู่จึงมีความสำคัญ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากหมึกในรูปแบบหมึกปรุงรสซอสพริกเกาหลี เพื่อเพิ่มความหลากหลายและสร้างความแปลกใหม่ให้กับผู้บริโภค ซึ่งกระบวนการเริ่มต้นจากการพัฒนาซอสพริกเกาหลีในลักษณะที่พร้อมใช้งาน จากนั้นนำไปปรุงรสให้กับหมึกก่อนนำไปผ่านกระบวนการย่าง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์คุณภาพเพื่อประเมินความเหมาะสมและศักยภาพในการพัฒนาสู่เชิงพาณิชย์ ผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสและหมึกปรุงรสที่พัฒนาขึ้นจะช่วยเพิ่มมูลค่าของอาหารท้องถิ่นให้เป็นที่รู้จักของนักท่องเที่ยว ช่วยกระตุ้นและทำให้เกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจนำไปสู่การสร้างอาชีพ การลงทุน และการกระจายรายได้ นำไปสู่การยกระดับคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนอำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสและทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส
2. เพื่อศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส
3. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส
4. เพื่อศึกษาคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) โดยมีกระบวนการดังนี้ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลทางเคมีและกายภาพดำเนินการตามแผนการทดลองที่มีการสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และ 2) การวิเคราะห์ข้อมูลทางประสาทสัมผัสดำเนินการตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) มีวิธีดำเนินการวิจัยรายละเอียดดังนี้

วัตถุดิบ

1. หมึกกล้วย ที่จับได้ในเขตพื้นที่อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี โดยมีการนำหมึกสดที่ได้มาแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนเข้าสู่กระบวนการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสต่อไป
2. ส่วนประกอบของน้ำซอสปรุงรสประกอบด้วย มิริน (ยี่ห้อ Kikkoman) ซีอิ้วญี่ปุ่น (ยี่ห้อ Kikkoman) น้ำตาลมะพร้าว (ยี่ห้อมิตรผล) งาขาวคั่ว (ยี่ห้อไร่ทิพย์) กระเทียม (จาก Makro) พริกไทย (ยี่ห้อไร่ทิพย์) และพริกเกาหลี (ยี่ห้อบอร์นเทสท์)

วิธีการทดลอง

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรน้ำซอสปรุงรส และการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรน้ำซอสปรุงรส เพื่อหาปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสจากสูตรพื้นฐาน 3 สูตร ดังตาราง 1 มาทดลองผลิตเพื่อคัดเลือกสูตร โดยการเตรียมตัวอย่างปริมาณ 100 กรัมต่อสูตร และนำส่วนผสมทั้งหมดซึ่งประกอบด้วย มิริน ซีอิ้วญี่ปุ่น น้ำตาลมะพร้าว กระเทียมสับ พริกไทย พริกเกาหลี และงาขาวคั่ว ลงไปในหม้อและตั้งไฟอุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้นคนให้เข้ากันจนมีลักษณะข้นและเป็นเนื้อเดียวกัน นำน้ำซอสปรุงรสทั้ง 3 สูตร ที่ได้จากการพัฒนาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale จำนวนผู้ทดสอบ 120 คน (Meilgaard et al., 2007) พิจารณาคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ เพื่อนำสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดมาทดสอบคุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ และนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสขั้นต่อไป

ตาราง 1 แสดงส่วนผสมของน้ำซอสปรุงรส

ส่วนผสม	ผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส (ร้อยละ)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
มิริน	37.4	35.8	34.2
ซีอิ้วญี่ปุ่น	34.2	35.8	37.4
น้ำตาลมะพร้าว	12.2	12.2	12.2
งาขาวคั่ว	6.0	6.0	6.0
กระเทียมสับ	6.4	6.4	6.4
พริกไทย	1.0	1.0	1.0
พริกเกาหลี	2.8	2.8	2.8

2. การทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรส

2.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรส โดยการคัดเลือกผู้ทดสอบจำนวน 120 คน จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริโภคทั่วไป ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างคือนำซอสปรุงรสทั้ง 3 สูตร ที่ได้จากการเตรียม ดังตาราง 1 เทลงในถ้วยซิมแล้วเสริฟคู่กับหมึกย่างที่ไม่ผ่านการหมัก และให้ผู้ทดสอบชิมพิจารณาคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการสอบถามความคิดเห็นต่อการยอมรับจากผู้ประเมินที่มีต่อผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Yes or No Scale ซึ่งกระบวนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการรับรองด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (รหัสโครงการวิจัย DPUHREC010/65NA) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

2.2 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ

2.2.1 ปริมาณความชื้น

ความชื้นของผลิตภัณฑ์วิเคราะห์โดยวิธีของ Horwitz and AOAC International (Horwitz & AOAC International, 2000) โดยการชั่งตัวอย่าง ประมาณ 2-3 กรัม (จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอนทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในภาชนะหาความชื้น แล้วนำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่จึงนำตัวอย่างออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในเดซิคเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก หลังอบ คำนวณหาน้ำหนักที่หายไป ทำการทดลอง 3 ซ้ำ/ตัวอย่าง จากนั้นคำนวณหาร้อยละความชื้น แสดงดังสมการที่ (1)

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)}} \times 100 \qquad (1)$$

2.2.2 ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณเกลือ ด้วยวิธีของ Horwitz และ AOAC International (Horwitz & AOAC International, 2000)

2.2.3 ค่า pH โดย pH Meter ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น F20 FiveEasy™ ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.4 วัดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่า a_w รุ่น AquaLab 4TE ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างบรรจุในตลับตัวอย่างให้มีขนาดหรือปริมาณ 50% ของปริมาตรตลับ จากนั้นนำตลับตัวอย่างใส่ในเครื่องวิเคราะห์ซึ่งจะแสดงผลค่า a_w ที่วัดได้พร้อมอุณหภูมิตัวอย่างในขณะวัดตัวอย่าง

2.3 คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา ได้แก่ตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count), Coliform Bacteria, Yeast and Mold, *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* ตามวิธี Association of Official Analytical Chemists (Association of Official Analytical Chemists, 1998)

3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส

นำน้ำซอสปรุงรสสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดในข้อ 2 มาพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส โดยเริ่มจากการล้างวัตถุดิบหลักคือหมึกให้สะอาดโดยหมึกที่ใช้มีขนาดกลาง (ประมาณ 8-10 ตัวต่อกิโลกรัม) และนำหมึกมาคลุกเคล้ากับซอสปรุงรสให้ทั่ว (อัตราส่วนระหว่างหมึกกับซอสเท่ากับ 10:1) แล้วนำไปย่างบนเตาย่างไฟฟ้า (SMARTHOME รุ่น BBQ-2000) อุณหภูมิที่ใช้ 80-100 องศาเซลเซียส เวลา 3-5 นาที และในขณะที่ย่างให้ทาซอสปรุงรสที่เหลือจากการคลุกลงบนตัวหมึกด้วยจนหมึกจะสุก จากนั้นนำผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสที่ได้มาทดสอบคุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ทันทีหลังที่ผลิตเสร็จ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ ประกอบด้วยปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า ปริมาณเกลือ ค่า pH และ ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) โดยรายละเอียดแสดงดังข้อ 2.2

3.2 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา โดยรายละเอียดแสดงดังข้อ 2.3

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางเคมีและกายภาพดำเนินการตามแผนการทดลองที่มีการสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การวิเคราะห์ข้อมูลทางประสาทสัมผัสดำเนินการตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรน้ำซอสปรุงรส และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรน้ำซอสปรุงรสได้มีการนำผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสทั้ง 3 สูตร มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยทำการประเมินคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังตาราง 2 พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสได้รับการยอมรับใกล้เคียงกันจากกลุ่มผู้บริโภค อย่างไรก็ตามในด้านรสชาติและความชอบโดยรวมพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดทางด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.22 และ 7.32 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากค่าคะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1

มีค่าการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดร้อยละ 91.67 รองลงมาคือสูตรที่ 2 ร้อยละ 87.50 และสูตรที่ 3 ร้อยละ 83.33 ตามลำดับ

ตาราง 2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส (n=120)

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ [ns]	7.62 ± 0.55	7.73 ± 0.53	7.55 ± 0.60
สี [ns]	7.55 ± 0.27	7.50 ± 0.61	7.59 ± 0.70
กลิ่น [ns]	7.45 ± 0.30	7.38 ± 0.52	7.40 ± 0.64
รสชาติ	7.22[a] ± 0.34	6.65[b] ± 0.37	6.78[b] ± 0.24
เนื้อสัมผัส [ns]	7.03 ± 0.40	6.94 ± 0.50	6.84 ± 0.38
ความชอบโดยรวม	7.32[a] ± 0.30	6.72[b] ± 0.57	6.20[c] ± 0.55
การยอมรับผลิตภัณฑ์ (%) [#]	91.67	87.50	83.33

หมายเหตุ: แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[a-c] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.05$

[#] ด้วยการใช้สเกลแบบ (ใช่/ไม่ใช่)

2. การทดสอบคุณสมบัติทางด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ ประกอบด้วยปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณเกลือ แสดงดังตาราง 3

จากการวิเคราะห์ค่า pH ปริมาณความชื้น และ ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) ของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสพบว่าสูตรที่ 1 มีค่า pH เท่ากับ 5.27 ปริมาณความชื้นร้อยละ 54.78 และค่า a_w เท่ากับ 0.80 และสูตรที่ 2 มีค่า pH เท่ากับ 5.60 ปริมาณความชื้นร้อยละ 55.16 และค่า a_w เท่ากับ 0.83 และสูตรที่ 3 มีค่า pH เท่ากับ 5.65 ปริมาณความชื้นร้อยละ 54.95 และค่า a_w เท่ากับ 0.85 โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามค่า pH และ a_w ที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่กำหนดไว้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) หากค่าที่ได้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดก็ไม่ควรแนะนำให้บริโภคเนื่องจากการกำหนดปริมาณความชื้นในอาหารระหว่างกระบวนการผลิตเป็นสิ่งสำคัญเพื่อประกันคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ต่อผู้บริโภค ดังนั้นควรมีการปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารให้เหมาะสมที่สุด

เมื่อนำน้ำซอสปรุงรสทั้ง 3 สูตร มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณเกลือ พบว่า สูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.30 ± 0.12, 1.03 ± 0.05, 4.73 ± 0.25, และ 4.44 ± 0.11 ตามลำดับ ขณะที่ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณเกลือ เท่ากับร้อยละ 5.21 ± 0.21, 1.12 ± 0.04, 4.69 ± 0.28 และ 4.67 ± 0.05 ตามลำดับ และ ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณเกลือ เท่ากับร้อยละ 5.45 ± 0.10, 1.23 ± 0.11, 4.72 ± 0.10 และ 4.93 ± 0.12 ตามลำดับ

ตาราง 3 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส

คุณสมบัติ	ผลการวิเคราะห์		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)	5.27 ^{c} ± 0.01	5.60 ^{b} ± 0.02	5.65 ^{a} ± 0.02
ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w)	0.80 ^{c} ± 0.05	0.83 ^{b} ± 0.01	0.85 ^{a} ± 0.02
ปริมาณความชื้น (%)	54.78 ^{b} ± 0.22	55.16 ^{a} ± 0.20	54.95 ^{b} ± 0.19
ปริมาณโปรตีน (%)	5.30 ^{b} ± 0.12	5.21 ^{b} ± 0.21	5.45 ^{a} ± 0.10
ปริมาณไขมัน (%)	1.03 ^{c} ± 0.05	1.12 ^{b} ± 0.04	1.23 ^{a} ± 0.11
ปริมาณเถ้า (%) ^{ns}	4.73 ± 0.25	4.69 ± 0.28	4.72 ± 0.10
ปริมาณเกลือ (%)	4.44 ^{c} ± 0.11	4.67 ^{b} ± 0.05	4.93 ^{a} ± 0.12

หมายเหตุ: แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.05$

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count), Coliform Bacteria, Yeast and Mold, *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2549) เรื่องน้ำซอสปรุงรส และใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส ดังตาราง 4 พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสทั้ง 3 สูตร มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 6.45×10^2, 7.32×10^2 และ 7.08×10^2 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ และพบปริมาณของ Coliform Bacteria น้อยกว่า 3 MPN/ 1 g ปริมาณ Yeast and Mold น้อยกว่า 10 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และไม่พบเชื้อ *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* ในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร

ตาราง 4 คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส

คุณสมบัติทางจุลินทรีย์	ผลการวิเคราะห์			มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 8-2549) เรื่องน้ำซอสปรุงรส
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	
Total Plate Count	6.45×10^2	7.32×10^2	7.08×10^2	< 1×10^4 colony/1 g
Coliform Bacteria	< 3	< 3	< 3	< 3 MPN/ 1 g
Yeast and Mold	< 10	< 10	< 10	< 10 colony/1 g
Bacillus cereus	ND	ND	ND	< 100 colony/1 g
Staphylococcus aureus	ND	ND	ND	ไม่พบในตัวอย่าง 0.01 กรัม

หมายเหตุ: ND คือ ไม่พบจุลินทรีย์

3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสและการทดสอบคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสพบว่าน้ำซอสปรุงรสสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด จึงได้มีการนำน้ำซอสปรุงรสที่ 1 มาพัฒนาผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส ดังภาพ 1 และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ ดังตาราง 5 พบว่าผลิตภัณฑ์

หมึกปรุงรสมีปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณเกลือ เท่ากับร้อยละ 70.05, 18.94, 2.03, 5.29 และ 2.10 ตามลำดับ ส่วนค่า pH และ a_w เท่ากับ 5.54 และ 0.70 ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 19.45 x 10^3 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณของ Coliform Bacteria น้อยกว่า 3 MPN/ 1 g และปริมาณ Yeast and Mold น้อยกว่า 100 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ภาพ 1 แสดงผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสสูตรที่ 1 และผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส

ตาราง 5 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส

คุณสมบัติ	ผลการวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.54 ± 0.05
ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w)	0.70 ± 0.10
ปริมาณความชื้น (%)	70.05 ± 0.05
ปริมาณเกลือ (%)	2.10 ± 0.20
ปริมาณโปรตีน (%)	18.94 ± 0.10
ปริมาณไขมัน (%)	2.03 ± 0.15
ปริมาณเถ้า (%)	5.29 ± 0.05
Total bacteria	19.45 x 10^3
Escherichia coli	< 3 MPN/ 1 g
Yeast and Mold	< 10 colony/1 g

หมายเหตุ: แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาสูตรน้ำซอสปรุงรสสำหรับผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสทั้ง 3 สูตร และทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าสูตรที่ 1 มีค่าการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดร้อยละ 91.67 รองลงมาคือสูตรที่ 2 ร้อยละ 87.50 และสูตรที่ 3 ร้อยละ 83.33 ตามลำดับ ซึ่งผลของการยอมรับของผลิตภัณฑ์มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรอริยา ฉิรินัง (2548) ที่ได้ศึกษาการผลิตซอสเห็ดปรุงรส จากการศึกษาพบว่า

ซอสปรุงรสจากเห็ดมีค่าสี ความหนืด ความเค็ม ความหวาน รสอร่อย รสขม และคุณลักษณะรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างทางการค่าและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นเห็ดซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะสูงกว่าเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่ามีงานวิจัยที่ใช้วิธี Yes or No Scale ในการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น วอล์คเกอร์ และคนอื่นๆ (Walker et al., 2010, p.32) ที่ได้ศึกษาการยอมรับของผลิตภัณฑ์เชอร์เบทไขมันต่ำไม่มีน้ำตาลที่ประกอบด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองที่มีผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 140 คน ด้วยวิธี Yes or No Scale จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงถึงร้อยละ 65 และงานวิจัยของ ทักษิมา และคนอื่นๆ (Taksima et al., 2015, p.435) ได้ศึกษาการยอมรับของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแอสตาบีดที่มีผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 130 คน ด้วยวิธี Yes or No Scale และพบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์สูงถึงร้อยละ 86.21 โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์สูงเนื่องจากเชื่อว่าผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบของสารแอสตาแซนธินซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย และงานวิจัยของ ถกลรัตน์ ทักษิมา และ คนอื่นๆ (2566, น.50) ได้ศึกษาผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า” ด้วยวิธี Yes or No Scale และพบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์สูงถึงร้อยละ 100 โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์สูงเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีรสชาติที่ดี และเชื่อมั่นว่าการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้ผลิตภัณฑ์สะอาดไม่เหมือนการทำแห้งด้วยวิธีดั้งเดิม

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีค่า pH เท่ากับ 5.27 ปริมาณความชื้นร้อยละ 54.78 และ ค่า a_w เท่ากับ 0.80 และสูตรที่ 2 มีค่า pH เท่ากับ 5.60 ปริมาณความชื้นร้อยละ 55.16 และค่า a_w เท่ากับ 0.83 และสูตรที่ 3 มีค่า pH เท่ากับ 5.65 ปริมาณความชื้นร้อยละ 54.95 และค่า a_w เท่ากับ 0.85 จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสทั้ง 3 สูตรมีค่าความชื้น และค่า a_w ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากแต่ละสูตรมีสัดส่วนของมิริน และซีอิ๊วญี่ปุ่นที่แตกต่างกัน โดยสูตรที่มีสัดส่วนของซีอิ๊วญี่ปุ่นที่มากขึ้นผลิตภัณฑ์ก็จะมีค่า a_w ที่มากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากในซีอิ๊วญี่ปุ่นมีองค์ประกอบของน้ำอยู่มากกว่ามิริน (ขณะที่มิรินมีองค์ทั้งที่เป็นน้ำและแอลกอฮอล์) อย่างไรก็ตามค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานอาหารกำหนดที่มีค่า pH ระหว่าง 4.5-6.0 ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) ของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสทั้ง 3 สูตรเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่กำหนดไว้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) ซึ่งค่า pH และค่า a_w ในผลิตภัณฑ์อาหารมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการทำงานของเอนไซม์ตลอดจนการยับยั้งหรือชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2545) และผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณเกลือของซอสปรุงรสทั้ง 3 สูตร พบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของสุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และชุตินุช สุจริต (2557, น.430) ที่ได้ศึกษาการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของ ผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสสูตรกะเพราจากน้ำหมักกะปิ และพบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และปริมาณเกลือ เท่ากับ ร้อยละ 5.20, 1.41, 4.79, 53.80 และ 5.53 ตามลำดับ ส่วนผลค่า a_w และ pH เท่ากับ 0.841 และ 6.39 และงานวิจัยของมยุรี ชมภู และนันทินา ดำรงวัฒนกูล (2564, น.114) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากผักและศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 3.66, 15.04, 13.20, 3.32 และ 24.46 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเถ้าที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เนื่องมาจากสาเหตุปริมาณเกลือที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ซึ่งปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2554) หากพบว่าค่าของเถ้าสูงกว่าปกติก็หมายถึงว่าอาจมีการปลอมปนสารอื่นเข้ามาในอาหารนั้น เช่น ฝุ่น ดิน หรือ ทราย เป็นต้น ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้เมื่อเราทำความสะอาดปลาไม่ดีหรือใช้วิธีแบบดั้งเดิมในการทำแห้ง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count), Coliform Bacteria, Yeast and Mold, *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร ได้มาตรฐานเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ มยุรี ชมภู และนันทินา ดำรงวัฒนกูล (2564, น.114) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากผักและศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านจุลินทรีย์ และพบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.0×10^2 CFU/g และตรวจไม่พบของ Coliform Bacteria และ Yeast and Mold ซึ่งค่าที่ได้เป็นไปตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง น้ำซอสปรุงรส กำหนดไว้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)

ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส พบว่าผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสมีปริมาณความชื้นร้อยละ 70.05 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 18.94 ไขมันร้อยละ 2.03 เถ้าร้อยละ 5.29 ปริมาณเกลือร้อยละ 2.10 และผลการศึกษาค่า a_w และคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์พบว่าเป็นไปตามสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553) เรื่องปลาหมึกปรุงรสพร้อมบริโภค ที่ได้กำหนดไว้ว่าค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกิน 0.70 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม Coliform Bacteria ต้องน้อยกว่า 3 MPN/ 1 g และ Yeast and Mold ต้องไม่เกิน 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในผลิตภัณฑ์อาหารมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการทำงานของเอนไซม์ ตลอดจนการยับยั้งหรือชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2545)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสและหมึกปรุงรส จากการศึกษาพบว่าสูตรน้ำซอสปรุงรสที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากผู้บริโภค คือ สูตรที่ 1 ซึ่งมีปริมาณของ มิริน: ซีอิ้วญี่ปุ่น: น้ำตาลมะพร้าว: งาขาวคั่ว: กระเทียม: พริกไทย: พริกเกาหลีร้อยละ 37.4: 34.2: 12.2: 6.0: 6.4: 1.0: 2.8 (โดยน้ำหนัก) ผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ได้จากการพัฒนาเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับถึงร้อยละ 91.67 เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ พบว่ามีค่า a_w เท่ากับ 0.80 และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5.27 สำหรับองค์ประกอบทางเคมีด้านความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสมีค่าเท่ากับร้อยละ 54.78, 5.30, 1.03, 4.73 และ 4.44 ตามลำดับ เมื่อนำซอสปรุงรสสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรส มีค่า a_w เท่ากับ 0.70 และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 5.54 องค์ประกอบทางเคมีด้านความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณเกลือ ของผลิตภัณฑ์หมึกปรุงรสมีค่าเท่ากับร้อยละ 70.05, 18.94, 2.03, 5.29 และ 2.10 ตามลำดับ สำหรับคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสและหมึกปรุงรสพบว่าเป็นไปตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องน้ำซอสปรุงรส พ.ศ. 2549 ได้กำหนดไว้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ผลจากการวิจัยนี้เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบท้องถิ่น คือ หมึกซึ่งอยู่ในพื้นที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี และเพิ่มความหลากหลายและแปลกใหม่ให้กับเมนูจากหมึกเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ๆ ให้กับผู้บริโภค
2. สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับนักเรียนของโรงเรียนเกาะสีชัง และชาวบ้านในชุมชนเกาะสีชังที่สนใจเพื่อจำหน่ายเชิงการค้าต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสเพิ่มเติมในระหว่างการศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ปีงบประมาณ 2564 และผ่านกระบวนการพิจารณาการวิจัยในมนุษย์จากสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (DPUHRECO10/65NA)

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง. (2568). *ประมาณการผลผลิตและมูลค่าสัตว์น้ำจากการประมงของประเทศไทย พ.ศ. 2565 – 2568*. https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20230322114403_1_file.pdf

ถกลรัตน์ ทักษิมา, ปิยะพงษ์ ยงเพชร, และปณิธี สุวรรณอมรเลิศ. (2566). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวของวิสาหกิจชุมชนโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า”. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, 18*(2), 39-52. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/uruj/article/view/250646

ทัศนีย์ วีรวงศาธร, ฐิติรัตน์ เจียมพูนทรัพย์, และฐิติพันธ์ รุ่งศรานนท์. (2561). *ไข่ปลาหมึกทอดราดซอสเกาหลี*. คณะศิลปศาสตร์, มหาวิทยาลัยสยาม.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2554). *หลักการวิเคราะห์อาหาร*. โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

พรอริยา ฉิรินัง. (2548). *การผลิตซอสเห็ดปรุงรสโดยการย่อยด้วยกรด ด่างและ เอนไซม์*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี]. http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/1718/2/pornariya_fulltext.pdf

มยุรี ชมภู และนันทินา ดำรงวัฒนกูล. (2564). การผลิตซอสปรุงรสจากผัก. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 16*(2), 109-117. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JFTSU/article/view/248521

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. (2533). การพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้ง. *วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์*, *24*(2), 187-195. https://kasetsartjournal.ku.ac.th/abstractShow.aspx?param=YXJ0aWNsZUlEPTE2OTV8bWVkaWFJRD0xNTIx&from=4

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำซอสปรุงรส* (มอก.8-2549). http://www.fio.co.th/web/tisi_fio/fulltext/TIS8-2549.pdf

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2553). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ปลาหมึกปรุงรสพร้อมบริโภค* (มผช. 315/2553). https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps315_53.pdf

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และชุตินุช สุจริต. (2557). *การผลิตซอสปรุงรสกะเพราจากน้ำหมักกะปิ* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำปี 2557. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. (2545). *จุลชีววิทยาทางอาหาร*. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุรเดช นิลอุบล, วรลักษณ์ ลลิตศศิวิมล, กอแก้ว จันทร์กิ่งทอง, และสิริลักษณ์ ทองพูน. (2565). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถทางการแข่งขันของอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปในประเทศไทย: การทบทวนวรรณกรรม. *วารสารเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, *14*(1), 203-218. https://so01.tci-thaijo.org/index.php/ecbatsu/article/view/243014

Association of Official Analytical Chemists. (1998). *Bacteriological Analytical Manual (BAM)*. (8th ed.). Food and Drug Administration.

Horwitz, w., & AOAC International. (2000). *Official method of analysis of AOAC international*. (17th ed.). AOAC International.

Meilgaard, M., Civille, G.V., & Carr, B.T. (2007). *Sensory Evaluation Techniques*. (4th ed.). CRC Press.

Taksima, T., Limpawattana, M., & Klaypradit, W. (2015). Astaxanthin encapsulated in beads using ultrasonic atomizer and application in yogurt as evaluated by consumer sensory profile. *LWT-Food Science and Technology*, *62*(1), 431-437. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.011

Walker, J., Boeneke, C. A., Sriwattana, S., Herrera-Corredor, J. A., & Prinyawiwatkul, S. (2010). Consumer acceptance and purchase intent of a novel low-fat sugar-faee sherbet containing soy protein. *Journal of Food Quality*, *33*, 27-41. https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00300.x

ASSESSING DROUGHT-PRONE AREAS IN NON-IRRIGATED AREAS USING WATER ACCOUNTING AND THE WEAP MODEL

Received : February 18, 2024
Revised : May 15, 2024
Accepted : May 19, 2024

Preeyaphorn Kosa[1*] and Thanutch Sukwimolseree[2]
[1]School of Civil Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand
[2]Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand
*Corresponding author e-mail: kosa@g.sut.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to develop an annual water accounting framework and analyze drought-prone areas using the WEAP model under five different scenarios at the sub-district level for the Lam Chiang Krai River Basin. The study focused on the non-irrigated Lam Chiang Krai River Basin, Thailand, with analysis conducted at the sub-district level. Key research instruments included a Water Accounting Framework and the Water Evaluation and Planning (WEAP) model. Secondary data encompassing meteorological, hydrological, land use, crop calendar, and population figures were collected from relevant government agencies. Data analysis involved calculating water demands (agricultural using FAO Penman-Monteith, domestic, and environmental) and utilizing the WEAP model, integrated with water accounting principles, to simulate monthly water balance under five off-season rice cultivation scenarios. This identified drought-prone areas and assessed water shortage magnitudes, with model performance validated (R^2 = 0.74-0.88). Results revealed that expanding off-season rice cultivation significantly increased agricultural water demand by up to 30.63% compared to only wet-season cultivation. Crucially, under the 100% off-season rice scenario, total water demand surpassed effective rainfall, eliminating water outflow from the basin. While overall annual rainfall appeared sufficient, localized water scarcity emerged due to intensive agricultural water utilization patterns, particularly during the dry season months. The study confirmed the effectiveness of the integrated WEAP-water accounting approach for detailed drought vulnerability assessment in data-scarce, non-irrigated regions. Findings offered spatially and temporally explicit insights into water stress levels, directly informing local stakeholder decisions. This information was vital for developing targeted sub-district water management plans, optimizing existing resource allocation, and guiding the strategic placement and design of essential small-scale water infrastructure. The research strongly emphasized the critical need for carefully managing off-season rice cultivation to ensure sustainable water availability and enhance drought resilience within the Lam Chiang Krai River Basin.

Keywords: Water Accounting, Drought area, WEAP model, Non-irrigated areas

Introduction

Both management and sustainability of water resources were presented as a key role of water accounting at the river basin level. It prepared insights into water inflows/outflows and efficient water usage across various sectors, such as agriculture, industry, and household consumption (Pedro-Monzonís et al., 2016, p.182; Sawassi et al., 2024, p.3). This is particularly important in the context of Thailand, where issues of water scarcity and unequal distribution can significantly affect people's livelihoods and economic development. Water accounting also provided essential data for equitable water allocation, ensuring that different sectors would receive appropriate water resources while supporting sustainable water management (Sipayung et al., 2024, p.94).

Moreover, water accounting helped in monitoring environmental conditions, such as water quality and ecosystem situation, which were vital for preserving biodiversity in river systems. It also enhanced the ability to adapt to climate change by assessing the impacts of changing weather patterns on water availability, thus enabling better strategic adaptation planning (Dembélé et al., 2023; Hunink et al., 2019). In policymaking, water accounting played a critical role in supporting decisions related to infrastructure development, drought management, and water conservation. For transboundary river basins, water accounting promoted international cooperation for the sustainable use of shared water resources and helped reduce potential conflicts (Cravens et al., 2021; Vardon et al., 2025). In summary, water accounting was an important tool for ensuring water security, environmental protection, and enhancing social and economic sustainability at the basin level (Yao et al., 2021, p.217).

The WEAP model was a model for integrated water resource management, whose applications span geographies to address water-related challenges and to promote sustainable practices (Shahraki et al., 2016). The WEAP model became a globally accepted tool for addressing complex water resources challenges (Agarwal et al., 2018, p.38). Its ability to adapt to different geographical contexts and sectors made it valuable for planners and policymakers who focused on its application in water allocation and adapt to climate change in urban and agricultural management and cross-border cooperation (Rastegaripour et al., 2024; Hamdi et al., 2023).

Although previous studies explored water resource management and drought in Thailand using tools such as WEAP and water accounting (Kosa et al., 2024, p.24; Tingsa et al., 2024, p.15), detailed sub-district level assessments in non-irrigated basins like the Lam Chiang Krai remained limited, particularly regarding the quantitative impacts of expanding off-season rice cultivation. This study addressed this gap by applying an integrated Water Accounting and WEAP modeling framework to evaluate water balance scenarios at a high spatial resolution. By isolating the effects of off-season rice on local water scarcity risks, the research provided actionable insights for evidence-based water resource planning and management, offering critical support to local authorities operating in vulnerable, rainfed agricultural areas.

Research Objectives

The objectives of this study were to develop an annual water accounting framework and analyze drought-prone areas using the WEAP model under five different scenarios at the sub-district level for the Lam Chiang Krai River Basin.

Research Methods

Methodology

For research design, this study adopted quantitative research design, primarily utilizing simulation modeling complemented by descriptive analysis to systematically assess drought vulnerability in the non-irrigated Lam Chiang Krai River Basin. The core of the methodology involved applying the Water Evaluation and Planning (WEAP) model to simulate monthly water balance, identify potential water shortages, and evaluate drought vulnerability across five distinct scenarios representing varying levels of off-season rice cultivation at the sub-district level. This simulation modeling approach was underpinned by a descriptive analysis using a detailed water accounting framework. This framework quantified crucial hydrological inputs, demands, and potential outflows (including effective rainfall, agricultural, domestic, and environmental water requirements) for each sub-district, providing essential data inputs for the WEAP model and enabling a comprehensive description of the basin's water status under different conditions. The integration of these quantitative methods provided a robust approach to understanding complex water resource dynamics and identifying drought-prone areas within the study's specific context.

This study consisted of two main processes which were water accounting analysis and drought scenario simulation using the WEAP model, as detailed below.

1. Water Accounting Analysis

This study conducted a surface water accounting analysis at the sub-district level, excluding groundwater due to data limitations. Total inflow (Gross Inflow, GI) was defined as effective rainfall (Ra), while net inflow (Net Inflow, NI) consisted solely of effective rainfall, as river discharge was excluded given the non-irrigated nature of the basin. Water depletion included agricultural evapotranspiration (ET) and domestic use (DU), classified as process consumption (P), with 10% of agricultural demand allocated for ecosystem maintenance as beneficial consumption (B). Outflow was represented by uncommitted outflow (UC), calculated as the surplus of rainfall after meeting all water demands.

Based on the principles of water accounting outlined above, the calculation and analysis of the relevant parameters were conducted through the following study procedures:

1.1 As for data collection and field survey, daily data collection and field surveys were conducted, including land use maps, meteorological data (maximum temperature, minimum

temperature, maximum relative humidity, minimum relative humidity, wind speed, and sunshine hours), geographic locations of weather stations, crop calendars, reservoir and small pond data, streamflow data for the Lam Chiang Krai River, and effective rainfall data. These data were obtained from the Hydrology Division, Regional Irrigation Office 8, the Thai Meteorological Department, and the Land Development Department.

1.2 Effective rainfall referred to the portion of total rainfall that fell within an area and could be efficiently utilized for specific purposes. In the context of irrigation, effective rainfall signified the amount of rainfall that fell on cultivated land and was beneficial for crop growth, meaning that crops could utilize it effectively or that it could substitute for irrigation water that needed to be supplied to the cultivated areas. For the assessment of effective rainfall in this study, the effective rainfall data was collected from the Royal Irrigation Department.

1.3 Water usage for agriculture represented the highest demand within the hydrological cycle due to the predominant agricultural activities in most areas, as depicted in the land use maps for each watershed. The calculation of agricultural water usage involved the following steps:

1) Land use was classified using GIS data which was derived from land use maps. Initially, land use was categorized into agricultural areas (with specific crops identified, such as rice, cassava, corn, and various fruit and vegetable crops), forested areas, grasslands and scrublands, community and industrial areas, and water source areas. The study area primarily cultivated crops, including rice, sugarcane, and cassava presented in Figure 1.

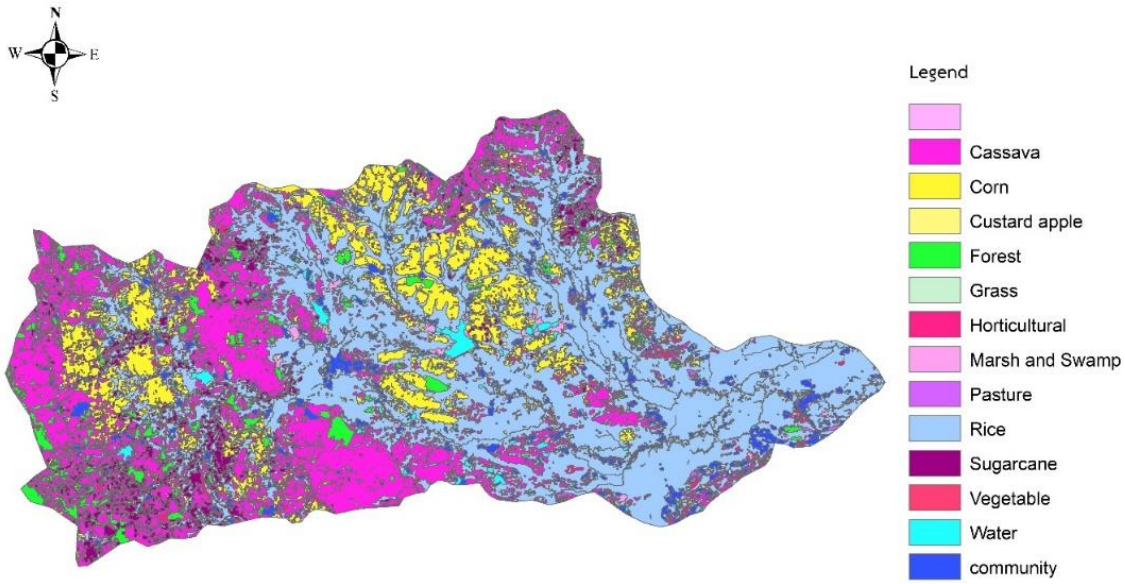


Figure 1 Land use map for the Lam Chiang Krai River Basin in Nakhon Ratchasima Province, Thailand

2) Daily crop water use was calculated using the FAO Penman-Monteith equation (Allen et al., 1998) based on key meteorological variables—temperature, relative humidity, wind speed, sunshine hours, and station location—from Muang Nakhon Ratchasima, Pak Chong, and Chok Chai districts. Data spanning January 1, 1979, to September 30, 2010, were used to ensure representative meteorological and hydrological conditions, as severe flooding events after October 2010 could distort the climatic baseline. Daily reference evapotranspiration for each sub-district was computed accordingly, with agricultural calendars and field data coordinated through the Nakhon Ratchasima Provincial Agriculture Office.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_M + 273.2} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 - 0.34u_2)} \quad (1)$$

Where ET_o is reference crop evapotranspiration (mm d^{-1}), R_n is net radiation ($MJm^{-2}d^{-1}$), G is soil heat flux (MJ $m^{-2}d^{-1}$), T is air temperature (°C), e_s is saturation vapor pressure at air temperature (kPa), e_a is vapor pressure of air (kPa), u_2 is wind speed at a height of 2 meters (m s^{-1}), Δ is slope of saturation vapor pressure curve at air temperature (kPa C^{-1}) and γ is psychrometer constant (kPa C^{-1}).

Crop water use was calculated by applying fixed crop coefficients (Kc) of 1.49 for rice, 0.92 for sugarcane, and 0.80 for cassava, multiplied by the average monthly reference evapotranspiration derived from the FAO Penman-Monteith equation. Agricultural water demand was then assessed under five scenarios to capture the impact of expanding off-season (dry-season) rice cultivation: (1) baseline demand for various crops and wet-season rice; (2) addition of off-season rice covering 25% of rice areas; (3) 50% coverage; (4) 75% coverage; and (5) full (100%) coverage of off-season rice.

1.4 In calculating water usage for domestic purposes, the analysis was conducted at the sub-district level, considering the population of each sub-district for the year 2024. The water demand for municipal use was set at 120 liters per person per day. The total population in the Lam Chiang Krai River Basin is 671,693 individuals, which leads to the calculation of monthly water demand for domestic purposes.

1.5 Environmental water requirement was defined as 10% of the water allocated for agriculture. The calculated values of effective rainfall, water demand for agriculture and domestic use, and environmental water requirements, originally assessed at a daily time scale, were subsequently aggregated into monthly and annual values.

2. Drought Scenario Simulation Using the WEAP Model

The Water Evaluation and Planning (WEAP) model, developed by the Stockholm Environment Institute (SEI) since 1995, was a flexible and user-friendly tool for integrated water

resource management. WEAP functioned both as a database and a forecasting and policy analysis tool, enabling the evaluation of water allocation scenarios among competing users (Siebe & Purkey, 2015, pp. 1-4). Based on water balance principles, WEAP could be applied to a range of systems, from municipal supply and agriculture to complex inter-basin transfers. It simulated hydrological and hydraulic processes— including runoff, baseflow, groundwater recharge, and reservoir operations— and supports water demand management, water quality analysis, ecological assessments, and financial evaluations of investment and project benefits.

The WEAP model study process consisted of four key steps, as outlined below:

1) The study began with defining the current water allocation system. Nodes for each sub-district were assigned based on their actual locations on the map. If a sub-district was traversed by the Lam Chiang Krai River, excess water would be transported downstream to the next sub-district. For sub-districts where the Lam Chiang Krai was absent, the only source of water inflow was effective rainfall.

A critical operational assumption configured within the WEAP model concerned water allocation priorities under conditions of limited supply. Consistent with standard water management practices prioritizing basic human needs, domestic water demand nodes were assigned the highest priority (Priority 1). This ensured that, in the simulation, domestic water requirements were met first whenever available water was insufficient to satisfy all demands. Agricultural water demand nodes were assigned the second priority (Priority 2). Consequently, agricultural water needs would only be fully met after domestic demands were satisfied. Environmental flow requirements, calculated as a percentage of agricultural demand in the water accounting phase, implicitly shared the priority level of agriculture in this setup. No other significant allocation priorities or complex operating rules were defined, focusing the simulation on the fundamental competition between domestic and agricultural sectors driven by varying off-season rice cultivation levels.

2) The current accounts represented the existing water allocation system, incorporating water demand, water supply sources, and pollution levels in water bodies. Monthly water balance data, derived from the water accounting analysis in the previous step, were integrated into the WEAP model. The spatial resolution of the model was at the sub-district level within the Lam Chiang Krai River Basin, while the temporal resolution was monthly.

Model validation was performed by comparing WEAP simulation results with manual calculations based on WEAP's computational framework and equations. The calibration process utilized monthly water balance data from 2005, while the validation process used data from 2008. The resulting coefficient of determination (R^2) values were 0.88 for calibration and 0.74 for validation, indicating that the WEAP model is reliable for use in this study.

3) Scenarios were designed to explore and formulate alternative water allocation strategies for the future. These included the five scenarios previously mentioned.

4) The evaluation phase involved analyzing water availability and its associated impacts. The WEAP model was employed to identify drought-prone areas, determine the volume and duration of water shortages, and calculate the percentage of available water relative to total demand. The spatial resolution remained at the sub-district level, while the temporal resolution was monthly.

Study Area Description

Nakhon Ratchasima Province, located upstream of the Mun River Basin—one of the major basins in Northeastern Thailand— has experienced rapid economic and social development, necessitating strategic water management amidst persistent annual droughts. Despite the presence of four large reservoirs (Lam Takhong, Lam Phra Phloeng, Mun Bon, and Lam Sae), water scarcity remains a challenge. The study area, the Lam Chiang Krai River Basin, originates from the watershed ridge between the Mun and Pasak Basins, covering approximately 2,958 km² with an average annual runoff of 263 million m³. It spans several districts across Nakhon Ratchasima and Chaiyaphum Provinces. The basin includes two key reservoirs, Upper and Lower Lam Chiang Krai Reservoirs, the latter facing significant sedimentation and evaporation issues. In 2020, efforts to improve storage capacity raised the Lower Reservoir's capacity from 27.7 to 37.7 million m³.

Research Results

The findings regarding the significant impact of off-season rice cultivation on increasing agricultural water demand and localized water scarcity in the Lam Chiang Krai Basin aligned consistently with recent research conducted in the neighboring Lam Takhong River Basin (Kosa et al., 2024, p.29). Both studies, utilizing similar methodologies (Water Accounting and WEAP model), identified agricultural water use, particularly during the dry season, as the primary driver of water stress in these non-irrigated areas of Nakhon Ratchasima province. This concordance underscored the widespread challenge posed by intensified agriculture on water resources in the region and reinforces the validity of the modeling approach for capturing these critical dynamics. While the specific magnitudes of water deficit and the precise sub-districts affected differed due to the unique characteristics of each basin, the underlying trend and major contributing factors identified in this study were corroborated by findings from the Lam Takhong, strengthening the overall conclusions presented here.

The key findings from the annual water accounting calculations and drought scenario simulations using the WEAP model were as follows:

1. Agricultural Water Demand

The results of the calculations for agricultural water demand across all five scenarios were summarized in Table 1, which revealed that the cultivation of off-season rice significantly increased the agricultural water demand. Specifically, the percentage increased in water demand

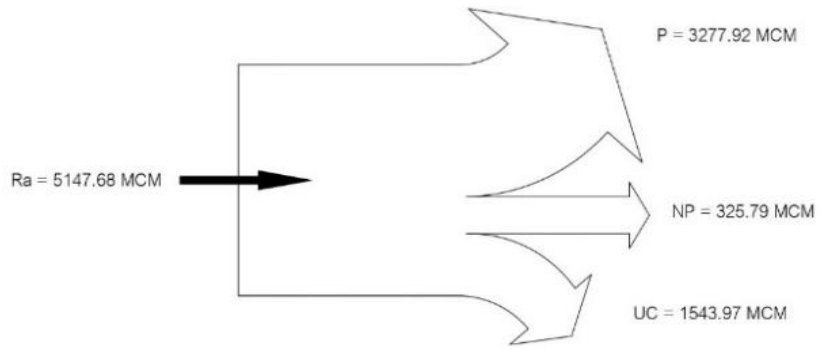
when fully cultivating off-season rice (Scenario 5) compared to the exclusive cultivation of wet-season rice (Scenario 1) for the Lam Chiang Krai River Basin is 30.63%.

Table 1 Summary of Monthly Agricultural Water Demand for Scenarios 1-5 (Million Cubic Meters)

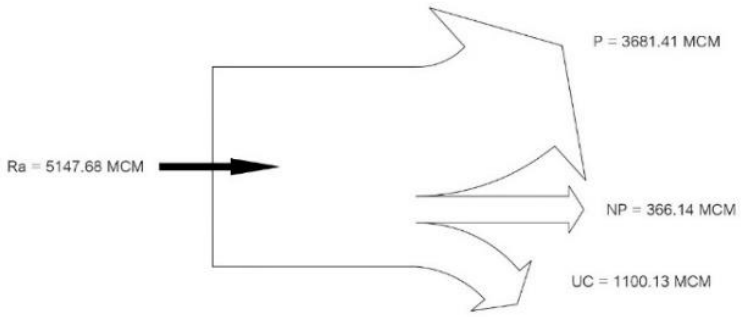
Month	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
January	169.54	238.63	307.73	376.83	445.93
February	155.18	218.42	281.66	344.91	408.15
March	181.14	254.96	328.79	402.61	476.44
April	167.53	235.81	304.10	372.38	440.66
May	403.53	403.53	403.53	403.53	403.53
June	388.45	388.45	388.45	388.45	388.45
July	413.82	413.82	413.82	413.82	413.82
August	391.53	391.53	391.53	391.53	391.53
September	324.52	324.52	324.52	324.52	324.52
October	346.06	346.06	346.06	346.06	346.06
November	150.41	211.71	273.01	334.31	395.61
December	166.21	233.95	301.69	369.42	437.16
Total	3257.90	3661.39	4064.87	4468.36	4871.85

2. Annual Water Accounting Analysis

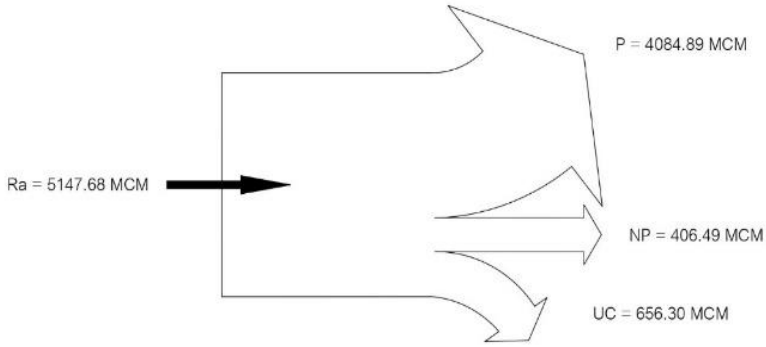
The annual water accounting results for the Lam Chiang Krai Basin showed that total rainfall amounts to 5,147.68 million cubic meters. Water use across Scenarios 1 to 5 ranged from 3,603.71 to 5,379.05 million cubic meters, corresponding to 70.00% to 104.49% of total rainfall. Although agricultural water demand was the dominant use, it remained relatively low compared to total rainfall under Scenarios 1–4, allowing for outflows of 1,543.97 to 212.46 million cubic meters, respectively. Under Scenario 5, complete off-season rice cultivation resulted in a water deficit of 231.38 million cubic meters, eliminating outflow and exacerbating water scarcity. Thus, full off-season rice cultivation was not sustainable basin-wide; cultivation should be limited to no more than 75% of the agricultural area to maintain basin water balance. These findings were illustrated in Figure 2, focusing on non-irrigated areas of the Lam Chiang Krai Basin.



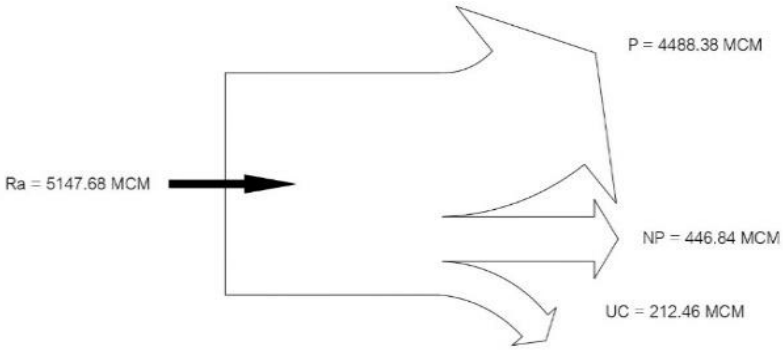
Scenario 1



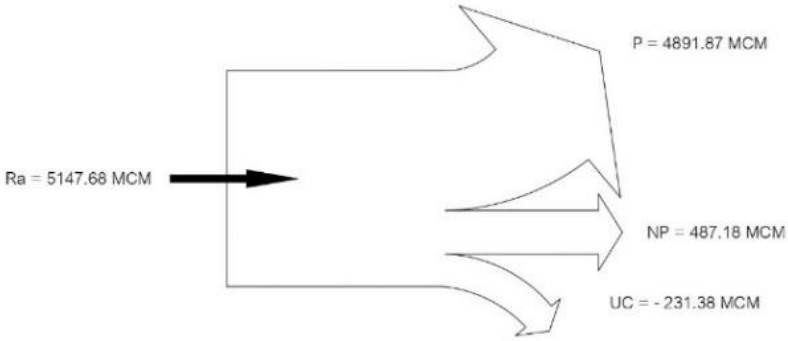
Scenario 2



Scenario 3



Scenario 4



Scenario 5

Figure 2 Annual water accounting for areas outside the irrigation zone scenario 1 to 5

3. Analysis of Water Scarcity using WEAP Modelling

The WEAP-based water balance analysis assessed the adequacy of water supply under five scenarios and identified sub-districts experiencing water scarcity, defined as months with a water deficit exceeding 20% of demand (Charoensawat & Marjang, 2021, p.246). Across all scenarios, 24 sub-districts in the Lam Chiang Krai Basin were classified as water scarce. Notably, Ban Prang Sub-district (Khong District) consistently faced deficits exceeding 100 MCM annually, while Non Muang Sub-district (Kham Sakae Saeng District), Don Muang, Nong Bua Noi, and Nong Ya Khai Sub-districts (Sikhiu District) exceeded 50 MCM. Sema Sub-district (Sung Noen District) and Samrong Sub-district (Non-Thai District) recorded deficits above 40 MCM annually.

Monthly analysis revealed Prang Sub-district (Khong District) as the area with the highest water scarcity from May to November and overall annually across all scenarios. Other sub-districts with critical shortages included Hoi Long, Nong Krad, and Krisana, varying by month and scenario. Furthermore, several sub-districts demonstrated water shortages throughout all 12 months, with 0% demand site reliability, including Nong Ngua Lueam (Chaloem Phra Kiat District), Pho Klang, Cho Ho, Si Moom (Mueang Nakhon Ratchasima District), Samrong (Non Thai District), Nong Suang (Khamsakaesang District), and multiple sub-districts in Sikhiu District.

The heightened water scarcity observed in certain sub-districts, notably Ban Prang (Khong District) and Samrong (Non-Thai District), could be attributed to a confluence of factors evident from the input data and simulation results. Ban Prang exhibited a particularly high proportion of agricultural land, especially areas potentially suitable for rice cultivation, leading to substantial water demand that escalated sharply under off-season scenarios. Compounding this, its location potentially received less effective rainfall compared to upstream areas (if applicable or mention other factors like soil type if known). Samrong Sub-district, while perhaps having slightly lower agricultural intensity than Ban Prang, faced persistent deficits likely due to a combination of moderate agricultural demand, significant domestic water requirements driven by population density, and potentially limited local surface water availability (as it might lack direct access to the main river channel or sufficient storage ponds), making it highly sensitive even to moderate increases in water stress, especially during dry months. These examples illustrated how the interplay between land use intensity, population pressure, and localized hydrological conditions drove the varying levels of drought vulnerability across the basin.

Discussion

This study, which integrated the WEAP model with water accounting to assess drought vulnerability in non-irrigated areas of the Lam Chiang Krai River Basin, found that the expansion of off-season rice cultivation had significant impacts on the water balance, resulting in localized water shortages—particularly during the dry season. These findings aligned with the study by Kosa et al. (2024, p.29) in the nearby Lam Takhong Basin, which employed a similar methodology. Comparisons

could also be drawn with the work of Kimala and Kositsakulchai (2013, p.74) in the Sedone River Basin in Lao PDR, which, while using the SWAT model, focused on water accounting and the impacts of varying irrigation scenarios. Both cases indicated a regional trend whereby changes in agricultural water use exerted considerable pressure on water resources.

Furthermore, the study by Lolupiman (2021, p.1), which developed a drought monitoring system using a drought risk index for Thailand based on factors such as rainfall and historical drought-prone areas, reinforced the importance of assessing vulnerability at multiple spatial scales for effective water resource management. A key contribution of the present study lied in its finer-scale assessment—conducted at the sub-district level and using monthly water balance analysis—providing a more localized and specific understanding than the daily provincial-level assessments by Ticha et al. or the annual HRU-based averages used by Kimala and Kositsakulchai (2013, p.77). This enabled more targeted micro-level water management and drought adaptation strategies tailored to each sub-district within the Lam Chiang Krai Basin.

The finding that off-season rice cultivation (a dry-season crop) increased water demand and led to water scarcity was consistent with general water management principles. It also resonated with the research of Noichaisin (2019), who assessed water shortage areas in Sa Kaeo Province by considering climate variability impacts (El Niño/La Niña), which also affected water availability for dry-season agriculture. Although Likhit's study primarily used GIS and expert weighting methods, its results similarly highlighted the vulnerability of agricultural zones to water fluctuations. In contrast, the use of WEAP and water accounting in this study offered a robust quantitative tool to analyze the effects of dry season cropping on water balance at the sub-district level.

This differed from the work of Sukkasem et al. (2020, p.3), who applied the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) using MODIS satellite data to assess soil moisture and agricultural drought in the Phetchaburi Basin. While their approach provided spatial information on drought conditions, it did not directly simulate water balance dynamics. In contrast, the present study made a novel contribution through scenario-based analysis of off-season rice cultivation expansion, ranging from 0% to 100% of the suitable area. This level of detail was not commonly addressed in previous studies and enabled the identification of a "tipping point" or sustainable cultivation threshold for the basin (e.g., not exceeding 75% of agricultural land). This information was particularly valuable for policymakers and agricultural extension agencies in advising farmers to reduce water shortage risks and enhance the resilience of rainfed agricultural systems.

Finally, the integration of water balance modeling and satellite-based drought indices could complement each other in confirming high-risk areas and periods of drought induced by agricultural practices, especially during the dry season. Such comparisons reinforced the validity of the findings and demonstrate the study's contribution to providing actionable insights for water management in non-irrigated, rainfed regions.

Conclusion and Suggestions

This study evaluated drought vulnerability in the non-irrigated areas of the Lam Chiang Krai River Basin using water accounting and the WEAP model. Results highlighted that off-season rice cultivation significantly increased agricultural water demand, leading to localized water scarcity despite adequate rainfall overall. Inefficient water use and a lack of interconnected infrastructure further exacerbated drought risks, particularly in specific sub-districts. The findings underscored that unregulated expansion of off-season rice cultivation pushes water demand beyond sustainable levels, impacting both agriculture and domestic use. Sustainable water management must therefore integrate regional water availability with localized water use practices.

Building on the findings, this study recommended targeted actions for stakeholders. That is, Local Administrative Organizations should utilize the vulnerability assessment for drought planning and prioritizing small-scale water infrastructure in high-risk areas like Ban Prang and Samrong. Additionally, regional agencies could use the data for optimizing allocation and long-term planning. While farmer support should be focused on promoting water-saving practices and drought-tolerant crop alternatives to off-season rice, particularly during critical dry season months (January-April). Furthermore, the research underscored the need for aligning agricultural policies with water availability and suggested future research priorities, including integrating groundwater analysis, assessing socio-economic impacts, and evaluating climate change effects using the established WEAP framework, to foster sustainable water management and long-term resilience in the Lam Chiang Krai River Basin.

Recommendation for using to benefit

To address drought vulnerability and improve water management in the Lam Chiang Krai River Basin, the following strategies were recommended:

1. Targeted Water Allocation: Apply WEAP-based, spatially focused water allocation, prioritizing high-risk sub-districts such as Ban Prang, and optimize reservoir releases in alignment with localized water balances.

2. Agricultural Diversification and Efficiency: Promote crop diversification and the adoption of water-saving technologies, such as drip irrigation and rainwater harvesting, through targeted policies and incentives.

3. Interconnected Water Infrastructure: Invest in expanding and upgrading storage, canal, and pipeline systems to enable efficient basin-wide water transfers.

4. Strengthened Water User Associations (WUAs): Establish and empower sub-district-level WUAs to manage allocation, monitor usage, resolve conflicts, and lead conservation efforts, supported by regular stakeholder engagement.

5. Enhanced Drought Monitoring and Early Warning: Develop an integrated real-time system combining rainfall, streamflow, groundwater, and demand data to enable proactive drought mitigation.

Recommendation for future research

To advance sustainable water management in the Lam Chiang Krai River Basin, future research should focus on:

1. Groundwater Assessment: Conduct comprehensive hydrogeological surveys, monitor groundwater dynamics, and develop robust groundwater models to define sustainable extraction limits.

2. Climate Change Modeling: Develop climate models to project changes in rainfall, temperature, and evapotranspiration; integrate projections into WEAP to assess water system sensitivity and adaptation strategy effectiveness.

3. Economic Valuation: Undertake a comprehensive economic valuation of water resources, encompassing agricultural, domestic, industrial, and ecosystem service values to inform allocation and pricing policies.

4. Social-Ecological Resilience: Investigate the interplay between human communities and the environment to identify key social, economic, and ecological factors contributing to resilience against drought.

5. Governance Analysis: Critically assess the existing water governance framework to identify institutional barriers and foster enhanced stakeholder collaboration.

General Applicability and Future Directions

The analytical framework integrating water accounting principles and the WEAP model, as demonstrated in this study, had broad applicability beyond the Lam Chiang Krai River Basin, particularly for assessing drought vulnerability and water management in non-irrigated or data-scarce regions with agricultural water stress. To adapt this framework to new areas, key steps include: (1) compiling site-specific data, (2) reconfiguring the WEAP model to fit the new basin, (3) recalibrating and validating the model with historical data, and (4) developing relevant water management scenarios. The approach could serve as a basis for comparative drought studies, assist policymakers in integrated river basin planning, and aid local drought preparedness. Future research could expand by incorporating groundwater interactions, water quality, or economic analyses for more comprehensive assessments.

Acknowledgements

The research project extended its gratitude to the Office of Agricultural Research Development (Public Organization) for the financial support of the research activities and for the guidance that contributed to the successful completion of the study. We also wish to thank Suranaree University of Technology for facilitating the smooth execution of the project.

References

Agarwal, A., Patil, J. P., Goyal, V. C., & Jayakumar, K. V. (2018). A review on weap21 model for managing water resources. *Journal of Indian Water Resources Society*, *38*(4), 38-44. https://www.researchgate.net/publication/337257351

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Charoensawat, K., & Marjang, N. (2021, July 30). *Improvement of pranburi reservoir operating criteria* [Conference presentation]. The 14th THAICID National e-SYMPOSIUM 2021, Bangkok, Thailand. https://www.rid.go.th/THAICID/_5_article/13symposium/Proceeding13th-TNS.pdf

Cravens, A. E., Henderson, J., Friedman, J., Burkardt, N., Cooper, A. E., Haigh, T., Hayes, M., McEvoy, J., Paladino, S., Wilke, A. K., & Wilmer, H. (2021). A typology of drought decision making: Synthesizing across cases to understand drought preparedness and response actions. *Weather and Climate Extremes*, *33*, 100362. https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100362

Dembélé, M., Salvadore, E., Zwart, S., Ceperley, N., Mariéthoz, G., & Schaefli, B. (2023). Water accounting under climate change in the transboundary Volta River Basin with a spatially calibrated hydrological model. *Journal of Hydrology*, *626*, 130092. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130092

Hamdi, A. A., Abdulhameed, I. M., & Mawlood, I. A. (2023). Application of weap model for managing water resources in iraq: a review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1222*, 012032. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1222/1/012032

Hunink, J., Simons, G., Suárez-Almiñana, S., Solera, A., Andreu, J., Giuliani, M., Zamberletti, P., Grillakis, M., Koutroulis, A., Tsanis, I., Schasfoort, F., Contreras, S., Ercin, E., & Bastiaanssen, W. (2019). A simplified water accounting procedure to assess climate change impact on water resources for agriculture across different european river basins. *Water*, *11*(10), 1976. https://doi.org/10.3390/w11101976

Kimala, V., & Kositsakulchai, E. (2013). Application of SWAT model for Water Accounting in Sedone River Basin, Lao PDR. *Journal of Science and Technology*, *2*(5), 66-81. (In Thai)

Kosa, P., Sukwimolseree T., & Chunkor P. (2024) Evaluating drought-prone areas using water accounting and WEAP modelling in non-irrigated areas. *Engineering journal of research and development*, *35*(2), 23-41. (In Thai)

Lolupiman, T., Kyaw, K. K., Lueangdilok, N., & Srisomporn, P. (2021, November 26). *Development of a drought monitoring system using a drought risk index for Thailand* [Conference paper]. The 8th National Water Resources Engineering Conference, Thailand.

Noichaisin, L. (2019). *Assessment for water shortage area and suitable area for reservoir construction in Sa Kaeo province by using GIS* [Doctoral dissertation, Burapha University]. https://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/55810234.pdf

Pedro-Monzonís, M., Solera, A., Ferrer, J., Andreu, J., & Estrela, T. (2016). Water accounting for stressed river basins based on water resources management models. *The Science of the total environment*, 565, 181–190. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.161

Rastegaripour, F., Tavassoli, A., Babaeian, M., Fernández-Gálvez, J., & Caballero-Calvo, A. (2024). Assessing the impacts of climate change on water resource management and crop patterns in Eastern Iran. *Agricultural Water Management*, 295, 108774. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108774

Sawassi, A., Khadra, R., & Crookston, B. (2024). Water banking as a strategy for the management and conservation of a critical resource: A case study from tunisia's Medjerda river basin (MRB). *Sustainability, 16*(9), 3875. https://doi.org/10.3390/su16093875

Shahraki, A. S., Shahraki, J., & Monfared, S. A. H. (2016). An Application of WEAP Model in Water Resources Management Considering the Environmental Scenarios and Economic Assessment Case Study: Hirmand Catchment. *Modern Applied Science*, *10*(5), 49-56. https://doi.org/10.5539/mas.v10n5p49

Sieber, J., & Purkey, D. (2015). *Water Evaluation and Planning System user guide*. Stockholm Environment Institute.

Sipayung, A. B. R., Hasibuan, G. A. A., & Muda, I. (2024). Does water accounting support sustainable water and business risks of clean water management?. *Brazilian Journal of Development*, *10*(1), 93-101. https://doi.org/10.34117/bjdv10n1-006

Sukkasem, T., Sittichok, K., & Chompuchan, C. (2020). An analysis of drought in phetchaburi river basin using TVDI derived from MODIS data. *Thaksin University Journal*, *23*(2), 74-83. (In Thai)

Tingsa T., Suma Y., & Pasukphun N., (2024) Preliminary study of using water accounting framework for wastewater utilization: Case study in Samutprakarn province, Thailand. *Environment Asia, 17*(1), 14-28. https://www.researchgate.net/publication/379657823

Vardon, M. J., Le, T. H. L., Martinez-Lagunes, R., Pule, O. B., Schenau, S., May, S., & Grafton, R. Q. (2025). Acoounting for water: A gloval review and indicators of best practice for improved water governance. *Ecological Economics*, 227, 108396. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108396

Yao, A. B., Mangoua, O. M. J., Georges, E. S., Kane, A., & Goula, B. T. A. (2021). Using "water evaluation and planning" (WEAP) model to simulate water demand in Lobo Watershed (Central-Western Côte d'Ivoire). *Journal of Water Resources and Protection, 13*(3), 216–235. https://doi.org/10.4236/jwarp.2021.133013

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความส่งตีพิมพ์ วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ISSN 2985 - 2986 (Online)

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ (Academic Journal Uttaradit Rajabhat University) ISSN 2985-2986 (Online) เว็บไซต์ https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/uruj เป็นวารสารของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิชาการ บทความวิจัย และผลงานวิจัย ที่ให้ความสำคัญในด้านการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงพื้นที่ทุกระดับ โดยผลการวิจัยนั้นต้องสามารถแสดงให้เห็นถึงการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริงในพื้นที่ สามารถขยายผลความสำเร็จไปยังพื้นที่อื่น หรือให้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ โดยดำเนินการเผยแพร่ในรูปแบบออนไลน์ในระบบ Thai Journal Online System ซึ่งมีกำหนดการออกเผยแพร่ราย 6 เดือน ปีละ 2 ฉบับ เป็นประจำทุกปี ดังนี้

- ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน)
- ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม)

ทั้งนี้ บทความทุกฉบับจะได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายใน และภายนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 3 ท่าน ในลักษระการประเมินแบบ Double - Blind เพื่อให้ผู้เขียนสามารถเตรียมต้นฉบับได้ถูกต้องและได้มาตรฐานตามรูปแบบของวารสารฯ จึงขอชี้แจงดังนี้

รายการตรวจสอบการเตรียมบทความ

ในขั้นตอนการส่งบทความ ผู้เขียนจะต้องตรวจสอบการปฏิบัติตามรายการต่อไปนี้

1. ผลงานที่ส่งตีพิมพ์จะต้องไม่เคยเผยแพร่ในสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้ส่งบทความโดยตรง
2. ผลงานที่ส่งตีพิมพ์ในลักษณะบทความวิจัยต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัย ไม่บิดเบือนข้อมูลหรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ
3. ผู้เขียนต้องส่งแบบฟอร์ม “ขอส่งบทความวิชาการ/วิจัย เพื่อรับพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
4. ผู้เขียนต้องเขียนบทความให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดไว้ใน “คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความฯ”
5. ผู้เขียนที่มีชื่อปรากฏในบทความทุกคนต้องเป็นผู้มีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัยจริง
6. การเพิ่ม-ถอน จำนวนของผู้แต่งร่วม (ถ้ามี) จะไม่สามารถดำเนินการได้ หลังจากส่งบทความเข้าในระบบของวารสารเป็นที่เรียบร้อยแล้ว
7. ผู้เขียนต้องระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนในการทำวิจัย (ถ้ามี)
8. ผู้เขียนต้องระบุผลประโยชน์ทับซ้อน (ถ้ามี)
9. สามารถส่งต้นฉบับบทความวิชาการ (Academic Article) และบทความวิจัย (Research Article) ได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
10. ต้นฉบับต้องผ่านการกลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิและได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ
11. ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ถือเป็นลิขสิทธิ์ของวารสาร

นโยบายการดำเนินงานของวารสาร

1. กองบรรณาธิการจะตรวจสอบหัวข้อและเนื้อหาของบทความถึงความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวารสารฯ รวมถึงประโยชน์ในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

2. บทความที่ส่งเข้าระบบเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จะผ่านการตรวจสอบการคัดลอกผลงานวิชาการ โดยใช้ระบบอักขราวิสุทธิ์ หรือระบบ CopyCatch หรือระบบ Turnitin อย่างใดอย่างหนึ่ง ทั้งนี้ผลงานวิชาการที่มีเนื้อหาคล้ายกันสามารถยอมรับได้ต้องไม่เกินร้อยละ 25 ของผลงานทั้งหมด

3. กรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเห็นควรรับบทความไว้สำหรับพิจารณาตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะส่งบทความเพื่อทำการกลั่นกรองต่อไป โดยส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบคุณภาพของบทความว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะตีพิมพ์หรือไม่ สำหรับกระบวนการพิจารณากลั่นกรองนี้เป็นการประเมินบทความแบบสองทาง (Double-Blind Process) กล่าวคือ จะไม่เปิดเผยชื่อผู้ส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิทราบ และจะไม่เปิดเผยชื่อผู้ทรงคุณวุฒิให้ผู้ส่งบทความทราบ รวมถึงกองบรรณาธิการจะไม่เปิดเผยทั้งชื่อผู้ส่งและชื่อผู้ทรงคุณวุฒิให้บุคคลอื่นทราบด้วยเช่นกัน

4. ทั้งนี้เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณากลั่นกรองบทความแล้ว กองบรรณาธิการจะพิจารณาตัดสินโดยอิงตามคำตัดสินและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิว่าบทความนั้นๆ ควรได้รับการตีพิมพ์ หรือควรส่งกลับให้ผู้ส่งบทความเพื่อทำการแก้ไขก่อนพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง หรือปฏิเสธการตีพิมพ์

5. ผู้เขียนบทความต้องยินยอมปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กองบรรณาธิการวารสารกำหนด และยินยอมให้บรรณาธิการแก้ไขความสมบูรณ์ของบทความได้ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนเผยแพร่

6. การอนุมัติให้ลงตีพิมพ์ได้หรือไม่นั้น ผลการพิจารณาจากกองบรรณาธิการวารสารถือเป็นสิ้นสุด

นโยบายจริยธรรมวิจัยในมนุษย์และสัตว์ (Human and Animal Research Ethics Policy)

บทความจากงานวิจัยที่ส่งเข้ามารับการตีพิมพ์และเกี่ยวข้องกับการทำวิจัยในมนุษย์และสัตว์ ต้องได้รับการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือในสัตว์ ของสถาบันที่ดำเนินการหรือหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การส่งบทความวิจัยและเอกสารต่างๆ

การส่งบทความวิจัยหรือบทความวิชาการ และเอกสารต่างๆ ถึงกองบรรณาธิการวารสารเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาและประเมินคุณภาพทางวิชาการ กำหนดดังนี้

1. บทความวิจัย หรือ บทความวิชาการ (จัดพิมพ์ตามรูปแบบที่วารสารกำหนด) จำนวน 1 ชุด
2. แบบฟอร์มขอส่งบทความ จำนวน 1 ชุด
3. สำเนาหนังสือการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์และสัตว์ จำนวน 1 ชุด

การเตรียมต้นฉบับบทความ

แนะนำให้ผู้เขียนบทความ ดาวน์โหลด “Template บทความวิจัย” หรือ Template บทความวิชาการ” ที่ดาวน์โหลดด้านขวามือของเว็บไซต์วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และมีรายละเอียดเบื้องต้นดังนี้

1. การจัดเค้าโครงหน้ากระดาษ

ความยาวของบทความไม่เกิน 12 หน้ากระดาษ ขนาด A4 (นับรวมภาพ ตาราง และเอกสารอ้างอิง) การตั้งระยะขอบของหน้ากระดาษในแต่ละหน้ากำหนดจากขอบบน 3.81 เซนติเมตร ขอบล่าง 2.54 เซนติเมตร ขอบซ้าย 3.81 เซนติเมตร และขอบขวา 2.54 เซนติเมตร

2. รูปแบบตัวอักษร และขนาดตัวอักษร

ใช้จัดพิมพ์ด้วยแบบอักษรไทยสารบรรณ พีเอสเค (TH SarabunPSK) เหมือนกันตลอดทั้งบทความ

2.1 ชื่อเรื่องบทความ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 16 pt. (ตัวหนา) จัดกึ่งกลาง

2.2 ชื่อผู้เขียน ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวอักษรปกติ) จัดชิดขวา

2.3 ชื่อสังกัดหน่วยงานหรือมหาวิทยาลัย ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และ Corresponding Author e-mail: ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวอักษรปกติ) จัดชิดขวา

2.4 หัวข้อหลัก (จัดชิดขอบซ้าย, ตัวหนา, ขนาดตัวอักษร 14 Point, ไม่ใส่ลำดับที่) กำหนดเรียงลำดับหัวข้อหลัก ดังนี้

(บทความภาษาไทย)	(บทความภาษาอังกฤษ)
บทนำ	**Introduction**
วัตถุประสงค์การวิจัย	**Research Objectives**
วิธีดำเนินการวิจัย	**Research Methods**
ผลการวิจัย	**Research Results**
อภิปรายผลการวิจัย	**Discussion**
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	**Conclusion and Suggestions**
กิตติกรรมประกาศ	**Acknowledgements**
เอกสารอ้างอิง	**References**

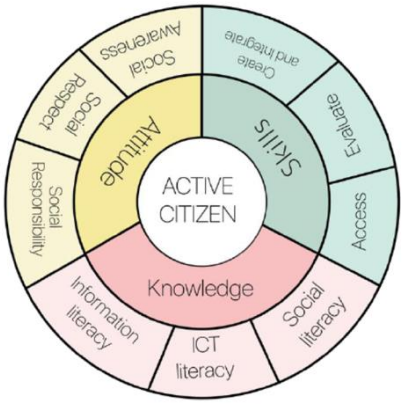
3. การใช้เครื่องหมาย

จุลภาค (,) ทวิภาค (:) และอัฒภาค (;) ให้พิมพ์ต่อเนื่องกับอักษรตัวหน้า และเว้น 1 วรรคตัวอักษรก่อนข้อความต่อไป เช่น Community engagement in higher education: Policy reforms and practice (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2562; ศรเนตร อารีโสภณพิเชฐ, 2564)

4. ภาพ

หมายเลขภาพ ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวหนา) ให้ระบุไว้ใต้ภาพ จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษใต้ภาพ ภาพต้องมีความละเอียดขั้นต่ำ 600 dpi ควรเป็นภาพที่มีนามสกลุไฟล์ .jpg หรือ .png พร้อมระบุหมายเลขกำกับรูปภาพ ชื่อภาพ และอ้างอิงภาพโดยไม่เป็นการละเมิดลิขสิทธิ์เจ้าของผลงาน ซึ่งผู้เขียนต้องตรวจสอบสิทธิ์ของภาพก่อนระบุในบทความให้เรียบร้อย

ตัวอย่าง



ภาพ 1 คุณลักษณะของพลเมืองวิวัฒน์
ที่มา: (Rangsisuttaporn et al., 2020, p. 2552)

5. ตาราง

หมายเลขตาราง ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวหนา) หัวข้อตารางให้ระบุที่มุมซ้ายด้านบนของเส้นตาราง ตามลำดับเลขที่ปรากฏในต้นฉบับ พร้อมชื่อของตาราง ตารางที่สร้างขึ้นมาไม่ต้องมีเส้นสดมภ์ มีแต่เส้นแนวนอน และตารางที่นำเสนอจะต้องเป็นตารางที่มีสัดส่วนพอเหมาะกับบทความ

ข้อมูลที่นำเสนอในตารางควรมีความสอดคล้องกับข้อมูลในส่วนของเนื้อความ และเมื่อแทรกตาราง แล้วต้องมีการแสดงรายละเอียดเนื้อหาของตารางเสมอ สามาถใช้คำย่อในตารางได้ แต่ควรอธิบายคำย่อที่ไม่ใช่คำมาตรฐานในเชิงอรรถ

ตัวอย่าง

ตาราง 1 เปรียบเทียบคุณลักษณะความเป็นพลเมืองวิวัฒน์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏ ก่อนทดลองและหลังทดลอง

คุณลักษณะความเป็นพลเมืองวิวัฒน์	ก่อนเรียน			หลังเรียน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
มิติความรู้	4.23	0.57	มาก	4.63	0.30	มากที่สุด
มิติทักษะ	4.14	0.57	มาก	4.68	0.33	มากที่สุด
มิติทัศนคติ	4.26	0.58	มาก	4.67	0.33	มากที่สุด

6. เอกสารอ้างอิงภาษาไทยที่แปลเป็นภาษาอังกฤษ

รายการเอกสารอ้างอิงภาษาไทยที่แปลเป็นภาษาอังกฤษ ต้องเติมคำว่า “(In Thai)” ต่อท้ายทุกรายการของเอกสารอ้างอิงภาษาไทยที่แปลเป็นภาษาอังกฤษ

ส่วนประกอบของบทความ

1. **ชื่อเรื่องบทความ**

ชื่อเรื่องบทความ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกะทัดรัดไม่ยาวจนเกินไป มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2. **ชื่อผู้เขียนและหน่วยงานต้นสังกัด**

2.1 ชื่อผู้เขียนและหน่วยงานต้นสังกัด (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ) ระบุเฉพาะชื่อ และสกุล โดยใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) เฉพาะผู้รับผิดชอบบทความ

2.2 สถานที่ทำงาน (Affiliation) ระบุหน่วยงาน จังหวัด

2.3 ผู้แต่งอีเมล (E-mail Address) ระบุเฉพาะผู้รับผิดชอบบทความและควรเป็นอีเมลของหน่วยงาน

3. **บทคัดย่อ (Abstract)**

3.1 ความยาวคำ ไม่เกิน 400 คำ และคำสำคัญ (Keywords) 3-5 คำ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)

3.2 เนื้อความของบทคัดย่อภาษาไทยและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) สรุปสาระสำคัญของงานวิจัยที่อ่านเข้าใจง่าย ตามลำดับดังนี้ ระบุวัตถุประสงค์การวิจัย ระบุระเบียบวิธีการวิจัย (โดยย่อ) แต่ต้องครอบคลุมเนื้อหา (ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือการวิจัย วิธีการรวบรวมข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล) ระบุผลการวิจัย ระบุการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือผลกระทบ (Impact) ของผลการวิจัย

4. **ส่วนเนื้อหา**

4.1 บทความวิจัย ควรเป็นการนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้า ข้อค้นพบ องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการมาอย่างเป็นระบบตามขั้นตอนของการวิจัย โดยควรมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (สามารถมีหัวข้อหรือองค์ประกอบที่แตกต่างได้)

4.1.1 บทนำ (Introduction) ครอบคลุมความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

4.1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย (Research Objectives) ข้อความที่แสดงให้เห็นถึงสิ่งที่นักวิจัยต้องการศึกษา ที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง และรายงานผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้

4.1.3 วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology) ให้ระบุรูปแบบวิจัย (Research Design) อธิบายเครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัยให้กระชับและชัดเจนให้บอกรายละเอียดสิ่งที่นำมาศึกษา สูตรและการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา (เกณฑ์การคัดเข้า คัดออก) การสุ่มตัวอย่าง ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษา คุณภาพของเครื่องมือ วิธีหรือมาตรที่ใช้ในการวัด วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1.4 ผลการวิจัย (Results) บรรยายสรุปผลการวิจัยอย่างกระชับโดยให้สอดคล้องกับลำดับวัตถุประสงค์การวิจัย หากการวิจัยเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่ต้องนำเสนอด้วยตาราง หรือแผนภูมิ ควรมีคำอธิบายประกอบ การเรียงลำดับภาพ ตาราง หรือแผนภูมิ ควรเรียงลำดับตามเนื้อหาของงานวิจัย และต้องมีการแปลความหมายของผลที่ค้นพบหรือวิเคราะห์

4.1.5 อภิปรายผลการวิจัย (Discussion) เขียนให้สอดคล้องกับลำดับของการนำเสนอสรุปผลการวิจัย เป็นการวิพากษ์ วิจารณ์ผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องหรือขัดแย้งกับสมมติฐาน มีการอ้างอิงข้อเท็จจริง ทฤษฎี และผลการวิจัยอื่น อธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผลถึงแนวความคิดของผู้วิจัยต่อผลการวิจัยที่ได้

4.1.6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestions)

1) สรุปผลการวิจัย ควรสรุปสาระสำคัญที่ไม่คลุมเครือ และสรุปผลว่าตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือไม่ อย่างไร

2) แสดงข้อเสนอแนะและความเห็นเพิ่มเติมเพื่อการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่และการพัฒนางานต่อไปในอนาคต หรือเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

4.1.7 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) เป็นการแสดงคำขอบคุณสำหรับแหล่งทุนสนับสนุน หรือผู้ช่วยเหลืองานวิจัย

4.1.8 เอกสารอ้างอิง (References) แสดงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลที่ถูกนำมาอ้างอิงขึ้นมาใช้ในการวิจัย เพื่อเป็นการแสดงเจตนาว่าไม่นำผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตนเอง การเขียนอ้างอิงให้เป็นไปตามรูปแบบวารสารกำหนด The American Psychological Association (APA, 7th Edition) เอกสารอ้างอิงท้ายบทความ (References) ทุกรายการต้องมีการอ้างอิงหรือกล่าวถึงอยู่ในเนื้อหาของบทความ (In-Text Citation) ผู้เขียนบทความต้องตรวจสอบข้อมูลของเอกสารที่นำมาอ้างอิงนั้น จะต้องปรากฏอยู่ทั้ง 2 แห่ง และมีความถูกต้องตรงกันทั้งการสะกดชื่อผู้แต่งและเลขปีพิมพ์

4.2 บทความวิชาการ ควรมีการกำหนดประเด็นที่ต้องการอธิบายหรือวิเคราะห์อย่างชัดเจน โดยมีการวิเคราะห์ประเด็นที่ต้องการนำเสนอตามหลักวิชาการ โดยมีการสำรวจวรรณกรรมเพื่อสนับสนุนจนสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ประเด็นนั้นได้ อาจเป็นการนำความรู้จากแหล่งต่างๆ มาประมวลร้อยเรียงเพื่อวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ โดยที่ผู้เขียนบทความแสดงทัศนะทางวิชาการของตนไว้อย่างชัดเจน มีลำดับเนื้อหาและบทสรุปที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้ชัดเจน ประกอบด้วย

4.2.1 บทนำ (Introduction) หลักการและเหตุผล (Rationale) ความเป็นมาหรือภูมิหลัง (Background) ความสำคัญของเรื่องที่เขียน (Justification) วัตถุประสงค์ของการเขียนในการที่จะสื่อไปยังผู้อ่าน คำจำกัดความ หรือนิยามต่างๆ ที่ผู้เขียนเห็นว่ามีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน

4.2.2 เนื้อเรื่อง (Body) การจัดลำดับเนื้อหาสาระ การเรียบเรียงเนื้อหา การวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ การใช้ภาษา วิธีการนำเสนอ

4.2.3 ส่วนสรุป (Conclusions) บทความทางวิชาการที่ดีควรมีการสรุปประเด็นสำคัญๆ ของบทความนั้น ซึ่งอาจกระทำในลักษณะการย่อโดยการเลือกประเด็นสำคัญๆ ขอบทความมานำเสนออย่างกระชับท้ายบทความ

การเขียนเอกสารอ้างอิง

การอ้างอิงเอกสาร ควรอ้างอิงจากผลงานวิชาการต่างๆ ที่มาจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ สามารถตรวจสอบได้ สำหรับวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ใช้รูปแบบการเขียนอ้างอิง The American Psychological Association (APA, 7th Edition) ประกอบด้วยการอ้างอิงในเนื้อหา (In-text Citation) และการอ้างอิงท้ายบทความ (References) โดยมีรูปแบบดังนี้

1. การอ้างอิงในเนื้อหา (In-text Citation)

การอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหาระบุชื่อผู้แต่ง ปีพิมพ์ และหมายเลขหน้า (การอ้างอิงบทความวารสารหรือรายงานการประชุมต้องระบุหมายเลขหน้า สำหรับการอ้างอิงผลงานจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ไม่ต้องระบุหมายเลขหน้า) สำหรับรูปแบบการอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหาสามารถกระทำได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1.1 กรณีอ้างอิงท้ายข้อความ (ผู้แต่ง, ปีพิมพ์ เลขหน้า)

(สุนีย์ มัลลิกะมาลย์, 2549, น.27)

(McCartney & Philips, 2006, p.204)

(Murphy, 2021, pp.152-153)

(Martin et al., 2020) ***กรณีที่มีผู้แต่ง 3 คน หรือมากกว่า***

ตัวอย่างประโยค

จากการเปลี่ยนแปลงของบริบทโลกและสภาพของปัจจุบันนี้นั้น ทำให้สภาพแวดล้อมของการพัฒนาประเทศไทยในปัจจุบัน และในอนาคต 20 ปีภายหน้าเปลี่ยนไป ในส่วนบริบทของประเทศไทยได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์ 20 ปี (พ.ศ.2560-2579) โดยมีเป้าหมายที่จะพัฒนาคนไทยในอนาคตให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นพลเมืองที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เป็นพลเมืองที่ตื่นรู้ มีจิตสาธารณะ และทำประโยชน์ต่อส่วนรวม (ปรเมธี วิมลศิริ, 2559, น.3)

1.2 กรณีมีการระบุชื่อผู้แต่งในเนื้อหา ผู้แต่ง (ปีพิมพ์)

ลดาพร บุญฤทธิ์ (2559) ได้ศึกษาถึง.....

Boonsarngsuk (2020) studied.....

ตัวอย่าง

เบล (Bell, 2016, p.55) กล่าวถึงการจัดศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในมุมมองของการพัฒนาพลเมืองที่มีความรับผิดชอบอย่างยั่งยืนนั้น ต้องมีทักษะสำหรับการใช้ชีวิตในยุคปัจจุบัน (Skills for living in the world) ได้แก่.....

1.3 การอ้างอิงรายการเดียวกัน แต่ที่มีผู้แต่งแตกต่างกัน

ให้เรียงตามอักษรของผู้แต่งคั่นด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) กรณีที่งานทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศถูกอ้างพร้อมกัน ให้เริ่มที่งานเขียนภาษาไทยก่อน

Several studies (Kozak & Elliott, 2014, p.5; Miller, 1999)

(ภุชพงศ์ โนดไธสง, 2560; อำนวย วีรวรรณ, 2540)

(อนุชาติ บุนนาค, 2549; Digital citizenship for college students, 2016)

1.4 กรณีการอ้างอิงเอกสารที่ไม่ใช่เอกสารต้นฉบับ

ให้ระบุชื่อเอกสารต้นฉบับและ คำว่า “อ้างอิงใน” สำหรับภาษาไทย หรือ “as cited in” สำหรับภาษาอังกฤษตามด้วยชื่อผู้แต่งเอกสารทุติยภูมิ และปีพิมพ์ สำหรับการลงรายการอ้างอิงท้ายเล่ม ลงชื่อผู้แต่งเอกสารทุติยภูมิเท่านั้น

(นิพัทธ์ เลิศณรงค์, 2531, น.53-75, อ้างถึงใน พักตร์วิภา โพธิ์ศรี, 2551, น.94-95)

(Miller, 1988, as cited in Kozak & Elliott, 2014, p.8)

Bridget’s diary (as cited in Rahname, 2017)

1.5 การอ้างอิงการสัมภาษณ์

ซึ่งอาจเป็นบันทึก บทสนทนาทางโทรศัพท์ หรือเอกสารอื่นๆ รวมทั้งการสัมภาษณ์ที่ไม่ได้อ้างอิงมาจากแหล่งอื่น (สัมภาษณ์เอง) ไม่ต้องระบุในเอกสารอ้างอิงท้ายเล่ม แต่ให้ระบุในเสื้อหาโดย ระบุชื่อสกุลของ *เจ้าของเอกสาร หรือ ผู้ถูกสัมภาษณ์* และวันที่ให้สัมภาษณ์ให้ถูกต้อง เช่น

เจษฎา มิ่งฉาย (สัมภาษณ์, 18 เมษายน 2563) ให้ความเห็นว่า.....

คาฟท์ (Karft, สัมภาษณ์, 28 กันยายน 2564) กล่าวว่า.....

1.6 การอ้างอิงบางส่วนของเอกสาร

ให้ระบุชื่อผู้แต่ง ปี และข้อมูลเกี่ยวกับเอกสาร เช่น ย่อหน้า บท ตาราง ภาพ หมายเลขสไลด์ เช่น

(ภาสุดา ภาคาผล, 2556, ย่อหน้า 4)

(Delve & Mintz, 2019, Table 1)

(National Council for the Social Studies, 2000, Slide 8)

(Kauffman, 2000, paras.2-3)

2. การอ้างอิงท้ายบทความ (References)

ข้อกำหนดในการเขียนเอกสารอ้างอิง

2.1 ชื่อผู้แต่ง

2.1.1 ผู้แต่งคนไทย ไม่ต้องระบุคำนำหน้านาม ตำแหน่งทางวิชาการ คำเรียกทางวิชาชีพ และตำแหน่งยศต่างๆ

ศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สินลารัตน์	ลงรายการเป็น	ไพฑูรย์ สินลารัตน์.
ร้อยตำรวจเอก วินัย ซื่อสัตย์	ลงรายการเป็น	วินัย ซื่อสัตย์.
แพทย์หญิงลดาพร บุญฤทธิ์	ลงรายการเป็น	ลดาพร บุญฤทธิ์.

2.1.2 ผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ลงนามสกุลตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) และต่อด้วยอักษรย่อของ ชื่อต้น และชื่อรอง

A. W. Chickering	ลงรายการเป็น	Chickering, A. W.
Prairie Leigh Burgess	ลงรายการเป็น	Burgess, Prairie Leigh.
Cecilia I. Delve	ลงรายการเป็น	Delve, Cecilia I.

2.1.3 ผู้แต่งชาวไทยที่เขียนหนังสือเป็นภาษาอังกฤษ จะลงรายการผู้แต่งโดยใช้นามสกุล ขึ้นต้นเหมือนผู้แต่งชาวต่างประเทศ

Chanokphat Phadungath	ลงรายการเป็น	Phadungath, C.

2.1.4 ผู้แต่งมีฐานันดรศักดิ์และบรรดาศักดิ์ ให้กลับฐานันดรศักดิ์ หรือบรรดาศักดิ์ ไว้หลังชื่อ โดยมีเครื่องหมายจุลภาคคั่น

กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาเจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร	ลงรายการเป็น	เทพรัตนราชสุดาเจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร, กรมสมเด็จพระ
หม่อมราชวงศ์เสนีย์ ปราโมช	ลงรายการเป็น	เสนีย์ ปราโมช, ม.ร.ว.
คุณหญิงพรทิพย์ โรจนสุนันท์	ลงรายการเป็น	พรทิพย์ โรจนสุนันท์, คุณหญิง

2.1.5 ผู้แต่งมีสมณศักดิ์ ให้ลงชื่อสมณศักดิ์ และถ้าทราบชื่อเดิมให้ใส่ไว้ในวงเล็บต่อจากชื่อสมณศักดิ์

พระธรรมวิสุทธิมงคล (หลวงตาพระมหาบัว ญาณสัมปันโน).
พระราชรัตนรังสี (วีรยุทธ์ วีรยุทโธ).

2.1.6 ผู้แต่งคนเดียวกัน แต่งหนังสือหลายชื่อเรื่องและพิมพ์ในปีเดียวกัน ถ้าเป็นภาษาไทย ให้ใส่ อักษร ก, ข, ค, ง ไว้ท้ายปีที่พิมพ์ตามลำดับส่วนภาษาอังกฤษ ให้ใส่อักษร a, b, c, d ไว้ท้ายปีที่พิมพ์

ทิศนา แขมมณี. (2557ก).
(Oxford University, 2019b)

2.1.7 จำนวน และประเภทผู้แต่ง

รูปแบบ	การอ้างอิงในเนื้อหา	การอ้างอิงท้ายบทความ
ผู้แต่ง 1 คน	(สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, น.17)	สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *กรอบคุณวุฒิแห่งชาติฉบับปรับปรุง.* สำนักงานฯ.
	(Biech, 2015)	Biech, Elaine. (2015). *101 Ways to make learning active beyond the classroom.* John Wiley & Sons.
ผู้แต่ง 2 คน	(สมสิทธิ์ อัสดรนิธี และกาญจนา ภูครองนาค, 2555, น.22-23)	สมสิทธิ์ อัสดรนิธี และกาญจนา ภูครองนาค. (2555). *การศึกษาวิเคราะห์ความรู้เกี่ยวกับการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลงตามแนวจิตตปัญญาศึกษาเพื่อการบ่มเพาะความซื่อตรง.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล.
	(Chickering & Reisser, 1993) Chickering and Reisser (1993)	Chickering, A. W. & Reisser, L. (1993). *Educational and identity* (2nd ed.). Jossey-Bass.
ผู้แต่ง 1-20 คน ระบุชื่อทุกคน ***ใช้เครื่องหมายจุลภาคคั่น และ คำว่า และ ก่อนคนสุดท้าย	(ภาสกร เนตรทิพย์วัลย์ และคนอื่นๆ, 2563)	ภาสกร เนตรทิพย์วัลย์, พรพรรณ ภูสาหัส, สมสุข ภาณุรัตน์, สุขฤดี ธัชศฤงคารสกุล, พัชรี กระจ่างโพธิ์, และวิถี ธุระธรรม. (2563). *การประเมินภาวะสุขภาพสำหรับพยาบาล: การตรวจร่างกาย.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). พิมพ์ดีการพิมพ์.
	Jacob et al. (2015) *หรือ* (Jacob et al., 2015)	Jacob, W. James, Sutin, Stewart E., Weidman, John C., & Yeager, John L. (2015). *Community engagement in higher education.* Sense.
ผู้แต่ง 21 คนขึ้นไป ระบุชื่อ 19 คนแรก และใช้ . . . ตามด้วยชื่อคนสุดท้าย โดยหน้าและหลังแต่ละจุดต้องเว้นวรรค 1 ระยะ	ขนิษฐา นันทบุตร และคนอื่น ๆ (2563, น.25) *หรือ* (ขนิษฐา นันทบุตร และคนอื่น ๆ, 2563, น.25)	ขนิษฐา นันทบุตร, พีรพงษ์ บุญสวัสดิ์กุลชัย, จงกลณี จันทรศิริ, นิลภา จิระรัตนวรรณะ, สุคนธ์ วรรธนะอมร, แสงเดือน แท่งทองคำ, กชพร สิงหะหล้า, กติกา นวพันธุ์, กนกพร จิรัฐติกาลวงศ์, กนกพร จิวประสาท, กนกพร แจ่มสมบูรณ์, กนกพร อัศวเมธิกาพงศ์, กมลวรรณ จุติวรกุล, กมลวรรณ ตังธนกานนท์, กรรณิกา ชำธรรม, กรรณิการ์ มุรทาธร, กรองทอง วงศ์ศรีตรัง, กรีวุธ อัศวคุปตานนท์, กฤติน กุลเพ็ง, . . . พัฒนา นาคทอง. (2563). *ชุดความรู้การพัฒนากลไกและการพัฒนาระบบ สุขภาพชุมชนโดยชุมชนเพื่อชุมชน.* ดีดี.
	(Miller, 2018, p.10)	Miller, T. C., Brown, M. J., Wilson, G. L., Evans, B. B., Kelly, R. S., Turner, S. T., Lewis, F., Lee, L. H., Cox, G., Harris, H. L., Martin, P., Gonzalez, W. L., Hughes, W., Carter, D., Campbell, C., Baker, A. B., Flores, T., Gray, W. E., Green, G., . . . Nelson, T. P. (2018).
ผู้แต่งที่เป็นสถาบัน	สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (2562)	สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2562). *การรู้ดิจิทัล.* สำนักงานฯ.
ผู้รับผิดชอบเป็นบรรณาธิการ	(วิชัย วงษ์ใหญ่ (บ.ก.)., 2553)	วิชัย วงษ์ใหญ่ (บ.ก.). (2553). *กระบวนทัศน์ใหม่ในการพัฒนาหลักสูตร.* โอเดียนสโตร์.
	(McKinney et al. (Eds.), 2018)	McKinney, E. S., Nelson, K. A., & Ashwill, J. W. (Eds.). (2018). *Maternal-child nursing.* (5th ed.). Elsevier.

2.2 ปีพิมพ์

2.2.1 ระบุปีพิมพ์ในเครื่องหมายวงเล็บ ตามหลังชื่อผู้แต่ง และปิดด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.)

สุภาภรณ์ เกียรติสิน. (2562).
Sherman, Chad D. (2011).

2.2.2 หนังสือที่อยู่ในระหว่างพิมพ์ ให้ลงคำว่า กำลังจัดพิมพ์ หรือ in press ในเครื่องหมายวงเล็บแทนปีพิมพ์

(กำลังจัดพิมพ์).	(in press).

2.2.3 หนังสือที่ไม่ปรากฏปีพิมพ์ ใส่อักษรย่อในเครื่องหมายวงเล็บแทนปีพิมพ์

(ม.ป.ป.).	แทนคำเต็มจาก	ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์
(n.d.).	แทนคำเต็มจาก	no date

2.3 ครั้งที่พิมพ์

2.3.1 หนังสือที่พิมพ์ครั้งที่ 1 หรือพิมพ์ครั้งแรก ไม่ต้องระบุในรายการอ้างอิง

2.3.2 หนังสือที่พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไปใส่ครั้งที่พิมพ์ต่อจากชื่อเรื่อง โดยระบุครั้งที่พิมพ์ในเครื่องหมายวงเล็บและตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค

(พิมพ์ครั้งที่ 2).	(2nd ed.).
(พิมพ์ครั้งที่ 4).	(4th ed.).

2.4 สำนักพิมพ์

2.4.1 ระบุชื่อสำนักพิมพ์ที่ปรากฏบนผลงาน พิจารณาให้สอดคล้องกับปีพิมพ์และครั้งที่พิมพ์ โดยไม่ใช้ช่อย่อ ให้ตัดคำว่า สำนักพิมพ์ ห้างหุ้นส่วน จำกัด บริษัท หรือ คำว่า Publishers, Co., และ Inc. ซึ่งไม่จำเป็นต้องระบุ แต่ให้คงคำว่า Books คำว่า Press ในชื่อของสำนักพิมพ์ไว้

สำนักพิมพ์สารคดี	ลงรายการเป็น	สารคดี.
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ลงรายการเป็น	สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)	ลงรายการเป็น	ซีเอ็ดยูเคชั่น.
John Wiley & Sons., Inc.	ลงรายการเป็น	John Wiley & Sons.
Oxford University Press	ลงรายการเป็น	Oxford University Press.
SAGE Publishing	ลงรายการเป็น	SAGE.

2.4.2 กรณีไม่ปรากฏชื่อสำนักพิมพ์ ให้ใส่โรงพิมพ์แทนโดยให้คงคำว่าโรงพิมพ์ไว้

โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
Cambridge University Press.

2.4.3 หากไม่ปรากฏทั้งชื่อสำนักพิมพ์ และโรงพิมพ์ ให้ใช้อักษรย่อดังนี้

ม.ป.พ.	แทนคำเต็มจาก	ไม่ปรากฏสำนักพิมพ์
n.p.	แทนคำเต็มจาก	no publisher

3. การอ้างอิงทรัพยากรสารสนเทศประเภทต่างๆ

3.1 หนังสือ

ผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). *ชื่อเรื่อง*. (พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป). สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ปริญญา เทวานฤมิตรกุล. (2559). *การศึกษาเพื่อสร้างพลเมือง = Civic education*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). สถาบันสัญญาธรรมศักดิ์เพื่อประชาธิปไตย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พระธรรมวิสุทธิมงคล (หลวงตาพระมหาบัว ญาณสัมปันโน). (2554). *นิพพานคือนิพพาน*. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

วิมลทิพย์ มุสิกพันธ์ และศิวพร ปกป้อง. (2553). *ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติและพฤติกรรมการกระทำความรุนแรงทั้งทางกายภาพและการข่มแหงรังแกผ่านโลกไซเบอร์ของเยาวชนไทย*. ปัญญาสมาพันธ์เพื่อการวิจัยความเห็นสาธารณะแห่งประเทศไทย.

สุภาภรณ์ เกียรติสิน. (2562). *การเข้าใจดิจิทัลกับพลเมืองไทย (Digital literacy in 21st)*. สำนักพิมพ์หาวิทยาลัยมหิดล.

Douglass, Paul, & McMahon, Alice. (1960). *How to be an active citizen*. University of Florida Press.

Munck, Ronaldo, Mcllrath, Lorraine, Hall, Budd, & Tandon, Rajesh (Eds.) (2014). *Higher education and community-based research: Creating a global vision*. Palgrave macmillan.

3.2 หนังสือแปล

ผู้แต่งต้นฉบับ. (ปีพิมพ์). *ชื่อเรื่องที่แปล* [ชื่อต้นฉบับ] (ชื่อผู้แปล, ผู้แปล). (พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป). สำนักพิมพ์. (ต้นฉบับพิมพ์ ปี ค.ศ. หรือ พ.ศ.).

ตัวอย่าง

เกรย์, เจ. (2552). *ผู้ชายมาจากดาวอังคารผู้หญิงมาจากดาวศุกร์* [Men are from mars, women are from venus] (สงกรานต์ จิตจุทธิภากร, ผู้แปลและเรียบเรียง). (พิมพ์ครั้งที่ 26). ซีเอ็ดยูเคชั่น.

บริกแฮม, อี. เอฟ., และฮุสตัน, เจ. เอฟ. (2544). *การจัดการการเงิน* [Fundamentals of financial management] (เริงรัก จำปาเงิน, ผู้แปลและเรียบเรียง) (พิมพ์ครั้งที่ 2). บุ๊คเน็ท. (ต้นฉบับพิมพ์ ปี ค.ศ. 2001).

3.3 หนังสือที่ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์ และสำนักพิมพ์

ผู้แต่ง. (ม.ป.ป. หรือ n.d.). *ชื่อเรื่อง*. (พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป). ม.ป.พ. หรือ n.p.

ตัวอย่าง

วิจารณ์ พานิช. (2558). *การเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง = Transformative learning*. ม.ป.พ.

วิจิตร ศรีสอ้าน. (ม.ป.ป.). *หลักการอุดมศึกษา*. วัฒนาพานิช.

Astin, Alexander W. (1993). *What matters in college*. n.p.

Kolb, D.A. (n.d.). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. SAGE.

3.4 รายงานการวิจัย

ผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). *ชื่อเรื่อง (รายงานการวิจัย)*. สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ศักดิ์ชัย นิรัญทวี. (2564). *การเรียนรู้ด้วยการรับใช้สังคม (Serviec learning) (รายงานการวิจัย)*. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.

Hoechsmann, Michael, & Dewaard, Helen. (2015). *Mapping digital literacy policy and practice in the Canadian education (Research report)*. University of Toronto Press.

3.5 บทความในหนังสือ

ชื่อผู้เขียนบทความ. (ปีพิมพ์). ชื่อบทความ. ในหรือ In ชื่อบรรณาธิการ (บ.ก. หรือ Ed. หรือ Eds.), *ชื่อเรื่อง* (น. หรือ p. หรือ pp.เลขหน้า). สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ณัฐพล ปัญญโสภณ. (2554). มุมมองของนักศึกษานิเทศก์ศาสตร์ต่อกระบวนการผลิตละครเพื่อการสื่อสาร. ใน ชนัญชี ภังคานนท์ (บ.ก.), *กระบวนทัศน์มหาวิทยาลัยไทยบนความท้าทายของเอเชียแปซิฟิก* (น.23-24). มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

สุรพันธ์ สิทธิสุข. (2563). การสัมภาษณ์ประวัติ. ใน วิทยา ศรีดามา (บ.ก.), *การสัมภาษณ์ประวัติ และตรวจร่างกาย* (พิมพ์ครั้งที่ 12, น.1-7). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Gray, J. R. (2021). Discovering the world of nursing. In R. G. Jenifer, K. G. Susan (Eds.), *Burns & Grove's the practice of nursing research: Appraisal, synthesis, and generation of evidence* (9th ed., pp.1-18). Elsevier.

Sinnaeve, G. (2010). Use of near infrared spectroscopy for the determination of internal quality of entire apples. In S. Saranwong, S. Kasemumran, W. Thanapase, & P. Williams (Eds.), *Near infrared spectroscopy: Proceedings of the 14th international conference* (pp.255-259). IMP.

3.6 วารสาร

ชื่อผู้เขียนบทความ. (ปีพิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร, เลขของปีที่(เลขของฉบับที่), เลขหน้า. https://doi.org/เลข DOI หรือ URL (ถ้ามี)

ตัวอย่าง

ปิยะวิทย์ ทิพรส. (2553). การจัดการป้องกันและลดสารให้กลิ่นโคลน Geosmin ในผลิตภัณฑ์แปลรูปสัตว์น้ำ. *วารสารสุทธิปริทัศน์, 24*(72), 103-119. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/DPUSuthiparithatJournal/article/view/246149

Plows, J. F., Stanley, J. L., Baker, P. N., Reynolds, C. M., & Vickers, M. H. (2018). The pathophysiology of gestational diabetes mellitus. *International journal of molecular sciences, 19*(11), 3342. https://doi.org/10.3390/ijms19113342

Siriwongworawat, S. (2003). Use of ICT in Thai libraries: An overview. *Program: Electronic Library and Information Systems, 37*(1), 38-43. https://doi.org/10.1108/00330330310460581

3.7 หนังสือพิมพ์

ผู้แต่ง. (ปีพิมพ์, วันเดือน). ชื่อบทความ. *ชื่อหนังสือพิมพ์*, น. หรือ p. หรือ pp.เลขหน้า. หรือ URL

ตัวอย่าง

เฉลิมพล พลมุข. (2557, 20 ตุลาคม). จุดยืนของมหาวิทยาลัยราชภัฏ. *มติชน*, น.21.

ปรับยุทธศาสตร์ "ราชภัฏ" สู่การพัฒนาท้องถิ่น. (2560, 4 สิงหาคม). *กรุงเทพธุรกิจ*, น.15.

อว.ชู "วิศวกรสังคม" ทำงานในชุมชนได้ทุกมิติ. (2563, 20 กรกฎาคม). *เดลินิวส์*. https://www.dailynews.co.th/education/785949

Boonnoon, J. (2011, April 28). Manufacturers flood Thai market. *The Nation*, p.11.

3.8 วิทยานิพนธ์และปริญญานิพนธ์

ผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). *ชื่อเรื่อง* [ระดับวิทยานิพนธ์, ชื่อสถาบัน]. ชื่อฐานข้อมูล หรือ URL

ตัวอย่าง

จอย ทองกล่อมสี. (2555). *การพัฒนาตัวบ่งชี้ความรับผิดชอบต่อสังคมของสถาบันอุดมศึกษาไทย ตามหลักธรรมาภิบาล* [วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/35693

เสาวนีย์ คงนิรันดร. (2559). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาระการดูแลของผู้ดูแลผู้ป่วยจิตเภท* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา]. ฐานข้อมูลงานวิจัย (ThaiLis).

Burgess, Prairie Leigh. (2011). *Understanding how institutional leadership affects civic engagement on university campuses* [Doctoral dissertation, University of Arkansas]. http://scholarworks.uark.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1079&context=etd&httpsredir=1&referer

Harris, L. (2014). *Instructional leadership perceptions and practices of elementary school leaders* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Virginia. ***กรณีวิทยานิพนธ์และปริญญานิพนธ์ไม่เผยแพร่หรือ Unpublished*

Worawalai, W. (2014). *∝-Glucosidase inhibitors from N-substituted aminocyclitol derivatives and total synthesis of CJ-16,264 [*Doctoral dissertation, Chulalongkorn University.*]* https*://*bit.ly*/*3sGuBFh

3.9 เอกสารการประชุมวิชาการ การนำเสนอบทความ การนำเสนอโปสเตอร์ ผลงานการประชุมสัมมนา (Conference Sessions and Presentation)

ผู้แต่ง. (ปี, เดือน วัน). *ชื่อผลงาน* [ประเภทผลงาน]. ชื่อการประชุม, เมือง, ประเทศ. URL

ตัวอย่าง

ทิศนา แขมมณี. (2557, 6-8 พฤษภาคม). *ปลุกโลกการสอนให้มีชีวิตสู่ห้องเรียนแห่งศตวรรษใหม่* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการอภิวัฒน์การเรียนรู้สู่จุดเปลี่ยนประเทศไทย, สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน (สสค.).

พัชราภา ตันติชูเวช. (2566, 20 เมษายน). *การศึกษาทั่วไปกับคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ในประเทศมาเลเซียและสิงคโปร์ศึกษาโดยเปรียบเทียบกับประเทศไทย* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการระดับชาติเนื่องในโอกาสก้าวสู่ปีที่ 23 สมศ. “2 ทศวรรษแห่งการส่งเสริมและยกระดับคุณภาพการศึกษา”, สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน).

De Boer, D., & Lafavor, T. (2018, April 26-29). The art and significance and successfully identifying resilient individuals: A person-focused approach. In A. M. Schmidt & Kryvanos (Chairs), *Perspectives on resilience: Conceptualization, measurement, and enhancement* [Symposium]. Western Psychological Association 98th Annual Convention, Portland, OR, United States.

Fistek, A., Jester, E., & Sonnenberg, K. (2017, March 30-April 2). *Everybody's got a little music in them: User music therapy to connect, engage, and motivate* [Conference session]. Autism Society National Conference, Milwaukee, W!, United Sates. http://asa.confex.com/asa/2017/webprogramaschives/Session9517.html

Pearson, J. (2008, September 27-30). *Fat talk and its effects on state-based body image in woman* [Poster presentation]. Australian Psychological Society Congress, Sydney, NSW, Australia. http://bit.ly/2XGSThP

3.10 กรณีไม่ปรากฏชื่อผู้แต่งหรือผู้รับผิดชอบ

ให้นำชื่อบทความ หรือ ชื่อเรื่อง แทนตำแหน่งหรือผู้รับผิดชอบ จากนั้นเรียงตามรูปแบบของเอกสารที่อ้างอิง

ตัวอย่าง

IDCL ยกระดับไอทีไทย สู่มาตรฐานสากล. (2559). *นิตยสารดิจิทัล เอจ., 207*, 38-40.

ย้อนคดีเชอรี่แอน "แพะในตำนาน" 17 ปี คดีประวัติศาสตร์ จ่าย 26 ล้าน ไถ่บาป "ตำรวจ" ยื้อจนสุดทาง. (2565, 22 พฤศจิกายน). *มติชนสุดสัปดาห์ออนไลน์*. https://www.matichonweekly.com/special/scoop/article_20990

The bluebllk: A uniform system of citation (20th ed.). (2015). Harvard Law Review Association.

Research replicate famous marshmallow test, make new observations. (2018, May 25). Medical Xpress. https://medicalxpress.com/news/2018-05-replicate-famous-marshmallow.html?utm_source=tabs&utm_medium=link&utm_campaign=story-tabs

3.11 เว็บไซต์

ผู้แต่ง. (ปี, วัน เดือนที่เผยแพร่). *ชื่อเรื่อง*. ชื่อเว็บไซต์. URL

ตัวอย่าง

ชัชวาล วงค์สารี. (2566, 2 เมษายน). *มโนทัศน์เกี่ยวกับผู้สูงอายุและหลักการพยาบาลผู้สูงอายุ* [PowerPoint slides]. SlideShare. https://bit.ly/3ok6Voz

สมหมาย ปาริจฉัตต์. (2567, 28 มีนาคม). *หลักสูตรการศึกษาถูกล็อค*. มติชนออนไลน์. https://www.matichon.co.th/article/news_4493411

Ameriacn Psychological Association. (n.d.). *APA style: Learning APA style*. https://apastyle.apa.org/learn/index?tab=2

Forbes, Scott H. (n.d.). *socially responsible education*. http://holistic-education.net/articles/soc-resp.pdf

Science. (2018, December 31). *First footage of deep-sea anglerfish pair* [Video]. Facebook. https://bit.ly/3uOGOZl

Stafford, T. (2018, January 3). *The backfire effect is elusive*. Mind Hacks. https://mindhacks.com/2018/01/03/the-backfire-effect-is-elusive/

คำชี้แจงสิทธิส่วนบุคคล

ชื่อและที่อยู่อีเมลที่ปรากฏในเว็บไซต์ หรือวารสารนี้จะถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ของวารสารนี้โดยเฉพาะ และจะไม่ถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดหรือให้กับบุคคลอื่นใด

ความรับผิดชอบในเนื้อหา

ผลการวิจัยและข้อคิดเห็นใดๆ ที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน กองบรรณาธิการวารสารและมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ไม่จำเป็นต้องรับผิดชอบหรือเห็นด้วย

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000
โทรศัพท์ 061-2692552
E-mail: journal@uru.ac.th
http://www.tci-thaijo.org/indexphp/uruj/index